



# CATALOGUE DES FORMATIONS 2026

+

Thématiques techniques ou métiers

+

En présentiel ou à distance

+

Sur catalogue ou sur-mesure



IoT, Réseaux,  
Communication



Conception,  
Industrialisation



Méthodologie,  
Gestion de projet



Gestion de l'énergie,  
Batteries & Thermique



Normes,  
Règlementation



IA, Traitement  
de l'image & du signal



Cybersécurité



Logiciel embarqué,  
Programmation



# A PROPOS DE CAP'TRONIC

**L'expertise "systèmes électroniques" au service de l'innovation de vos produits et de vos process de production.**

Le programme CAP'TRONIC, porté par l'association **JESSICA France**, a été fondé **il y a 30 ans** par le **CEA** (Commissariat à l'Energie Atomique et aux énergies alternatives) et **Bpifrance** (Banque Publique d'Investissement).

La mission de CAP'TRONIC, **en qualité d'expert en électronique reconnu, est d'accompagner les entreprises françaises dans la transformation numérique de leurs produits et process de production grâce aux systèmes électroniques connectés.**

Elle est mise en œuvre par une équipe d'ingénieurs et de gestionnaires formation, répartis sur **tout le territoire national**, au plus près des entreprises locales et bénéficie du **soutien des dispositifs régionaux.**

## Spécialités



### Optimisation

Gérer son process et/ou sa production avec des solutions innovantes et durables (RSE, impact environnemental)



### Connectivité

Intégrer des logiciels et systèmes électroniques connectés pour produire des données et générer de nouveaux services



### Dispositifs médicaux

Concevoir et commercialiser un dispositif performant et fiable en limitant les risques



### Eco conception

Améliorer la performance environnementale de vos produits intégrant de l'électronique



### Cybersécurité

Sécuriser les données et les ressources de mon entreprise pour limiter les risques et se développer



### Traçabilité

Extraire et suivre les données techniques de mon process avec les nouvelles technologies



### Mise en conformité

Certifier et mettre aux normes réglementaires mon produit avant sa mise en production



### Industrialisation

Passer à la phase d'industrialisation en s'appuyant sur la réalisation d'un démonstrateur

Cette mission se décline en deux types de services :

**L'ACCOMPAGNEMENT** : réalisé par les ingénieurs-conseils CAP'TRONIC, présents en région, il porte sur les produits (**CAP'PRODUIT**) ou les process de production (**CAP'PROCESS**) des entreprises françaises.

Exemples : consolider la problématique initiale, identifier les verrous techniques ou technologiques d'un projet, étudier la faisabilité, constituer un dossier de consultation et d'industrialisation, effectuer le suivi technique et opérationnel d'un projet...

L'ingénieur-conseil CAP'TRONIC vous conseille dans la construction de votre projet de mise en œuvre de solutions électroniques aussi bien sur un plan technique que sur un plan économique.

L'ingénieur-conseil CAP'TRONIC vous orientera également vers les aides à l'innovation les plus adaptées à votre projet.

**LES FORMATIONS (CAP'COMPÉTENCES)** : organisme certifié QUALIOPI pour ses actions de formations, CAP'TRONIC dispense chaque année plus de 120 sessions partout en France et à distance. L'offre de formation, orientée électronique et logiciel embarqué, est composée de **thématiques techniques** (Machine Learning, LoRaWAN, Bluetooth Low Energy, Risc-V, cybersécurité...) et **métiers** (méthode agile, Test Driver Development, aide à la rédaction d'un cahier des charges...).

Organisées sous forme de **sessions pratiques de 2 à 3 jours assurées par des experts du domaine**, les formations CAP'TRONIC s'adressent soit aux ingénieurs, techniciens électroniciens ou logiciel embarqué qui souhaitent monter en compétence sur la mise en œuvre de solutions spécifiques, soit aux dirigeants et chefs de projets qui souhaitent mieux appréhender les spécificités d'un projet d'innovation incluant des systèmes électroniques.



# CAP'COMPÉTENCES

## CAP'COMPÉTENCES, LES THÉMATIQUES DE FORMATIONS

Les formations CAP'TRONIC répondent à plusieurs besoins. Vous pourrez notamment monter en compétence sur des **aspects purement techniques liés aux systèmes électroniques**. Vous pourrez également prendre en compte de **nouvelles notions** telles que la cybersécurité, les sources d'énergie ou encore vous mettre à jour sur la connectivité radiofréquence et les normes et réglementations (CEM, RED, marquage CE.). Vous pourrez monter en compétence sur des **problématiques métiers**, liées à la gestion d'un projet d'innovation allant de la formation méthodologique de conduite de projet (méthode TDD pour "Test Driven Development", méthode Agile, création de valeur avec l'IoT...), jusqu'à des formations plus ciblées sur des problématiques de conception ou d'industrialisation.

Mêlant **théorie et pratique**, les formations CAP'TRONIC sont construites à partir de remontées terrain, au plus proche des besoins et projets actuels des entreprises françaises.

## CAP'COMPÉTENCES, EN CHIFFRES



## LES FORMATIONS SUR CATALOGUE

Le catalogue de formations a été spécialement conçu pour vous donner une **vue claire et exhaustive de toute l'offre de formations CAP'TRONIC**. Tous les programmes détaillés des formations inter-entreprises sont disponibles sur le catalogue et sur notre site Internet. Si toutefois vous avez une question pratique ou technique, une équipe dédiée répond à vos demandes.

**Une réduction est accordée aux adhérents de notre association.** Pour en savoir plus sur les avantages adhérents, rendez-vous à la fin du catalogue.

## LES FORMATIONS INTRA-ENTREPRISES

Toutes les formations du catalogue sont disponibles en intra-entreprises. Au plus près des besoins et problématiques des entreprises françaises, nous pouvons également vous proposer des formations intra-entreprises, **sur-mesure**, pour vous et vos équipes.

## LES FORMATIONS À DISTANCE

Nous proposons une large offre de formations à distance, à l'aide d'outils de travail collaboratifs performants et toujours réalisées avec le support de nos ingénieurs-conseils.

Nous mettons tout en œuvre pour rendre ces **formations interactives** à travers des travaux pratiques et des études de cas réalisées même à distance. L'offre à distance permet de suivre des formations où que vous soyez en France, vous permettant de réaliser ainsi des économies sur les frais de déplacement.

## CERTIFICATION QUALIOPi

Notre certification QUALIOPi vous garantit un process certifié sur nos actions de formation, et permet un financement des formations CAP'TRONIC par votre Opérateur de Compétences (OPCO).



La certification qualité a été délivrée au titre de la catégorie d'action suivante :  
ACTIONS DE FORMATION



## ILS NOUS FONT CONFIANCE





# SOMMAIRE

## METHODOLOGIE, GESTION DE PROJET, METHODE AGILE, SCRUM

---

|                                                                                                           |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Achat de composants électroniques : Sécurisation des approvisionnements et gestion de risque .....</b> | <b>15</b> |
| <i>Les 3 et 4 juin 2026</i>                                                                               |           |
| <i>Formation à distance</i>                                                                               |           |
| <b>Développer un IoT : spécification, conception et industrialisation .....</b>                           | <b>17</b> |
| <i>Les 9 et 10 juin 2026</i>                                                                              |           |
| <i>Formation à distance</i>                                                                               |           |
| <b>Gestion des achats techniques pour la maîtrise des coûts de mon produit électronique .....</b>         | <b>19</b> |
| <i>Les 6 et 7 octobre 2026</i>                                                                            |           |
| <i>Formation à distance</i>                                                                               |           |
| <b>Gestion de projet pour la conception des systèmes embarqués .....</b>                                  | <b>21</b> |
| <i>Du 2 au 4 juin 2026</i>                                                                                |           |
| <i>Formation à distance</i>                                                                               |           |
| <b>Introduction à l'Industrie 4.0 .....</b>                                                               | <b>23</b> |
| <i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i>                                              |           |
| <i>Formation à distance ou en présentiel</i>                                                              |           |
| <b>Maîtrisez le TDD (Test Driven Development) pour votre logiciel embarqué .....</b>                      | <b>25</b> |
| <i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i>                                              |           |
| <i>Formation en présentiel</i>                                                                            |           |
| <b>Méthode Agile : découverte de SCRUM .....</b>                                                          | <b>27</b> |
| <i>Le 19 mars 2026</i>                                                                                    |           |
| <i>Formation à distance</i>                                                                               |           |
| <b>Méthodologies pour fiabiliser son code embarqué et le rendre testable .....</b>                        | <b>29</b> |
| <i>Les 25 et 26 mars 2026</i>                                                                             |           |
| <i>Formation à distance</i>                                                                               |           |
| <b>Rédiger un document de spécifications pour systèmes embarqués : bonnes pratiques .....</b>             | <b>31</b> |
| <i>Les 20 et 21 mai 2026</i>                                                                              |           |
| <i>Formation à distance</i>                                                                               |           |

## IOT, PROTOCOLES DE COMMUNICATION, LORAWAN, 5G, BLUETOOTH, BUS CAN

---

|                                                                                                  |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Bus CAN, le protocole J1939 et ses déclinaisons, base de données et analyse .....</b>         | <b>33</b> |
| <i>Les 7 au 8 juillet 2026</i>                                                                   |           |
| <i>Formation à distance</i>                                                                      |           |
| <b>Concevoir l'antenne d'un objet connecté IoT : Caractérisation, mesure, optimisation .....</b> | <b>35</b> |
| <i>Les 31 mars et 1<sup>er</sup> avril 2026</i>                                                  |           |
| <i>Formation à distance</i>                                                                      |           |



|                                                                                                                              |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Connectez vos objets : les clés des protocoles IoT .....</b>                                                              | <b>37</b> |
| <i>Du 2 au 5 juin 2026</i>                                                                                                   |           |
| <i>Formation à distance</i>                                                                                                  |           |
| <b>Créer de la valeur avec l'Internet des objets : pourquoi pas moi ? .....</b>                                              | <b>39</b> |
| <i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i>                                                                 |           |
| <i>Formation à distance ou en présentiel</i>                                                                                 |           |
| <b>Découvrez les évolutions RF, LPWAN, 5G et cybersécurité pour l'IoT .....</b>                                              | <b>41</b> |
| <i>Les 11 et 12 juin 2026</i>                                                                                                |           |
| <i>Formation à distance</i>                                                                                                  |           |
| <b>Design et mesure RF - Intégration d'une solution radio dans vos systèmes connectés par la pratique .....</b>              | <b>43</b> |
| <i>Du 2 au 4 juin 2026</i>                                                                                                   |           |
| <i>Villefontaine (38)</i>                                                                                                    |           |
| <b>Intégration d'antennes dans le monde de l'IoT .....</b>                                                                   | <b>45</b> |
| <i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i>                                                                 |           |
| <i>Formation à distance ou en présentiel</i>                                                                                 |           |
| <b>Introduction à la conception d'un système radiofréquence .....</b>                                                        | <b>47</b> |
| <i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i>                                                                 |           |
| <i>Formation à distance ou en présentiel</i>                                                                                 |           |
| <b>Introduction à Mioty®, un standard radio LPWAN robuste pour l'IoT .....</b>                                               | <b>49</b> |
| <i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i>                                                                 |           |
| <i>Formation à distance ou en présentiel</i>                                                                                 |           |
| <b>Introduction et Sensibilisation aux plateformes IOT .....</b>                                                             | <b>51</b> |
| <i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i>                                                                 |           |
| <i>Formation à distance ou en présentiel</i>                                                                                 |           |
| <b>La 5G pour l'IoT industriel .....</b>                                                                                     | <b>53</b> |
| <i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i>                                                                 |           |
| <i>Formation en présentiel</i>                                                                                               |           |
| <b>LoRaWAN : de l'objet connecté à l'application .....</b>                                                                   | <b>55</b> |
| <i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i>                                                                 |           |
| <i>Formation en présentiel</i>                                                                                               |           |
| <b>Mise en œuvre de Bluetooth Low Energy .....</b>                                                                           | <b>57</b> |
| <i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i>                                                                 |           |
| <i>Formation en présentiel</i>                                                                                               |           |
| <b>Protocole LIN, couche physique, Base de données et analyse .....</b>                                                      | <b>59</b> |
| <i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i>                                                                 |           |
| <i>Formation à distance</i>                                                                                                  |           |
| <b>Protocole UDS ISO 14229, Protocole de Transport ISOTP et Analyse - Protocole ETHERNET Automotive SOMEIP et DoIP .....</b> | <b>61</b> |
| <i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i>                                                                 |           |
| <i>Formation à distance</i>                                                                                                  |           |



**Réglementations des fréquences radio pour l'IoT : Disponibilités et contraintes ..... 63**  
***Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise***  
*Formation à distance ou en présentiel*

**Ultra Wide Band : Maîtriser le transfert de données sans fil et la géolocalisation UWB ..... 65**  
***Du 30 mars au 1<sup>er</sup> avril 2026***  
*Toulouse Blagnac (31)*

---

**CONCEPTION, ECOCONCEPTION, INDUSTRIALISATION, ACHATS, OBSOLESCENCE**

---

**Anticipez l'obsolescence, pérennisez vos équipements électroniques ! ..... 67**  
***Les 24 et 25 mars 2026***  
*Formation à distance*

**Atelier 2 TONNES® ..... 69**  
***Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise***  
*Formation en présentiel ou à distance.*

**Brasage manuel..... 71**  
***Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise***  
*Formation en présentiel*

**Comment faire du routage dans les règles de l'art ..... 73**  
***Du 7 au 9 juillet 2026***  
*Labège (31)*

**Comprendre les contraintes de l'industrialisation pour réussir la conception de vos cartes électroniques .... 75**  
***Du 8 au 10 avril 2026***  
*Formation à distance*

**Conception des circuits imprimés (PCB) pour les assemblages électroniques Normes IPC2221, IPC2222, IPC 7351, IPC2612, IPC4761 ..... 77**  
***Du 22 au 24 septembre 2026***  
*Montpellier (34)*

**Concevoir un boîtier, une protection pour l'intégration de votre carte électronique ..... 79**  
***Le 10 juin 2026***  
*Formation à distance*

**Indices de réparabilité et de recyclabilité des équipements électroniques..... 81**  
***Le 31 mars 2026***  
*Formation à distance*

**Industrialisation des systèmes et cartes électroniques : de la conception au maintien en condition opérationnelle ..... 83**  
***Les 26 et 27 mai 2026***  
*Formation à distance*

**Intégrer de l'électronique à vos designs mécaniques ..... 85**  
***Le 30 juin 2026***  
*Angers (49)*



**Introduction à la conception de cartes pour signaux High Speed..... 87**  
**Les 11 et 12 juin 2026**  
*Montpellier (34)*

**La démarche d'éco-conception appliquée aux systèmes électroniques et services numériques associés ..... 89**  
**Les 6 et 7 octobre 2026**  
*Formation à distance*

**Les bases de l'électronique, la gestion de projet, l'industrialisation et le marquage CE ..... 91**  
**Les 18 et 19 mars 2026**  
*Formation à distance*

**Techniques modernes de traitement numérique du signal pour systèmes embarqués ..... 93**  
**Du 2 au 4 juin 2026**  
*Formation à distance*

#### **LOGICIEL EMBARQUE, PROGRAMMATION, C++, FREERTOS, STM32, QT, LINUX, YOCTO, PYTHON**

---

**Android pour smartphones et tablettes ..... 95**  
**Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise**  
*Formation à distance ou en présentiel*

**C++ pour l'embarqué avec Visual Studio sous Windows ..... 97**  
**Sur demande - Formation dispensée en intra-entreprise**  
*Formation en présentiel*

**Concevoir un système embarqué Linux avec YOCTO ..... 99**  
**Du 16 au 18 juin 2026**  
*Formation à distance*

**Développement rapide de prototypes d'application Android en NO-CODE ..... 101**  
**Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise**  
*Formation à distance ou en présentiel*

**Développez un Système embarqué sur SoC FPGA ..... 103**  
**Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise**  
*Formation à distance ou en présentiel*

**Développer vos applications mobiles/web avec FLUTTER ..... 105**  
**2<sup>ème</sup> semestre 2026**  
*Formation à distance*

**FreeCAD pour maîtriser le Design 3D ..... 107**  
**Les 19 et 20 mai 2026**  
*Formation à distance*

**Initiation algorithmique et langage C ..... 109**  
**Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise**  
*Formation à distance ou en présentiel*

**Initiation au langage Python ..... 111**  
**Du 23 au 25 mars 2026**  
*Formation à distance*



|                                                                           |            |
|---------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Initiez-vous au framework multimédia Gstreamer sur cible ARM .....</b> | <b>113</b> |
| <i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i>              |            |
| <i>Formation en présentiel</i>                                            |            |
| <b>Introduction à ROS .....</b>                                           | <b>115</b> |
| <i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i>              |            |
| <i>Formation à distance ou en présentiel</i>                              |            |
| <b>Le langage C pour l'embarqué .....</b>                                 | <b>117</b> |
| <i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i>              |            |
| <i>Formation à distance</i>                                               |            |
| <b>Le langage C++ pour l'Embarqué .....</b>                               | <b>119</b> |
| <i>Du 16 au 18 juin 2026</i>                                              |            |
| <i>Formation à distance</i>                                               |            |
| <b>Le langage C++ pour l'Embarqué, perfectionnement .....</b>             | <b>121</b> |
| <i>Du 22 au 24 septembre 2026</i>                                         |            |
| <i>Formation à distance</i>                                               |            |
| <b>Le langage Java .....</b>                                              | <b>123</b> |
| <i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i>              |            |
| <i>Formation à distance</i>                                               |            |
| <b>Le Langage VHDL .....</b>                                              | <b>125</b> |
| <i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i>              |            |
| <i>Formation en présentiel</i>                                            |            |
| <b>Le Microcontrôleur STM32 par la pratique .....</b>                     | <b>127</b> |
| <i>Du 15 au 17 juin 2026</i>                                              |            |
| <i>Villefontaine (38)</i>                                                 |            |
| <b>Les bases de l'impression 3D avec Prusa Slicer .....</b>               | <b>129</b> |
| <i>Le 27 mai 2026</i>                                                     |            |
| <i>Formation à distance</i>                                               |            |
| <b>Linux – Les bases de la programmation système .....</b>                | <b>131</b> |
| <i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i>              |            |
| <i>Formation à distance ou en présentiel</i>                              |            |
| <b>Linux Temps Réel .....</b>                                             | <b>133</b> |
| <i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i>              |            |
| <i>Formation à distance ou en présentiel</i>                              |            |
| <b>Maitriser le test du logiciel embarqué .....</b>                       | <b>135</b> |
| <i>Du 11 au 13 mars 2026</i>                                              |            |
| <i>Formation à distance</i>                                               |            |
| <b>Microcontrôleur et programmation modulaire en Langage C .....</b>      | <b>137</b> |
| <i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i>              |            |
| <i>Formation en présentiel</i>                                            |            |



|                                                                                           |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Mise en œuvre de FreeRTOS sur STM32 .....</b>                                          | <b>139</b> |
| <i>Du 19 au 21 mai 2026</i>                                                               |            |
| <i>Formation à distance</i>                                                               |            |
| <b>Noyau Linux et développement de drivers .....</b>                                      | <b>141</b> |
| <i>Du 13 au 15 octobre 2026</i>                                                           |            |
| <i>Formation à distance</i>                                                               |            |
| <b>Process et conception d'interfaces graphiques multi-plateformes avec MicroEJ .....</b> | <b>143</b> |
| <i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i>                              |            |
| <i>Formation à distance ou en présentiel</i>                                              |            |
| <b>Process et conception de plateformes virtuelles embarquées avec MicroEJ .....</b>      | <b>145</b> |
| <i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i>                              |            |
| <i>Formation à distance ou en présentiel</i>                                              |            |
| <b>Qt Quick pour votre IHM .....</b>                                                      | <b>147</b> |
| <i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i>                              |            |
| <i>Formation à distance ou en présentiel</i>                                              |            |
| <b>Qt Widgets pour votre IHM .....</b>                                                    | <b>149</b> |
| <i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i>                              |            |
| <i>Formation à distance ou en présentiel</i>                                              |            |
| <b>ROS et la fusion de données .....</b>                                                  | <b>151</b> |
| <i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i>                              |            |
| <i>Formation en présentiel</i>                                                            |            |
| <b>Techniques en radio logicielle (SDR) .....</b>                                         | <b>153</b> |
| <i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i>                              |            |
| <i>Présentiel</i>                                                                         |            |
| <b>Traitement numérique du signal en C++ (temps réel) .....</b>                           | <b>155</b> |
| <i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i>                              |            |
| <i>Présentiel</i>                                                                         |            |
| <b>UML/SysML pour la modélisation d'un système .....</b>                                  | <b>157</b> |
| <i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i>                              |            |
| <i>Présentiel ou distanciel</i>                                                           |            |
| <b>Zephyr pour l'IOT et les applications embarquées .....</b>                             | <b>159</b> |
| <i>Du 30 juin au 2 juillet 2026</i>                                                       |            |
| <i>Formation à distance</i>                                                               |            |
| <b>IA, MACHINE LEARNING, DEEP LEARNING</b>                                                |            |
| <hr/>                                                                                     |            |
| <b>Découvrir l'IA appliquée à l'industrie : Comprendre pour la mettre en œuvre .....</b>  | <b>161</b> |
| <i>Le 12 juin 2026</i>                                                                    |            |
| <i>Formation à distance</i>                                                               |            |
| <b>IA : comprendre et pratiquer le Machine Learning appliqué à l'industrie .....</b>      | <b>163</b> |
| <i>Du 23 au 26 juin 2026</i>                                                              |            |
| <i>Formation à distance</i>                                                               |            |



|                                                                                                                      |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Initiation au Deep learning et IA génératives .....</b>                                                           | <b>165</b> |
| <b><i>Du 15 au 18 septembre 2026</i></b>                                                                             |            |
| <i>Formation à distance</i>                                                                                          |            |
| <b>MicroPython : un langage objet haut niveau pour coder rapidement et efficacement sur microcontrôleur .</b>        | <b>167</b> |
| <b><i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i></b>                                                  |            |
| <i>Formation à distance</i>                                                                                          |            |
| <b>Python pour l'instrumentation de capteurs .....</b>                                                               | <b>169</b> |
| <b><i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i></b>                                                  |            |
| <i>En présentiel</i>                                                                                                 |            |
| <b>Python pour la Data Science et l'intelligence Artificielle - Mise en œuvre sur les séries temporelles .....</b>   | <b>171</b> |
| <b><i>Du 3 au 6 mars 2026</i></b>                                                                                    |            |
| <i>Formation à distance</i>                                                                                          |            |
| <b>Tester et fiabiliser les systèmes d'IA : méthodes, outils et pratiques avancées pour une IA de confiance ....</b> | <b>173</b> |
| <b><i>Du 3 au 4 novembre 2026</i></b>                                                                                |            |
| <i>Formation à distance</i>                                                                                          |            |
| <b>Traitement d'image par IA.....</b>                                                                                | <b>175</b> |
| <b><i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i></b>                                                  |            |
| <i>En présentiel</i>                                                                                                 |            |
| <b><a href="#">NORMES, CERTIFICATION, CEM, ATEX, SECURITE FERROVIAIRE, DISPOSITIFS MEDICAUX, IEC62304</a></b>        |            |
| <hr/>                                                                                                                |            |
| <b>CEM : les perturbations électromagnétiques sur sites industriels .....</b>                                        | <b>177</b> |
| <b><i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i></b>                                                  |            |
| <i>A distance ou en présentiel</i>                                                                                   |            |
| <b>Certification d'un système électronique pour le marquage CE et à l'International .....</b>                        | <b>179</b> |
| <b><i>9 et 10 juin 2026</i></b>                                                                                      |            |
| <i>Formation à distance</i>                                                                                          |            |
| <b>Conception CEM des équipements électroniques : du PCB au système .....</b>                                        | <b>181</b> |
| <b><i>Du 24 au 26 mars 2026</i></b>                                                                                  |            |
| <i>Formation à distance</i>                                                                                          |            |
| <b>Conformité aux directives DBT / RED : application de la norme EN 62368-1 .....</b>                                | <b>183</b> |
| <b><i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i></b>                                                  |            |
| <i>Formation à distance</i>                                                                                          |            |
| <b>De la Directive Machine au Règlement Machine : Évolutions de la Réglementation .....</b>                          | <b>185</b> |
| <b><i>Les 28 et 29 septembre 2026</i></b>                                                                            |            |
| <i>En présentiel à Toulouse (31) ou à distance (places limitées)</i>                                                 |            |
| <b>Dispositifs électro-médicaux : du développement à la certification .....</b>                                      | <b>187</b> |
| <b><i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i></b>                                                  |            |
| <i>Formation à distance</i>                                                                                          |            |
| <b>IEC 62304 : Maîtriser le cycle de vie du logiciel pour dispositifs médicaux.....</b>                              | <b>189</b> |
| <b><i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i></b>                                                  |            |
| <i>A distance ou en présentiel</i>                                                                                   |            |



|                                                                                                                             |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Introduction aux concepts de la certification ATEX : zoom sur la sécurité intrinsèque .....</b>                          | <b>191</b> |
| <i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i>                                                                |            |
| <i>A distance ou en présentiel</i>                                                                                          |            |
| <b>La CEM par la pratique : comprendre des phénomènes complexes à l'aide de montages simples.....</b>                       | <b>193</b> |
| <i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i>                                                                |            |
| <i>A distance ou en présentiel</i>                                                                                          |            |
| <b>Mesures CEM - Préqualification .....</b>                                                                                 | <b>195</b> |
| <i>Les 19 et 20 mai 2026</i>                                                                                                |            |
| <i>Formation à distance</i>                                                                                                 |            |
| <b>RSE : La démarche et les normes ISO 26000 et 20400 (achats responsables) .....</b>                                       | <b>197</b> |
| <i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i>                                                                |            |
| <i>A distance ou en présentiel</i>                                                                                          |            |
| <b>Sécurité électrique des appareils de mesure, de régulation et de laboratoire selon la norme EN 61010-1/A1 .....</b>      | <b>199</b> |
| <i>Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise</i>                                                                |            |
| <i>A distance ou en présentiel</i>                                                                                          |            |
| <b>Sécurité FERROVIAIRE : les normes EN 50126, 50128, 50657 et 50129 et leurs évolutions .....</b>                          | <b>201</b> |
| <i>Les 9 et 10 décembre 2026</i>                                                                                            |            |
| <i>Formation à distance</i>                                                                                                 |            |
| <b>Sensibilisation et protection contre les décharges électrostatiques (ESD) .....</b>                                      | <b>203</b> |
| <i>Le 2 avril 2026</i>                                                                                                      |            |
| <i>Formation à distance</i>                                                                                                 |            |
| <b>GESTION DE L'ENERGIE, THERMIQUE, BATTERIES, PILES</b>                                                                    |            |
| <b>Batteries lithium, BMS, chargeurs et autres solutions d'alimentation avec stockage pour les systèmes autonomes .....</b> | <b>205</b> |
| <i>Les 11 et 12 mars 2026</i>                                                                                               |            |
| <i>Formation à distance</i>                                                                                                 |            |
| <b>Batteries lithium : Eco-conception , recyclabilité et réglementation .....</b>                                           | <b>207</b> |
| <i>Le 2 avril 2026</i>                                                                                                      |            |
| <i>Formation à distance</i>                                                                                                 |            |
| <b>Dimensionner les composants magnétiques : Transformateurs et inductances .....</b>                                       | <b>209</b> |
| <i>Les 1<sup>er</sup> et 2 juillet 2026</i>                                                                                 |            |
| <i>Formation à distance</i>                                                                                                 |            |
| <b>Gestion Sécurisée du stockage et du transport routier des batteries lithium- ADR 1.3.....</b>                            | <b>211</b> |
| <i>Les 10 et 11 juin 2026</i>                                                                                               |            |
| <i>Formation à distance</i>                                                                                                 |            |
| <b>La thermique pour l'électronique.....</b>                                                                                | <b>213</b> |
| <i>Du 12 au 16 octobre 2026</i>                                                                                             |            |
| <i>Formation à distance</i>                                                                                                 |            |



## ELECTRONIQUE DE PUISSANCE, ELECTRONIQUE ANALOGIQUE

---

**Asservissement et commande moteur brushless ..... 215**

**Les 30 juin et 1<sup>er</sup> juillet 2026**

*Formation à distance*

**Conception d'une Chaîne de Traitement sous faible Bruit ..... 217**

**Du 24 au 26 novembre 2026**

*Villefontaine (38)*

**Electronique analogique : l'amplificateur opérationnel en instrumentation ..... 219**

**Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise**

**Formation à distance ou en présentiel**

**Électronique de puissance : Topologies et spécifications des convertisseurs, choix des composants ..... 221**

**Du 20 au 21 mai 2026**

*En présentiel à Toulouse (31) ou à distance (places limitées)*

**L'électronique de puissance pour la conversion d'énergie : Hacheur DC/DC et onduleur DC/AC..... 223**

**Les 26 et 27 mai 2026**

*Formation à distance*

**Introduction au contrôle des systèmes asservis industriels ..... 225**

**Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise**

**Formation à distance ou en présentiel**

## FIABILITE, SURETE DE FONCTIONNEMENT

---

**Fiabilité des assemblages électroniques en environnements sévères : Optimisation de la conception pour une meilleure durabilité..... 227**

**Les 28 avril 2026**

*Formation à distance*

**Fiabilité des composants électroniques..... 229**

**Les 25 et 26 mars 2026**

*Formation à distance*

**Sécurité Fonctionnelle et Sûreté de Fonctionnement en conception électronique ..... 231**

**Les 17 et 18 mars 2026**

*Formation à distance*

## CYBERSECURITE, SECURITE, DIRECTIVE RED, IEC 62443

---

**Cybersécurité des systèmes embarqués et des objets connectés (IoT) – Conformité CRA (Cyber Résilience Act) ..... 233**

**Le 24 mars 2026**

*Formation à distance*

**Cybersécurité des systèmes embarqués pour les développeurs : Rappel des normes EN18031 et Cyber Resilience Act..... 235**

**Du 9 au 11 juin 2026**

*En présentiel à Labège ou à distance (places limitées).*



**Cybersécurité des systèmes industriels : IEC 62443 - Comprendre la norme pour sécuriser son architecture** 237

**Du 7 au 9 juillet 2026**

*Formation à distance*

**Cybersécurité et analyse des risques des systèmes embarqués - Découverte de la méthode EBIOS RM ..... 239**

**Le 3 février ou le 16 juin 2026**

*Formation à distance*

**Cybersécurité et conformité automobile - ISO 21434 ..... 241**

**Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise**

**Formation à distance ou en présentiel**

**Cybersécurité et conformité IoT à la Directive RED - Introduction aux normes EN 18031 et EN 303 645 ..... 243**

**Les 31 mars et 1<sup>er</sup> avril 2026**

*Formation à distance*

**Cybersécurité : sécurisation des systèmes Linux embarqués ..... 245**

**Du 8 au 10 avril 2026**

*Formation à distance*

**Hacking et contre-mesure : Protégez votre réseau informatique ..... 247**

**Du 13 au 15 octobre 2026**

*Formation à distance*

**Introduction à la Cybersécurité Industrielle – IEC62443 et conformité CRA..... 249**

**Le 18 mars 2026**

*Formation à distance*

**La cybersécurité en conception de systèmes embarqués Secure boot, hardening, revue de code ..... 251**

**Les 23 et 24 mars 2026**

*Formation à distance*

**Sécurité des systèmes embarqués et des objets connectés. Comprendre les attaques hardware/software pour se prémunir ..... 253**

**Du 9 au 11 juin 2026**

*Formation à distance*

CONTACTEZ-NOUS POUR TOUTES INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES SUR LES FORMATIONS

INTRA-ENTREPRISES : [FORMATION@CAPTRONIC.FR](mailto:FORMATION@CAPTRONIC.FR)



La certification qualité a été délivrée au titre de la  
catégorie d'action suivante : ACTIONS DE FORMATION



## Achat de composants électroniques : Sécurisation des approvisionnements et gestion de risque

*Les crises géopolitiques, sanitaires et énergétiques fragilisent fortement les chaînes d'approvisionnement, en particulier dans l'électronique. Face à ces risques, les entreprises doivent sécuriser leurs achats pour préserver leur production.*

*Cette formation apporte méthodes et outils pour construire une stratégie Achat performante et un plan de gestion des risques adapté aux approvisionnements électroniques.*

### OBJECTIFS

Identifier les enjeux et difficultés actuelles liés aux achats techniques (composants, cartes, sous-ensembles, matières premières).

Maîtriser une démarche et des outils de gestion des risques appliqués aux approvisionnements.

Bâtir une stratégie Achat performante, sécurisée et durable pour l'électronique.

### PUBLIC VISE

Responsables achats, Responsables de projets, Ingénieurs et Techniciens impliqués dans la conception d'un produit souhaitant sécuriser l'approvisionnement des composants.

### PREREQUIS

Connaissances de base en électronique.

Disposer d'un PC avec webcam, micro et une liaison Internet.

### INTERVENANT

Ingénieur conseil et formation spécialisation achat et supply chain, plus de 20 ans d'expérience.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence. Support de cours. Etude de cas. Démonstration. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Les 3 et 4 juin 2026

### LIEU

Formation à distance

*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.*

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

1200€ HT (900 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Sophie BASSE-CATHALINAT

✉ [cathalinat@captronic.fr](mailto:cathalinat@captronic.fr)

☎ 06 79 49 15 99

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### ACHAT DE COMPOSANTS ELECTRONIQUES : SECURISATION DES APPROVISIONNEMENTS ET GESTION DE RISQUE

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Introduction

##### Des marchés désorganisés au niveau mondial

- Conjonction des crises sanitaires, géopolitiques, énergétiques.
- Des marchés extrêmement perturbés, impactant tous les principaux secteurs industriels.
- Des effets non seulement conjoncturels, mais aussi structurels.

##### Les perturbations de la Supply Chain électronique

- Les impacts spécifiques sur le secteur électronique.
- Les composants électroniques : une fabrication mondialisée.
- Pièces mécaniques standards ou sur plan : des problèmes liés aux matières premières.
- Une logistique internationale perturbée.
- Les canaux de vente des composants électroniques, marchés parallèles et contrefaçon.

##### Bâtir une Stratégie Achat

##### Une approche en 6 étapes :

- La segmentation des achats
- Connaître ses besoins
- Connaître les marchés fournisseurs
- Modéliser ses achats
- Analyser la situation actuelle
- Définir le plan d'action pour mettre en place la stratégie définie.

#### Jour 2

##### Les enjeux de la maîtrise des risques Achats

- Les grands principes de la gestion des risques.
- La gestion des risques appliquée aux processus Achats de l'entreprise.
- Les principaux risques.

##### Mise en place d'un plan de gestion des risques

- Une approche du risque par segment d'achat.
- Plan de Gestion du Risque Fournisseurs : définition, mise en place, suivi des indicateurs d'alerte.
- Intégrer le plan de gestion des risques Achats dans une démarche d'amélioration continue.

##### **Exercice – Management du risque Achats – Structure de l'équipe**

##### La prévention du risque Approvisionnement

- Anticiper les difficultés d'approvisionnement dès les phases de conception.
- Aspect Juridique des commandes et des contrats d'achat : quelles protections en attendre, quelles sont les précautions minimums à prendre ?
- Définir une politique de stock adaptée.
- Sécuriser le panel fournisseurs.

##### Mise en application individuelle.

##### Conclusion / questions diverses

##### Tour de table



## Développer un IoT : spécification, conception et industrialisation

*La réussite de l'industrialisation d'un produit électronique connecté dit « IoT », implique la maîtrise de différentes étapes du processus. Cette formation a pour objectif de vous fournir une vision globale et pratique des différentes étapes de la création d'un produit connecté. À travers des exemples concrets et des outils pratiques, cette formation aborde les spécifications techniques, le dimensionnement et le choix du réseau de communication, la conception du produit au niveau du matériel (Hard) et du logiciel embarqué (soft) ainsi que sur les enjeux liés à l'industrialisation et la certification du système complet.*

### OBJECTIFS

Acquérir une vision synthétique des multiples étapes pour les différentes technologies qui constituent la réalisation d'un produit IoT.

Apprendre les connaissances ainsi que le vocabulaire nécessaire pour exprimer son besoin, apprécier les offres des intervenants du secteur de l'embarqué (bureau d'études, fabricants, assembleurs...) pour dialoguer avec eux, et piloter son projet.

### PUBLIC VISE

Formation pour des débutants en IoT : Direction, Chef de Projet, Consultant, Développeur logiciel, Concepteur électronique, ...

### PREREQUIS

Première expérience en gestion de projet préférable mais non indispensable.

Disposer d'un PC avec webcam, micro et une liaison Internet.

### INTERVENANT

Ingénieur électronicien CAP'TRONIC, expérimenté en gestion de projet IoT, formateur IoT.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours - Etude de cas – Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Les 9 et 10 juin 2026

### LIEU

Formation à distance

*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise*

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

1200€ HT (900 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Dorothée WALLART

✉ wallart@captronic.fr

☎ 06 30 92 27 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### DEVELOPPER UN IOT : SPECIFICATION, CONCEPTION ET INDUSTRIALISATION

#### Jour 1

##### Tour de table

##### LA PHASE DE DEFINITION ET DE SPECIFICATION

##### Expression du besoin et définition des exigences

Présentation générale du projet, les besoins et les exigences

Particularité de l'IIoT : spécifier le matériel et le logiciel.

La spécification technique du besoin logiciel (STBL).

##### LA PHASE DE CONCEPTION

##### Quelle pratique de pilotage et de réalisation du projet

Les méthodes agiles (SCRUM, ASD, BDD...), le Cycle en V

Notion d'expérience utilisateur (UX).

##### Consulter les prestataires

Le dossier de consultation

##### Savoir lire un devis

##### La faisabilité

Etat de l'art et spécificité de l'IIoT

Les différentes formes de preuve de concept (matériel, UX expérience)

Identifier les points critiques (à risques)

Les différentes maquettes (matérielles, d'usage, maquette dynamique des IHM...)

Les plateformes matérielles de développement (Arduino, Raspberry pi, modules SigFox, LoRa)

Notions et concepts logiciels : de VM (machine virtuelle), de conteneur et de docker.

##### Le prototypage

Valider les fonctionnalités du produit incluant côté matériel, le design, la mécanique, l'électronique et les logiciels embarqués et back office

Les différents démonstrateurs, le prototypage rapide

#### Jour 2

##### Le développement détaillé

Conception / design DFM (Design for Manufacturing) / DFT (Design for testability)

Règles de conception et de fabrication du Circuit imprimé

Notion ESD (Electrostatic Sensitive Device) et CEM (Compatibilité ElectroMagnétique)

Règles de conception du logiciel, TDD (Test-Driven Development), contraintes liées à la cybersécurité, le versioning : une spécificité du développement logiciel.

Typologie du process d'assemblage / contraintes de fabrication

Moyens de contrôle et de test – stratégie de test : électronique et logiciel

Le dossier de définition produit

##### LA PHASE D'INDUSTRIALISATION

##### La fabrication

Le dossier de fabrication : que doit-il contenir ? PCB, assemblage (description d'une ligne d'assemblage), présérie, ...

Le banc de test (Contrôle fonctionnel et in situ)

La notice d'utilisation

Le logiciel et la gestion des mises à jour :

Testabilité du logiciel

##### LA CERTIFICATION

La classification d'un produit

Les normes et directives (basse tension, CEM, RED, Atex...)

Les indices de protection

Le marquage (CE, recyclage...)

##### Tour de table



## Gestion des achats techniques pour la maîtrise des coûts de mon produit électronique

*La croissance d'une entreprise repose autant sur une gestion efficace des achats que sur les ventes. Maîtriser les coûts des composants et pièces essentielles à la fabrication permet d'améliorer la marge. Cette formation vous permettra de comprendre les enjeux des achats techniques (composants, sous-ensembles, pièces sur plan), d'acquérir une méthode et des outils pour construire une stratégie Achats adaptée, et de passer sereinement du prototype à la production en série, tout en intégrant une approche de coût global.*

### OBJECTIFS

Bâtir une stratégie d'achat pour la production série de votre produit innovant

S'approprier une méthodologie

Mettre en place des outils de gestion des fournisseurs.

### PUBLIC VISE

Responsable achats, Responsables de projets, Ingénieurs, Techniciens en charge de la conception d'un produit souhaitant maîtriser la fonction achat.

### PREREQUIS

Aucun prérequis particulier n'est nécessaire pour le suivi de cette formation pour ce public visé.

Disposer d'un PC avec webcam, micro et une liaison Internet.

### INTERVENANT

Ingénieur conseil et formation spécialisation achat et supply chain, plus de 20 ans d'expérience.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours - Etude de cas - Assistance pédagogique sur le cours assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Les 6 et 7 octobre 2026

### LIEU

Formation à distance

Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

1200 € HT (900 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Sophie BASSE-CATHALINAT

✉ cathalinat@captronic.fr

☎ 06 79 49 15 99

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### GESTION DES ACHATS TECHNIQUES POUR LA MAITRISE DES COÛTS DE MON PRODUIT ELECTRONIQUE

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Les achats techniques, des marchés complexes

- Au-delà de la complexité technique, des structures économiques particulières.
- Fournisseurs et clients : des tailles d'entreprises souvent peu équilibrées.
- Des marchés extrêmement dynamiques et délocalisés.

##### Les Contraintes liées aux Achats techniques

- Une pérennité des systèmes et équipements difficile à garantir : comment gérer au mieux le cycle de vie des composants et sous-ensembles ?
- Les canaux de vente des composants électroniques, marchés parallèles et contrefaçon.
- Pièces sur plan : propriété des outillages, estimation des coûts objectifs.
- Contraintes environnementales (ROHS, REACH...) et réglementaires (ITAR/ECCN, positions douanières...)
- Les actions de prévention des risques majeurs liés aux marchés techniques (en phase de conception, de production, d'après-vente).

#### Jour 2

##### Bâtir une Stratégie Achat

- Une approche en 6 étapes :
  - la segmentation des achats
  - connaître ses besoins
  - connaître les marchés fournisseurs
  - modéliser ses achats
  - analyser la situation actuelle
  - définir le plan d'action pour mettre en place la stratégie définie.
- Bien définir son besoin : notions de cahier des charges technique, fonctionnel...
- Susciter l'offre : consultation, appel d'offre...
- Analyser les réponses aux consultations :
  - grilles d'évaluation
  - processus de sélection des fournisseurs.
- La négociation Achat et la contractualisation du besoin.
- La commande d'achat et son suivi : le processus Approvisionnement.

##### Etude de cas : sélection de fournisseur.

##### Une approche « coût global », du prototype à la série

- Les phases de développement, le cycle en V, les coûts associés.
- Conception, industrialisation, fabrication : les relations et les contrats entre Bureau d'Etudes et EMS ou sous-traitants.
- Anticiper le coût série de vos sous-ensembles.
- Raisonner en coût global, ou en coût total de possession.

##### Etude de cas : gestion des risques et coût global –sous-traitance de carte suivant plusieurs hypothèses de localisation de sous-traitance (Chine, Europe, France)

##### Tour de table



## Gestion de projet pour la conception des systèmes embarqués

*Cette formation vous permet de développer votre efficacité en gestion de projet pour faire de vous un chef de projet compétent dans une variété de projets, quels que soient leur taille, leur portée ou leur budget. Les différentes approches agiles et classiques vous permettront de vous adapter en permanence aux contextes industriels et ainsi donner une grande visibilité à vos clients.*

### OBJECTIFS

Être capable de comprendre les différentes méthodes de gestion de projet : classiques et Agiles.  
Planifier les projets.  
Gérer les risques.  
Etablir une analyse fonctionnelle.  
Utiliser des outils de pilotage.

### PUBLIC VISE

Responsables de projets, Ingénieurs, Techniciens en charge de la conception d'un produit et/ou de la qualité du développement des systèmes.

### PREREQUIS

Aucun prérequis particulier n'est nécessaire pour le suivi de cette formation pour ce public visé.  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et une liaison Internet.

### INTERVENANT

Ingénieur de Recherche au CNRS - 30 ans d'expérience en modélisation et développement logiciel. Enseignant dans plusieurs écoles.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours – Etudes de cas.  
Assistance pédagogique sur le cours assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Du 2 au 4 juin 2026

### LIEU

Formation à distance  
Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.

### DUREE

3 jours – 21h

### PRIX

1750 € HT (1350 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Sophie BASSE-CATHALINAT

✉ cathalinat@captronic.fr

☎ 06 79 49 15 99

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### GESTION DE PROJET POUR LA CONCEPTION DES SYSTEMES EMBARQUES

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Définition

Pourquoi un projet ?  
Pourquoi la gestion de projet ?  
Normalisation  
Les parties prenantes  
Définition des termes du métier

##### Organisation du projet

Structure de répartition :  
Product Breakdown Structure  
Work Breakdown Structure  
Organizational Breakdown Structure

Approche Bottom Up

Approche Top down

Différente type de projet

##### Les cinq phases d'un projet

Identification du besoin, normalisation AFNOR  
Faisabilité : coût, délais, risques  
Conception  
Phase de réalisation  
Réception

##### Ingénierie des exigences

Principe de l'analyse des exigences  
Analyse fonctionnelle  
Modélisation UML  
Modélisation FAST  
Modélisation PIEUVRE  
Modélisation VOLERE

#### Jour 2

##### Méthodes classiques

Processus des méthodes classiques  
Le modèle du cycle en cascade  
Le modèle du cycle en V  
Le modèle du cycle en Y  
La méthode du Processus Unifié (PU)  
PMBOK (Project Management Body of Knowledge)  
Limites des approches classiques  
Méthodes classiques et approche agile : Kanban, Scrum, Agile UP  
Synthèse des différences fondamentales agile / approche classique

##### Planification opérationnelle

Objectifs et Caractéristiques

##### Diagramme Pert

le Pert potentiel-étapes  
le Pert potentiel tâches  
Principe  
Convention  
Date au plus tôt  
Date au plus tard  
Marge totale  
Marge libre  
Optimisation des tâches  
Affectation des ressources  
Nivellement et lissage des ressources

##### GANTT

Marge libre totale  
Marge libre au plus tôt  
Marge indépendante  
Marge libre au plus tard

##### Diagramme Pert probabiliste

Principe  
Durée moyenne  
Variance  
Ecart type  
Chemin critique  
Densité de probabilité

#### Jour 3

##### Gestion des risques

Définition  
Mesures des risques  
Norme  
Démarche en 4 temps

##### Outils de pilotage

Principe  
Méthode de la valeur acquise  
La Méthode des courbes en S  
Valeur Acquise (VA)  
Valeur Planifiée (VP)  
Coût Réel (CR):  
Courbe cumulative de la valeur acquise  
Courbe cumulative de la valeur planifiée  
Courbe cumulative du coût Réel

**Pour chaque chapitre, mise en œuvre avec des exemples et des exercices sur des études de cas.**

##### Tour de table



## Introduction à l'Industrie 4.0

*La transformation vers l'industrie 4.0 correspond à une nouvelle façon d'organiser son usine ou son site de production grâce à l'informatique et aux capteurs électroniques. Grâce aux données disponibles dans votre process d'entreprise vous pourrez surveiller et contrôler en temps réel vos machines, votre équipement, votre site et prendre des décisions plus rapidement. Grâce à la technologie numérique vous pourrez augmenter votre productivité et réduire considérablement vos coûts. Le but de cette demi-journée est de transmettre aux participants une culture générale, présenter les fondamentaux, l'intérêt des technologies avec des exemples d'applications pour se projeter en interne.*

### OBJECTIFS

Découvrir le concept, l'intérêt, les technologies et les applications de l'industrie 4.0

Comprendre comment ces technologies peuvent créer de la valeur pour les produits et services.

### PUBLIC VISE

Cette formation cible les exploitants et mainteneurs de sites et toute personne intéressée par l'innovation, la transformation numérique et les technologies associées ...

### PREREQUIS

Dispose d'un PC avec webcam micro et une liaison internet.

### INTERVENANT

Ingénieurs CAPTRONIC, experts techniques, intervenant dans des missions de conseil et d'assurances techniques en entreprise.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence. Support de cours. Etude de cas. Démonstration ou travaux pratiques. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité ou de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation à distance ou en présentiel

### DUREE

0,5 jour – 3,5 h

### PRIX

A la demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

### INTRODUCTION A L'INDUSTRIE 4.0

#### Tour de Table

##### Introduction

**Définition et enjeux :** cette nouvelle ère est celle des DATAs. Elles sont nécessaires pour construire des informations dont la structuration et la fusion ouvre de nouvelles perspectives pour des process industriels fortement intégré ou des process ouverts et étendus sur toute le chaine de valeur.

**Les promesses de l'Industrie du Futur s'appuient notamment sur des briques technologiques mais comment les appréhender et quels en sont les impacts réels ?**

**Comprendre et suivre les processus de façon durable :** des données aux informations valorisables, les niveaux de traitement des données et informations, l'économie de la fonctionnalité, les choix entre Intelligence Artificielle, Edge Computing ou IA embarqués. Quel rôle ont les jumeaux numériques en conception ?

**Améliorer la qualité de service des machines ou des « assets » industriels :** maintenance préventive ou prédictive, surveillance à distance via des IoT, réalité augmentée, traçabilité.

**Aide aux opérateurs :** cobotique / robotique, travailler en mobilité, réalité virtuelle.

**Les réseaux de transmission sans fil :** la nécessité de topologies mixtes, la qualité de service et les aspects de cybersécurité.

**Cette formation propose une alternance d'exposés théoriques et d'études de cas avec des références dans plusieurs secteurs industriels.**

#### Tour de table



## Maîtrisez le TDD (Test Driven Development) pour votre logiciel embarqué

*Apprenez à développer des applications robustes et fiables en C++ en plaçant le test au cœur de votre code. Cette formation TDD vous guide pas à pas vers une meilleure qualité logicielle, les nombreux TP permettent une mise en pratique immédiate sur des cas réels.*

### OBJECTIFS

Apprendre à développer à partir du test.  
Pratiquer le TDD pour assurer la qualité du code embarqué.

### PUBLIC VISE

Développeurs de logiciel et ingénieurs en conception informatique.

### PREREQUIS

Connaissances en programmation en langage orienté objet tel que langage C++.  
L'environnement de développement correspondant au langage choisi doit être installé sur chaque machine avant la formation.

### INTERVENANT

Développeur expert en qualité logiciel, formateur.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours – Alternance d'apports théoriques et d'exercices pratiques. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation. Feuilles de présence signées par chaque stagiaire et le formateur par demi-journée de formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation en présentiel

### DUREE

3 jours – 21h

### PRIX

A la demande

### CONTACT

Sophie BASSE-CATHALINAT

✉ [cathalinat@captronic.fr](mailto:cathalinat@captronic.fr)

☎ 06 79 49 15 99

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### MAITRISEZ LE TDD « TEST DRIVEN DEVELOPMENT » POUR VOTRE LOGICIEL EMBARQUE

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Introduction : Économie du logiciel. Pourquoi se soucier de la qualité ?

- Code pourri, les conséquences d'une qualité insuffisante
- Le glissement des exigences (Henderson)
- Les lois I&VI de Lehman
- Boucle de rétroaction besoin/produit (Barry Boehm)
- La dette technique et la dette de tests
- Refactoring : impensable sans tests

##### Tests - Testez proprement avec le Test Driven Development

- Typologie des tests (unitaire, système, etc.)
- Les 3 lois du TDD
- Garder les tests propres
- Langage de test sur un domaine spécifique
- FIRST, les qualités d'un bon test : « Fast », « Independent », « Repeatable », « Self validating » et « Timely »
- Outside-In, STDD, ATDD, BDD : quels apports
- Coverage, Mutation et autres métriques

##### Point sur l'état de la recherche académique

##### Tour de chauffe : éditer un code sans tests.

#### Jour 2

##### Fil rouge : exercice machine à café : Randori ou binômes selon le nombre de participants

##### Techniques de rédaction des tests

- Mocks, Stubs et autres doubles de test.
- Builders, Generators et lisibilité des tests
- Exercice muet : communiquer par le code

##### Co-construction des tests avec le métier

- Gherkin & BDD
- Domain Driven Design
- Limiter ses contextes

##### Tests avancés

- Tests de performance
- Misuse cases et Defect Testing
- Tests de recette : éviter l'effet démo

#### Jour 3

##### Selon les besoins identifiés les 2 jours précédents.

- Lien entre tests et intégration continue
- Extreme Programming
- Initiation à la mise en place de tests sur une codebase dégradée.
- Techniques de contournement quand on ne peut pas tester
- Tests et contractualisation (freelances)

##### Tour de table



## Méthode Agile : découverte de SCRUM

*De plus en plus utilisées, les méthodes Agiles offrent une meilleure maîtrise des projets de développement de produits en termes de délais, de coûts et de résultats. SCRUM, en particulier, favorise un travail itératif et une communication fluide entre les différents acteurs, afin d'accroître la crédibilité de la gestion de projet grâce à une meilleure prévisibilité et une satisfaction accrue des utilisateurs. Cette formation vous fournira les connaissances essentielles pour adopter un mode de travail par itérations et optimiser en permanence la démarche engagée.*

### OBJECTIFS

Comprendre les méthodes Agiles et les principes itératifs afin d'être en mesure de l'adapter à son contexte interne de gestion de projet

### PUBLIC VISE

Responsables de projets, Ingénieurs, Techniciens en charge de la conception d'un produit et/ou de la qualité du développement des systèmes embarqués.

### PREREQUIS

Connaissances de base en conduite de projet.  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et une liaison Internet.

### INTERVENANT

Ingénieure développement logiciel expérimentée dans l'utilisation de SCRUM.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours - Etude de cas – Démonstration et/ou travaux pratiques. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Le 19 mars 2026

### LIEU

Formation à distance  
*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise*

### DUREE

1 jour – 7 h

### PRIX

700 € HT (550 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Dorothee WALLART

✉ wallart@captronic.fr

☎ 06 30 92 27 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### METHODE AGILE : DECOUVERTE DE SCRUM

#### Matin

##### Introduction

- Tour de table
- Différences entre méthodes traditionnelles/méthodes agiles

##### SCRUM

- Théorie SCRUM
- Valeurs

##### Acteurs SCRUM

- Scrum master
- Product owner
- Equipe de développement

##### Expression du besoin

- Backlog
- User stories
- Personas
- Notion de "fini"

#### Après-midi

##### Estimation et planification

- Sprint planning
- Vélocité
- Planification des releases
- Planning poker

##### Pratiques quotidiennes et pilotage

- Radiateur d'information
- Burndown charts
- Standups

##### Pratiques de fin de sprint

- Revue
- Rétrospectives

##### Tour de table



## Méthodologies pour fiabiliser son code embarqué et le rendre testable

*Vous menez un projet comportant de l'électronique embarquée ? Comment s'assurer de la fiabilité de votre code ? Parmi les approches disponibles, il existe des méthodes basées sur la testabilité du code. Ces méthodes seront présentées dans le détail lors de cette formation.*

### OBJECTIFS

Maîtriser les différentes méthodes de gestion de projet logiciel pour améliorer la testabilité et la qualité du code produit.

### PUBLIC VISE

Ingénieurs en conception informatique, développeurs de logiciel embarqué.

### PREREQUIS

Bonnes connaissances en programmation langage C.  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et une liaison Internet.

### INTERVENANT

Ingénieur CAPTRONIC, expert en logiciel embarqué, en processus de gestion et développement.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours – Démonstration et travaux pratiques. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Les 25 et 26 mars 2026

### LIEU

Formation à distance  
*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.*

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

1200€ HT (900 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Dorothée WALLART

✉ wallart@captronic.fr

☎ 06 30 92 27 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### METHODOLOGIES POUR FIABILISER SON CODE EMBARQUE ET LE RENDRE TESTABLE

#### Tour de table

##### Jour 1

Introduction et exemples de scénarios types, introduisant la problématique d'un code de qualité, testé et documenté  
Approche système  
Elaboration d'un document logiciel  
Les documents de spécifications et d'exigences  
Cas pratique avec prise en compte des tests dès les phases de conception  
Les différentes gestions de projet  
La qualité de code  
Norme de codage  
Principe et exemples : Linux coding style, MISRA, google coding style  
Métrique, Revue de code et documentation  
Travaux pratiques : Rédaction de spécifications et d'exigences

##### Jour 2

Les documents de vérification et validation  
Outils de gestion de configuration  
Théorie : Principe, test de non régression, automatisation des tests, testabilité  
Différents types de tests  
Tests unitaires : Définition et mise en pratique sur outil de test unitaire  
Tests d'intégration : Définition et stratégie  
Tests de validation : Définition et mise en œuvre  
Travaux pratiques : mise en œuvre de Unity  
Conclusion/Discussions

#### Tour de table



## Rédiger un document de spécifications pour systèmes embarqués : bonnes pratiques

*Des projets bien cadrés commencent par des spécifications bien rédigées. Cette formation vous donne les clés pour structurer clairement vos besoins, éviter les zones d'ombre et gagner en efficacité dans vos développements embarqués. En deux jours, apprenez à produire des documents de qualité, à utiliser UML pour modéliser efficacement, et à intégrer les contraintes réglementaires dès la phase de conception.*

### OBJECTIFS

Démystifier la rédaction des spécifications systèmes.  
Permettre d'obtenir un document de qualité pour concevoir un matériel et un logiciel de qualité.

### PUBLIC VISE

PME, start-ups ou bureaux d'études du secteur électronique au sens large qui envisagent de monter en compétence dans la gestion et la rédaction documentaire.

### PREREQUIS

Connaissances de base en électronique et/ou logiciel embarqué.  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et une liaison Internet.

### INTERVENANT

Ingénieur CAPTRONIC, expert en logiciel embarqué, en processus de gestion et développement.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours – Présentation d'exemples de mise en œuvre. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Les 20 et 21 mai 2026

### LIEU

Formation à distance  
Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

1200€ HT (900 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Dorothee WALLART

✉ wallart@captronic.fr

☎ 06 30 92 27 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### REDIGER UN DOCUMENT DE SPECIFICATIONS POUR SYSTEMES EMBARQUES : BONNES PRATIQUES

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Introduction

- Intérêt des spécifications.
- Echange autour des attentes
- Rappel sur la gestion de projet : cycle en V et scrum.
- Quel type de document et à quel moment ?

##### La rédaction du cahier des charges.

- Les recommandations pour une étude efficace des cas d'usage.
- L'analyse du besoin fonctionnel (ABF).
- L'expression du besoin fonctionnel (EBF).

##### La rédaction du cahier de consultation.

- Les enjeux de l'appel d'offre.
- Les bonnes pratiques.
- L'analyse des réponses, la matrice de choix.

##### Le langage UML

- Présentation
- Les différents diagrammes utiles pour la rédaction de spécification.

##### Spécifications fonctionnelles

- Objectifs
- La notion d'exigences
- De la réunion à la spécification, prendre le chemin le plus court
- Tester ses exigences.
- Exemple de mise en œuvre

#### Jour 2

##### Spécifications techniques

- Objectifs
- Liaison avec le document de spécifications fonctionnelles
- Exemples de mise en œuvre
- Exigences et traçabilité : les outils

##### Documents d'architecture

- Pourquoi un tel document ?
- Méthode de rédaction, intérêt de l'UML.

##### Rédaction du plan de Test

- Les différents types de test.
- La liaison avec les spécifications

##### Impact de la réglementation sur la rédaction des spécifications

- Impact de la EN62304 et DO178C

##### Document de recette

- Liaison avec les spécifications fonctionnelles.
- L'intérêt du RETEX

##### Conclusion

- Bilan de la formation et questions/réponses

##### Tour de table



## Bus CAN, le protocole J1939 et ses déclinaisons, base de données et analyse

*Cette formation a pour but de faire une introduction théorique au protocole CAN et son multiplexage. Les points suivants seront détaillés : l'échange d'informations et la technique d'arbitrage.*

### OBJECTIFS

Présenter le protocole CAN et son multiplexage ;  
Découvrir les différentes normes et interprétations telles que le protocole J1939, la prise ODB, ISOBUS ;  
Mise en œuvre du protocole par la pratique.

### PUBLIC VISE

Ingénieurs, techniciens, chefs de projet souhaitant un premier niveau de connaissance du bus CAN et ses déclinaisons.

### PREREQUIS

Notions de base en électronique.  
Notions de base sur les réseaux de communication.  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et une liaison Internet.

### INTERVENANT

Ingénieure électronique, formatrice sur les protocoles réseaux et outils pour l'analyse, la simulation, le test des systèmes.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours – Travaux pratiques.  
Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Les 7 au 8 juillet 2026

### LIEU

Formation à distance  
*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Seule une connexion à Internet est requise.*

### DUREE

2 jours - 14 h

### PRIX

1200 € HT (900 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Dorothée WALLART

✉ wallart@captronic.fr

☎ 06 30 92 27 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### BUS CAN, LE PROTOCOLE J1939 ET SES DECLINAISONS – BASE DE DONNES ET ANALYSE

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Présentation du bus CAN

Historique, du point à point au multiplexage

Caractéristiques et propriétés des bus séries et en particulier le CAN, avantages et inconvénients

Adressage, architecture, accès et filtrage, topologie, vitesse et débit

Trame CAN, data CRC et ACK (CAN 2.0A, CAN2.0 B) et gestion des erreurs

Application au bus CAN, Notion sur les routeurs et passerelles

Extensions des applications, limites du CAN et ses alternatives : CANFD et notion de container

##### Le modèle ISO d'un réseau/bus

Historique, couches ISO ECU Ethernet et simplification couches ISO CAN (distinguer couches basses et applicatifs)

Couche physique et les préconisations du réseau électrique (CAHS et CANLS)

Contrôleur CAN et ses registres (bit time et filtrage)

##### Travaux pratiques : Base de données CAN et analyse

Créer une base de données réseau CAN (CANDB++)

Analyse du réseau CAN (trames, signaux.)

#### Jour 2

##### J1939

Les normes SAE et les documents de chaque couche OSI

Particularité d'un ECU J1939 par rapport au CAN (couches ISO)

Notion d'adresse et Nom d'un ECU, Network Management J1939

##### Interprétations/compléments du bus CAN

Trame CAN.20 B et J1939

Notions de PGN, SPN, PGN Broadcast et PGN Point à Point

Exemple de PGN J1939 applicatifs (PGN contrôleur moteur...)

Exemple de différents PGN spécifiques (NM, RQST...)

Transport Protocole (Broadcast et Point à Point)

Diagnostic J1939 (DM1, DM2...), DTC et FMI

J1939 Safety et J1939FD

Variante ISO 11783 pour l'agriculture

##### ODB

Historique, Brochage, ODB et CAN

Les différentes interprétations de l'ODB2

##### Travaux pratiques : Base de données J1939 et analyse

Créer une base de données réseau J1939 (CANDB++)

Analyse du réseau J1939 (trames, signaux, Diagnostic, TP...)

##### Tour de table



## Concevoir l'antenne d'un objet connecté IoT : Caractérisation, mesure, optimisation

*Cette formation vous donnera les clés pour concevoir, intégrer et tester une antenne performante dans un objet connecté IoT. Vous apprendrez à sélectionner la technologie adaptée (Wi-Fi, Bluetooth, GNSS, NB-IoT, LTE-M, LoRaWAN, Sigfox), optimiser l'adaptation d'impédance, réaliser mesures et simulations pour améliorer portée, fiabilité, certification et efficacité radio de vos produits sans fil.*

### OBJECTIF

Connaitre le fonctionnement de différentes technologies d'antennes et la méthodologie à mettre en œuvre pour réussir l'intégration d'une antenne dans un objet connecté.

### PUBLIC VISE

Personnes en charge de la conception d'un objet connecté sans fil.

### PREREQUIS

Connaissances générales en conception électronique radiofréquence, physique, électromagnétisme.  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et une liaison Internet.

### INTERVENANT

Senior RF Engineer, 10 ans d'expérience en radiofréquence.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours - Etude de cas et travaux pratiques – Assistance pédagogique sur le cours assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Les 31 mars et 1<sup>er</sup> avril 2026

### LIEU

Formation à distance  
Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

1200 € HT (900 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Sophie BASSE-CATHALINAT

✉ cathalinat@captronic.fr

☎ 06 79 49 15 99

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### CONCEVOIR L'ANTENNE D'UN OBJET CONNECTE – IOT CARACTERISATION, MESURE, OPTIMISATION

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Les bases en Radiofréquence

Propagation des ondes électromagnétique

Bilan de liaison

Principaux équipements de mesure en laboratoire RF : analyseur de réseaux vectoriel : principe et méthode de mesure d'impédance / paramètre S, Analyseur de spectre, Générateur RF...

##### Les caractéristiques fondamentales d'une antenne

Champ proche et champ lointain

Caractéristiques en champs lointains : polarisation, gain, diagramme de rayonnement, directivité, bande passante

Impédance, coefficient de réflexion et rapport d'ondes stationnaires (T.O.S/R.O.S)

Présentation de l'abaque de Smith

##### Atelier 1

*Mise en œuvre d'un analyseur de réseau pour l'adaptation d'impédance*

*Comment optimiser l'Adaptation d'Impédance (Smith Chart) : conception du circuit électronique d'adaptation : exemples à 433 MHz, 868/915 MHz, 2.4 GHz.*

##### Les différents types d'antennes pour les objets connectés : (PARTIE I)

Les antennes externes au boîtier : sur connecteur

Les antennes internes/intégrées : imprimées, à souder sur le PCB (de type céramiques, ...)

Critères de sélection d'une antenne et lecture de datasheet

#### Jour 2

##### Les différents types d'antennes pour les objets connectés : (PARTIE II)

Quelle antenne pour quelle application radio ? de la définition du besoin à la sélection (antennes omnidirectionnelles, antennes directives/Satellites...) )

Comment optimiser l'intégration d'une antenne dans les règles de l'art suivant l'application radio, les contraintes du produit (encombrement, environnement)

Influence du milieu de propagation Indoor/Outdoor

Influence du boîtier de l'objet, du circuit imprimé, de l'environnement proche du boîtier

Démonstration d'une modélisation et simulation d'une antenne imprimée sur PCB pour application à 2.4 GHz avec le logiciel SONNET

##### Atelier 2 : Mesures rayonnées et comparaison de différentes antennes

*Certification et caractérisation du rayonnement produit*

*Cohabitation Systèmes/Antennes*

##### Atelier 3 : Modélisation et Simulation d'antenne : exemples avec le logiciel gratuit 4NEC2

##### Tour de table



## Connectez vos objets : les clés des protocoles IoT

*Choisir le bon protocole de communication est aujourd'hui crucial pour tout projet IoT. Cette formation vous plonge au cœur des technologies de transmission actuelles, des communications radiofréquences courte portée (Bluetooth, ZigBee, Matter, WiFi...) aux réseaux cellulaires avancés (LTE-M, NB-IoT, 5G RedCap). En 4 demi-journées obtenez les clés pour naviguer dans l'architecture complexe des communications IoT modernes et faire des choix techniques éclairés pour vos déploiements.*

### OBJECTIFS

Acquérir ou enrichir le vocabulaire de l'IoT.  
Découvrir les principales technologies radio pour l'IoT, ses caractéristiques et ses perspectives.  
Comprendre l'utilité des protocoles applicatifs IoT.  
Être capable d'établir le lien entre cas d'application et réseaux IoT optimal.  
Découvrir l'écosystème des opérateurs IoT.

### PUBLIC VISE

Chefs de projet, Responsables de service, Dirigeants, Développeurs et intégrateurs de solutions IoT

### PREREQUIS

Connaissances de base en électronique et/ou logiciel embarqué.  
Notions de communications sans fil  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et une liaison Internet.

### INTERVENANT

Experte en protocole de communication  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence. Support de cours. Méthode pédagogique alternant théorie et pratique au travers d'études de cas ou de travaux dirigés. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Du 2 au 5 juin 2026

### LIEU

Formation à distance  
*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.*

### DUREE

4 demi-journées – 14 h

### PRIX

1200€ HT (900 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Bérénice RABIA

✉ [rabia@captronic.fr](mailto:rabia@captronic.fr)

☎ 06 09 86 49 44

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### CONNECTEZ VOS OBJETS : LES CLES DES PROTOCOLES IOT

#### Jour 1

##### Introduction et tour de table

##### Pourquoi la connectivité est un enjeu stratégique en IoT

- Vocabulaire et enjeux industriels de l'IoT
- Architectures (edge, local, réseaux privés, publics, UNS...)

##### Cybersécurité & réglementation

- Utilisation du spectre radiofréquences et Directive RED : obligations sur les interfaces radio
- Cyber Resilience Act (CRA) et RED Delegated Act (RED DA) : implications sur la chaîne de conception (matériel, firmware, protocoles RF)
- Security by design sur les couches radio (authentification, chiffrement, résistance aux attaques RF)

##### Présentation des principales technologies radio IoT :

- Panorama des solutions techniques
- Réseaux courte et moyenne portée : RFID/NFC, ZigBee/Thread/Matter, Bluetooth Low Energy, WiFi, LiFi, UWB...

#### Jour 2

##### Présentation des principales technologies radio IoT (suite):

- Exercice : comparatif entre protocoles
- Réseaux maillés : Bluetooth Mesh, WiFi Mesh, ZigBee/Thread/Matter, Thread, Wirepas, NeoMesh, LoRa Mesh...
- Exercice : analyse d'un cas d'usage
- Réseaux LPWAN (longue portée) : SigFox, LoRa/Lora+, Wirepas, Mioty...

#### Jour 3

##### Présentation des principales technologies radio IoT (suite)

- Réseaux LPWAN longue portée (suite)
- Technologies 3GPP (cellulaire) : LTE-M, NB-IoT, 5G RedCap...
- Autres technologies
- Exercice : comparatif entre protocoles
- Réseaux satellitaires : Constellations LEO pour l'IoT
- Introduction à la géolocalisation

#### Jour 4

##### Présentation des principales technologies radio IoT (suite) :

- Exercice : comparatif entre protocoles
- Exercice : analyse d'un cas d'usage

##### Présentation des principaux protocoles applicatifs IoT :

- Panorama des protocoles et applications
- Protocoles de messagerie et de transfert web : API REST, CoAP, MQTT...
- Rôle d'une plateforme IoT

##### Vision prospective des technologies et protocoles IoT

- Positionnement des technologies LPWAN vs cellulaires vs mesh
- Technologies émergentes

##### Clôture et tour de table



## Créer de la valeur avec l'Internet des objets : pourquoi pas moi ?

*A l'heure du tout connecté, une question doit tout de même se poser : quelle est la valeur apportée par mon produit connecté ? Cette formation a pour but de sensibiliser un public qui découvre l'IoT (l'Internet des Objets) et qui souhaite découvrir comment les objets connectés peuvent créer de la valeur.*

### OBJECTIFS

Découvrir le monde des objets connectés.  
Comprendre comment les objets connectés peuvent créer de la valeur pour vos produits et services.

### PUBLIC VISE

Toute personne intéressée par les objets connectés.

### PREREQUIS

Si formation à distance, un PC avec webcam, haut-parleur et micro et une liaison Internet sont requis.

### INTERVENANT

Formateur expert technique dans le domaine, intervenant dans des missions de conseil et d'assistances techniques en entreprise.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence si formation à distance. Méthode pédagogique alternant théorie et pratique au travers d'études de cas ou de travaux dirigés. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité ou de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation à distance ou en présentiel

### DUREE

1 jour – 7h

### PRIX

Sur demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

*(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)*

### CREER DE LA VALEUR AVEC L'INTERNET DES OBJETS : POURQUOI PAS MOI ?

#### Tour de table

##### Les fondamentaux de l'IoT

Objets connectés, de quoi parle t on

Création de valeur, pourquoi

Exemples de services connectés

#### Mise en pratique

Créer votre service connecté

#### IIoT

La récupération de données mais pour quoi faire ?

L'IoT Industriel, c'est quoi réellement ?

Comment faire simplement

Conclusion de la journée

#### Tour de table



## Découvrez les évolutions RF, LPWAN, 5G et cybersécurité pour l'IoT

*Actualisez vos compétences en connectivité IoT avec cette formation technique dédiée aux évolutions des protocoles radiofréquences. En 2 demi-journées, faites le point sur les nouveautés LPWAN, mesh, cellulaires, satellitaires et Bluetooth/Wi-Fi, et renforcez votre compréhension des enjeux de cybersécurité et de conformité réglementaire. Une mise à jour essentielle pour faire les bons choix technos dans vos futurs projets.*

### OBJECTIFS

Identifier les principales évolutions technologiques des protocoles de communication sans fil utilisés en IoT.

Comparer les technologies radio en fonction de critères techniques clés.

Comprendre les impacts réglementaires récents sur la conception et l'exploitation de solutions IoT.

### PUBLIC VISE

Chefs de projet, Responsables de service, Dirigeants, Développeurs et intégrateurs de solutions IoT.

### PREREQUIS

Connaissances de base en électronique et/ou logiciel embarqué.

Notions de communications sans fil.

Disposer d'un PC avec webcam, micro et une liaison internet.

La formation « Protocoles de communication pour l'IoT : de la RFID à la 5G » constitue une très bonne base, mais n'est pas indispensable pour suivre ce programme.

### INTERVENANT

Experte en protocole de communication.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence. Support de cours. Méthode pédagogique alternant théorie et pratique au travers d'études de cas ou de travaux dirigés. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Les 11 et 12 juin 2026

### LIEU

Formation à distance

*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.*

### DUREE

2 demi-journées - 7h

### PRIX

700 € HT (550 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Bérénice RABIA

✉ [rabia@captronic.fr](mailto:rabia@captronic.fr)

☎ 06 09 86 49 44

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### DECOUVREZ LES EVOLUTIONS RF, LPWAN, 5G ET CYBERSECURITE POUR L'IOT

#### Jour 1 (matin) – Panorama & évolutions technologiques

##### Tour de table

##### Pourquoi la connectivité reste un enjeu stratégique en IoT

Nouveaux usages et architectures (edge, local, réseaux privés, publics, UNS...)

Positionnement des technologies LPWAN vs cellulaires vs mesh

##### Bases techniques des technologies de connectivité

Comparatif structuré : portée, consommation, bande passante, infrastructure, complexité, ...

Rappels des principaux protocoles via des exemples de produits récents (capteurs, gateways, modules RF...)

Focus rapide : LoRa, Sigfox, NB-IoT, BLE, WiFi, Zigbee, LTE-M, etc.

##### Cybersécurité & réglementation

Directive RED : obligations sur les interfaces radio

Cyber Resilience Act (CRA) et RED Delegated Act (RED DA): implications sur la chaîne de conception (matériel, firmware, protocoles RF)

Security by design sur les couches radio (authentification, chiffrement, résistance aux attaques RF)

##### Panorama des tendances & technologies émergentes

Mesh : Matter, Thread, Wirepas, NeoMesh, LoRa Mesh, WiFi Mesh – quels cas d'usage ?

##### Atelier : analyse d'un cas d'usage

Réseau Mesh IoT indoor : choix technologiques, dimensionnement, contraintes RF, sécurité

#### Jour 2 (matin) – Tendances, innovations & cas d'usage

##### Panorama des tendances & technologies émergentes

Cellulaire : 5G RedCap – nouvelles options pour l'IoT industriel et nomade

Satellitaire : constellations LEO pour l'IoT

Bluetooth : BLE Audio, Channel Sounding

WiFi : Wi-Fi 6/6E/7, HaLow

Lifi : usages industriels émergents

LPWAN nouvelle génération : Mioty, LoRa+, vers plus de robustesse et densité

Ultra Wide Band (UWB) : géolocalisation de précision et sécurisation de proximité

Quantum communication : introduction et perspectives pour la sécurisation des objets

##### Atelier : analyse d'un cas d'usage

Solution Long Range: comparaison LPWAN vs cellulaire vs satellite

##### Comparatif global et mise en perspective

##### Tour de table



## Design et mesure RF- Intégration d'une solution radio dans vos systèmes connectés par la pratique

*Dans cette formation seront présentées les bonnes pratiques pour embarquer un moyen radio dans votre produit. Vous disposerez de bases techniques solides grâce aux nombreux retours d'expérience, démonstrations et travaux pratiques proposés afin de mieux appréhender les notions présentées. La formation présentera l'ensemble des éléments essentiels à la conception RF d'un produit connecté et les outils nécessaires à sa mise au point.*

### OBJECTIFS

Maîtriser le référentiel radio (propagation, protocoles, réglementation, Sensibilité, ...).

Mettre en œuvre les outils-équipements de mesures radio

Comprendre ce qu'est un bilan de liaison et ce qui influe sur la propagation et les bases des modulations et du filtrage canal

Connaître les exigences réglementaires en Europe

Comprendre les paramètres influençant la puissance d'émission et la sensibilité de réception

Appréhender les mesures de pré certification RF classiques.

### PUBLIC VISE

Responsables de projets, Ingénieurs, Techniciens en charge de la conception-développement d'un produit intégrant un module ou un ensemble radiofréquence basé sur des composants pré-intégrés (transceivers intégrés ou modules).

### PREREQUIS

Avoir des connaissances en électronique analogique.

Avoir des notions sur les systèmes de communication sans fil.

### INTERVENANT

Formateur Spécialiste en conception radiofréquence.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours. Travaux pratiques. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation. Feuilles de présence signées par chaque stagiaire et le formateur par demi-journée de formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation de présence.

### DATES

Du 2 au 4 juin 2026

### LIEU

Villefontaine (38)

### DUREE

3 jours – 21h

### PRIX

2100 €HT (1500 €HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Dorothée WALLART

✉ wallart@captronic.fr

☎ 06 30 92 27 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### DESIGN ET MESURE RF - INTEGRATION D'UNE SOLUTION RADIO DANS VOS SYSTEMES CONNECTES PAR LA PRATIQUE

Cette formation alterne les présentations théoriques avec les TP de mesures destinées à illustrer par la pratique les notions exposées.

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Les bases de la RF

Propagation et spectre radio

Le tournevis du radio : l'analyseur de spectre

*TP1 : Transmission radio en environnement difficile*

*TP2 : Le « foin radio » qui nous entoure*

Solutions techniques radio & architectures

Optimisons les transferts de puissance

DEMO : Lignes de transmission

...et sa clé à molette : l'analyseur de réseau vectoriel

*TP3 : Evaluation de divers filtres RF*

*TP4 : Gain, pertes et adaptation d'un quadripôle RF*

Modulations numériques simples et composées

*TP 5&6 : Intérêt des modulations numériques*

Couche physique, protocole bas niveau et standards en vigueur

#### Jour 2

##### Applications & Réglementation – RED

Directive RED, Normes radio & CEM usuelles & points critiques

Comment choisir sa solution radio ?

*TP7 : La simplicité et l'intérêt d'un module complet*

*TP8 : La flexibilité d'une solution intégrée*

Règles de Conception d'un émetteur récepteur RF  
Cohabitation Multi-Radio vs Electronique associée

*TP9&10 : Criticité d'une conformité radio RED*  
Développement & Intégration CAO PCB

*TP11 : Amplificateur de puissance & harmoniques*

*TP12 : Intérêt d'un préamplificateur faible bruit*  
Les solutions IoT SubGiga & cellulaires  
Amélioration ultime du bilan : l'étalement de spectre

#### Jour 3

##### Compléments techniques & antennes

GNSS, WiFi & Bluetooth

*TP13 : Impact de l'environnement sur une antenne*

*TP14 : Mesure de puissance et sensibilité DSSS*  
Cas particulier des antennes NFC RFID  
Modèle et théorie des antennes radio  
Intégration des antennes & impact de leur environnement

*TP15 : Adaptations, portées et isolations*

*TP16 : Mesures des puissances et harmoniques rayonnées*

##### Echanges et questions /réponses

##### Tour de table



## Intégration d'antennes dans le monde de l'IoT

*Cette formation vous permettra de savoir choisir, intégrer et adapter une antenne suivant les besoins et les contraintes du système communicant et de mieux anticiper les problématiques de performances et d'intégration d'une antenne grâce à la simulation et aux mesures.*

### OBJECTIFS

Être capable de prendre en compte les paramètres les plus importants pour choisir une antenne ou rédiger un cahier des charges pour faire réaliser une antenne spécifique.

Appréhender les techniques et l'étude des antennes destinées aux produits et objets communicants.

Savoir réaliser des mesures simples sur les antennes.

Savoir concevoir un PCB permettant de valider l'adaptation d'une antenne.

Savoir adapter une antenne grâce à un outil de simulation et la vérifier avec un analyseur de réseaux vectoriel.

Appréhender le compromis entre performances et contraintes d'intégration.

### PUBLIC VISE

Électroniciens de conception, intégrateurs de modules radio, enseignants.

### PREREQUIS

Bases en électronique et RF.

### INTERVENANT

Formateurs expérimentés, Enseignant-Chercheur spécialisé en radio fréquence intervenant dans des missions de conseil et d'assistances techniques en entreprise.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours. Démonstrations. Travaux pratiques. Assistance pédagogique assurée par le formateur 1 mois après la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par la remise d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation. Feuilles de présence signées par chaque stagiaire et le formateur par demi-journée de formation

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité ou attestation de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation à distance ou en présentiel

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

A la demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

*(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)*

### INTEGRATION D'ANTENNES DANS LE MONDE DE L'IOT

#### Tour de table

#### Jour 1 : Théorie

##### Théorie sur les radio-fréquences

- Propagation des ondes
- Abaque de Smith
- Adaptation d'impédance
- Principe antenne dipolaire
- Paramètres d'une antenne (gain directivité, bande passante...)
- Différents types d'antennes (PCB, céramique...)
- Influence des paramètres extérieurs d'une antenne (milieu de propagation, obstacles...)
- Influence de l'environnement proche (boîtier, plan de masse, accessoire...)
- Les moyens de caractérisation des antennes : Analyseur vectoriel, chambre Anechoïque
- Prise en main de l'abaque de Smith
- Bilan de liaison

#### Jour 2 : Travaux pratiques

- Adaptation d'une antenne (logiciel Smith Chart)
- Calibrage d'un VNA
- Utilisation d'un VNA
- Simulation d'une antenne pour objet connecté
- Simulation de la propagation en milieu industriel et bilan de liaison
- Mesure du diagramme de rayonnement d'une antenne en chambre anéchoïque. Lexique et définitions de base utilisés en communication radiofréquence

#### Tour de table



## Introduction à la conception d'un système radiofréquence

*Vous souhaitez acquérir les bases pour développer un produit radiofréquence et vous initier à la conception RF (radiofréquence) d'un produit connecté, alors cette formation vous donnera satisfaction. Le formateur partage son expérience et les bonnes pratiques.*

### OBJECTIFS

Acquérir les bases en radiofréquences et la méthodologie de conception.

Comprendre les architectures et apprécier les performances des émetteurs/récepteurs RF.

Identifier les protocoles IOT : LoRaWAN, Sigfox, BLE, Zigbee, Z-Wave...

### PUBLIC VISE

Personnes débutantes ou qui souhaitent se remettre à niveau en RF et devant concevoir un système/produit communicant /radiofréquence.

### PREREQUIS

Connaissances générales en conception de produits/cartes électroniques.

Disposer d'un PC avec webcam, micro et une liaison Internet.

### INTERVENANT

Consultant RF, Formateur expérimenté, intervenant dans des missions de conseil et d'assistance technique aux entreprises.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours - Démonstrations. Assistance pédagogique sur le cours assuré par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité ou de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation à distance ou en présentiel

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

A la demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### INTRODUCTION A LA CONCEPTION D'UN SYSTEME RADIOFREQUENCE

#### Tour de table

##### Introduction à la radio

Les ondes radiofréquence : la notion de dB, les unités en radiofréquence, bilan de liaison (puissance, sensibilité, notion de SNR...), influence de la fréquence, les pertes en espace libre (Formules de Friis...), transfert d'énergie et adaptation d'impédance, limitations normatives, modulation analogique/digitale (LoRa, ASK, 4FSK, QAM, FM...), notion d'orthogonalité, étalement de spectre, lignes de transmission (PCB, câbles...),

##### Architecture

Architecture des émetteurs/récepteurs RF : Simple, hétérodyne...Boucle à verrouillage de phase/PLL

Principaux paramètres des émetteurs/récepteurs RF ; sensibilité, immunité aux interférences, rayonnement non essentiel, intermodulation, bande passante, pureté spectrale...

##### Les antennes

L'antenne d'un émetteur/récepteur RF : caractéristiques (bande passante, gain, directivité, polarisation...)

Les différents types d'antennes : antennes extérieures, antennes intégrées (invisibles), choix d'une antenne, intégration et optimisation de performances, techniques de miniaturisation et performances, analyse d'une datasheet...

##### Conception et matériel RF

Les principaux équipements nécessaires pour développer un produit/système RF : l'analyseur de spectre, l'analyseur de réseau (VNA), les logiciels en RF.

Introduction à la conception d'un circuit imprimé RF : lignes de transmission (microstrip, stripline, lignes coplanaires...), substrat (nature et influence), guide et bonne pratique de routage RF, Stack-up d'un PCB RF...

Énergie et durée de vie/Autonomie : énergie et capacité électrique, profil et mesure de consommation, techniques d'optimisation de la consommation, analyse d'une datasheet d'une pile...

##### Présentation succincte des protocoles IOT

Les principaux protocoles Radio/IOT : modèle OSI, caractéristiques.

Les protocoles non cellulaires : LoRaWAN, Sigfox, ZigBee, Bluetooth, BLE, Wifi...

Les protocoles cellulaires : LTE-M, NB-IOT

Critères de choix d'une technologie radiofréquence : Coût, application, portée, débit, mobilité, standards Vs protocoles propriétaires...

##### Marquage et certification

Marquage CE d'un produit communiquant : Cadre réglementaire et marquage, démarches générale et processus de certification, la directive RED 2014/53/UE et les exigences essentielles, up-date de la recommandation pour les produits SRD (Short Range Device, ERC 70-03 :12/02/2021), notions techniques (Duty Cycle, classes de récepteurs, LBT, AFA...), normes harmonisées et évolutions (EN 300 220...)

##### Démonstrations :

Modulation et mise en œuvre d'un analyseur de spectre : Étude des modulations principales utilisées par les protocoles IOT (AM/FM/PM/ASK/FSK/PSK/QAM...) et impact des paramètres de modulation sur les signaux dans le domaine temporel et fréquentiel.

Mise en œuvre d'un analyseur de réseau (VNA) : Mise en œuvre, calibration et méthodologie de mesure d'impédance.

Adaptation d'impédance/Matching : Introduction aux abaques de Smith et méthodologie d'adaptation d'impédance (433MHz/868MHz/2,4GHz)

Antenne et simulation : Simulation d'une antenne patch 2,4GHz avec le logiciel Sonnet

Impédance et ligne de transmission : Dimensionnement des lignes de transmission RF (pistes PCB) à l'aide de l'outil de calcul de KiCad

- Développer un module radio 433/868MHz from scratch, du choix des composants jusqu'à l'industrialisation

#### Tour de table



## Introduction à Mioty®, un standard radio LPWAN robuste pour l'IoT

*Cette formation vous permet de connaître les contraintes des radios LPWAN pour l'IoT ainsi que les principes de la radio Mioty® et son architecture système. A l'issue de cette session, vous saurez exploiter les points forts du Mioty® pour son cas d'usage et dimensionner un projet Mioty® connecté.*

### OBJECTIFS

Connaître les contraintes des radios LPWAN pour l'IoT.  
Connaître les principes de la radio Mioty® et son architecture système.  
Savoir exploiter les points forts du Mioty® pour son cas d'usage.  
Savoir dimensionner un projet Mioty® connecté.

### PUBLIC VISE

Ingénieurs et techniciens impliqués dans le développement de produits connectés.  
Ingénieurs et techniciens déployant des systèmes IoT radio.  
Responsable du bureau d'études électronique/logiciel.  
Responsable marketing désireux de monter en compétence sur la radio.

### PREREQUIS

Connaissance de base sur les réseaux et protocoles de communication et sur la radio.  
Si formation à distance, un PC avec webcam, haut-parleur et micro et une liaison Internet sont requis.

### INTERVENANT

Expert indépendant en réglementation du spectre et standards radios. Membre actif de comités techniques radio au 3GPP, ETSI/ERM, CEPT, AFNOR et ISO. Rapporteur du protocole LTN (norme Mioty®) à l'ETSI.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence si formation à distance. Méthode pédagogique alternant théorie et démonstrations pratiques sur plateforme Mioty®. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité ou de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation à distance ou en présentiel

### DUREE

2 demi-journées – 7h

### PRIX

Sur demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### INTRODUCTION A MIOTY®, UN STANDARD RADIO LPWAN ROBUSTE POUR L'loT

#### Tour de table

##### Les technos LPWAN pour l'loT

- une apparente contradiction
- points forts et limites des techno Sigfox et LoRa
- Mioty®, le meilleur des deux mondes ?

##### Éléments clé de Mioty®

- normes, alliance et licences mioty®
- caractéristiques techniques
- telegram splitting et séquences temps/fréquence
- canaux radio et spectre de mioty®

##### Architecture d'un réseau Mioty®

- end-point, base station et service center
- répartition des fonctionnalités standardisées
- mode transparent

##### Format général d'une trame radio et principes de communication

- identifiants, headers, FEC, clés de cryptage
- procédure d'attachement
- échanges uplink et downlink

##### Taille des messages et occupation radio

- tailles des données, débits radio
- respect des contraintes réglementaires (DC, FH, puissance radio)

##### Interfaces externes d'un lien radio Mioty®

- commandes AT
- opérations JSON/
- MQTT

##### Exemples de cas d'usage liés aux avantages du Mioty®

- industrial IoT et fortes interférences
- smart metering/smart building
- health monitoring

##### Démonstrations vidéo

- émission/réception d'un message Mioty®
- spectre radio et occupation des canaux du Mioty®
- configuration d'une station de base Mioty®

#### Tour de table



## Introduction et Sensibilisation aux plateformes IOT

*Les plateformes sont devenues des outils indispensables pour la gestion au quotidien des objets connectés. Face à l'offre pléthorique de plateforme IoT, comment faire le bon choix : fonctions à implémenter, critères de sélection, acteurs... Cette formation vous permettra de vous orienter dans la jungle des plateformes IoT !*

### OBJECTIFS

Acquérir une bonne vision des différentes technologies qui constituent la réalisation d'un produit IIoT architecture, transport et traitement des données sur plateforme.

Identifier les éléments importants pour choisir et apprécier les offres de plateforme IoT du marché.

### PUBLIC VISE

Direction de Projet, Chef de Projet, Consultant, Développeur logiciel, Concepteur électronique en charge d'un projet IoT.

### PREREQUIS

Disposer d'un PC avec webcam, micro et une liaison Internet.

### INTERVENANT

Expert des systèmes en réseau, sécurité et développements d'applications en réseau, sur systèmes embarqués, IoT, M2M.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence. Support de cours. Etude de cas. Démonstration. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité ou de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation à distance ou en présentiel

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

Sur demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### INTRODUCTION ET SENSIBILISATION AUX PLATEFORMES IOT

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Introduction à l'IoT

Introduction générale sur l'IIoT contexte et objectifs  
Grand public : Qui sont les acheteurs ? Quels sont les produits les plus vendus ?  
Profil des consommateurs grand public,  
Segmentation du marché, exemple avec la santé, le transport,  
Comment bien débiter dans le monde de l'IoT ?  
Quelle stratégie adopter ? Quels outils d'ingénierie utiliser ?

##### Architectures des systèmes

Architecture globale du cyber-système,  
Modèle abstrait d'architecture de l'IoT,  
Notion d'architecture système,  
Architectures classiques : self, home, city, work, commune,  
Les architectures verticales et les évolutions,  
Les architectures Cloud, Edge, Fog,  
Les services cloud comme solution industrielle :  
LaaS, PaaS, SaaS, Caas, Daas, Baas,  
Les solutions Open Source: notion de l'open source, licence, mise en œuvre, communauté,  
Les composants d'une plateforme open source, IoT et design pattern.

##### Le transport des données dans le système IoT

Les flux de communications dans les systèmes,  
Organisation des protocoles de communications dans les réseaux,  
La convergence des protocoles,  
Protocoles standard de transport réseau :  
5G/NB-IoT, Wifi Halow, ZigBee, Thread,  
6LoWPAN, LoRa, Sigfox,  
Protocoles de transport de données : REST, MQTT, CoAP, Websocket, XMPP, AMQP, OPCUA,  
Les bus de terrain : BacNET, ModBus, KNX, M-Bus,  
Les systèmes multi-protocoles,  
Tableau comparatif des protocoles.

#### Jour 2

##### Interopérabilité des systèmes, notion de M2M

Notion d'interopérabilité des systèmes,  
Architecture interopérable,  
WoT Thing Description,  
Intérêt des systèmes M2M,  
Apport du M2M pour l'interopérabilité,  
Les standards M2M en Europe, USA, Asiatique,  
Critère de choix pour une plateforme M2M,  
Présentation du standard ETSI, projet Européen,  
M2M légers pour l'Embarqué – OPC UA,  
Impact des standards M2M sur l'électronique et le logiciel.

##### Choisir une plateforme IoT :

Présentation d'un panorama des outils open source modulables proposés par le marché  
Comparatif et critères de choix  
Les développements spécifiques à prévoir pour répondre à un besoin spécifique  
Les différents offreurs d'hébergement et préparation de la partie cloud

##### Démonstrations d'une plateforme

##### « Thingsboard » :

Présentation de l'architecture du système « Thingsboard » avec ces deux volets front-END et back-END :  
Bloc fonctionnel du système,  
Interface d'administration,  
Modèle d'architecture de la plateforme.

##### Scénario de mise en œuvre pratique qui permet de découvrir les éléments suivants dans la plateforme Thingsboard :

Présentation du principe du « Tenant »  
Présentation du principe des « Assets »  
Répartition des rôles d'administration et de la sécurité  
Configuration générale de la plateforme (mail, sms ...)  
Création des users et attributions à un asset  
Sécurisation de la plateforme (certificat, HTTPS, MQTT)

##### Tour de table



## La 5G pour l'IoT industriel

*Cette formation de 4 modules présente les généralités de la technologie 5G, l'interface radio, la propagation et les antennes (côté station de base et côté utilisateurs), les modules et puces existantes et adaptées à des cas d'usage de type IoT industriel, ainsi que des illustrations par simulations de cas d'usage.*

### OBJECTIFS

Découvrir le protocole radiofréquence 5G.  
Comprendre la technologie de propagation et le fonctionnement des antennes.  
Identifier l'offre 5G appliquée à l'IoT industriel.

### PUBLIC VISE

Ingénieurs ou techniciens hardware / logiciel embarqué impliqués dans le développement de produits connectés.

### PREREQUIS

Les stagiaires devront disposer d'une expérience minimum en développement électronique et radiofréquence.

### INTERVENANT

Ingénieur télécom, chercheur en radiofréquence expérimenté  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours numérique – Etudes de cas et démonstrations / simulations.  
Assistance pédagogique assurée par le formateur 1 mois après la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par la remise d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation. Feuilles de présence signées par chaque stagiaire et le formateur par demi-journée de formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation en présentiel

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

Sur demande

### CONTACT

Sophie BASSE-CATHALINAT

✉ cathalinat@captronic.fr

☎ 06 79 49 15 99

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### LA 5G POUR L'IOT INDUSTRIEL

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Généralités sur la technologie 5G

- Rappels de la 4G
- Enjeux et applications de la 5G
- Indicateurs de performances clés de la 5G : débit de données, efficacité spectrale, mobilité, temps de latence, densité de connexion, capacité de trafic, efficacité énergétique
- Standardisation
- Infrastructure réseau & services 5G

##### Interface radio 5G

- Bandes de fréquences
- Formes d'onde 5G et paramètres associés
- Structure des trames 5G : modulations, Blocs de ressources physiques PRB...
- QoS : Estimation de débits...
- Mise en application sur un cas d'étude

#### Jour 2

##### Propagation & antennes

- Propagation : généralités, mécanismes, indoor, outdoor, modèles de canaux, ...
- Réseaux d'antennes
- Systèmes MIMO
- Formation de faisceau (beamforming)

##### La 5G appliquée à l'IoT industriel

- Puces, modules, radios logicielles disponibles sur le marché : état de l'art, benchmark, avantages/inconvénients, coût, qu'est-ce qu'on peut faire avec ?
- Règles de design / report de puces 5G sur PCB
- Simulation de systèmes antennaires de station de base et/ou relais et sur les User Equipements (CST MWS)
- Simulation de la QoS de liens radio 5G NR en contexte IoT (logiciel de propagation interne développé par CISTEME - WIPS3D + post-traitements Matlab/Octave)

##### Tour de table



## LoRaWAN : de l'objet connecté à l'application

*Dans un monde de plus en plus connecté, comprendre les technologies de communication longue portée à faible consommation est essentiel. Cette formation vous plonge dans l'univers du LoRa et du protocole LoRaWAN, pour apprendre à concevoir, configurer et exploiter un réseau IoT performant. En deux jours, alliez théorie et pratique pour bâtir votre propre solution LoRaWAN, de l'objet au traitement des données.*

### OBJECTIFS

Comprendre le protocole de communication radiofréquence LoRa.  
S'exercer par la pratique à la mise en œuvre d'un protocole LoRaWAN exploitant un réseau existant.

Créer son propre réseau - application LoRaWAN.

### PUBLIC VISE

Ingénieurs ou Techniciens embarqué impliqués dans le développement de produits connectés

### PREREQUIS

Expérience minimale en développement en langage C/C++ (ou Python).

Disposer d'un PC avec webcam, micro et une liaison Internet.

### INTERVENANT

Ingénieur en DataScience spécialisé en IA, avec une solide expérience en conception et développement de systèmes électroniques et logiciels embarqués.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence. Support de cours détaillé et travaux pratiques. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation en présentiel

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

Sur demande

### CONTACT

Darlane COUTURIER

✉ [couturier@captronic.fr](mailto:couturier@captronic.fr)

☎ 06 37 46 07 65

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### LORAWAN : DE L'OBJET CONNECTE A L'APPLICATION

#### Jour 1

##### Tour de table

**Introduction à LoRaWAN :** Attentes, cas d'usage industriels

##### LoRa et LoRaWAN

Comprendre la modulation LoRa et le protocole LoRaWAN

Avantages et limites face aux autres technologies LPWAN (Sigfox, NB-IoT, LTE-M)

##### Architecture d'un réseau LoRaWAN

Composants : objets connectés, passerelles, serveur réseau, applications

Différences entre réseaux opérateurs et réseaux privés

Classes d'objets et modes d'activation

##### Pratique guidée

Mise en service d'un premier objet connecté LoRaWAN

Activation d'un objet, clés de sécurité, notions de chiffrement

Configuration et premières transmissions messages uplink/downlink

##### Exploration des aspects techniques

Présentation d'un réseau LoRaWAN communautaire

Gestion d'une passerelle et d'applications

Notions de multi-applications et multi-capteurs

##### Analyse des trames LoRaWAN

Structure des trames : entêtes, compteurs, payload

#### Questions / bilan J1

#### Jour 2

##### Analyse des trames LoRaWAN

Décodage, formatage et optimisation du payload  
Impact des paramètres radio (SF, ADR, puissance, SNR, link budget, ...)

##### Exemples d'intégration industrielle

Exploiter les données via protocoles standard (MQTT, HTTP, ...)

Illustration de flux de traitement : collecte → stockage → visualisation

##### Chaîne de valorisation de la donnée

Illustration avec outils type tableaux de bord, supervision, monitoring (stack TIG : collecte / base de données / dashboard)

Intégration possible avec des applications métier (API, supervision, maintenance prédictive)

##### LoRaWAN privé (notions avancées)

Panorama des solutions pour mettre en place un réseau privé

Illustration d'architectures (serveur local, passerelle intelligente, types de conteneurs, ...)

Présentation des avantages / contraintes par rapport aux réseaux opérateurs

Perspectives et discussion : cybersécurité, IA embarquée, exploitation avancée des données

##### Clôture

Questions / réponses

#### Tour de table final

### INFORMATIONS IMPORTANTES

Il est important de souligner que les gateways ne sont pas incluses dans le kit de formation.

Pour une expérience optimale, nous recommandons aux participants de prendre en compte les deux options :

- Être situé dans une zone de réception LoRaWAN pour pouvoir utiliser les équipements disponibles localement
- Acquérir une gateway LoRaWAN afin de bénéficier d'une connectivité étendue et d'une plus grande flexibilité lors des travaux pratiques

A noter que disposer d'une gateway facilitera l'exploration et la mise en œuvre complète des fonctionnalités du LoRaWAN lors des activités pratiques de la formation. Nous pouvons vous conseiller sur l'achat si nécessaire.



## Mise en œuvre de Bluetooth Low Energy

*Au cœur de l'IoT et de votre smartphone, BLE (Bluetooth Low Energy) est une des technologies de connectivité, une norme de communication permettant l'échange bidirectionnel de données à courte distance. Cette formation vous permettra de comprendre et mettre en œuvre le fonctionnement de BLE et ses évolutions les plus récentes afin de l'intégrer efficacement dans vos produits.*

*Kit offert pour les travaux pratiques !*

### OBJECTIFS

Comprendre le protocole de communication radiofréquence Bluetooth Low Energy.

S'exercer par la pratique à la mise en œuvre d'une liaison radio BLE

Découvrir les évolutions des versions 5.0 et 5.2.

### PUBLIC VISE

Ingénieurs ou techniciens hardware / logiciel embarqué impliqués dans le développement de produits connectés et débutant en Bluetooth.

### PREREQUIS

Les stagiaires devront disposer d'une expérience minimum en développement en langage C.

Disposer d'un PC avec droits d'administrateurs.

### INTERVENANT

Spécialiste en conception Radiofréquence, 15 ans d'expérience.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours numérique - Démonstration et travaux pratiques  
- Assistance pédagogique assurée par le formateur 1 mois après la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par la remise d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation. Feuilles de présence signées par chaque stagiaire et le formateur par demi-journée de formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation en présentiel

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

Sur demande

### CONTACT

Sophie BASSE-CATHALINAT

✉ [cathalinat@captronic.fr](mailto:cathalinat@captronic.fr)

☎ 06 79 49 15 99

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### MISE EN ŒUVRE BLUETOOTH LOW ENERGY

#### Tour de table

#### Jour 1

##### Introduction

- Rappel BLE vs Bluetooth
- Overview BLE
- Présentation PHY BLE
- Link Layer
- GAP (Topologie & Timing) : Topologie, timing et consommation associée
- Choix d'une antenne
- L'Advertising : Contenu, connexion, impact consommation et vitesse de connexion (GAP)

##### Le protocole, les profils :

- L2CAP & ATT
- GATT (profile, service, caractéristique) – enregistrements disponibles et cas d'usage
- Notion de sécurité en BLE
- Qualification auprès de Bluetooth.org
- Spécificités du BLE 5.0, 5.1 et 5.2
- Synthèse : Bonnes pratiques, pièges à éviter et règles/préconisations.

#### Jour 2

##### Mise en œuvre de BLE

- TP basée sur un chip Nordic Semiconductor (NRF 52832) sur carte d'évaluation. Environnement de programmation Segger studio.
- TP : Différents exemples sur carte d'évaluation (programmation C), connexion au smartphone, transfert de données.
- TP : Connexion slave – master
- TP et Démonstration sur la partie OTA.
- Synthèse et Q/R

#### Tour de table



## Protocole LIN, couche physique, Base de données et analyse

*Cette formation a pour but de faire une introduction théorique et pratique au protocole LIN. Les points suivants seront détaillés : l'échange d'informations et la couche physique.*

### OBJECTIFS

Présenter le protocole LIN et sa couche physique ;  
Utiliser un outil pour analyser ce protocole.

### PUBLIC VISE

Ingénieurs, techniciens, chefs de projet souhaitant un premier niveau de connaissance du bus LIN.

### PREREQUIS

Notions de base en électronique.  
Notions basiques des réseaux.  
Un PC, pour l'installation d'un logiciel d'analyse, avec webcam, haut-parleur et micro et une liaison Internet sont requis pour du distanciel.

### INTERVENANT

Ingénieure électronique, formatrice sur les protocoles réseaux et outils pour l'analyse, la simulation, le test des systèmes. Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours, outil d'analyse LIN. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par la remise d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation. Feuilles de présence signées par chaque stagiaire et le formateur par demi-journée de formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation de présence ou d'assiduité.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation à distance  
*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise*

### DUREE

1 jour – 7H

### PRIX

Sur demande

### CONTACT

Dorothée WALLART  
✉ wallart@captronic.fr  
☎ 06 30 92 27 32  
Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### LE PROTOCOLE LIN, COUCHE PHYSIQUE, BASE DE DONNEES ET ANALYSE

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Introduction

L'électronique dans les véhicules, motivation pour les bus séries  
Systèmes Bus séries et leur domaine d'application dans les véhicules  
Intérêt du LIN, sa position par rapport aux autres protocoles

##### Couche Physique LIN

LIN hardware interface (LIN UART, LIN-Controller),  
LIN transceiver,  
Echantillonnage et niveaux de tension

##### Les Notions Fondamentales du Protocole LIN

Propriétés du Protocole LIN  
Architecture d'un réseau LIN, principe de communication  
Synchronisation et divers champs de la trame LIN  
Différents types de messages  
Temps du message LIN « slots time » et ordonnancements

##### LIN Network Configuration (Diag LIN)

Concept de « LIN slave diagnostics »,  
Structure de trame diagnostic  
Concept de « LIN slave configuration »  
Exercices

##### Base de données LIN et Analyse

LIN Description Language, Norme  
Base de données : LIN Description File (LDF, NCF)  
LDF Explorer : nœuds LIN, trames, signaux, tables de séquençement  
Analyse de Trames LIN

##### Tour de table



## Protocole UDS ISO 14229, Protocole de Transport ISOTP et Analyse- Protocole ETHERNET Automotive SOMEIP et DoIP

*Cette formation a pour but de faire une introduction théorique et pratique au protocole UDS.  
Les points suivants seront détaillés : Les services UDS et la couche de Transport.!*

### OBJECTIFS

Présenter le protocole UDS et de transport ;  
Apprendre à utiliser un outil pour analyser ces protocoles.

### PUBLIC VISE

Ingénieurs, techniciens, chefs de projet souhaitant un premier niveau de connaissance du protocole UDS.

### PREREQUIS

Notions de base en électronique.  
Notions basiques des réseaux.  
Un PC, pour Installation d'un logiciel d'analyse, avec webcam, haut-parleur et micro et une liaison Internet sont requis pour du distanciel.

### INTERVENANT

Ingénieure électronique, formatrice sur les protocoles réseaux et outils pour l'analyse, la simulation, le test des systèmes.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours, outil d'analyse. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par la remise d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation. Feuilles de présence signées par chaque stagiaire et le formateur par demi-journée de formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation de présence ou d'assiduité.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation à distance  
*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise*

### DUREE

2 jours modulaires– 14H

### PRIX

Sur demande

### CONTACT

Dorothée WALLART

✉ wallart@captronic.fr

☎ 06 30 92 27 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

*(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)*

### PROTOCOLE UDS ISO 14229, PROTOCOLE DE TRANSPORT ISOTP ET ANALYSE - PROTOCOLE ETHERNET AUTOMOTIVE SOMEIP ET DOIP

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Diagnostic dans les véhicules

Motivation et nécessité du diagnostic

Cas d'utilisation

##### Protocole UDS on CAN/J1939

Principes de base du diagnostic et Normes

Concept DID, lecture/écriture de données par identifiant

Divers services UDS : Contrôle I/O, contrôle de routine, Session, EcuReset, Accès sécurisé....

Programmation (Flash)

Concept de la couche de transport (ISO TP)

Diagnostic physique et fonctionnel

Normalisation des Timing UDS

UDS pour J1939 dans les industries du transport routier,

Cas J1939: Broadcast Announce Message (BAM) et Connection Mode Data Transfer (CMDT)

#### Jour 2

##### Mémoire de Défaut

Services pour la lecture de la mémoire de défaut (0x19), les sous fonctions associées et Status Byte

Structure du DTC et Notion de Snapshot

Remonter tous les DTC (0x19 02)

Remonter Snapshot Record pour un DTC Donné (0x19 04)

##### Base de données Diagnostic et Analyse

Diagnostic avec le fichier ODX,

Envoie de Requêtes de Diagnostic et Analyse des réponses avec un outil d'analyse

Test des divers services de la « Fault memory » ....

##### Tour de table



## Réglementations des fréquences radio pour l'IoT : Disponibilités et contraintes

*Les technologies radio pour l'IoT sont nombreuses et variées. Elles utilisent toutes des bandes de fréquences radio dont les contraintes réglementaires influencent le résultat final. La formation proposée présente les possibilités et les contraintes des réglementations des fréquences radio pour choisir en conséquence la technologie radio de son IoT en fonction de l'usage.*

### OBJECTIFS

Connaître les principes de la réglementation spectrale en Europe et ailleurs  
Connaître les possibilités réglementaires des fréquences radio de l'IoT  
Savoir déterminer la(les) bande(s) de fréquence radio adaptée(s) à son IoT

### PUBLIC VISE

Ingénieurs et techniciens impliqués dans le développement de produits connectés ou déployant des systèmes IoT radio. Responsable du bureau d'études électronique/logiciel ou du marketing désireux de monter en compétence sur la radio.

### PREREQUIS

La formation utilise une approche top-down qui ne nécessite pas de connaissances pointues en radio. Les quelques notions de base utilisées (puissance en dBm, bilan de liaison, gain d'antenne, latence) seront rappelées.  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et une liaison Internet.

### INTERVENANT

Expert indépendant en réglementation du spectre et standards radios. Membre actif de comités techniques radio au 3GPP, ETSI/ERM, CEPT, AFNOR et ISO. Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours - Etude de cas - Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité ou attestation de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation à distance ou en présentiel

### DUREE

1 jour – 7h00

### PRIX

A la demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

*(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)*

### REGLEMENTATIONS DES FREQUENCES RADIO POUR L'IOT : DISPONIBILITES ET CONTRAINTES

#### Tour de table

Principes de la réglementation du spectre radio

Spectre radio à licence d'utilisation

Spectre radio à autorisation générale

Mécanismes de partage du spectre DC, FH, LBT ; conséquences sur l'usage

Différences de réglementation entre les régions du monde

Classification spectrale des technologies radio IoT et usages préférentiels :

- IoT cellulaire
- LPWAN sub-gigahertz
- WLAN pour l'IoT
- IoT satellitaire
- IoT temps-réel

Bonnes pratiques et exemples pour les fréquences de son IoT national, européen, transcontinental

- Conteneurs connectés
- Reusable Industrial Packaging
- Industrie 4.0
- Villes intelligentes

#### Tour de table



## Ultra Wide Band : Maîtriser le transfert de données sans fil et la géolocalisation UWB

*Cette formation est dédiée à l'exploration des technologies UWB (Ultra WideBand) et des protocoles de ranging. Pendant trois jours d'apprentissage intensif, vous découvrirez les principes fondamentaux de l'UWB, identifierez les algorithmes de localisation et vous exercerez en situation réelle sur une plateforme dédiée.*

### OBJECTIFS

Découvrir les principes de l'UWB et le protocole de ranging

Identifier les algorithmes de localisation.

S'exercer en contexte réel sur la plateforme UWB mise à disposition.

Mise en évidence des perturbateurs et des impacts sur les performances.

### PUBLIC VISE

Techniciens et ingénieurs concepteurs / développeurs et intégrateurs de solutions de communication sans fil.

### PREREQUIS

Connaissances de base en électronique et/ou logiciel embarqué.

Notions de communications sans fil.

### INTERVENANT

Enseignant à l'IUT et chercheur à l'IRIT, expert en réseau de communication et protocoles sans fil pour les réseaux de capteurs sans fil et l'IoT.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours. Démonstration et Travaux pratiques. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par la remise d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation. Feuille de présence signées par chaque stagiaire et le formateur par demi-journée de formation

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation de présence

### DATES

Du 30 mars au 1<sup>er</sup> avril 2026

### LIEU

Toulouse Blagnac (31)

### DUREE

2,5 jours – 17h30

### PRIX

1750 € HT (1250 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Darlane COUTURIER

✉ [couturier@captronic.fr](mailto:couturier@captronic.fr)

☎ 06 37 46 07 65

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### ULTRA WIDE BAND : MAITRISER LE TRANSFERT DE DONNEES SANS FIL ET LA GEOLOCALISATION UWB

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Présentation de la formation

##### Les bases des réseaux sans-fil

- Caractéristiques spécifiques des communications sans fil
- Modulations, fréquences, canaux
- Erreurs de transmission
- Méthodes d'accès
- Terminal caché

##### Les réseaux sans fil UWB

- Principes de l'UWB
- Spécificités de l'UWB par rapport aux autres technologies de réseaux sans-fil
  - Grandes différences, CDMA
  - Modulations HRP-UWB et LRP-UWB
  - Réponse impulsionnelle du canal
  - Détection des multi-trajets et robustesse (MD)
  - Systèmes multi-antennaires, angle d'arrivée, différence de phase
- Aspects de normalisation : IEEE 802.15.4, 15.4z
- Inputs vers les documents de réglementation et marquage CE

#### Jour 2

##### Introduction aux protocoles de ranging

- Principes de l'estampillage temporel (MD)
- Protocoles de ranging dans la littérature
- Caractéristiques et critères de choix
- Perturbateurs de ranging
- Sécurisation du processus de ranging
- Impact énergétique des protocoles de ranging
- Conclusion et perspectives

##### Les protocoles de ranging en action

- Démonstration et comparaison de plusieurs protocoles de ranging

- Comparaison indicative UWB et BLE
- Évaluation et visualisation de l'erreur de ranging résiduelle
- Mise en évidence des perturbateurs et impact sur les performances : désynchronisation, obstacles, rebonds..

##### Les algorithmes de localisation

- Cartographie des approches algorithmiques
- Types de données en entrée des algorithmes
- Critères de sélection: complexité vs simplicité, architecture centralisée vs distribuée, caractère embarquable...
- Minimisation de l'erreur de localisation
- Conclusion et perspectives

##### Les algorithmes de localisation en action

- Démonstration et comparaison de plusieurs algorithmes
- Mise en évidence de l'erreur de localisation
- Mise en évidence des perturbations

#### Jour 3

##### TP1 : Prise en main de la plateforme et communications UWB

- Prise en main guidée de la plateforme LocURa4IoT
- Mise en œuvre des nœuds
- Réalisation de communications UWB
- Démonstration d'un protocole

##### TP2 : Du ranging à la localisation

- Mise en œuvre de protocoles de ranging en contexte réel
- Connexion à des algorithmes de localisation
- Quantification des erreurs de ranging et de localisation

##### Conclusion de la formation et feedback

##### Tour de table



## Anticipez l'obsolescence, pérennisez vos équipements électroniques !

*La durée de vie fonctionnelle des équipements électroniques, souvent supérieure à 10 ans entre en conflit avec celle des composants, souvent plus courte en raison des progrès de la technologie des semiconducteurs des fabricants. La gestion du risque d'obsolescence pour pérenniser la production de votre produit est devenue un levier stratégique de compétitivité. Cette formation vous propose des outils concrets pour anticiper, détecter et traiter l'obsolescence des composants électroniques. Sécurisez vos projets, maîtrisez vos risques et assurez la durabilité de vos systèmes embarqués et équipements.*

### OBJECTIFS

Appréhender les principes fondamentaux du management de l'obsolescence.

Apprendre à mettre en application au sein de l'entreprise, en fonction des produits et des organisations.

Savoir gérer les conséquences de l'obsolescence et de la pénurie temporaire ou définitive des composants électroniques (stockage, recours au réseau non-franchisé pour l'approvisionnement, nouvelle conception).

### PUBLIC VISE

Chefs de projets, Techniciens, Designers et Ingénieurs concepteurs d'équipements et de systèmes embarqués électroniques, Acheteurs, Responsables et Correspondants qualité,

### PREREQUIS

Connaissances de base en électronique.

Disposer d'un PC avec webcam, micro et une liaison Internet.

### INTERVENANT

Ingénieur conseil et formation spécialisation achat et supply chain, plus de 20 ans d'expérience.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence. Support de cours. Etudes de cas. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Les 24 et 25 mars 2026

### LIEU

Formation à distance

*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise*

### DUREE

2 jours – 14 h

### PRIX

1200 € HT (900 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Sophie BASSE-CATHALINAT

✉ cathalinat@captronic.fr

☎ 06 79 49 15 99

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### ANTICIPEZ L'OBSOLESCENCE, PERENNISEZ VOS EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES !

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Introduction

Présentation de la formation, tour de table

Autoévaluation de votre management de l'obsolescence via le guide « Prévention, Détection et Traitement »

##### Risques pour l'entreprise liés à l'absence de management de l'obsolescence

Impact financier

Contrefaçon

Impact juridique

Impact qualité

##### Principes du management de l'obsolescence

##### Traiter

##### ETUDE DE CAS n°1

Eventail des solutions de traitement de l'obsolescence

Validation d'une solution de remplacement (équivalente ou proche)

Approvisionnement sur réseau non franchisé et stockage

Reconception (partielle ou complète)

Analyse globale des réponses des stagiaires sur la partie TRAITER, échanges participatifs

##### Détecter

##### ETUDE DE CAS n°2

Evaluation des risques (criticité et probabilité)

Plan de management des obsolescences

Mise en place d'un processus et d'indicateurs (Statut obsolescence, ...)

Analyse globale des réponses des stagiaires sur la partie DETECTER, échanges participatifs

#### Jour 2

##### Prévenir

Différents canaux de vente des composants électroniques

Pérennité des systèmes et équipements, cycle de vie, ...

Contraintes environnementales (RoHS, REACH, ...) et réglementaires (exportation, ...)

Documents de référence

Mise en place d'indicateur (Pérennité, ...)

Analyse globale des réponses des stagiaires sur la partie PREVENIR, échanges participatifs

##### ETUDE DE CAS n°3

Plan d'action individuel

L'objectif est que chaque stagiaire ressorte avec un plan d'actions prioritaires à déployer dans sa propre entreprise, avec des notions de coût, de besoin en termes de ressources, de temps de déploiement, d'objectifs d'organisation à mettre en œuvre (travailler en mode projet).

##### Conclusion / questions diverses

##### Tour de table



## Atelier 2 TONNES®

*Pour atteindre les objectifs de l'Accord de Paris sur le climat, l'objectif individuel est d'émettre moins de 2 tonnes équivalent CO2 par personne en 2050. L'atelier 2tonnes® est un atelier immersif qui propose de mesurer et de mettre en place des actions concrètes à l'échelle individuelle et collective pour réduire son empreinte carbone en tant que citoyen et professionnel.*

*L'objectif pour les entreprises industrielles est d'augmenter le pouvoir d'agir de vos équipes, sur la transition écologique... et sur vos produits !*

### OBJECTIFS

Réaliser son empreinte carbone personnelle  
Identifier quelques repères : enjeux, impact  
Comprendre certains leviers d'actions afin d'agir pour le climat

### PUBLIC VISE

Toute personne souhaitant connaître les leviers d'actions pour diminuer son empreinte carbone. Responsable Qualité, Environnement ou RSE.

### PREREQUIS

Disposer d'un PC avec webcam, micro et une liaison Internet.

### INTERVENANT

Ingénieur conseil CAP'TRONIC en charge de l'éco-conception et de l'ACV, animatrice pro de l'Atelier 2Tonnes®.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de simulation de l'évolution de l'empreinte carbone  
Jeu pédagogique  
Intelligence collective

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation en présentiel ou à distance.

### DUREE

1 demi-journée – 3h

### PRIX

Sur demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### ATELIER 2 TONNES

*En amont de la formation, les participants sont invités à documenter leur empreinte carbone personnelle sur l'outil de simulation 2 tonnes® (durée environ 15 minutes)*

#### Jour 1

##### Tour de table

- 1) Quizz autour des enjeux de la transition
- 2) Introduction & règles du jeu
- 3) À partir des empreintes carbone des participants, chacun choisit les leviers individuels et collectifs les plus pertinents pour réduire les impacts par thèmes :
  - Les enjeux de mobilité et des transports.
  - Les enjeux de conception, écoconception : fabriquer de manière responsable, durables, réparables et recyclables.
  - Les enjeux énergétiques (faible consommation et utilisation des énergie renouvelable)
  - Les enjeux du logement, des infrastructures et de l'industrie.
  - Les enjeux de l'alimentation et de l'agriculture
- 4) Debriefing des apprentissages de la simulation et synthèse

##### Tour de table



## Brasage manuel

*Cette formation est essentiellement axée sur la pratique en atelier sur le matériel et composants en intra sur site. Les explications théoriques viennent compléter les manipulations, permettant ainsi une meilleure compréhension des divers procédés et des raisons qui ont poussé à les utiliser. Le découpage proposé ci-après peut être légèrement modifié selon les besoins.*

### OBJECTIFS

Acquérir les connaissances et les techniques nécessaires pour un brasage réussi,  
S'initier aux propriétés fondamentales, mise en œuvre pour le brasage de composants, câbles, dans les procédés de fabrication d'équipements électroniques,  
S'initier au brasage manuel des composants traversants et CMS y compris pour la réparation,  
Maîtriser les gestes de base et les répéter,  
Être capable de reconnaître la conformité de l'assemblage réalisé.

### PUBLIC VISE

Câbleurs, retoucheurs, contrôleurs et techniciens de production, du services méthodes désirant compléter et/ou actualiser leurs connaissances du brasage manuel, étant amené à braser un composant CMS au fer à souder.

### PREREQUIS

Pas de prérequis.

### INTERVENANT

Formateur/Expert de l'assemblage et des soudures.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours. Etude de cas et travaux pratiques. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation de présence

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation en présentiel

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

Sur demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### BRASAGE MANUEL

#### Tour de table

#### Notions fondamentales :

##### **Présentation du module**

- Objectifs
- Document de référence
- Principaux risques associés au brasage
  - Risques pour les personnes
  - Risques pour les produits

##### **Le brasage**

- Définitions
- Brasage ou soudage ?
- Brasage tendre / brasage fort
  - Résultat attendu sur une carte électronique

##### **Les principaux phénomènes physiques**

- Mouillage
- Capillarité
- Dissolution
  - Diffusion
  - Intermétallique
  - Impact de l'azote dans le process

##### **Notion de conduction Thermique**

##### **Résumé**

##### **Les alliages**

- Définition
- Les principaux alliages utilisés en électronique
- Caractéristiques significatives

##### **Les flux**

- Le rôle du flux
- Les principaux types de flux

##### **Les principales techniques de brasage**

- Brasage au fer
- Composants traversants
- Composants C.M.S
- Brasage par convection
- Brasage en phase vapeur
- Brasage à la vague
- Brasage à la vague sélective

#### Brasage des composants traversants

##### **Présentation du module**

- Objectifs
- Document de référence
- Modules de formation associés

##### **Le brasage des composants traversants**

- Objectif visé pour les classes 1, 2, 3 IPC-A-610
- Choix de la panne
  - Technologie de la panne

#### Taille de la panne

- Choix du fil
- Choix de la température
- Entretien du fer
- Réaliser une brasure sur différents types de composants – Les bons gestes
- Cas difficiles
- Nettoyage manuel des résidus
- Apport supplémentaire de flux
- Reprise d'une brasure non conforme

##### **Résumé**

#### Les composants montés en surface (C.M.S.) :

##### **Présentation du module**

- Objectifs
- Document de référence
- Modules de formation associés

##### **Le brasage des composants traversants**

- Objectif visé pour les classes 1, 2, 3 IPC-A-610
- Choix de la panne
  - Technologie de la panne
  - Taille de la panne
- Choix du fil
- Choix de la température
- Entretien du fer
- Réaliser une brasure sur différents types de composants – Les bons gestes
- Cas difficiles
- Nettoyage manuel des résidus
- Apport supplémentaire de flux
- Reprise d'une brasure non conforme

##### **Résumé**

#### Travaux pratiques inclus :

##### **Exercices de retouche sur cartes réelles issues de la production :**

- Changement de composants traversants
- Sélection des techniques appropriées
- Contrôle après intervention suivant critères IPC classe 3 - 2

##### **Exercices de retouche sur cartes issues de productions (suite des exercices):**

- Retouches et reprises à effectuer suivant fiche de travail
- Changement de composants traversants
- Contrôles après interventions

#### Tour de table



## Comment faire du routage dans les règles de l'art

*En électronique, la CAO ou routage de cartes pour la conception d'un circuit imprimé dit PCB (Printed Circuit Board) sur lequel seront brasés les composants est une étape essentielle. Avec la miniaturisation, le nombre de pistes augmente tout comme le nombre de composants. Cette formation vous présente des conseils et une méthodologie pour réaliser un schéma bien pensé pour un routage réussi de vos cartes électroniques. Les travaux pratiques permettent de répondre aux questions : comment aborder un routage de carte ? quels points vérifier avant, pendant et après le routage pour permettre à l'EMS une fabrication de qualité ?*

### OBJECTIFS

Acquérir une méthodologie pour réaliser un bon schéma de routage de carte électronique.

Avoir les bases métier pour réaliser un schéma et réussir le routage.

### PUBLIC VISE

Techniciens débutant en conception électronique en charge de réaliser le schéma et le routage de cartes électroniques.

Les participants devront connaître au minimum un outil CAO.

Cette formation n'a pas pour objectif de former sur un outil spécifique de CAO.

### PREREQUIS

Connaissances en conception électronique.

Connaissances d'outils CAO de routage tels que CAD STAR ou ALTIUM ou KICAD.

Les participants devront apporter leur ordinateur et un outil de routage fonctionnel, à défaut KICAD sera utilisé.

### INTERVENANT

Experts en routage de cartes électroniques, spécialistes de la CAO - Implantation et routage de cartes électroniques depuis 30 ans.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours - Etudes de cas – Travaux Pratiques

Assistance pédagogique sur le cours assuré par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par la remise d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation. Feuilles de présence signées par chaque stagiaire et le formateur par demi-journée de formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation de présence.

### DATES

Du 7 au 9 juillet 2026

### LIEU

Labège (31)

### DUREE

3 jours – 21h

### PRIX

2100 € HT (1500 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Sophie BASSE-CATHALINAT

✉ cathalinat@captronic.fr

☎ 06 79 49 15 99

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### COMMENT FAIRE DU ROUTAGE DANS LES REGLES DE L'ART

#### Jour 1

##### Tour de table

##### La conception des PCB : la préparation, les jalons, les règles, les outils logiciels

##### Réflexion sur la réalisation et la fabrication d'une carte :

- Etude du cahier des charges
- Prise en compte des contraintes mécaniques
- Prise en compte de la classe de fabrication
- Choix des sous-traitants : fabricants PCB, EMS

##### TP de mise en pratique choix techno et simulation Devis

#### Jour 2

##### La définition du stackup (nombre de couches, largeur, épaisseur des pistes)

##### Les fonctions et les performances des logiciels de routage

##### Les bonnes pratiques du schéma :

- La saisie de schéma

##### Les bonnes pratiques du routage :

- Le placement des composants
- La vérification de la mécanique
- La prise en compte de la thermique

##### TPs de mise en pratique de ces préconisations à partir d'exemples de schémas et PCB de circuits électroniques

#### Jour 3

##### Préconisations sur la prise en compte de la CEM et du filtrage

##### La vérification de l'impédance contrôlée et du high speed

- Le routage de paires différentielles et impédances contrôlées

##### La vérification du routage réalisé et de la fabricabilité

##### La génération et la vérification des fichiers batch process : Gerbers, 3D et 2D

##### L'optimisation du coût de fabrication

##### TPs de mise en pratique de ces préconisations à partir d'exemples de schémas et PCB de circuits électroniques

##### Tour de table



## Comprendre les contraintes de l'industrialisation pour réussir la conception de vos cartes électroniques

*Démarrer un projet électronique nécessite de prendre quelques précautions. En effet, la conception d'un produit électronique comporte des contraintes pour être industrialisable, des exigences normatives et réglementaires pour être certifiable, ainsi que des notions d'obsolescence ou de disponibilité des composants à prendre en compte très en amont. C'est toute cette phase amont de préparation que cette formation vous permettra d'aborder.*

### OBJECTIF

Comprendre et prendre en compte les contraintes liées à l'industrialisation dès la conception d'un produit électronique.

Avoir une vue d'ensemble des principales exigences dans la conception et fabrication d'une carte électronique.

Acquérir les bonnes pratiques de conception pour l'industrialisation.

Comprendre les contraintes de chaque étape du développement produit et savoir dialoguer avec les experts métiers.

Identifier les risques liés aux choix technologiques, matériels et process.

### PUBLIC VISE

NIVEAU DEBUTANT. Techniciens et ingénieurs débutants de bureau d'études électronique, techniciens et ingénieurs débutants dont la mission est de concevoir et développer des produits électroniques industrialisables, électroniciens sans expérience en industrialisation voulant développer un produit électronique, aux chefs de projet et responsables de bureau d'étude.

### PREREQUIS

Connaissances générales en électronique.

Disposer d'un PC avec webcam, micro et une liaison Internet.

### INTERVENANT

Expert conception et industrialisation électronique.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence. Support de cours. Etude de cas. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Du 8 au 10 avril 2026

### LIEU

Formation à distance

*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.*

### DUREE

3 demi-journées – 10,5 h

### PRIX

1050€ HT (820 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Bérénice RABIA

✉ [rabia@captronic.fr](mailto:rabia@captronic.fr)

☎ 06 09 86 49 44

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

*(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)*

### COMPRENDRE LES CONTRAINTES DE L'INDUSTRIALISATION POUR REUSSIR LA CONCEPTION DE VOS CARTES ELECTRONIQUE

#### Jour 1

##### Introduction et tour de table

##### Introduction

Intérêt d'une bonne conception

Notions DFX

Grandes étapes du développement électronique : de la conception à l'industrialisation

##### Visite virtuelle de la ligne de production de cartes électroniques

##### Industrialisation

Dossier technique

Processus de production série :

Préparation et mise en œuvre

Fabrication (sérigraphie, jetting, Pick & place, refusion, vague, reprise manuelle)

Test et contrôle (SPI, AOI, AXI, ICT, FCT)

#### Jour 2

Processus de production série (suite)

Certifications et normes en vigueur : RoHS, MSL, ESD

Ventilation des coûts de fabrication

##### Encapsulation, résinage, tropicalisation

Les vernis

Les résines

##### Comment choisir ses composants

Criticité des différents types de boîtiers : traversants et CMS

Obsolescence des composants / pérennité

L'encapsulation des composants

Les familles de connecteurs

#### Jour 3

##### Comment choisir son PCB

Les différents types de carte électronique : simple ou double face, rigide, souple, multicouches, flex-rigide...

Les principaux matériaux (substrats) et leurs applications

Les contraintes mécaniques liées aux outils de découpe des cartes électroniques

Les PCB spéciaux et innovants

##### Adaptation aux contraintes CEM

##### Intégration mécanique dans les produits

##### Clôture et tour de table



## Conception des circuits imprimés (PCB) pour les assemblages électroniques Normes IPC2221, IPC2222, IPC 7351, IPC2612, IPC4761

*Cette formation offre une approche complète de la conception de circuits imprimés selon les normes IPC. Elle permet de comprendre les contraintes de fabrication, d'intégrer les bonnes pratiques DFM/DFA/DFT, et de concevoir des PCB fiables, testables et optimisés pour la production.*

### OBJECTIFS

Identifier et comprendre le process de fabrication des PCB et les contraintes associées.

Appréhender les normes IPC de conception pour viser la qualité.

Comprendre les concepts de DFM (Design for Manufacturing), DFA (Design for Assembly) et DFT (Design for Test) pour maîtriser les coûts de fabrication des cartes électroniques en production.

### PUBLIC VISE

Techniciens et ingénieurs concepteurs et technologues hardware, les routeurs, opérateurs CAO, les responsables industriels, assurance qualité fournisseurs et les acheteurs de PCB.

### PREREQUIS

Avoir une première expérience dans l'une des professions qui concernent la conception ou la réalisation de circuits imprimés, ou encore l'assemblage, l'industrialisation, la qualité ou l'achat de cartes électroniques dites « PCB ».

### INTERVENANT

Expert routage (CID+), Chef de projet CAO électronique et référent IPC. Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours numérique. Assistance pédagogique sur le cours assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation. Feuilles de présence signées par chaque stagiaire et le formateur par demi-journée de formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation de présence.

### DATES

Du 22 au 24 septembre 2026

### LIEU

Montpellier (34)

### DUREE

3 jours - 21 h

### PRIX

2100 € HT (1500 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Darlane COUTURIER

✉ [couturier@captronic.fr](mailto:couturier@captronic.fr)

☎ 06 37 46 07 65

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### CONCEPTION DES CIRCUITS IMPRIMES (PCB) POUR LES ASSEMBLAGES ELECTRONIQUES NORMES IPC2221, IPC2222, IPC 7351, IPC2612, IPC4761

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Introduction

Historique IPC et PCB, arborescence des standards. Présence des standards du bureau d'étude jusqu'à l'assemblage des composants

##### Fabrication d'un circuit imprimé classique

Notion de matière (IPC 4101 et 4103) de résine et de renfort

Paramètre : Tg, Z-axis CTE, Td, Time to Delaminate, Loss tangent

Fabrication d'un feuillard de cuivre électrodéposé

Classification des types de circuits – IPC2221

DFM, DFT, DFA

Réalisation d'un PCB double face

Pressage d'un multicouche, terminaison de l'empilage en « feuillard », ou en « stratifié »

Importance de l'équilibrage des couches – IPC2222

Épaisseur de cuivre avant et après gravure selon l'IPC-6012

Vernis épargne, différentes classes, différents type, épaisseurs selon l'IPC-SM-840

Encre de sérigraphie : différents types selon IPC-4781

Classe de performance d'un circuit imprimé et/ou d'un circuit fini – IPC2221

Niveau de productibilité d'un circuit – IPC2221

Tolérance sur l'empilage d'un PCB selon l'IPC2222

Distance minimum entre la surface conductrice et le bord d'un circuit imprimé, ou d'un trou non métallisé selon l'IPC2221/IPC2222

Distance minimum entre conducteurs en fonction des paramètres de fabrication et fonctionnement (attention, cela ne présage pas de la capacité du fabricant) selon l'IPC2222

Mire de placement CMS, taille selon l'IPC2222

#### Jour 2

##### Création des empreintes de composant selon l'IPC 7351 révision C

Différents types de boîtiers de composants

Niveau de complexité/densité d'une carte électronique

Notion de joint de soudure, Heel, Toe, et side

Définition des empreintes en fonction des dimensions et des tolérances – cas particulier le BGA

Empreinte de composants traversants, taille des pastilles

Taille des freins thermiques en fonction de la taille des pads

Diamètre du trou métallisé en fonction de la taille de la broche du composant selon l'IPC2222

##### Schéma - IPC2612

Chevelu, Netlist, Symboles, Format

#### Jour 3

##### Les vias

Ratio épaisseur/diamètre du via en fonction du niveau de productibilité selon IPC2222

Dimensionnement en fonction de la puissance

Protection des vias IPC – IPC476

##### PCB et CEM

Plan de masse et chemin de retour d'un signal électrique

Condensateur de liaison pour les signaux rapides

Empilage pour la CEM

Impédance pour des signaux rapides, signaux RF

Dimensionnement des pistes pour des applications de puissance

Les spécificités des circuits imprimés flexible

##### Sortie des éléments de fabrication

Gerber, Odb++ et IPC2581

##### Testabilité

Taille des plages de test et influence sur la testabilité

Répartition des plages de test

##### CAO et AFNOR

La NFC93-713 de 1989

34 ans après : l'AFNOR SPEC 2212

##### Tour de table



## Concevoir un boîtier, une protection pour l'intégration de votre carte électronique

*Votre carte ou équipement électronique a besoin d'un boîtier pour se protéger de l'humidité, de la poussière ou des projections d'eau, tout en assurant l'interface avec l'utilisateur. À la croisée d'exigences fonctionnelles, réglementaires et économiques parfois contradictoires, sa conception nécessite des choix techniques précis. Cette formation vous guide à travers les étapes clés et les procédés de fabrication (prototypage rapide, plasturgie, solutions mécaniques) pour trouver le meilleur compromis et réussir l'intégration de vos produits.*

### OBJECTIFS

Appréhender les rôles du boîtier de protection.  
Découvrir les process existants pour la conception de boîtier.  
Identifier les étapes de mise en œuvre pour prototyper sa solution.

### PUBLIC VISE

Responsables projets, Ingénieurs, Techniciens en charge de la conception d'un produit électronique et débutant en conception et choix d'un boîtier.

### PREREQUIS

Connaissances de base en électronique.  
Dispose d'un PC avec webcam, micro et une liaison Internet.

### INTERVENANT

Designer de formation avec expérience en conception de boîtier pour le secteur électronique.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence. - Support de cours. - Présentation d'exemples. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Le 10 juin 2026

### LIEU

Formation à distance  
Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise

### DUREE

1 jour – 7h

### PRIX

700 € HT (550 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Dorothée WALLART  
✉ wallart@captronic.fr  
☎ 06 30 92 27 32  
Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### CONCEVOIR UN BOITIER, UNE PROTECTION POUR L'INTEGRATION DE VOTRE CARTE ELECTRONIQUE

#### Tour de table

#### Matin

##### Introduction aux boîtiers sur étagère, solutions « standards »

##### Le cahier des charges d'un boîtier

Les informations nécessaires pour le rédiger

Un échange triparti (entreprise, « concepteur » et injecteur)

Un projet en adéquation avec mes besoins

Les points d'attention (test EMC, étanchéité et normes IPXX, refroidissement, fixations, ...)

##### Les process industriels possibles

L'injection plastique

La tôlerie métallique

L'extrusion aluminium

Les autres process (tôlerie plastique, fonderie)

#### Après midi

##### Les différentes étapes de conception d'un boîtier

Les bases du design (ergonomie, esthétique, fonctionnalité...)

UX/UI design

L'éco-conception et benchmark de solutions

Analyse / Observations

Recherches / Conceptualisation (Lien CAO électronique – mécanique, Intégration des différentes éléments (batterie, PCB, PCB flex rigide, IHM, connecteurs ,...))

Développement de la solution

Prototyper sa solution (impression 3D, résine, ...)

##### Le cas spécifique des boîtiers pour l'IoT

Intégrer une antenne dans un *boîtier* plastique

##### Des exemples concrets de projets réalisés

#### Tour de table



## Indices de réparabilité et de recyclabilité des équipements électroniques

*Face à l'émergence croissante de l'économie circulaire, cette formation propose une approche pragmatique et essentielle pour les entreprises désireuses de renforcer la durabilité de leurs produits. Adaptée aux spécificités et exigences du secteur électronique, cette formation présente les réglementations en vigueur et les méthodes de calcul des indices, en lien avec l'écoconception. Cette formation alternant théorie et pratiques, vous permettra d'acquérir les compétences nécessaires pour intégrer ces enjeux dans vos projets et communiquer efficacement sur vos engagements environnementaux.*

### OBJECTIFS

Comprendre les principes réglementaires et normatifs.  
Appliquer la méthode de calcul de l'indice de réparabilité.  
Appliquer la méthode de calcul de l'indice de recyclabilité.  
Faire le lien avec l'écoconception et la communication environnementale.

### PUBLIC VISE

Concepteurs en électronique et mécatronique, Chef de projets, Ingénieur Qualité des produits, Responsable Qualité, Environnement ou RSE, Responsable des Affaires réglementaires, Responsable Marketing, Direction technique.

### PREREQUIS

Aucune connaissance spécifique requise.  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison internet.

### INTERVENANT

Ingénieur conseil-formateur. Double expertise Electronique (18 ans en développement, management de projets, gestion d'affaires de systèmes électroniques et circuits intégrés) et Environnement (10 ans dans les études et le conseil environnemental dont l'écoconception auprès d'entreprises industrielles).  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours numérique - Alternance d'apports théoriques et cas pratiques – Assistance pédagogique assurée par le formateur 1 mois après la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par la remise d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Le 31 mars 2026

### LIEU

Formation à distance  
*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.*

### DUREE

7,00 heures

### PRIX

700 € HT (550 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Bérénice RABIA

✉ [rabia@captronic.fr](mailto:rabia@captronic.fr)

☎ 06 09 86 49 44

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### INDICES DE REPARABILITE ET DE RECYCLABILITE DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES

#### Matin

**Accueil, tour de table et introduction.**

#### **La réglementation relative aux indices de réparabilité et de recyclabilité**

- Loi AGECE et décrets associés
- Réglementation européenne ESPR
- Convergence des réglementations

#### **La série de normes EN 4555X**

- Cadre global
- EN 45554 : évaluation de la capacité de réparation, réutilisation et amélioration des produits liés à l'énergie
- EN 45555 : évaluation de la recyclabilité et de la récupérabilité des produits liés à l'énergie

#### Après-midi

#### **L'indice de réparabilité**

- Méthode de calcul réglementaire de l'indice obligatoire
- Cas pratique d'un équipement électronique

#### **L'indice ou taux de recyclabilité**

- Méthode de calcul
- Cas pratique d'un équipement mécatronique
- Utilisation des informations par les éco-organismes

#### **Liens avec l'écoconception et la communication environnementale**

- Intégration des indices dans le processus d'écoconception
- Normes de communication environnementale ISO 1402X (notamment l'encadrement des allégations environnementales et information du consommateur sur les produits)

#### **Tour de table**



## Industrialisation des systèmes et cartes électroniques : de la conception au maintien en condition opérationnelle

*Le pilotage d'un projet intégrant de l'électronique s'appuie sur une méthodologie et des processus spécifiques. Cette formation vous aidera à aboutir à la mise sur le marché de votre système et/ou produit de façon industrielle avec anticipation, maîtrise et sérénité.*

### OBJECTIFS

Acquérir les bases, identifier et s'appropriier les différentes étapes pour la conception et l'industrialisation des systèmes et cartes électroniques.

Comprendre comment construire, mener et sécuriser son projet industriel suivant des objectifs QCDR (Qualité, Coûts, Délai et Rentabilité)

### PUBLIC VISE

Techniciens et Ingénieurs Méthodes, Qualité, Concepteurs / Développeurs, Chefs de projets / produits.

### PREREQUIS

Une première expérience en conception de carte et /ou gestion de projet électronique est préférable.

Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison internet.

### INTERVENANT

Ingénieur conseil et formateur CAP'TRONIC avec 30 ans d'expérience : de la conception au maintien en conditions opérationnelles de systèmes électroniques dans différents secteurs d'activités (automobile, télécoms, identité et sécurité, IoT).

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence. Support de cours avec cas d'usages et retours d'expériences. Assistance pédagogique assurée par le formateur 1 mois après la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par la remise d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Les 26 et 27 mai 2026

### LIEU

Formation à distance

*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise*

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

1200 € HT (900 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Dorothée WALLART

✉ wallart@captronic.fr

☎ 06 30 92 27 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



**INDUSTRIALISATION DES SYSTEMES ET CARTES ELECTRONIQUES : DE LA CONCEPTION AU MAINTIEN EN CONDITION OPERATIONNELLE**

**Jour 1**

**Tour de table**

**Introduction**

Objectifs de la formation

Plan de la formation

**Phase amont : stratégie industrielle et faisabilité**

Périmètre & enjeux de l'industrialisation

Faisabilité technico-économique – Evaluation des coûts

Choix du partenaire EMS (Electronic

Manufacturing Services)

**Phase de Conception Préliminaire d'un système électronique**

Rappels sur les règles de conception et sur les différents jalons et phases de conception/développement

Spécifications du Système/Produit - Cas d'usages et liste des exigences

Analyse de risques (techniques, réglementaires, AMDEC produit) et stratégie de tests

Maturité et Prototypages

**Phase de Développement détaillé**

Intégration des contraintes de fabrication et de test dans la conception

DFM (Design for Manufacturing) / DFT (Design for testability)

Développement des cartes électroniques PCB (carte nue) et PCBA (carte + composants)

Les différents types de PCB : caractéristiques et applications

Les différents types de composants électroniques

Encapsulation et Intégration des cartes électroniques dans la mécanique

Solutions de protections contre l'humidité, les vibrations et chocs, dissipation thermique et CEM

Interfaçage (IHM) des périphériques électroniques avec le boîtier mécanique

Développement et industrialisation du Logiciel

Le dossier de définition produit

**Jour 2**

**Phase de Validation, Qualification et Certification**

Plan de tests du produit vs son profil de mission

Vérification de la robustesse et de la fiabilité

Processus de Certification et de mise en

conformité réglementaire du produit/système

**Fabrication d'un système électronique**

Le dossier de fabrication : que doit-il contenir ?

Industrialisation : Les outillages et

l'approvisionnement des composants (Gestion de l'obsolescence)

Processus et moyens de fabrication des PCB et des PCBA jusqu'au conditionnement

Stratégie de tests et moyens de contrôles en

production - Principales défaillances rencontrées

Qualification d'un process de production

Gestion des risques ESD

**Traçabilité, gestion des changements et MCO**

Prise en compte et maîtrise des évolutions du produit (matériel, logiciel, ...)

Process SAV – Gestion des retours clients et réparation

Qualification et formation du personnel en charge de la production et du contrôle

**Tour de table**



## Intégrer de l'électronique à vos designs mécaniques

*Cette formation, destinée aux débutants, vous guidera à travers les étapes clés, du PoC à l'industrialisation, en vous permettant d'acquérir les compétences nécessaires pour réussir l'intégration de cartes électroniques dans un boîtier ou un châssis mécanique. Vous découvrirez les bonnes pratiques de conception et les principales contraintes à prendre en compte pour un design efficace et durable.*

### OBJECTIFS

Acquérir le langage de l'électronique dans le périmètre de la mécanique.

Découvrir les principales contraintes de l'intégration électronique.

Acquérir les bonnes pratiques de conception mécanique pour l'intégration d'une électronique du PoC au produit industrialisable.

### PUBLIC VISE

NIVEAU DEBUTANT souhaitant découvrir l'intégration de systèmes électroniques.

Cette formation s'adresse aux dessinateurs projeteurs débutants, aux techniciens et ingénieurs d'études mécaniques débutants, aux chefs de projets, aux responsables de bureaux d'études.

### PREREQUIS

Connaissances générales en mécanique.

### INTERVENANT

Expert mécanique et plasturgie.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation. Feuilles de présence signées par chaque stagiaire et le formateur par demi-journée de formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation de présence.

### DATES

Le 30 juin 2026

### LIEU

Angers (49)

### DUREE

1 jour – 7 h

### PRIX

800€ HT (620 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Bérénice RABIA

✉ [rabia@captronic.fr](mailto:rabia@captronic.fr)

☎ 06 09 86 49 44

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

*(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)*

### INTEGRER DE L'ELECTRONIQUE A VOS DESIGNS MECANIQUES

#### Matin

##### Introduction et tour de table

##### Introduction

Rappel sur les différentes étapes de la conception à l'industrialisation de produits intégrant de l'électronique

##### Les principales caractéristiques mécaniques de l'électronique

- Les principaux types de carte électronique (FR4, SMI, Flex-rigides)
- Méthodes de fixation d'une carte électronique (glissières, visserie, clip, résine...)
- Intégration des contacts de pile, des batteries
- Introduction plastronique
- Protection contre l'humidité, vibrations, chocs, thermique

#### Après-midi

##### L'intégration des contraintes de l'électronique dans la conception mécanique

- Interfaçage des périphériques avec le boîtier mécanique
  - Comment transporter la lumière
  - Intégration d'interrupteurs et commutateurs
  - Connecteurs
- Mise en œuvre des capteurs
- Dissipation thermique
- Contraintes de Compatibilité Electromagnétique
- Intégration d'antenne radiofréquence et impact du boîtier mécanique

##### Clôture et tour de table



## Introduction à la conception de cartes pour signaux High Speed

*Afin d'évoluer vers des routages à plusieurs Gbps voire plusieurs dizaines de Gbps (DDR, PCIE, USB3, HDMI ...) il faut réussir le routage de la carte électronique. Cette formation présente les protocoles de communication rapide et les règles de bonnes pratiques pour faire un bon routage. Cette formation passe en revue les points clefs et les différentes étapes de conceptions.*

### OBJECTIFS

Découvrir la problématique des signaux rapides.  
Acquérir les bonnes pratiques du routage, et définir un bon stackup.  
Identifier les protocoles électriques et les bus rapides (DDR, PCIE USB3...)

### PUBLIC VISE

Ingénieurs techniciens concepteurs de produits amenés à traiter les signaux rapides.

### PREREQUIS

Avoir une première expérience dans le routage de paires différentielles.

### INTERVENANT

Consultant expérimenté en signaux rapides.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours et démonstrations de routage et de simulation via ANSYS. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation. Feuilles de présence signées par chaque stagiaire et le formateur par demi-journée de formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation de présence.

### DATES

Les 11 et 12 juin 2026

### LIEU

Montpellier (34)

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

1400 € HT (1000 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Darlane COUTURIER

✉ [couturier@captronic.fr](mailto:couturier@captronic.fr)

☎ 06 37 46 07 65

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### INTRODUCTION A LA CONCEPTION DE CARTES POUR SIGNAUX HIGH SPEED

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Processus de conception concernant les signaux rapides.

Quel est le processus de conception et quand est-il nécessaire de simuler ? Qu'est-ce qu'un signal rapide ?

##### Les différents types de signaux rapides et les protocoles high speed.

LVDS/LVPECL/HCSL/HSTL/CMOS/POD/NRZ/PAM4 eMMC/DDR/PCIE/USB2&3/HDMI/DP/RGMII

##### Les technologies de PCB, et les meilleurs choix adaptés aux signaux rapides.

Différences entre les PP, Rugorité, ...

Les bons et les mauvais choix de structure et de stack-up.

Exemples de matériaux disponibles sur le marché.

##### Routage & stratégies de routage, exemples typiques.

Stratégie de routage, Stubs, et couches à utiliser.

Retrait face au plan & impédance de plan

Vias de signaux et via de masse.

Introduction aux paramètres S

Impédances & discontinuités

Crosstalk

##### Skew, Jitter & UI

Introduction au skew, au jitter, et à l'unit interval.

Equalizers & Dembedding.

Gestion des skews avec le firmware.

Horloges

#### Jour 2

##### La simulation des cartes

Introduction générale, présentation des outils. Première expérience avec fichier paramètre S.

Démonstration de routage, mauvais, bon, et excellent.

Approfondir les paramètres S, et l'utilité de la simulation.

Simulation, diagramme de l'œil, démonstration si possible sur une carte.

##### Méthodologie

Guide et méthode pour réussir !

##### Réponses aux questions

Echange et réponses aux différents retours d'expérience des participants.

##### Tour de table



## La démarche d'éco-conception appliquée aux systèmes électroniques et services numériques associés

*Cette formation vous apportera une compréhension approfondie des enjeux environnementaux liés à la conception de produits électroniques, tout en vous initiant aux méthodes d'analyse du cycle de vie et aux principaux outils disponibles. Vous apprendrez à intégrer concrètement l'éco-conception dans vos projets, à anticiper les contraintes réglementaires et à mettre en place des pratiques durables tout au long du cycle de vie produit.*

### OBJECTIFS

Comprendre les enjeux et concepts du développement durable appliqués aux produits électroniques et services numériques.  
Maîtriser les concepts d'éco-bilan, l'analyse du cycle de vie et les impacts environnementaux.  
Connaître les principales lois et réglementations applicables aux équipements électroniques.  
Appréhender les principes de l'éco-conception et l'éventail des outils à disposition des processus métiers.  
Faire le lien avec les référentiels normatifs ISO 26000, 9001 et 14001.

### PUBLIC VISE

Concepteurs en électronique et logiciel embarqué.  
Concepteurs d'applications web associées.  
Chef de projets et direction techniques.  
Responsable Marketing, Qualité, Environnement ou RSE

### PREREQUIS

Connaissances générales en électronique et/ou développement logiciel applicatif.  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison internet.

### INTERVENANT

Ingénieur conseil double expertise, Electronique (18 ans en développement de cartes et circuits intégrés) et Environnement (10 ans dans le conseil écoconception auprès d'entreprises industrielles).

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours numérique - Alternance d'apports théoriques et d'exercices pratiques - Assistance pédagogique assurée par le formateur 1 mois après la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par la remise d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Les 6 et 7 octobre 2026

### LIEU

Formation à distance  
Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

1200€ HT (900€ HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACTS

Bérénice RABIA  
✉ [rabia@captronic.fr](mailto:rabia@captronic.fr)  
☎ 06 09 86 49 44

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### LA DEMARCHE D'ECO-CONCEPTION APPLIQUEE AUX SYSTEMES ELECTRONIQUES ET SERVICES NUMERIQUES ASSOCIES

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Les enjeux environnementaux du développement durable

- Définitions et concepts
- Historique du développement durable
- L'empreinte écologique (exercice personnel)
- Chiffres clé de l'industrie électronique et des technologies numériques

##### Le cycle de vie des produits et services

- Définitions et généralités
- Description détaillée des différentes étapes
- Typologies de produits
- Le cas des services
- Exercice (test de 10 questions)

##### Les impacts environnementaux

- Définitions
- Grandes catégories d'impacts (exercice ludique)
- Quantification et méthodes de calculs

##### Les principales lois et réglementations applicables aux produits électroniques

- Rappel de la hiérarchie légale
- Lois européennes et françaises (directive éco-conception/ErP, RoHS/DEEE, REACH...)

#### Jour 2

##### L'Analyse du Cycle de Vie

- Définitions et synonymes
- Types d'ACV
- ISO 14040, la norme de référence
- Bases de données
- Logiciels de modélisation
- Exemples de résultats d'ACV
- Etude de cas : écobilan d'un produit simple avec électronique (modélisation avec la plateforme Bilan Produit de l'ADEME)

##### L'éco-conception de produits électroniques et services numériques

- Définition, lien avec l'économie circulaire
- Bénéfices de l'éco-conception pour les entreprises
- Panorama des normes
- Boîte à outils pour la conception électronique (gestion des substances, composition en matériaux, gestion énergétique, conception pour la durée de vie...)
- Bonnes pratiques de l'éco-conception logicielle de service numérique
- Exercice (test de 20 questions)

##### Les bases pour intégrer l'éco-conception dans l'entreprise

- L'approche « Processus »
- Etapes d'un projet avec éco-conception
- Liens avec les normes de systèmes de management
- Éléments de communication environnementale

##### Clôture et tour de table



## Les bases de l'électronique, la gestion de projet, l'industrialisation et le marquage CE

*Cette formation présente les étapes de la conception d'un produit électronique jusqu'à l'industrialisation. Elle s'adresse à un public non diplômé en électronique mais qui doit dans ses fonctions, gérer un projet avec des modules électroniques et échanger avec un sous-traitant BE ou EMS.*

### OBJECTIFS

Avoir une vue d'ensemble sur les bases de l'électronique.  
Comprendre les contraintes des différentes étapes du développement, savoir dialoguer avec les experts métiers.  
Comprendre et prendre en compte les contraintes de l'intégration, et de l'industrialisation.  
Comprendre et prendre en compte les contraintes de la certification.

### PUBLIC VISE

Techniciens et Ingénieurs Méthodes, Qualité, Chefs de projets / produits

### PREREQUIS

Connaissances de base en conduite de projet.  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison internet.

### INTERVENANT

Ingénieur conseil CAP'TRONIC avec 30 ans d'expérience en conception et industrialisation électronique dans différents secteurs d'activités  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence. Support de cours avec cas d'usages et retours d'expériences. Assistance pédagogique assurée par le formateur 1 mois après la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par la remise d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Les 18 et 19 mars 2026

### LIEU

Formation à distance  
*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise*

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

1200€ HT (900€ HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACTS

Dorothee WALLART  
✉ wallart@captronic.fr  
☎ 06 30 92 27 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### LES BASES DE L'ELECTRONIQUE, LA GESTION DE PROJET, L'INDUSTRIALISATION ET LE MARQUAGE CE

#### Jour 1

##### Matin :

##### Tour de table

##### Introduction

##### Bases de l'électronique et éléments de langage

Notion temporelle, analogique, numérique

Composants, les différents types : Passifs, actifs,

Antenne, pile – batterie, connectique, ...

CMS (Composants Montés en Surface) et

Traversants, modules

Types de boîtiers

Conditionnement et contraintes de stockage

Les principaux capteurs (et grandeurs physiques associées)

PCB (circuit imprimé) : Typologie, Matériaux,

Empilage, Découpe, Finitions

Notion de coûts composants, obsolescence

##### Après-midi :

##### Enjeux du développement et de

##### l'industrialisation :

Phases et jalons d'un projet

Définir son besoin

Faisabilité

Cahier des charges – spécifications

Documents de consultation

Analyse de risques

Conception électronique

Intégration des contraintes industrielles : DFM

(Design For Manufacturing) -DFT (Design For Test)

Dossiers carte et PCB (Circuit imprimé)

Process d'assemblage carte électronique (PCBA)

Outils et stratégie de test

Consultation et sélection d'un partenaire EMS

(fabricant carte électronique)

#### Jour 2

##### Matin :

##### Intégration électronique

Méthodes de fixation

Vernissage – Tropicalisation – Encapsulation

Plastronique, Circuits spéciaux / innovants

##### Contraintes d'intégration cartes électroniques

Mécaniques

Risque ESD (décharges électrostatiques)

CEM (compatibilité électromagnétique)

Tension et isolation électrique

Radio (diélectrique matériaux, ...)

Batterie

##### Fabrication d'un système intégrant de l'électronique

Contraintes de test en fonction des étapes d'intégration

##### Après-midi :

##### Aspects réglementaires du marquage CE

Principes généraux du marquage CE

Déterminer son statut réglementaire

Déterminer les champs d'applications réglementaires

Réaliser une analyse des risques

Se mettre en règle avec les standards utilisés

Informations (Documentation technique, notice d'utilisation, marquage...)

Evaluer la conformité

Maintien de la conformité dans le temps

(production, exploitation, évolutions produits et normes)

Données (propriété, RGPD)

Points de vigilance (REX projets accompagnés)

Aspects réglementaires à l'international

Revue documentaire d'un cas concret

Questions – réponses

##### Tour de table



## Techniques modernes de traitement numérique du signal pour systèmes embarqués

*Vous planifiez de mener un projet intégrant du traitement numérique du signal ? Vous vous interrogez sur les outils de simulation et l'utilisation des solutions technologiques disponibles ?*

*Cette formation vous initiera aux outils de simulation et aux technologies de mise en œuvre (STM32, FPGA) pour concevoir, analyser et intégrer des traitements du signal dans vos projets électroniques.*

### OBJECTIFS

Présenter les outils modernes de simulation et l'utilisation de solutions technologiques de traitement numérique du signal dans l'embarqué sur les deux grandes familles de composants : les processeurs STM32 et les FPGAs.

### PUBLIC VISE

PMEs, startups ou bureaux d'études du secteur électronique au sens large, ayant développé même une petite application de traitement du signal ou qui envisagent de développer pour la première fois ce type d'application.

### PREREQUIS

Connaissances générales préalables en architectures électroniques et/ou en développement de logiciel embarqué.

Savoir programmer en langage C.

Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison internet.

### INTERVENANT

Ingénieur logiciel embarqué CAPTRONIC, plus de 20 d'expérience en BE, Doctorat en traitement du signal, formateur en école d'ingénieur.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence. Support de cours. Etude de cas et travaux pratiques. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Du 2 au 4 juin 2026

### LIEU

Formation à distance

*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise*

### DUREE

3 jours – 21h

### PRIX

1750€ HT (1350€ HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Dorothee WALLART

✉ wallart@captronic.fr

☎ 06 30 92 27 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### TECHNIQUES MODERNES DE TRAITEMENT NUMERIQUE DU SIGNAL POUR SYSTEMES EMBARQUES

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Introduction au traitement numérique des signaux (TNS)

##### L'échantillonnage et la numérisation des signaux :

- Théorème de Shannon,
- La numérisation des signaux,
- Panorama des différentes technologies des ADC & DAC.
- Exemple de mise en œuvre matérielle, les pièges à éviter.

##### Notion de base de traitement numérique du signal :

- Aspect temporel, aspect fréquentiel.
- Le produit de convolution.
- Le filtrage numérique FIR et IIR,
- Travaux Pratiques : Synthèse de filtre

#### Jour 2

##### Notion de base de traitement numérique du signal (suite):

- La transformée de Fourier
- L'analyse spectrale
- Travaux Pratiques : Identification et caractérisation de signaux, les pièges à éviter de l'analyse spectrale.
- Python, l'outil gratuit pour simuler ses algorithmes de traitement numérique du signal.
- Présentation de Python, rappel des bases de la programmation.

##### Les bibliothèques Python pour faire du traitement numérique du signal :

- Numpy, Scipy, Matplotlib
- Travaux Pratiques de simulation sous Python :
  - Synthèse de signaux,
  - Design d'un filtre numérique FIR et IIR,
  - L'analyse spectrale de signaux vibratoire et audio

#### Jour 3

##### Quelle technologie pour la mise en œuvre du TNS dans l'embarqué.

- MAC, architecture de Harvard, SIMD, Gestion des flux de données, DMA : les briques matérielles nécessaires au traitement numérique du signal
- Rappel sur l'arithmétique et son impact sur les applications
- Présentation des architectures : DSP, FPGA, STM32
- Comment faire le bon choix du processeur pour son application
- Exemples de mise en œuvre industrielle.

##### Tour de table



## Android pour smartphones et tablettes

*Android est l'OS open source pour système mobile le plus répandu. L'industrie l'utilise comme système multimédia et/ou télécommande d'équipements à distance. Il est modulable et couvre de nombreux domaines applicatifs. Les développeurs ont accès à de nombreux outils de développement et API sans coût supplémentaire, ce qui rend cette plateforme très attractive. A partir d'un simple smartphone ou tablette il est possible de développer des applications très diverses comme le propose cette formation.*

### OBJECTIFS

Découvrir les concepts de la plateforme Android ;  
Connaître des outils de développement ;  
Définir une architecture logicielle avec les composants Android ;  
Développer et déployer une application sur smartphone ou tablette.

### PUBLIC VISE

PMEs, startups ou bureaux d'études qui envisagent de développer une application smartphone/tablette ou qui souhaitent se perfectionner.

### PREREQUIS

Connaissance du langage Java et C. Le matériel smartphone et tablette sont fournis pour les TP de la formation.

### INTERVENANT

Ingénieur ENSEEIHT, Expert en traitement du Signal, traitement d'image, formateur expérimenté.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours – Travaux pratiques - Assistance pédagogique sur le cours assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par la remise d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité ou attestation de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation à distance ou en présentiel

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

A la demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### ANDROID POUR SMARTPHONES ET TABLETTES

#### Tour de table

##### Les composants logiciels Android

Utiliser et créer les composants logiciels :  
activité, service, intent, broadcast receiver,  
content provider, widget  
Connaître le système des intent et de routage  
des messages asynchrones

##### Principe de base d'une application Android

La machine à état - Exécuter la chaîne de  
production d'une application  
Créer « Hello World ! » et Exécuter un débogage  
Visualiser le système de log et les processus et  
thread des applications  
Visualiser en mode debug

##### Le système téléphonique

Envoyer/recevoir un appel : structure de l'API  
Envoyer/recevoir un SMS : structure de l'API  
Visualiser les actions du modem GSM  
Emulation de la téléphonie et des SMS

##### L'interface graphique

Connaître le système graphique d'Android  
Créer une IHM sous Android  
Créer un formulaire et récupérer les données  
Créer une IHM par programmation  
Interface des applications utilisables sur tablette  
et Smartphone  
Utiliser les fragments d'affichage  
Internationaliser une IHM

##### Système de stockage de données

Mémoire interne et stockage externe  
Créer et utiliser une base de données pour le  
stockage non volatile SQLITE  
Stockage avec XML  
Utiliser la SD card comme support de stockage

##### APIs Android

Connaître le système de géolocalisation Google  
Créer une application avec Google Play Service  
Mise en œuvre de l'accéléromètre, la boussole  
Connaître les capteurs NFC et leur utilisation

#### Interface code natif C/C++

Connaître le système de cross-compilation  
JNI pour intégrer des codes C/C++  
Connaître les interfaces ABI/EABI supportées  
Générer des lib statiques et dynamiques

#### Les travaux pratiques réalisés en Java et C.

#### Présentation et installation des outils : Android Studio et commande de base.

##### TP1 Installation des outils

Android Studio : Structure du projet  
Configuration des SDK et NDK  
Configuration des smartphones/tablettes  
Gradle et gestion des dépendances

##### TP2 Installation des outils

Développement d'une Activity  
Configuration du Manifest  
Visualisation du binaire  
Traçage dans les logs  
Passage en mode debug / pas à pas  
IHM avec des widgets

##### TP3 Développement d'un service et d'une activité

Visualiser le cycle de vie  
Thread dans le service

##### TP4 Utilisation du système téléphonique

Envoi d'un SMS par programme  
Gestion des événements téléphoniques  
Emulation du système téléphonique

##### TP5 Sauvegarde des données

Création d'un content provider  
Création de sharedpreferences  
Utilisation de la SD Card

##### TP6 Application avec les API

Application de géolocalisation  
Application avec les capteurs

##### TP7 Coder en C/C++

Application native en C/C++ et JNI  
De Java vers JNI - Génération d'une lib

#### Tour de table



## C++ pour l'embarqué avec Visual Studio sous Windows

*Cette formation, vous propose de découvrir le langage C++ avec un focus sur son utilisation spécifique sur les systèmes embarqués. De nombreux exercices illustrent chaque chapitre. La formation se termine par un mini projet sur carte à microcontrôleur.*

### OBJECTIFS

Assimiler les concepts objets.  
Découvrir et mettre en œuvre le langage C++ dans les projets.  
Acquérir un début d'autonomie dans ce langage.

### PUBLIC VISE

Concepteurs, Développeurs d'applications connaissant un langage de programmation et débutants en C++.

### PREREQUIS

Première expérience en développement informatique nécessaire en C.

### INTERVENANT

Expert en traitement d'image et informatique embarqués, 20 ans d'expérience.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours - Travaux pratiques. Assistance pédagogique sur le cours assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par la remise d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation. Feuilles de présence signées par chaque stagiaire et le formateur par demi-journée de formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation de présence.

### DATES

Sur demande - Formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation en présentiel

### DUREE

3 jours – 21h

### PRIX

Sur demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### C++ POUR L'EMBARQUE AVEC VISUAL STUDIO SOUS WINDOWS

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Évolutions et usages du C++

- Contexte global
- C++ en environnement contraint
- Évolution du standard

##### Compilation croisée avec Visual Studio

- Processus de compilation
- Framework spécifique pour l'embarqué
- Compilation croisée ESP32
- Prise en main de Visual Studio
- Bibliothèques statiques et dynamiques
- Utilisation du debugger de Visual Studio, modes de compilation
- Compilation avec make

**TP : impact des modes de compilation, utilisation de make.**

##### Du C vers le C++

- Entrées-Sorties clavier
- Types, constantes symboliques, variables
- Portée selon la déclaration, directives pré-processeur
- Opérateurs relationnels et binaires
- Initialisation
- Types construits
- Structures de contrôle et précautions pour l'embarqué

##### Gestion de blocs de code et de données

- Fonctions et spécificités pour l'embarqué
- Sécurisation du code et recours aux références et aux pointeurs
- Tableau : utilisation et précautions
- Espaces de nom
- Allocation dynamique et fragmentation
- Initiation à la gestion des erreurs
- Introduction aux Vector
- Programmation modulaire avec Visual Studio
- Surcharge des fonctions

**TP : utilisation des fonctions, références et pointeurs, allocation dynamique, vector et espace de nommage**

##### Programmation Orientée Objet

- Programmation OO vs Procédurale
- Classes et instanciations
- Encapsulation et variable d'instance
- Modes d'accès aux attributs
- Constructeur
- Destructeur

Opérateur "This"

**TP : encapsulation, surcharge, constructeurs et destructeurs.**

#### Jour 2

##### Héritage

- Mécanisme d'instanciation de classes dérivées
- Classe virtuelle
- Fonctions et classes Amies
- Héritage simple et multiple

**TP : mise en place de différents modes d'héritage**

##### Modèles de fonctions et de classes

- Notion de programmation générique
- Template de fonction
- Template de classe

**TP : programmation générique via templates**

##### Conteneurs utiles dans la STL

- Vector : approfondissement
- Map
- List
- Pile
- Utilisation de la bibliothèque algorithm

**TP : utilisation des divers conteneurs et applications d'algorithmes sur ceux-ci.**

##### Introduction à l'architecture du code, spécificités de l'embarqué

- Indications pour la structuration du code
- Récapitulatif et compléments sur l'usage du C++ en embarqué

#### Jour 3

##### Programmation sur carte microcontrôleur

- Configuration des paramètres adaptés à la carte dans le framework.
- Configuration de l'IDE.
- Principes de programmation sur carte microcontrôleur :
- Organisation générale d'un code microcontrôleur
- Programmation de la configuration et de l'initialisation de la carte
- Programmation temps réel avec FreeRTOS : multitâche, multi-cœurs.
- Accès aux fonctionnalités de la carte.

**TP : développement d'un mini-Projet sur carte microcontrôleur.**

##### Tour de table



## Concevoir un système embarqué Linux avec YOCTO

*Vous envisagez de concevoir un système embarqué sous Linux et souhaitez explorer Yocto ? Cette formation vise à vous initier au développement de systèmes embarqués avec Yocto. Structurée sur trois jours, elle alterne théorie et exercices pratiques pour vous offrir une immersion complète dans le domaine.*

### OBJECTIFS

Configurer et construire un système Linux embarqué avec Yocto.  
Être capable d'écrire et d'étendre des recettes, pour ses propres paquets et pouvoir les personnaliser sur des architectures embarquées.  
Acquérir les bonnes pratiques pour des besoins industriels en s'exerçant avec des exercices.

### PUBLIC VISE

Concepteurs, techniciens et ingénieurs de développement et chefs de projets techniques qui souhaitent concevoir de futurs produits basés sur des cartes électroniques sous Linux.

### PREREQUIS

Maîtrise des bases de Linux embarqué  
Maîtrise des commandes de base GNU/Linux.  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison internet. Un deuxième écran est fortement conseillé. Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.

### INTERVENANT

Ingénieur expert en conception de systèmes embarqués, formateur Linux / Yocto.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours en anglais. Travaux pratiques. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation. Feuilles de présence signées par chaque stagiaire et le formateur par demi-journée de formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Du 16 au 18 juin 2026

### LIEU

Formation à distance  
*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation.*

### DUREE

3 jours – 21h

### PRIX

1 750€ HT (1 350 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Dorothée WALLART  
✉ wallart@captronic.fr  
☎ 06 30 92 27 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### CONCEVOIR UN SYSTEME EMBARQUE LINUX AVEC YOCTO

#### Jour 1

##### Introduction aux systèmes de build Linux embarqué

Présentation du projet Yocto et du système de référence Poky

##### Utilisation de Yocto - notions de base

Mise en place du répertoire de build et de l'environnement

Configurer le système de build

Construire une image rootfs

Structure du dossier de build

##### Première compilation du projet Yocto

La distribution de référence Poky

Configurer le système de compilation

Compilation d'une image système et flashage sur carte

##### Exercices

Configurer la carte pour qu'elle démarre par NFS

Ajouter un paquet à l'image

Options de la commande bitbake

#### Jour 2

##### Écrire des recettes – les bases

##### Exercices

Écrire et déboguer une recette pour nlnvaders

Ajout de nlnvaders à l'image finale

##### Rédaction de recettes – notions avancées

Investigation des problèmes des recettes

Configuration de l'utilisation du réseau par

BitBake

##### Les layers

Créer un layer personnalisé

##### Exercices

Écrire son propre layer et l'utiliser

Déplacer la recette nlnvaders dans ce nouveau layer

#### Jour 3

##### Personnaliser une recette

##### Exercices

Étendre la recette du noyau pour ajouter des correctifs

Configurer le noyau pour compiler le pilote du joystick

Ajouter des patches et jouer à nlnvaders

##### Écrire un BSP

Introduction aux layers BSP

Ajout d'une nouvelle machine et configuration du bootloader

##### Exercices

Créer une nouvelle configuration de machine

Construire une image pour la nouvelle machine

##### Layers de distribution

Écrire une recette d'image

Écrire et utiliser des packagegroups

##### Exercices

Ajouter une recette d'image

Sélectionner les fonctionnalités de l'image et les paquets

Ajouter un groupe de paquets personnalisés

Ajouter une variante d'image pour le débogage

##### Écrire des recettes - aller plus loin

Le sysroot par recette

Utiliser du code Python dans les métadonnées

Les variable flags

Fonctionnalités des paquets et PACKAGECONFIG

Séparation des paquets et gestion des dépendances

##### Octroi de licences

Gérer les licences open source

##### Le SDK du projet Yocto

Construire et utiliser un SDK

##### L'outil de développement devtool

Présentation de devtool et ses cas d'usages

##### Exercices

Générer / modifier une nouvelle recette

##### Automatiser la gestion des layers

##### Exercices

Introduction aux gestionnaires de paquets

Configuration du build

Configuration du serveur de paquets

Configuration sur la cible

##### Tour de table



## Développement rapide de prototypes d'application Android en NO-CODE

*Cette formation, vous propose de découvrir le développement d'application Android en « NO CODE ». De nombreux exercices basés sur App Inventor illustrent chaque chapitre.*

### OBJECTIFS

Assimiler les concepts de base du NO-CODE1.  
Découvrir et mettre en œuvre les composants de base.  
Acquérir un début d'autonomie par des exercices et un mini projet.

### PUBLIC VISE

Concepteurs, Développeurs d'applications connaissant ou non un langage de programmation.

### PREREQUIS

Une connaissance sommaire en algorithmique serait un plus, mais n'est pas indispensable (les bases seront revues).

### INTERVENANT

Expert en traitement d'image et informatique embarqués, 20 ans d'expérience.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours - Travaux pratiques. Assistance pédagogique sur le cours assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par la remise d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation. Feuilles de présence signées par chaque stagiaire et le formateur par demi-journée de formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité ou attestation de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation à distance ou en présentiel

### DUREE

2 jours –14h

### PRIX

A la demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### DEVELOPPEMENT RAPIDE DE PROTOTYPES D'APPLICATION ANDROÏD EN NO-CODE

#### Tour de table

#### Jour 1

##### Introduction à la programmation événementielle par blocs

- Comparaison avec d'autres méthodes
- Configuration et lancement de l'IDE Offline
- Prise en main de App Inventor : palette de composants pour le design de l'appli catégories de blocs création et import/export d'un projet ; génération d'un apk Androïd
- Extensions

##### Notions de base

- Logique de programmation générale Androïd
- Principe de la programmation événementielle
- Blocs de base : variables, logique, structures de contrôle, math, etc.

**TP : mise en œuvre des composants et des blocs de base.**

##### Données textuelles

- Lecture/écriture de fichiers texte
- Blocs de manipulation de textes : listes, dictionnaires.

**TP : mise en œuvre de composants, fichiers et blocs de manipulation de texte.**

##### Données multimédias et timers

- Médias (sons, images) et synthèse vocale : composants et blocs associés.
- Manipulation des timers et procédures.

**TP : mise en œuvre de composants et blocs de manipulation de médias.**

#### Jour 2

##### Export de données

- Configuration et renseignement d'une Google Sheet
- Association de la Google sheet à l'aide de blocs spécifiques et d'une liste
- Envoi automatique de courriel

**TP : configuration des outils Google, mise à jour automatique de la Google sheet et envoi de mail.**

**TP : Mini-projet d'appli Androïd**

#### Tour de table



## Développez un Système embarqué sur SoC FPGA

*Certains projets de systèmes embarqués impliquent du traitement d'image. Les SoC FPGA sont adaptés à ce type de situations, ils embarquent sur une même puce un processeur et un FPGA. Les deux unités de calcul communiquent via un bus de communication accessible depuis l'espace utilisateur, ou plus simplement par un partage d'une zone de la RAM. Cette formation a pour but de présenter la méthodologie pour embarquer Linux sur le processeur pour les tâches de communication et développer en VHDL vos applicatifs dédiés au traitement d'image sans pénaliser le CPU.*

### OBJECTIFS

Identifier les cas où l'utilisation d'un SoC FPGA rend un projet réalisable.

Comprendre les types d'opérations optimisées par la programmation FPGA.

Évaluer l'effort nécessaire pour déployer une architecture SoC FPGA.

Acquérir une expérience concrète de mise en œuvre sur SoC FPGA.

### PUBLIC VISE

Techniciens et Ingénieurs concepteurs de systèmes embarqués.

Pas d'expérience requise en développement sur FPGA

### PREREQUIS

Avoir des notions de C et connaître les lignes de commande sous Linux. Les notions de base en VHDL ou Verilog ne sont pas nécessaires pour cette formation.

Un PC avec webcam, haut-parleur et micro et une liaison Internet sont requis.

### INTERVENANT

Docteur en informatique et système embarqué. Développeur FPGA. Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence. Support de cours. La formation alternera des exposés théoriques et des travaux pratiques sur kit TP en réseau. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité ou attestation de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation à distance ou en présentiel

### DUREE

3 jours – 21h

### PRIX

A la demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

📞 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### DEVELOPPEZ UN SYSTEME EMBARQUE SUR SOC FPGA

#### Jour 1 : Mise en œuvre du SoC FPGA de 10-nano

##### Tour de table

##### Introduction

Du cahier des charges du projet à l'architecture réseau

De l'architecture réseau aux contraintes sur les unités de calcul embarquées

Puissance de calcul embarquée, les problématiques classiques : autonomie énergétique, réactivité, calcul algorithmique, compilation de statistiques, réseau de neurones artificiels, traitement du signal, capteurs et communications.

Le SoC FPGA une proposition de résolution du problème d'occupation CPU.

##### Comment programmer un SoC FPGA chez Intel

Comment un FPGA réalise l'implémentation d'un algorithme de traitement du signal

Programmer un FPGA en HDL (VHDL / Verilog)

Communication entre un le HPS et le FPGA chez Intel : AXI, Avalon MM, port parallèle, accès à la RAM

Quartus ii et Platform Designer

Mettre en œuvre la distribution Linux fournie

Récupérer l'image de la carte SD fournie par Terasic  
Démarrer la carte de prototypage et prendre le contrôle du SoC en UART

Identifier dans la documentation du SoC les informations pour piloter des Leds depuis le HPS

Les outils de développement : Quartus ii, Soc EDS, Linaro

Communication entre le HPS et le FPGA, piloter les Leds depuis Linux en envoyant au FPGA une commande sur un port parallèle, le FPGA se chargeant du pilotage des Leds

##### [Pour ceux qui sont en avance] Mettre en œuvre sa propre distribution Linux pour SoC Intel

Le bootloader, le Noyau Linux et la distribution Linux sur un SoC FPGA Intel

Configurer et compiler u-boot

Récupérer et compiler les sources du noyau Linux fourni par Altera

Configurer une distribution Linux

Créer une carte SD avec Linux

Démarrer sur la nouvelle distribution Linux

Activer la communication entre Linux et le FPGA (avec un device tree)

#### Jour 2 : Décharger le CPU d'une opération

##### Décharger le CPU d'une opération en un port classique

Ouvrir et configurer le squelette de projet fourni par Terasic

Développer une opération parallèle sur FPGA

Configurer Platform Designer que le HPS communique avec le FPGA via un bus Avalon

Appeler la procédure du FPGA depuis l'espace utilisateur Linux en transférant les paramètres via le port parallèle Avalon.

Limitations du bus de communication parallèle, avantages d'utiliser la RAM.

Décharger le CPU en utilisant la RAM

Réserver une zone de RAM aux échanges entre HPS et FPGA

Configurer Platform Designer

Appeler la procédure du FPGA avec les données en RAM

#### JOUR 3 : Cas d'application en traitement d'image

##### Décharger le CPU : seuillage d'image sur FPGA

Préparer l'envoi d'une image (formats d'image en OpenCV)

Configurer Platform Designer

Compiler la procédure de seuillage de pixel pour FPGA

Appeler la procédure de seuillage sur FPGA avec les données en RAM

##### Conclusion

Avantages/difficultés du déchargement du CPU en utilisant un SoC FPGA

Rappel des étapes de développement

A venir dans une formation complémentaire : communication entre le HPS et le CPU via un module noyau (fichier caractère), utiliser les ports d'entrée-sortie du FPGA pour le pilotage de capteurs/actionneurs en temps-réel. Utiliser un écran tactile pour obtenir une tablette dédiée au traitement du signal embarqué.

##### Tour de table



## Développer vos applications mobiles/web avec FLUTTER

*Cette formation vous présente le langage, les outils, la méthodologie pour développer des applications mobiles / web avec Flutter. Elle vous permettra de maîtriser les opportunités offertes par Flutter pour développer une app mobile, notamment dans le domaine de l'IoT.*

### OBJECTIFS

Comprendre les bases de Flutter et Dart pour créer des applications mobiles performantes.

Maîtriser la gestion d'UI, navigation, état et communication avec des API. Découvrir les intégrations avancées : stockage, webview, plugins natifs.

Approcher le développement mobile orienté IoT avec Bluetooth.

### PUBLIC VISE

Techniciens et ingénieurs en charge du développement d'applications mobiles/web.

### PREREQUIS

Aucun prérequis indispensable pour ce public visé.

Installation des outils nécessaires avant la formation.

Disposer d'un PC avec webcam, micro et connexion internet

### INTERVENANT

Formateur expérimenté, intervenant dans des missions de conseil et d'assistances techniques en entreprise.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence. Support de cours et Travaux pratiques préparés (ateliers).

Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

2<sup>ème</sup> semestre 2026

### LIEU

Formation à distance

*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.*

### DUREE

2 jours – 14 h

### PRIX

1 200 € HT (900 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Darlane COUTURIER

✉ [couturier@captronic.fr](mailto:couturier@captronic.fr)

☎ 06 37 46 07 65

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### DEVELOPPER VOS APPLICATIONS MOBILES/WEB AVEC FLUTTER

#### JOUR 1 - Bases et fondamentaux

Matin

##### Tour de table

##### Introduction générale au développement mobile

Mobile : écosystèmes, spécificités, contraintes.

Stores : App Store, Google Play, process de publication.

Avantages technos cross-platform (React Native, Flutter) Vs Natif.

##### Présentation de Flutter

##### Mise en place de l'environnement

Installation Flutter SDK, IDE, émulateurs.

Premier projet Flutter : Hello World.

Après-midi

##### Développement Flutter standard

Widgets de base & création d'écrans.

Navigation simple.

Gestion d'état (setState, Provider).

Consommation d'une API HTTP (fetch & affichage liste).

Cycle de vie d'une app Flutter.

--> **Atelier fil rouge** : création d'une mini-app de catalogue produit connecté à une API publique (ex: liste de films, vélos, capteurs fictifs).

#### JOUR 2 – Approfondissement et IoT

Matin

##### Développement Flutter avancé

Conception et architecture d'un projet Flutter (structuration projet, abstraction,...)

State management (présentation BLoC).

--> **Atelier fil rouge** : enrichir la mini-app avec state management

Après-midi

##### Développement Flutter avancé

Intégration de fonctionnalités natives (accès caméra / GPS).

Routing avancé.

Stockage local (SharedPreferences, SQLite).

--> **Atelier** : enrichir la mini-app avec une fonctionnalité spécifique (ex: stockages local des favoris, intégration caméra,...)

##### Flutter et IoT – Bluetooth

Introduction à FlutterBlue / flutter\_reactive\_ble.

Scanner des périphériques Bluetooth.

Connexion simple à un device et récupération de données.

##### Problématiques des projets spécifiques

##### Clôture & perspectives

Q&R + Bilan

##### Tour de table



## FreeCAD pour maîtriser le Design 3D

*Lors de cette formation dédiée à FreeCAD, un logiciel libre et open source de CAO 3D paramétrique, vous apprendrez à modéliser des pièces mécaniques, des composants, tout en découvrant comment intégrer vos cartes électroniques dans des designs 3D fonctionnels. Grâce à une série d'exercices pratiques, vous passerez de la création de profils simple à des profils de plus en plus complexes, tout en apprenant à placer des côtes et à exporter vos travaux vers d'autres logiciels. Cette formation vous permettra non seulement de maîtriser FreeCAD, mais aussi d'analyser et de concevoir efficacement vos projets avant leur production.*

### OBJECTIFS

Découvrir FreeCAD et apprendre à modéliser des pièces mécaniques et des composants pour l'électronique.

Analyser la conception des modèles 3D.

Apprendre à manipuler FreeCAD.

### PUBLIC VISE

Electroniciens et mécaniciens ayant besoin de modèles 3D en CAO/DAO pour les utiliser dans des projets mécaniques et électroniques.

### PREREQUIS

Un PC sous windows 10 avec logiciels préinstallés (Adobe Reader, FreeCAD 1.0.0, Kicad 8.x).

Savoir lire un dessin technique.

Capacité à faire de la représentation dans l'espace.

Connaissance du système métrique. Maîtrise souris et raccourcis claviers.

Une connexion internet sera requise pour installer et utiliser certains addons, notamment Fastener, qui est largement utilisé.).

### INTERVENANT

Expert en conception électronique, CAO et en modélisation 3D depuis 15 ans.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours numérique et exercices dirigés. Assistance pédagogique sur le cours assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Les 19 et 20 mai 2026

### LIEU

Formation à distance

*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.*

### DUREE

2 jours – 14 h

### PRIX

1200 € HT (900 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Darlane COUTURIER

✉ [couturier@captronic.fr](mailto:couturier@captronic.fr)

☎ 06 37 46 07 65

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### FREECAD POUR MAITRISER LE DESIGN 3D

#### Jour 1 :

##### Tour de table

##### Découverte de FreeCAD

Licence et téléchargement du logiciel

Installation et configuration initiale

Présentation des ateliers Part Design et Sketcher (éléments graphiques)

##### Addons et extensions

Installation et utilisation de l'addon Fastener

##### Atelier Part Design - Exercices

Utilisation des outils de modélisation pour créer des pièces

Exemples de modélisation :

- Modéliser un boîtier 3D autour d'une carte électronique

- Utiliser Fastener pour placer les vis

- Modéliser des boutons

##### Analyse de pièces et croquis rapide

Méthodologie d'analyse

Dessin rapide

#### Jour 2 :

##### Atelier Part Design - Exercices (suite)

Création d'objets complexes :

- Modéliser un TSSOP

- Modéliser un connecteur circulaire à 4 broches

##### Module si on a le temps KiCAD et FreeCAD

Export composant de FreeCAD vers KiCAD

Importation dans KiCAD d'un composant créé avec FreeCAD

Exportation d'une carte exemple depuis KiCAD vers FreeCAD

Modélisation d'une intégration de carte KiCAD dans FreeCAD

##### Questions/réponses

##### Tour de table



## Initiation algorithmique et langage C

*L'algorithmique est la base de tous les systèmes informatiques. C'est une notion de base qui permet de construire des programmes compréhensibles pour un ordinateur. Un programme simple ou complexe est basé sur un algorithme, c'est donc un passage incontournable dans les systèmes informatiques. Cette formation propose une initiation à l'algorithmique afin de poser les bases, puis de façon progressive l'apprentissage à un langage de programmation.*

### OBJECTIFS

Assimiler les concepts de l'algorithmique.  
Savoir créer une application.  
Mettre en œuvre les développements dans les projets.  
Acquérir une vraie autonomie dans les développements logiciels.

### PUBLIC VISE

Débutant en développement logiciel.

### PREREQUIS

Aucun.

### INTERVENANT

Ingénieur de Recherche au CNRS - 30 ans d'expérience en développement logiciel et modélisation. Enseignant le numérique dans plusieurs écoles.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours - Démonstrations.  
Assistance pédagogique sur le cours assuré par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité ou attestation de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation à distance ou en présentiel

### DUREE

2,5 jours – 17,5 h

### PRIX

A la demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### INITIATION ALGORITHMIQUE ET LANGAGE C

#### Jour 1 :

##### Tour de table

##### Introduction sur les fondements de l'informatique

##### Algorithmique

- Le formalisme / L'algorithme sous forme de texte
- Le formalisme / Représentation graphique
- La complexité
- Les langages d'implémentation
- Classifications des langages
- Classifications des langages / Compilé ou interprété
- La variable
- La variable / Déclaration
- La variable / Les types
- La variable / Affectation
- La variable / Saisir
- Les constantes
- Opérateurs et Calculs
- Opérateurs et Calculs / Priorité

##### Opérateurs arithmétiques unaires

##### Les opérateurs booléens

##### Les opérateurs de comparaison

- L'égalité
- La différence
- Inférieur, supérieur
- Les caractères
- Les chaînes de caractères

#### Jour 2 :

##### Les tests et conditions

- Tests SI - Forme simple
- Tests SI - Forme complexe
- Tests SI – Imbriqués

##### Choix multiples / "Selon que"

##### Boucle de programm

- Tant Que
- Répéter ... Jusqu'à
- Pour ... Fin Pour

##### Format des données

- Scalaire
- Tableau – utilisation
- Tableau dynamique

##### Tableau n dimensions

##### Algorithmes simples / Recherche d'un élément

##### Algorithmes avancés

- Le tri
- Le tri par sélection
- Le tri à bulles
- Le tri par insertion
- Le tri Shell
- Recherche par dichotomie

##### Sous-programme

- Déclaration et définition
- Appel
- Procédures
- Fonctions

#### Jour 3 :

##### Variables locales et globales

##### Les paramètres de procédure et fonction

##### Les paramètres / Les tableaux

##### Les sous-programmes récursifs

##### Les fichiers

- Format binaire, texte
- Les enregistrements
- Utilisation d'un fichier / Ouverture, fermeture
- Utilisation d'un fichier / Lecture
- Utilisation d'un fichier / Ecriture
- Utilisation d'un fichier / Structure

##### Notion de pointeur

##### Les listes linéaires chaînées

- Création, ajout, suppression
- Parcours de la liste

##### Les arbres

- N-Aire
- Binaire

**TP: 10 exercices sont prévus pour illustrer tous les chapitres de cette formation. Certains exercices sont prévus en langage C afin de mettre en application les aspects algorithmiques vu en cours**

##### Tour de table



## Initiation au langage Python

*Langage accessible et puissant, Python s'impose aujourd'hui comme un outil de référence en développement logiciel et en calcul scientifique. Cette formation vous permettra de maîtriser les bases du langage et d'explorer ses bibliothèques principales (NumPy, SciPy, Matplotlib) à travers des mises en pratique adaptées aux besoins techniques.*

### OBJECTIFS

Se former au langage Python et à l'utilisation des librairies principales.

Mettre en œuvre le langage dans des exercices d'application.

Acquérir une large vision de ce qu'il est possible de faire en Python.

### PUBLIC VISE

Ingénieurs et Techniciens impliqués dans le développement logiciel d'acquisition, d'analyse et de traitement de l'information en entreprise.

### PREREQUIS

Savoir coder dans un langage informatique, hors Python.

Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet. Un deuxième écran est fortement conseillé.

### INTERVENANT

Ingénieur et chef de projet en conception et développements de systèmes embarqués électroniques - Formateur pour le CNRS et les industriels.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours – Travaux pratiques - Assistance pédagogique sur le cours assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Du 23 au 25 mars 2026

### LIEU

Formation à distance

*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.*

### DUREE

3 jours – 21h

### PRIX

1750 € HT (1350 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Sophie BASSE-CATHALINAT

✉ cathalinat@captronic.fr

☎ 06 79 49 15 99

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### INITIATION AU LANGAGE PYTHON

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Fondamentaux de Python et Environnement de Développement

Gestion de projet en Python : arborescence, fichiers, bonnes pratiques

Création et gestion d'environnements virtuels avec uv (ou pdm, ou poetry)

Syntaxe de base : indentation, commentaires, conventions de nommage

Scripts vs modules Python : structure, point d'entrée, importabilité,

Guide d'exploration, notion d'introspection

Types de données de base : entiers, flottants, booléens, None...

Chaînes de caractères : concaténation, f-strings, slicing

Entrées et sorties : input(), print()

Structures de contrôle : if, for, while, break, enumerate(), zip() et notion de "truthy / falsy"

**TRAVAUX PRATIQUES** : Création d'un environnement Python, manipulation des types de données

#### Jour 2 :

##### Programmation Avancée et Interactions Système

Structures de données : listes, tuples, ensembles, dictionnaires (pourquoi et quand ?)

Compréhensions de listes et de dictionnaires : principes et cas d'usage,

Définition de fonctions : paramètres, retour,

Définition de fonctions : paramètres, retour, portée, \*args, \*\*kwargs

Organisation du code en modules : importation, factorisation

Manipulation de fichiers : ouverture, lecture, écriture avec open()

Le mot-clé with et le contexte

Gestion des erreurs : try, except, raise, else, finally

Introduction à la programmation orientée objet : classes, méthodes, attributs

**TRAVAUX PRATIQUES** : mise en pratique des concepts OO, Créer un générateur de signaux

#### Jour 3

##### Applications Scientifiques et Visualisation de Données

Approfondissement en POO : héritage, surcharge, méthodes spéciales, décorateurs

Introduction aux bibliothèques scientifiques : NumPy, Pandas, Matplotlib

Traitement de données, Manipulation de DataFrames et visualisation simple de courbes

Notions de communication série (USB) et réseau (TCP) en Python

Simulation logicielle de périphériques et échanges entre processus

**TRAVAUX PRATIQUES** : Visualisation des données générées par un générateur, exercices de synthèse

##### Tour de table



## Initiez-vous au framework multimédia Gstreamer sur cible ARM

*Gstreamer est framework graphique permettant la manipulation de sons et d'images. Cette formation propose de s'initier à l'utilisation de GSTREAMER et de découvrir les principales fonctionnalités de la bibliothèque de modules standards et les implémenter sur une plateforme embarquée.*

### OBJECTIFS

S'initier à l'utilisation de GSTREAMER. La syntaxe et les principaux mécanismes y seront abordés.

Découvrir les principales fonctionnalités de la bibliothèque de modules standards et les implémenter sur une plateforme embarquée.

### PUBLIC VISE

Chefs de projet, Ingénieurs et Techniciens.

### PREREQUIS

Connaître un langage de programmation (C de préférence) et être confortable avec l'utilisation d'un système GNU/Linux et son environnement.

### INTERVENANT

Expert consultant en logiciels libres, Expert Systèmes audio et vidéo. Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours en pdf, Etude de cas et mis en œuvre. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation. Feuilles de présence signées par chaque stagiaire et le formateur par demi-journée de formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation en présentiel

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

Sur demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### INITIEZ-VOUS AU FRAMEWORK MULTIMEDIA GSTREAMER SUR CIBLE ARM

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Concepts de base en vidéo

- Qu'est-ce qu'un codec ?
- Qu'est-ce qu'un container ?
- Qu'est-ce qu'un demuxer ?

##### Introduction de Gstreamer

- Qu'est-ce que Gstreamer ?
- Les principes de design
- Les fondations

##### Principes théoriques pour construire une application

- Initialisation de Gstreamer
- Les « éléments », unité de base utilisé dans la framework Gstreamer
- Les « bins », container permettant d'encapsuler des éléments
- Le « bus », outil de communication entre les processus internes de Gstreamer
- Les « pads » et « capabilities », port de communication hors des composants Gstreamer
- Les « buffers » et « events », outil de synchronisation événementiel

##### Les outils en ligne de commandes

- gst-inspect
- gst-launch

##### Écriture du helloworld

- shell
- C ou python

##### Ecriture d'un pipeline dynamique

#### Jour 2

##### *La deuxième journée sera consacrée à la mise en œuvre d'exemples*

- Concepts et exemple de playback
- Concepts et exemple de multithreading
- Concepts et exemple de streaming RTP / RTSP
- Concepts et exemple d'utilisation de hardware decoders sur plateforme embarqué

##### Tour de table



## Introduction à ROS

*Cette formation permettra aux participants de comprendre les fonctionnalités du middleware ROS 1 et l'architecture des packages ROS, d'interagir avec un système robotique ROS, et de lancer des simulations d'environnement robotique.*

### OBJECTIFS

Comprendre les fonctionnalités du middleware ROS 1 (Robot Operating System) et l'architecture des packages ROS.

Maîtriser les commandes permettant d'interagir avec un système robotique ROS.

Être capable de lancer des simulations d'environnement robotique avec Gazebo et CoppeliaSim en interaction avec ROS.

### PUBLIC VISE

Techniciens et Ingénieurs en charge du développement d'applications appliqués à la robotique sous ROS.

### PREREQUIS

Maîtriser un environnement Linux et l'utilisation d'un terminal.

Connaître la syntaxe et les bases du langage Python.

Disposer d'un ordinateur Ubuntu 20.04 avec accès root, et préinstallé avec ROS Noetic ou permettant le boot sur une clé USB qui sera fournie pour les TP.

### INTERVENANT

Spécialiste en robotique et développement sous ROS.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence si formation à distance. Support de cours.

Etude de cas. Démonstration et travaux pratiques. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité ou de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation à distance ou en présentiel

### DUREE

1 jours – 7h

### PRIX

Sur demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

📞 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

*(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)*

### INTRODUCTION A ROS

#### Tour de table

#### Introduction

- Concepts et particularités du middleware
- Commandes pour interagir avec un système ROS

#### Simulation

- Concepts et particularités de Gazebo
- TP1 : Démarrage de la téléopération et du SLAM du Turtlebot dans Gazebo
- TP2 : Concepts et particularités de CoppeliaSim dans ROS : test rapide d'un robot roulant de la bibliothèque et communication via les topics ROS
- Survol rapide d'autres simulateurs compatibles ROS : Unity, Webots, ...
- T-HM : ROS est un framework modulaire

#### Tour de table



## Le langage C pour l'embarqué

*C fait partie des langages indétronables, le classement TIOBE le positionne depuis des années dans les langages les plus utilisés dans l'industrie. Ceci s'explique par la puissance du langage, sa polyvalence, et par ses performances d'exécution. Le langage C est disponible sur toutes les plateformes et également dans l'embarqué. Cette formation, vous propose dans un premier temps l'apprentissage du langage avec un focus sur son utilisation spécifique sur les systèmes embarqués. De nombreux exercices illustrent chaque chapitre afin de mettre en pratique les notions abordées en cours.*

### OBJECTIFS

Assimiler les concepts du langage C.  
Mettre en œuvre le langage C dans les projets.  
Acquérir une vraie autonomie dans ce langage.

### PUBLIC VISE

Concepteurs, Développeurs d'applications logicielles débutants en C.

### PREREQUIS

Première expérience en développement informatique ou algorithmie.  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Ingénieur de Recherche au CNRS - 30 ans d'expérience en développement logiciel et modélisation. Enseignant dans plusieurs écoles.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours - Etude de cas. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation à distance  
*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.*

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

Sur demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### LE LANGAGE C POUR L'EMBARQUE

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Le langage C - introduction

Historique  
Comparaison aux autres langages  
Utilisation de ce langage dans l'industrie  
Norme et version de C  
Nommage des fichiers sources  
Un exemple de programme en langage C

##### Compilateur

Compilateur open source GCC  
Compilateur croisé x86/ARM  
Processus de génération d'un binaire  
Linkage dynamique et statique  
Débogage avec gdb  
Makefile  
Structure dans l'embarqué

*TP sur un premier exemple de programme avec GCC*

##### Règles de programmation

Formatage des codes sources  
Convention de nommage. Convention syntaxique.  
Utilisation des commentaires dans le code source

#### JOUR 2

##### Types, Constantes, Variables

Affichage avec printf  
Les types (entier, flottant, char)  
Les constantes  
Tableau : déclaration, initialisation  
Chaîne de caractères  
Saisir une variable  
Pointeurs  
Allocation dynamique / Gestion de la mémoire  
Opérateur

*TP sur les pointeurs, allocation dynamique, saisie*

##### Les structures de contrôle

Les blocs d'instructions (notion de Début... Fin).  
Les sélections alternatives (si, si-alors-sinon...).  
Les boucles itératives  
Imbrication des instructions

*TP de mise en œuvre sur toutes les structures*

##### Fonction

Principe d'une fonction  
Déclaration, portée  
Passage de paramètre par valeur et adresse

*TP sur l'utilisation des procédures et fonctions*

##### Test unitaire

Définir les tests unitaires  
Exécuter les tests unitaires

*TP tests unitaires*

Références

##### Tour de table



## Le langage C++ pour l'Embarqué

*Dans le classement des langages informatiques (TIOBE) le C++ arrive sur le podium des langages les plus utilisés dans l'industrie. Ceci s'explique par la puissance du langage objet, sa polyvalence, et par ses performances d'exécution.*

*Cette formation, vous propose de découvrir le langage avec un focus sur son utilisation spécifique sur les systèmes embarqués. De nombreux exercices illustrent chaque chapitre afin de mettre en pratique les notions abordées en cours.*

### OBJECTIFS

Assimiler les concepts objets.  
Découvrir et mettre en œuvre le langage C++ dans les projets.  
Acquérir un début d'autonomie dans ce langage.

### PUBLIC VISE

Concepteurs, Développeurs d'applications connaissant un langage et débutants en C++.

### PREREQUIS

Première expérience en développement informatique. La connaissance du « langage C » est un plus mais n'est pas obligatoire. Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Expert des systèmes en réseau : infrastructure de réseau, sécurité, développements d'application en réseau - Expert des systèmes embarqués : développements d'application sur systèmes embarqués, IoT, M2M.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours - Travaux pratiques. Assistance pédagogique sur le cours assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Du 16 au 18 juin 2026

### LIEU

Formation à distance  
*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise*

### DUREE

2,5 jours – 17,5h

### PRIX

1500 € HT (1200 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Sophie BASSE-CATHALINAT

✉ cathalinat@captronic.fr

☎ 06 79 49 15 99

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap

**PROGRAMME DETAILLE***(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)***LE LANGAGE C++ POUR L'EMBARQUE****Jour 1****Tour de table****Le langage C++ - introduction**

Historique  
 Comparaison aux autres langages  
 Utilisation de ce langage dans l'industrie  
 Norme et version de C++ (C++98 • C++03 • C++11  
 • C++14 • C++17 • C++20)  
 Nouvelles fonctionnalités du langage

**Compilateur**

Compilateur open source GCC/G++  
 Compilateur croisé x86/ARM  
 Linkage dynamique et statique  
 Débogage  
 Makefile

**TP : utilisation du compilateur (ligne de commande, option, création d'un make, débogage de code)**

**Types, Constantes, Variables**

Références et Pointeurs  
 Déclaration, portée  
 Initialisation  
 Tableau : déclaration, initialisation  
 Espace de nommage  
 Allocation dynamique

**TP sur les références et pointeurs, allocation dynamique, espace de nommage**

**Jour 2****Notion d'objet**

Du C vers C++  
 Classes et Objets  
 Protection  
 Accès  
 Variable d'instance  
 Constructeur  
 Destructeur  
 Surcharge  
 Opérateur "This"

**TP sur l'héritage, la sécurité, les constructeurs et destructeurs**

**Classes dérivées**

Héritage et instanciation  
 Classe Amis  
 Héritage multiple

**TP : utilisation de l'héritage simple et multiple**

**Principe sur les templates**

Notion de programmation générique  
 Classe de modèles  
 Fonctions de modèles

**TP de programmation template**

**Jour 3****Structure de données et STL**

Vecteur  
 Map  
 List  
 Pile  
 Algo standard

**TP : utilisation des Vecteurs, Map, List, Pile et algorithme standard**

**Particularité du C++ embarqué**

Librairie std  
 Compilation et linkage  
 Règles de codage spécifique  
 Classe virtuelle

**Tour de table**



## Le langage C++ pour l'Embarqué, perfectionnement

*C++ fait partie des langages indétrônables, le classement TIOBE le positionne depuis des années dans les langages les plus utilisés dans l'industrie. Ceci s'explique par la puissance du langage objet, sa polyvalence, et par ses performances d'exécution.*

*Cette formation vous propose d'approfondir vos connaissances sur le langage avec un focus sur son utilisation spécifique sur les systèmes embarqués. De nombreux exercices illustrent chaque chapitre afin de mettre en pratique les notions abordées en cours.*

### OBJECTIFS

Assimiler les concepts objets et mettre en œuvre les fonctions avancées du langage C++ dans les projets  
Découvrir les nouveautés du langage  
Acquérir une autonomie dans ce langage.

### PUBLIC VISE

Concepteurs, Développeurs d'applications connaissant déjà le C++ et souhaitant se perfectionner.

### PREREQUIS

Première expérience en C++ nécessaire ou avoir suivi la formation C++ débutant est impératif pour suivre cette formation.  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Expert des systèmes en réseau : infrastructure de réseau, sécurité, développements d'application en réseau - Expert des systèmes embarqués : développements d'application sur systèmes embarqués, IoT, M2M.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours - Travaux pratiques.  
Assistance pédagogique sur le cours assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Du 22 au 24 septembre 2026

### LIEU

Formation à distance  
Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.

### DUREE

2,5 jours – 17,5 h

### PRIX

1500 € HT (1200 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Sophie BASSE-CATHALINAT

✉ cathalinat@captronic.fr

☎ 06 79 49 15 99

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.

**PROGRAMME DETAILLE**

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

**LE LANGAGE C++ POUR L'EMBARQUE, PERFECTIONNEMENT****Jour 1****Tour de table****Rappel sur le langage C++****Surcharge des opérateurs**

Opérateur Fonctions

Surcharge, Fonction amie, Classe amie

**TP sur la surcharge des opérateurs****Exceptions**

Principes, lancement, Capture, Spécification d'une exception

Interception

**TP : utilisation des exceptions standards, création d'une exception****Particularité du C++ embarqué**

Librairie std, Compilation et linkage

Règles de codage spécifique

Classe virtuelle

**Multithreading**

Attribut thread\_local, Classe thread, Gestion de la concurrence, Classe mutex

Sémaphore vs Mutex

Conditions, Verrous, future et promise

Opérateurs et opérations atomique

TP : Structure d'un programme multithread, section critique, opérateur atomique, variable partagée

**Smart Pointers**

Dépréciation de auto\_ptr

unique\_ptr, shared\_ptr, weak\_ptr

**TP : mise en œuvre des smart pointer avec plusieurs exercices****Jour 2****Templates (modèles)**

Template et compilateur

Notion de programmation générique, Classe de modèles, Fonctions de modèles

Templates imbriqués

**TP de programmation template****Nouveaux conteneurs de la librairie standard**

Array tuple - pair

unordered\_multimap, unordered\_multiset,

unordered\_map, unordered\_set

**TP de mise en œuvre sur les nouveaux conteneurs****Fonctions avancées du langage**

Classe virtuelle, Fonction membre virtuelle pure, Destructeur virtuel

Outre passage virtuel et non virtuel

Passage de fonction à fonction, Vecteurs de fonction, STL et passage de fonction

Déclaration préalable de classe, Classes imbriquées

**TP : passage de fonction à fonction, vecteurs de fonction, déclaration préalable****Le RTTI (RunTime Type Identification)**

Identification dynamique de types

Opérateur typeid, Métaclasse type\_info, Transtypage dynamique, l'opérateur dynamic\_cast

Fonctionnement avec les types pointés,

Fonctionnement avec les types référencés

**TP : Mise en œuvre des principes****Jour 3****Opérateurs de transtypages (non liés au RTTI)**

L'opérateur const\_cast, L'opérateur static\_cast

L'opérateur reinterpret\_cast

**TP : Mise en œuvre des principes****Modélisation POO**

Modélisation UML avec C++

Génération de code à partir de modèle

Reverse engineering

Design avec les patterns C++

**Tour de table**



## Le langage Java

*Java est un langage de programmation orienté objet, polyvalent et largement utilisé, à la fois puissant et portable, permettant le développement d'applications sur diverses plateformes. Cette formation intensive sur Java est conçue pour vous immerger dans les fondamentaux de ce langage incontournable. Pendant trois jours, vous explorerez les concepts clés, des bases aux fonctionnalités avancées, tout en développant des compétences pratiques pour intégrer Java dans vos projets.*

### OBJECTIFS

Assimiler les concepts de base de Java.  
Mettre en œuvre Java dans les projets.  
Acquérir une vraie autonomie dans ce langage.

### PUBLIC VISE

Développeurs d'application objet, architectes logiciel.

### PREREQUIS

Connaissance d'un langage comme C ou C++ - Notions de langage objet nécessaires  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Ingénieur de Recherche au CNRS - 30 ans d'expérience en développement logiciel et modélisation, enseignant le numérique dans plusieurs écoles.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours - Démonstrations.  
Assistance pédagogique sur le cours assuré par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation à distance  
*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.*

### DUREE

3 jours – 21h

### PRIX

Sur demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### LE LANGAGE JAVA

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Présentation générale

Pourquoi utiliser Java ?  
Principes fondateurs de l'Objet  
Présentation générale : le langage, les outils, la bibliothèque.  
Les distributions de Java.  
Le compilateur Java  
La machine virtuelle Java

##### Bases du langage

Premier exemple de programme en Java  
Conventions d'écriture.  
Commentaires et mise en forme  
Types primitifs de Java  
Initialisation et constantes  
Structure de contrôle  
Opérateurs sur les types primitifs  
Affectation, copie et comparaison  
Les tableaux en Java.

##### Classes et objets

Classe et définition  
Classe et notation UML  
Classe et visibilité des attributs  
Distinction entre attributs et variables  
Objet et définition  
États des objets  
Affectation et comparaison  
Structure des objets  
Cycle de vie d'un objet  
Création d'objets : déroulement  
Création d'objets : réalisation  
Constructeur sans arguments  
Constructeurs multiples  
Accès aux attributs  
Envoi de messages : appel de méthodes  
Envoi de messages : passage de paramètres  
L'objet « courant » This  
L'objet « courant » : attributs et méthodes  
UML et codage d'une classe : composition, agrégation  
Destruction et ramasse-miettes  
Gestion des objets  
Surcharge  
Encapsulation : visibilité des membres d'une classe

Les chaînes de caractères « String »  
Les Chaînes modifiables « StringBuffer »  
Les chaînes décomposables « StringTokenizer »  
Variables de classe  
Constantes de classe  
Variables et Constantes de classe  
Méthodes de classe  
Les tableaux en Java : application Objets  
Varargs : passage de paramètres en nombre indéfini

#### Jour 2

##### Héritage

Définition et intérêts  
Classes et sous-classes  
Classes et sous-classes : terminologie  
Généralisation et Spécialisation  
Héritage et Java  
Héritage à plusieurs niveaux  
Surcharge et redéfinition  
Redéfinition avec réutilisation  
Usage des constructeurs : suite  
La classe Object  
Droits d'accès aux attributs et méthodes  
Méthodes et classes finales

##### Héritage et Polymorphisme

Définition du polymorphisme  
Polymorphisme : pourquoi faire ?  
Polymorphisme et Java : surclassement  
lien dynamique  
bilan  
downcasting  
La méthode « equals() »  
Classes abstraites : intérêts  
Notion d'interface  
Syntaxe associée aux interfaces  
Implémentation et extensions multiples d'interfaces.  
Classes abstraites versus interfaces  
L'interface « Cloneable »  
Les classes internes « Inner Classes »

##### Les exceptions

Définition  
Mécanisme

Les exceptions courantes  
Lancer et capturer une exception  
Modélisation  
Transmission d'information  
Exception : finally  
Exception : pour ou contre

#### Jour 3

##### Les indispensables en Java

Les packages  
Javadoc et les commentaires  
Construction d'une archive avec Jar

##### Les flux

Définition des flux de données  
Hiérarchies de classes pour gérer les flux  
Les flux de caractères  
Les flux binaires  
La classe File  
Les collections  
Les collections : les génériques Java  
Les collections : Iterator  
LinkedList  
ArrayList  
HashSet

**TP1:** Installation des outils de développement et de débogage

**TP2:** Développement d'une première application de base et découverte de la syntaxe du langage

**TP3:** Développement d'une première application avec des classes et des objets

**TP4:** Développement d'une première application avec la notion d'héritage

**TP5:** Mise en oeuvre des exceptions

**TP6:** Exercice sur les package, la documentation, les archives de déploiement

**TP7:** Gestion des flux  
Mini projet: Développement d'une application en autonomie

##### Tour de table



## Le Langage VHDL

*Cette formation vous présente le langage nécessaire au développement de FPGA. Vous pourrez acquérir des compétences générales dans la pratique du VHDL et développer votre premier projet VHDL sur des exemples simples en lien avec le filtrage et le traitement du signal. La formation alterne apports théoriques et applications pratiques sur cible Xilinx.*

### OBJECTIFS

Assimiler les concepts et la syntaxe du VHDL.

Mettre en œuvre le process flow VHDL depuis le codage jusqu'à la configuration.

Acquérir un début d'autonomie et une bonne méthodologie de conception.

Découvrir les techniques de filtrage sur FPGA.

### PUBLIC VISE

Technicien ou ingénieur en électronique ayant une bonne connaissance de l'électronique numérique (circuit logique, bascule, FIFO...) et maîtrise des outils informatiques.

### PREREQUIS

Avoir une bonne connaissance de l'électronique numérique (circuit logique, bascule, FIFO...).

Les PC seront mis à disposition avec les outils de développement.

### INTERVENANT

Formateur expérimenté, intervenant dans des missions de conseil et d'assistances techniques en entreprise.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours et Travaux pratique sur PC et plateforme fournie.

Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation. Feuilles de présence signées par chaque stagiaire et le formateur par demi-journée de formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation en présentiel

### DUREE

3 jours – 21h

### PRIX

Sur demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### LE LANGAGE VHDL

#### Jour 1

##### Tour de table

Introduction aux technologies des composants,  
Ressources internes FPGA exemple famille de quelques fabricants

- Les principes d'une conception VHDL
- Les Objets VHDL
- Les Opérateurs VHDL
- Assignation concurrente
- Assignation séquentielle

##### Travaux Pratiques

*Le but est de réaliser les premiers codes VHDL de base sur des fonctions simples jusqu'à la simulation des blocs réalisés*

#### Jour 2

- Code Générique
- Compléments sur les Testbenchs
- Les règles de conception
- Les machines d'états

##### Travaux Pratiques

*Le but est de passer en revue la totalité du process flow VHDL depuis le codage jusqu'à la configuration.  
Le stagiaire utilisera les outils de synthèse, de simulation, de placement routage sur un design existant puis sur un code à écrire sur la base d'un cahier des charges.  
Une mise en œuvre des designs sera enfin réalisé sur carte d'évaluation Zybo7-20 (une part stagiaire).*

#### Jour 3

##### Travaux Pratiques

*Utilisation des ressources de la carte Zibo7-20 avec interfaçage de convertisseur analogique/numérique  
Mise en place des briques de bases à des applications de traitement du signal*

##### Tour de table



## Le Microcontrôleur STM32 par la pratique

*L'architecture ARM du STM32 allie performance et faible consommation, dominant le marché de la mobilité. Cette formation explore les microcontrôleurs STM32 de STMicroelectronics, leur architecture interne et les outils de développement. Des exercices pratiques permettent d'acquérir les compétences essentielles en programmation C. À l'issue de cette formation, les stagiaires sauront développer une application faisant appel à l'ensemble des périphériques de base à l'aide des outils de développement STMicroelectronics : STM32CubeIDE (IDE Eclipse), STM32CubeMX et HAL.*

### OBJECTIFS

Découvrir la famille de Microcontrôleurs STM32.  
Explorer leurs fonctionnalités principales.  
Maîtriser les outils de développement STM32 proposés par ST.  
Être à même de développer sa propre application en s'appuyant sur la suite logicielle ST.

### PUBLIC VISE

Responsables de projets, Ingénieurs, Techniciens en charge de la conception-développement d'un produit souhaitant maîtriser un développement sur un microcontrôleur de la famille des STM32.

### PREREQUIS

Connaissance d'un langage évolué, idéalement le Langage C.  
Chaque participant possède un ordinateur sur lequel est installé la dernière version du logiciel STMCubeIDE.

### INTERVENANT

Enseignant-chercheur en électronique, maîtrisant les outils STM32.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours. Travaux pratiques. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation. Feuilles de présence signées par chaque stagiaire et le formateur par demi-journée de formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation de présence

### DATES

Du 15 au 17 juin 2026

### LIEU

Villefontaine (38)

### DUREE

3 jours – 21h

### PRIX

2200 €HT (1600 €HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Dorothée WALLART  
✉ wallart@captronic.fr  
☎ 06 30 92 27 32  
Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### LE MICROCONTROLEUR STM32 PAR LA PRATIQUE

#### Jour 1

##### Tour de table

##### INTRODUCTION

##### Tour d'horizon du composant et de ses outils

##### Présentation de la famille STM32

- Les Cortex M
- Le découpage des fonctionnalités en sous familles
- Les spécialités

##### Présentation de la HAL

- Les points forts de la librairie
- Low Layer ou HAL ?
- La portabilité

##### Présentation de l'IDE / CUBE

- Gestion de l'environnement Eclipse
- Présentation de l'environnement
- Parcourir les fonctions efficacement
- Renommage, raccourcis et nettoyage de code
- Les options du projet
- Générer un projet STM32
- Choisir un composant
- Paramétrer son composant
- Garder le lien entre le CubeMx et le code

*Pratique sur carte : générer un projet type*

##### THEORIE ET MISE EN ŒUVRE DES CONSTITUANTS DE BASE D'UN STM32

##### Le debug

- Breakpoint, vue mémoire et variables
- Les traces, UART ou ITM

*Pratique sur carte : déboguer un projet simple*

##### IO de base

- GPIO théorie et Mise en œuvre avec Cube

*Pratique sur carte : mise en œuvre des GPIO*

- UART théorie sur les bus série asynchrones et mise en œuvre avec le CubeMx

*TP : UART avec un périphérique audio MP3*

#### Jour 2

##### SPI

- Théorie sur les bus série synchrones
- Mise en œuvre avec le CubeMx

*Pratique sur carte : mise en œuvre d'un bus SPI avec un afficheur LED 8x8*

##### I<sup>2</sup>C

- Théorie sur le bus I<sup>2</sup>C
- Mise en œuvre avec le CubeMx

*Pratique sur carte : mise en œuvre d'un bus I<sup>2</sup>C avec un accéléromètre 3 axes*

##### L'arbre d'horloge

- Découverte de l'arbre d'horloge
- Mise en œuvre avec le CubeMx

##### Les interruptions et les callbacks de la HAL

- Interruptions externes
- Paramétrage des BUS en IT

*Pratique sur carte : mise en œuvre des interruptions externes avec un interrupteur, gestion du rebond*

#### Jour 3

##### Le timer

- Découverte des timers STM32
- Mise en œuvre dans 2 utilisations types
- Pour générer des interruptions

*TP : clignotement périodique*

- Pour générer un signal PWM

*TP : variation d'un niveau lumineux*

##### LES FONCTIONS AVANCEES

##### Les fonctions analogiques

###### L'ADC

- Découverte des fonctions ADC STM32
- Mise en œuvre avec le CubeMx

*TP : capteurs analogiques simples et multiples*

###### Le DAC

- Découverte des fonctions DAC STM32

##### La flash interne

- Principe d'utilisation d'une mémoire flash
- Mise en œuvre avec la HAL

*Pratique sur carte : compteur de temps d'utilisation*

##### L'économie d'énergie

###### La RTC

- S'endormir et se réveiller

*Pratique sur carte : mise en veille d'un système simple et mesure de l'impact sur la consommation*

##### Bootloader

- Théorie et mise en œuvre

##### Ouverture sur le reste du monde

###### RTOS

- Besoins spécifiques exprimés par les participants

##### Tour de table



## Les bases de l'impression 3D avec Prusa Slicer

*Lors de cette formation dédiée à Prusa Slicer, un logiciel libre et open source de gestion d'impression 3D, vous apprendrez à paramétrer des pièces en vue de les imprimer en 3D. Grâce à une série d'exercices pratiques, vous passerez de l'impression de maillages simples à des impressions plus complexes, tout en apprenant à analyser et réparer les pièces à imprimer. Cette formation vous permettra non seulement de maîtriser Prusa Slicer, mais aussi d'analyser et de paramétrer vos impression 3D efficacement avant leur production.*

### OBJECTIFS

Découvrir Prusa Slicer.  
Analyser les modèles 3D.  
Apprendre à manipuler Prusa Slicer. Être autonome sur Prusa Slicer et l'impression 3D.

### PUBLIC VISE

Toute personne débutante ayant besoin d'imprimer des modèles 3D.

### PREREQUIS

Un PC sous windows 10 avec logiciels préinstallés (Adobe Reader, Prusa Slicer).  
Savoir lire un dessin technique.  
Capacité à faire la représentation dans l'espace.  
Connaissance du système métrique.  
Il faut maîtriser la souris et les raccourcis claviers.

### INTERVENANT

Expert en conception électronique, CAO et en modélisation 3D depuis 15 ans.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours numérique et exercices dirigés. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Le 27 mai 2026

### LIEU

Formation à distance  
*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.*

### DUREE

1 jour – 7h

### PRIX

700 €HT (550 €HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Darlane COUTURIER  
✉ [couturier@captronic.fr](mailto:couturier@captronic.fr)  
☎ 06 37 46 07 65

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### LES BASES DE L'IMPRESSION 3D AVEC PRUSA SLICER

#### Matin :

##### Tour de table

##### Découverte de Prusa Slicer

Licence et téléchargement du logiciel  
Installation et configuration initiale  
Présentation de Prusa Slicer

##### Prusa Slicer

Utilisation des outils de réglage d'impression 3D pour créer des pièces

##### Les machines à imprimer (FDM / Filament fondu)

Différence entre les matériaux simple (PLA, ABS, PETG)  
Différence entre les matériaux techniques (ASA, FLEX, IGILDUR)

##### Différences entre fichier STEP et fichier STL

##### Les logiciels de tranchage (Prusa Slicer)

Ajouter une imprimante  
Importer un modèle (exemples adaptés à chaque cas)  
Régler le plateau (Orientation, Changement d'échelle, Hauteur de couche, Jupe, Support)  
Simuler une passe  
Exporter le GCode vers une clef USB / Une carte SD...

#### Après-midi :

##### Exercices d'impression 3D avec Prusa Slicer

Installation du logiciel (paramétrage d'une imprimante 3D, choix des matériaux standards)  
Importation et préparation d'une impression (importer une pièce, régler l'épaisseur de couche, Choisir le matériau et sa couleur, ajuster le taux de remplissage, visualiser la simulation)  
Orientation de l'impression (rotation de la pièce)  
Gestion des pièces trop grandes (redimensionnement)  
Impression multiple (dupliquer plusieurs pièces identiques sur le plateau)  
Modification d'une pièce (corriger des parois trop fines, ajouter des perçages)  
Utilisation des supports d'impression (éviter l'impression "dans le vide")  
Utilisation d'une jupe (limiter le décollement ou la déformation de la pièce)  
Ajout de textes et de motifs (texte personnalisé, logo)

##### Questions/réponses

##### Tour de table



## Linux – Les bases de la programmation système

*Linux est aujourd'hui considéré comme l'un des systèmes d'exploitation open source le plus performant et sécurisé. Cette formation, vous propose dans un premier temps l'apprentissage du langage de base pour la programmation. De nombreux exercices illustrent chaque chapitre afin de mettre en pratique les notions abordées en cours.*

### OBJECTIFS

Assimiler les concepts de développement sous Linux.  
Savoir développer une application multi processus sous Linux.  
Mettre en œuvre les développements dans les projets.  
Acquérir une vraie autonomie dans les développements systèmes.

### PUBLIC VISE

Développeurs d'application débutants à intermédiaires en développement système

### PREREQUIS

Une connaissance du langage C est obligatoire.

### INTERVENANT

Ingénieur de Recherche au CNRS - 30 ans d'expérience en développement logiciel et modélisation. Enseignant le numérique dans plusieurs écoles.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours - Démonstrations.  
Assistance pédagogique sur le cours assuré par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité ou de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation à distance ou en présentiel

### DUREE

3 jours - 21h

### PRIX

A la demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### LINUX – LES BASES DE LA PROGRAMMATION SYSTEME

#### Tour de table

##### Introduction

Structure de Linux : noyau, espace user et kernel  
Environnement de développement  
Librairie : structure, librairie partagée  
Compilateur C/C++  
Outils de debug

##### Les processus

Concept de processus, identifications  
Création, terminaison d'un processus et exécution  
Scheduler sous Linux  
Affinité avec les processeurs  
Problèmes de sécurité  
**TP: Création de processus**

##### Les threads Posix

Principe des threads Posix.1c.  
Machine à états d'un thread.  
Synchronisation des threads : utilisation des mutex, sémaphores et des variables conditions.  
Notion de section critique : protocoles d'entrée et sortie  
Variables atomiques, sections atomiques  
Gestion de la priorité d'un thread  
Détacher un thread  
Les attributs pour les threads  
Les différents paradigmes : producteurs / consommateurs, lecteur écrivain  
Thread périodique et gestion du temps  
**TP : Création de thread, synchronisation avec sémaphore et thread, utilisation des variables atomiques, mise en oeuvre producteurs / consommateurs, lecteur écrivain. Gestion du temps**

##### Communications entre processus IPC

Files de messages : principe. Files de messages System V et Posix.  
Mémoire partagée : création, partage, accès partagé.  
Synchronisation des accès : sémaphores Posix.

Tubes de communication : création d'un tube et tubes nommés.

**TP : Echange de données en processus avec la mémoire partagée, pipe et pipe nommé, mailing.**

##### Gestion de la mémoire

Principes de la mémoire virtuelle : espace d'adressage et mémoire physique.  
Segmentation et pagination. Fautes de page.  
Allocation de la mémoire : fonctions classiques, exploration de l'espace d'adressage, réussite et échec d'allocation.  
Utilisation de la mémoire : projection, configuration, détection des fuites et débordements mémoire.

##### Signaux

Principe des signaux sous Linux, les différents signaux.  
Gestion des signaux : émission et réception de signaux, masque de signaux, attente.  
Signaux temps réel : principes. Emission et réception.  
**TP : Mise en œuvre des signaux avec masque, émission et réception.**

##### Communiquer sur le réseau

Appels système fondamentaux : résolution de noms, de services, création de sockets.  
Communication TCP/IP et UDP/IP : serveurs multi-processus et multithreads, clients TCP.  
Transmission unicast, multicast et broadcast.  
Notion de l'architecture client serveur  
Résolution de nom DNS.  
**TP : Développement d'un client serveur TCP/IP et UDP/IP et utilisation des threads.**

##### Entrées-sorties classiques et avancées

Descripteurs et flux : concepts, utilisation, paramétrage.  
Entrées-sorties avancées : entrées-sorties non bloquantes et multiplexées, asynchronisme.  
**TP : Création de fichier, écriture, lecture.**

#### Tour de table



## Linux Temps Réel

*De nombreux systèmes requièrent des performances dites temps réel. En effet, le marché des systèmes embarqués est en pleine croissance et le besoin de solutions embarquées temps réel augmente en conséquence dans certains secteurs industriels automobile, aéronautique santé. CAP'TRONIC vous propose une formation concrète et pragmatique pour maîtriser le temps réel sous Linux.*

### OBJECTIFS

Maîtriser les composants logiciels permettant à un système Linux de fonctionnement en temps réel (PREEMPT\_RT, Xenomai).

Développer des applications temps réel pour Linux

Utiliser des outils de mesure permettant de valider le comportement temps réel du système (cyclicttest, hackbench, latency, Ftrace)

### PUBLIC VISE

Concepteurs, techniciens et ingénieurs de développement et chefs de projets techniques qui souhaitent acquérir les compétences nécessaires à la mise en œuvre et au développement de solutions temps réel dur basées sur Xenomai.

### PREREQUIS

Première expérience en développement informatique sous linux.

Yocto - UNIX/Linux user expérience (shell)

Savoir programmer en C

Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet. Un deuxième écran est fortement recommandé.

### INTERVENANT

Expert spécialisé dans l'intégration de solutions Open Source. Il est également l'auteur d'ouvrages sur "Linux embarqué".

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence. Support de cours en anglais. La formation alternera des exposés théoriques et un ou des cas pratiques fil rouge et se clôtura par une action de synthèse des concepts et méthodologies clefs. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité ou de présence

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation à distance ou en présentiel

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

Sur demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

📞 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### LINUX TEMPS REEL

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Introducing real-time

- What is real-time?
- Real-time preemption
- The RMS (Rate Monotonic Scheduler) algorithm
- Priority inversion (and inheritance) \*
- Some RTOS examples
- POSIX standard introduction

##### Using Linux for real-time

- Linux and real-time
- Legacy patches ("low-latency" and "preempt-kernel")
- PREEMPT\_RT
- The co-kernel approach (RTLinux, RTAI, Xenomai)

#### Jour 2

##### RT programming with POSIX

- RT programming principles
- Processes
- Threads \*
- Signals \*
- Timers and Clocks \*
- Semaphores and Mutex \*
- Conditions \*
- POSIX extensions
- Profiling a real-time program with Ftrace \*

##### RT programming with Xenomai

- Xenomai programming principles
- Application architecture and design
- Skins (API)
- Alchemy native API
- The /proc/xenomai directory
- Designing an application
  - "Hello World" POSIX based Xenomai thread\*
  - Controlling the Pi 3 GPIO \*
  - Xenomai vs Linux scheduling \*
  - Xenomai/Linux domain migration \*
- RT IPC (XDDP) \*
- Kernel programming (RTDM)
  - Linux kernel driver example (reminder) \*
  - RTDM task in kernel space \*
  - GPIO RTDM driver for the Pi 3 \*
  - Sample RTDM driver with "double scheduling" (RT / NRT) \*
- Handling IRQ
- UDD (User Device Driver) example \*

\*Guidelines and exercises about using Linux for RT  
- Practical work on Raspberry Pi 3 B/B+ board (provided by Smile) - Yocto training is prerequisite (most of time) but Buildroot can be used  
"standalone" - Linux environment is Ubuntu 16.04 (VirtualBox)

##### Tour de table



## Maitriser le test du logiciel embarqué

*Cette formation vise à fournir aux participants une compréhension approfondie des principes et pratiques des tests logiciels. Les participants apprendront à concevoir, exécuter et gérer des tests efficaces pour garantir la qualité des logiciels. Les sujets abordés incluront les différents types de tests, les critères de couverture, et les outils et techniques utilisés dans le domaine des tests logiciels.*

### OBJECTIFS

Comprendre les principes fondamentaux des Tests Logiciels.  
Élaborer un Plan de Tests Efficace.  
Mettre en œuvre des stratégies de test dans les systèmes embarqués.  
Maîtriser les Techniques de Tests White Box.  
Distinguer les Tests Fonctionnels et Non Fonctionnels.  
Utiliser les Critères de Couverture Avancés.  
Utiliser les Outils et Techniques de Test.  
Appliquer les Concepts dans des cas pratiques.

### PUBLIC VISE

Concepteurs, Développeurs d'applications logicielles.

### PREREQUIS

Connaissance préalable : langage C, ligne de commande Linux de base.  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Expert des systèmes en réseau : infrastructure de réseau, sécurité, développements d'application en réseau, développements d'application sur systèmes embarqués, IoT, M2M.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours numérique et Travaux pratiques Dirigés -  
Assistance pédagogique assurée par le formateur 1 mois après la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par la remise d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité

### DATES

Du 11 au 13 mars 2026

### LIEU

Formation à distance  
*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise*

### DUREE

3 jours –21 h

### PRIX INTER

1750 € HT (1350 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Darlane COUTURIER  
✉ [couturier@captronic.fr](mailto:couturier@captronic.fr)  
☎ 06 37 46 07 65  
Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### MAITRISER LE TEST DU LOGICIEL EMBARQUE

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Introduction

- Historique
- Normes du domaine
- Tests dans l'embarqué
- Pourquoi réaliser des tests ?
- Tests logiciels vs tests embarqués
- Définition des tests

##### Logique des tests

- Timing des tests dans un projet (Cycle V et Agile)
- Tests statiques et dynamiques
- Notion de preuve formelle
- Tests et analyse fonctionnelle et non fonctionnelle
- Tests et conditions nominales et dégradées

##### Terminologie pour le code source

- Condition
- Décision
- Code
- Branche

##### Combinatoire des typages

- Combinatoire booléen
- Combinatoire entier
- Combinatoire flottant

##### Réduction des ensembles de test

- Calcul des partitions
- Analyse limite et analyse uniforme
- Pairwise testing

##### TD sur les différents chapitres en langage C

#### Jour 2

##### Stratégie de tests black box

- Introduction
- Organisation des tests
- Tests fonctionnels et non fonctionnels
- Test d'intégration

- Rédiger un plan de tests
- Classe d'équivalence
- Analyse des valeurs limites
- Table de décision
- Graphique de cause à effet
- Erreur de supposition
- Tests de recette

##### TD sur les différents chapitres

##### Stratégie de test white box

- Introduction
- Rédiger un plan de tests
- Revue de code
- Complexité cyclomatique
- Couverture de fonction
- Analyse des branches
- Couverture de décision/condition (DC)
- Couverture de décision
- Couverture de condition
- Couverture de conditions multiples
- Couverture MC/DC

##### TD sur les différents chapitres

#### Jour 3

##### Outils de test

- Principe des Mocks
- Principe des assertions
- Framework Unity
- Framework Framac-C / PathCrawler
- Code coverage - gcov
- Présentation de Sonarqube
- Présentation de SCADE
- Principe des fonctions weak

##### TD sur les différents chapitres

##### Questions/réponses

##### Tour de table



## Microcontrôleur et programmation modulaire en Langage C

*Cette formation vise à introduire une méthode efficace et structurée pour concevoir des applications industrielles performantes et sûres, en utilisant le langage C ANSI. Toutes les étapes seront abordées, depuis la sélection du microcontrôleur jusqu'à l'élaboration d'un programme, en revisitant les fondamentaux du langage pour aboutir à un exemple opérationnel concret.*

### OBJECTIFS

Comprendre la structure des processeurs et leur fonctionnement  
Acquérir les mécanismes et les normalisations pour garantir une sécurité de fonctionnement.

Maîtriser une méthodologie de développement.

### PUBLIC VISE

Ingénieurs, techniciens et développeurs souhaitant concevoir efficacement des applications industrielles sur microcontrôleur en langage C ou désireux d'acquérir ou de renforcer leurs compétences en programmation C ANSI.

### PREREQUIS

Avoir la connaissance d'un langage de programmation (même avec peu de pratique) les notions de base seront réexpliquées au fil des exercices pratiques.

Avoir des connaissances de base en électronique.

### INTERVENANT

Expert en automatisme, Enseignant-Chercheur à l'Université, Consultant avec 30 ans d'expérience sur microcontrôleur, et système de contrôle-commande. Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours. Démonstrations - Travaux pratiques - Assistance pédagogique assurée par le formateur 1 mois après la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par la remise d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation. Feuille de présence signée par chaque stagiaire et le formateur par demi-journée de formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation en présentiel

### DUREE

3 jours – 21h

### PRIX

A la demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### MICROCONTROLEUR ET PROGRAMMATION MODULAIRE EN LANGAGE C

#### Tour de Table

##### Jour 1

###### Rappels techniques sur les microcontrôleurs

Panorama des microcontrôleurs actuels et exemple pratique pour un choix approprié.

Analyse des différentes technologies adaptables à son projet.

La mise œuvre pratique du matériel pour le cœur du système.

Rappel des notions de bases en électronique et en numérique.

###### Présentation des principales règles pour une programmation de qualité en langage C.

**Organisation d'un projet numérique.** Introduction à la programmation modulaire, découpage en tâches, organisation d'un programme en langage C,

**TP : Découverte et installation de l'IDE** (environnement de développement) MPLAB-X + XC16.

###### TP : Traitement des Entrées-Sorties « GPIO »

La gestion du temps de cycle et traitement des entrées-sorties, Initialisations « GPIO » et acquisition des entrées par la tâche principale. Mise en œuvre d'un logiciel modulaire.

##### Jour 2

###### Liaison série asynchrone « UART » et la gestion des interruptions.

**TP Traitement d'événements par interruption**, dialogue avec un PC par échange de messages à l'aide de « UART », **utilisation des pointeurs** et des **tableaux** en langage C.

###### Interface IHM (Interface Homme Machine) avec un afficheur « LCD ».

Analyse de l'interface « LCD » alphanumérique (**2 lignes 16 caractères**) gestion de l'objet **-Menu -** ;

mise en œuvre de traitement par tâche de fond des actions qui demandent des délais d'exécution,

Notions sur les machines d'état et le rôle des sémaphores (**Mutex**).

**TP** Mise en œuvre d'un outil de mise au point « Debug ». Méthode et réalisation des fonctions de base et évolutives.

**TP** Réalisation de menu IHM en utilisant les boutons et l'afficheur « LCD ».

##### Jour 3

###### La gestion multitâche et les événements temporels avec « TIMER »

Utilisation d'un « TIMER » pour séquencer précisément le déroulement des tâches (système multitâches),

**Génération d'événements temporels**, calcul de consigne pour un asservissement de position de type « PID », pilotage d'actionneur en « PWM ».

###### TP La conversion Analogique-Numérique « ADC »

Mise en œuvre d'un convertisseur « ADC », ses limites et les traitements possibles des signaux convertis en numérique. Manipulation sur les types.

###### TP Automatisation séquentiel (Grafset).

**Avec ce dernier TP vous disposerez d'un programme complet en multitâche « Template » adaptable à de nombreuses de vos applications dans l'automatisme industriel.**

#### Tour de Table

*Les exercices pratiques seront réalisés sur des cartes de démonstration à base d'un µcontrôleur 16bits performant. La présentation proposée reste suffisamment généraliste pour s'adapter au microprocesseur cible de votre choix.*

*Tous les programmes utilisés sont gratuitement à disposition des utilisateurs par les fabricants des µcontrôleurs.*

*Une clé USB sera remise à chaque participant avec toute la documentation des matériels employés, ainsi que tous les programmes utilisés (version libre) et tous les exercices corrigés.*

*L'application complète « Template » sera remise avec tous les droits d'utilisation.*



## Mise en œuvre de FreeRTOS sur STM32

*Cette formation vous guide pas à pas dans la mise en œuvre du noyau temps réel FreeRTOS sur microcontrôleur STM32. Grâce à une approche 100 % pratique, vous apprendrez à créer des applications multitâches, gérer les interruptions, optimiser l'usage des ressources, et tirer parti des périphériques et fonctionnalités du STM32.*

### OBJECTIFS

Comprendre le fonctionnement de l'OS temps réel FreeRTOS (architecture, service, API)  
Apprendre comment configurer et debugger des applications sous FreeRTOS  
Savoir utiliser FreeRTOS sur STM32  
Programmer et utiliser certains périphériques afin de mettre en évidence les capacités temps réel et multitâche de FreeRTOS

### PUBLIC VISE

Ingénieurs et techniciens, débutant dans l'utilisation du noyau temps réel, FreeRTOS mais connaissant le microcontrôleur STM32 et son environnement de développement STM32CubeIDE.

### PREREQUIS

Savoir programmer en langage C  
Connaître les outils STM32CubeIDE.  
Un PC, **disposant de l'environnement de développement installé**, avec webcam, haut-parleur et micro et une liaison Internet sont requis.

### INTERVENANT

Ingénieur conseil CAP'TRONIC, expérimenté en conception électronique sur STM32.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours - Travaux pratiques - Assistance pédagogique sur le cours assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Du 19 au 21 mai 2026

### LIEU

Formation à distance  
*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.*

### DUREE

3 jours – 21h

### PRIX

1850 € HT (1450 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Sophie BASSE-CATHALINAT

✉ cathalinat@captronic.fr

☎ 06 79 49 15 99

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.

**PROGRAMME DETAILLE***(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)***MISE EN ŒUVRE DE FREERTOS SUR STM32****Jour 1****Tour de table****Notions clés des systèmes temps réel :**

Déterminisme, tâches, ordonnancement, priorité, préemption, changement de contexte

**Introduction à FreeRTOS**

Architecture, avantages  
Obtention du code source  
Conventions syntaxiques  
États, vie et mort d'une tâche  
Priorité et autres attributs  
Les Délais

**Présentation de la famille STM32 à cœur ARM Cortex-M****Les outils de travail**

Présentation de la carte pour les travaux pratiques  
STM32CubeMX, STM32CubeIDE  
Intégration du code FreeRTOS  
Génération de code et d'exécutable  
Debugger

**Travaux Pratiques :**

*Ma première application avec FreeRTOS :*  
*Faire clignoter des LEDs*  
*Maîtriser le temps à la milliseconde près avec les délais*  
*Variante avec des timers*

**Rappel sur le port série**

Utiliser l'UART

**Jour 2****FreeRTOS**

Architecture détaillée, fichier de configuration  
Gestion de la mémoire  
Pile, dimensionnement, sécurité

**Interruptions et priorité**

Point de vue ARM  
Point de vue STMicroelectronics

Point de vue FreeRTOS

**Evènements externes, ou interruptions matérielles**

**Travaux Pratiques :** *Gestion d'une interruption matérielle*

**Communication entre tâches : Sémaphores**

**Travaux Pratiques :** *Sémaphores*

**Travaux Pratiques :** *gestion de périphériques avec FreeRTOS*

**Travaux Pratiques :** *ADC sans DMA*

**Les DMA pourquoi... comment**

**Travaux Pratiques :**

*ADC avec DMA*

*Plusieurs périphériques, DMA, sémaphores, interruptions*

**Jour 3**

**Partage des ressources et priorité des tâches : les Mutex**

**Travaux Pratiques :**

*Création de conflit entre tâches sans Mutex*

*Résolution des conflits avec Mutex*

*Jouer avec les priorités*

**Communication entre tâches :** *queues et notifications*

**Travaux Pratiques :**

*Les Queues entre tâches*

*Notification de tâche*

**Fonctions support :** *assert, traces d'exécution, outils de debug, printf, état de la pile, watchdog*

**Travaux Pratiques :** *complètent les éléments vus dans les précédents TP*

**Et pour aller plus loin...**

**Les bibliothèques de FreeRTOS :** *FreeRTOS-Plus-xxx*

**Tour de table**



## Noyau Linux et développement de drivers

*Le support pour les périphériques est assuré sous Linux par des pilotes (drivers) dont le code se déroule dans le noyau du système d'exploitation. Il est donc nécessaire pour le développeur amené à écrire ou à tester des pilotes de périphériques de maîtriser les concepts propres à la programmation noyau. Cette formation vous permettra de concevoir, développer et déployer un pilote de périphérique pour le noyau Linux.*

### OBJECTIFS

Permettre à des ingénieurs de développement maîtrisant la programmation en C de concevoir, développer et déployer un pilote de périphérique pour le noyau Linux

### PUBLIC VISE

Concepteurs, techniciens et ingénieurs de développement et chefs de projets techniques qui souhaitent concevoir de futurs produits basés sur des cartes ARM sous Linux.

### PREREQUIS

La maîtrise du langage C. et les commandes de base GNU/Linux.  
Les commandes de base sont indispensables et une première expérience sur Linux est recommandée.  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Expert spécialisée dans l'intégration de solutions Open Source. Il est également l'auteur d'ouvrages sur "Linux embarqué"  
Le Programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence. Support de cours en anglais. La formation alternera des exposés théoriques et un ou des cas pratiques fil rouge et se clôturera par une action de synthèse des concepts et méthodologies clefs. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Du 13 au 15 octobre 2026

### LIEU

Formation à distance

*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise*

### DUREE

3 jours – 21h

### PRIX

1750€ HT (1350 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Darlane COUTURIER

✉ [couturier@captronic.fr](mailto:couturier@captronic.fr)

☎ 06 37 46 07 65

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap

**PROGRAMME DETAILLE***(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)***NOYAU LINUX ET DEVELOPPEMENT DE DRIVERS****Jour 1****Tour de table****Introduction à Linux**

Présentation du projet Linux

Licences

Architecture Linux (espace utilisateur/noyau)

Sysinit vs »systemd »

Utilisation des sources du noyau Linux

Obtention du code source

Configuration

Compilation native (x86) et croisée (ARM)\*

**Les modules du noyau**

Ecriture d'un module « Hello World » \*

Les fonctions «init» et «exit»

Le fichier Makefile \*

Compilation

Chargement et déchargement du module  
(insmod et rmmod)

Dépendances entre les modules\*

Passage de paramètres à un module\*

**Pilotes en mode caractère**

Module vs pilote

Les catégories de pilotes (caractère, réseau et bloc)

Appels système d'un pilote en mode caractère  
(open, close, read write, ioctl !)

Enregistrement d'un pilote en mode caractère \*

Utilisation des « classes » du noyau \*

Utilisation de l'interface CDEV\*

Fonctions de verrouillage (spinlock et mutex) \*

Gestion du matériel

Allocation de la mémoire \*

Gestion des interruptions \*

Ports d'E/S et accès et \*

Mappage mémoire (l'appel système mmap) \*

Introduction au DMA \*

**Jour 2****Pilotes en mode caractère**

Ecriture d'un pilote PCI générique \*

Ecriture d'un pilote USB simple (HID) \*

Utilisation de l'API «platform» pour les systèmes  
embarquésPrésentation du « device tree » (DT) avec la cible  
QEMU/ARM

Syntaxe et exemples de DT \*

Utilisation de « configs » pour charger un «  
device tree overlay » \***Jour 3****Pilotes en mode réseau**

Utilisation du réseau Linux

Présentation des pilotes réseau

Les structures « net device » et « net device ops »

Le socket buffer (SKB)

Ecriture et test du pilote réseau « faketh » \*

**Pilotes en mode bloc**

Pilote en mode bloc vs caractère

Le nouveau framework « blk-mg » (noyau Linux 5.x)

Ecriture d'un pilote simple (en utilisant un ramdisk)\*

**Mise au point et profilage du noyau et des pilotes**Utilisation de GBD pour l'espace noyau (exemple  
avec QEMU/ARM)

Déblogage du noyau statique et d'un module (ko)

Profilage du noyau et des pilotes avec Ftrace (en  
utilisant debugfs et trace-cmd)**Tour de table***Un travail pratique est disponible pour chaque  
item avec une « étoile » (\*).*



## Process et conception d'interfaces graphiques multi-plateformes avec MicroEJ

*La formation introduit le SDK MicroEJ, les outils de prototypage, les bibliothèques graphiques et leur interface aux composants matériels.*

### OBJECTIFS

Développer des interfaces utilisateur graphiques modernes, simples ou complexes

Créer des Virtual Devices pour simuler des produits et leur interfaces graphiques.

Interfacer les éléments électroniques aux éléments graphiques.

Organiser les développements pour la réutilisation des investissements logiciels sur plusieurs plateformes matérielles

### PUBLIC VISE

Chefs de projet, Ingénieurs et Techniciens.

### PREREQUIS

Une connaissance du langage Java (ou C++) est nécessaire.

Formation réalisée en présentiel mais un système de visioconférence est à prévoir pour les personnes non présentes sur site.

### INTERVENANT

MicroEJ.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence si formation à distance. Support de cours. Etude de cas. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité ou de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation à distance ou en présentiel

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

Sur demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### PROCESS ET CONCEPTION D'INTERFACES GRAPHIQUES MULTI-PLATEFORMES AVEC MICROEJ

#### Tour de table

#### Présentation générale de MicroEJ

- Java embarqué et MicroEJ
- Architecture du système
- Bibliothèques disponibles
- Outils de développement
- Outils de mise au point

#### Développement MicroEJ

- MicroEJ SDK
- Notion de Plateforme MicroEJ
- Processus de production du firmware MicroEJ
- Simulateur MicroEJ et Mock
- Projet MicroEJ, déploiement et exécution
- Mise en œuvre de la trace

#### MicroEJ Runtime

- Bibliothèques « buildin » vs « addon »
- Bibliothèques EDC, B-ON, ECOM, NLS

#### Bibliothèque Graphique

- Architecture « MicroUI »
- Displayable et objet Display, GraphicContext
- Gestion des événements
- Développement d'une application graphique réactive
- Utilisation des Images
- Mise en œuvre des animations avec Timer

#### Bibliothèque Widget

Architecture « Widget »

Page et navigation

Contrôle et Conteneur, Conteneur Split

Mise en œuvre des Boutons et Labels

Style sheet, Gestion des règles de style,

Application aux boutons

Gestion des modes de navigation

Conteneurs Grid et Dock, Conteneurs List et Scroll

Conteneur Canvas, Pictogrames vs Images

#### Bibliothèque HAL

La classe GPIO

Mise en œuvre GPIO Numérique

Mise en œuvre GPIO Analogique et PWM

#### Echanges avec le code Natif en SNI

Mécanisme SNI, Types SNI

Convention d'appel SNI

Mise en œuvre de SNI

#### Echanges avec le code Natif en « Shielded Plug » (SP)

Mécanisme Shielded Plug

API SP en Java, API SP en C

Description de la base SP en XML

Outil de génération des stubs

Mise en œuvre de SP

#### Tour de table



## Process et conception de plateformes virtuelles embarquées avec MicroEJ

*La formation introduit le MICROEJ SDK pour la création d'une plateforme virtuelle MICROEJ VEE pour microcontrôleur d'architecture ARM Cortex M.*

### OBJECTIF

Introduction au concept de plateforme virtuelle MICROEJ VEE.  
Création d'une plateforme pour une architecture de processeur  
Benchmarking (performance, utilisation mémoire, etc.)  
Test et qualification d'une plateforme MICROEJ VEE

### PUBLIC VISE

Chefs de projet, Ingénieurs et Techniciens.

### PREREQUIS

Une connaissance du langage C est nécessaire (Java optionnelle).  
Formation réalisée en présentiel mais un système de visioconférence est à prévoir pour les personnes non présentes sur site.

### INTERVENANT

MicroEJ.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence si formation à distance. Support de cours.  
Etude de cas. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité ou de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation à distance ou en présentiel

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

Sur demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### PROCESS ET CONCEPTION DE PLATEFORMES VIRTUELLES EMBARQUEES AVEC MICROEJ

#### Tour de table

Introduction à MICROEJ Virtual Execution Environment (VEE)

Flot de développement en mode mono sandbox et multi sandbox (i.e. multi app)

Flow de build d'une plateforme (C + Java)

Architecture de plateformes supportées par VEE

Concept de plateforme

Outils développement : simulateur, launcher, debugger, heap dumper, memory map inspector, code coverage, module manager.

Versioning

Ressource en ligne

Raccourcis utiles du SDK

***TP : modification d'une plateforme existante, ajout d'une API pour piloter de l'électronique simple comme une LED***

***Interface du Java avec le monde C (appel, échanges de données)***

#### Tour de table



## Qt Quick pour votre IHM

*Qt est un outil de développement multiplateforme permettant de créer des applications à partir d'un unique code source.*

*Cette formation se concentre sur la technologie Qt Quick, un des modules de Qt et le langage QML qui permettent de créer rapidement des applications pouvant être exécutées sur PC, mobile ou tablette.*

### OBJECTIFS

Mener à bien un projet Qt Quick.  
Réaliser des interfaces graphiques modernes et animées.  
Exécuter une application sur un smartphone (Android ou iOS).  
Déboguer une application.  
Packager et distribuer une application.  
Utiliser des bibliothèques C ou C++ dans une application Qt Quick.  
Utiliser des objets C++ dans une application Qt Quick.

### PUBLIC VISE

Ingénieurs et Développeurs d'interfaces graphiques.

### PREREQUIS

Notions de C/C++ et de programmation objet indispensable.  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Expert en génie logiciel et cybersécurité, développeur professionnel C et C++ et spécialisé sur Qt.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence. Support de cours. Etude de cas.  
Démonstration et travaux pratiques. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité ou attestation de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation à distance ou en présentiel

### DUREE

4 demi-journées – 14h

### PRIX

Sur demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### Qt QUICK POUR VOTRE IHM

#### Tour de table

##### Présentation de Qt

- Histoire
- Capacités
- Exemples
- Comparaison avec d'autres outils (Visual Studio, C++ Builder, Xcode)
- Technologies Widget et Quick
- Modules de Qt
- Licences de Qt

##### Qt Creator

- Présentation
- Les Kits de Qt
- Le fichier projet
- L'écran principal
- L'éditeur de code
- Le designer
- Le débogueur
- La documentation

##### Découverte de Quick

- Organisation d'un projet
- Première scène
- Les items
- Gérer les états
- Programmation asynchrone

##### Graphismes avancés avec Qt

- Le positionnement
- Les layouts
- Les états et les transitions
- Les animations
- Projet

##### Découverte des principales API

- Types Qt de base
- Multimédia
- Positionnement et cartographie
- Quick controls et thèmes graphiques
- WebView
- Projet : cartographie GPS avec visio

##### Conception avancée

- Modèle-View

##### Quick en multiplateforme

- Organiser son projet
- Application responsive
- Projet sur Android et iOS

##### Packager une application

##### Distribuer une application

##### Déboguer une application à distance

#### Tour de table



## Qt Widgets pour votre IHM

*Qt est un outil de développement multiplateforme permettant de créer des applications à partir d'une unique code source. Avec Qt, tout élément de la fenêtre est appelé un widget.*

*Cette formation se concentre sur l'utilisation des Widgets pour la création d'applications pour ordinateurs de bureau.*

### OBJECTIFS

Créer des applications de bureau complètes avec Qt Widgets.  
Utiliser la run-loop de Qt.  
Utiliser les chaînes de caractères (QString) et les tableaux d'octets (QByteArray).  
Traduire une application.  
Déboguer une application.  
Packager et distribuer une application.

### PUBLIC VISE

Ingénieurs et Développeurs d'interfaces graphiques.

### PREREQUIS

Maîtrise de C/C++11 et de programmation objet indispensable.  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Expert en génie logiciel et cybersécurité, développeur professionnel C et C++ et spécialisé sur Qt.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence. Support de cours. Etude de cas. Démonstration et travaux pratiques. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité ou attestation de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation à distance ou en présentiel

### DUREE

4 demi-journées – 14h

### PRIX

Sur demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### QT WIDGETS POUR VOTRE IHM

#### Tour de table

##### Présentation de Qt

- Histoire
- Capacités
- Exemples
- Licences de Qt
- Comparaison avec d'autres outils (Visual Studio, C++ Builder, Xcode)
- Technologies Widget et Quick
- Modules de Qt
- Framework, toolkit et API
- Modèle d'abstraction

##### Qt Creator

- Présentation
- Les Kits de Qt
- Le fichier projet
- L'écran principal
- L'éditeur de code
- Le designer
- Le débogueur
- La documentation

##### Utilisation du Designer

- Création d'un menu
- Création d'une barre d'outils
- Utilisation des layouts
- Utilisation des ressources
- Personnalisation des composants graphiques en CSS

##### Le modèle-vueQObject

- ListView
- TableView
- TreeView

#### Programmation asynchrone

- Asynchronisme et non-bloquant
- Run-loop
- Affinité de thread
- Signal et slot
- Timers
- Boucle for non bloquante
- Pause non bloquante
- Fonctions longues non bloquantes
- Appels asynchrones
- Utilisation d'une bibliothèque C en asynchrone
- Cycle de vie des objets

#### Threads

- Contrôleur de thread
- Bonne pratique : Worker
- Pool de threads
- Tâche différée

#### Chaines de caractères

- QString
- Conversion d'encodage
- QByteArray

#### Internationalisation (i18n)

##### Bonnes pratiques de conception

- Héritage de QObject
- Modes d'instanciation (dynamique vs automatique)
- Organisation du code (design-patterns)
- Cast avec QObject

#### Conteneurs optimisés

- Type Qt
- Technique de la copie à l'écriture
- Technique du pointeur partagé
- Les conteneurs de Qt
- Utiliser ses propres objets avec Qt

#### Tour de table



## ROS et la fusion de données

*Cette formation permettra aux participants de comprendre la théorie de la localisation, du SLAM, des filtres à particules et de Kalman, de maîtriser 3 méthodes d'implémentations de la fusion de données dans ROS, d'être capable de configurer un package ROS pour son besoin.*

### OBJECTIFS

Comprendre la théorie de la localisation, du SLAM, des filtres à particules et de Kalman.

Maîtriser 3 méthodes d'implémentations de la fusion de données dans ROS.

Être capable de configurer un package ROS pour son besoin via les launch files, paramètres, et l'usage de topics et services optionnels.

### PUBLIC VISE

Techniciens et Ingénieurs en charge du développement d'applications appliqués à la robotique sous ROS.

### PREREQUIS

Avoir suivi la formation « Introduction à ROS ».

Disposer d'un ordinateur Ubuntu 20.04 préinstallé avec ROS Noetic ou permettant le boot sur une clé USB fournie.

Disposer d'un point d'accès wifi unique par robot (type partage de connexion smartphone avec abonnement 4G).

### INTERVENANT

Spécialiste en robotique et développement de projets sous ROS.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours. Etude de cas. Démonstration et travaux pratiques. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation en présentiel

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

Sur demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

📞 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### ROS ET LA FUSION DE DONNEES

#### Tour de table

Quizz de rappel sur les commandes de base

Rappels sur le rôle du ROS master, exemples concrets et savoir changer de master

*TP1 : Téléopération d'un Turtlebot, mise en évidence des topics importants (joystick et twist), plot avec rqt\_plot*

Théorie sur l'odométrie, les filtres à particules (AMCL) et le SLAM, et leurs limites (couloirs, absence d'obstacles, dérive de l'odométrie ...)

Méthodes de SLAM : gmapping et cartographer

*TP2 : cartographie pour le Turtlebot avec gmapping et cartographer*

Pratique : mise en évidence de la fusion de données odométrie / LIDAR du SLAM Turtlebot et ajustement de divers paramètres

T-H M : les méthodes de SLAM de ROS effectuent la fusion des données de localisation pour nous

*TP3 : Mise en œuvre de robot\_localization avec : odométrie, UWB, caméra, IMU*

T-HM : Il existe différents packages ROS pour faire de la fusion, avec des points forts et faibles

Théorie sur le filtre de Kalman

*TP4 : Créer son propre package de fusion de données avec un noeud fusionnant des données de l'UWB et de l'odométrie en Python*

T-HM : ROS est modulaire : lorsqu'un module montre ses limites pour notre application, il est possible de le remplacer par une autre implémentation

*Sont fournis pour les TP : 3 robots Turtlebot (1 pour 2 apprenants), des capteurs UWB et caméras RGB-D*

#### Tour de table



## Techniques en radio logicielle (SDR)

*Avec la montée en puissance des systèmes de traitement numériques (PC, DSP, microcontrôleurs, FPGA), la démodulation logicielle des signaux radio est maintenant la méthode de choix pour obtenir les meilleures performances à la fois en termes de sensibilité et de coût d'implémentation. Néanmoins, le fait de démoduler les signaux de manière purement logicielle entraîne des architectures radicalement différentes des structures traditionnellement utilisées en démodulation analogique (boucle de Costa, PLL, etc.).*

### OBJECTIFS

Transmettre aux participants une vue d'ensemble sur les techniques les plus utilisées en radio logicielle (en anglais Software Defined Radio / SDR), pour des implémentations finales sur microcontrôleur, DSP, FPGA ou même PC.

Les méthodes seront mises en pratique via des T.P. avec Scilab (équivalent gratuit de Matlab).

### PUBLIC VISE

Ingénieurs en traitement du signal / télécommunications / informatique embarquée.

### PREREQUIS

Notions en télécommunications.

PC portable sous Linux ou Windows, avec Scilab installé, pour pouvoir faire les exercices pratiques.

### INTERVENANT

Ingénieur ENSEEIHT, Expert en traitement du Signal, traitement d'image, formateur expérimenté.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours numérique - Démonstration et travaux pratiques  
- Assistance pédagogique assurée par le formateur 1 mois après la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par la remise d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation. Feuilles de présence signées par chaque stagiaire et le formateur par demi-journée de formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Présentiel

### DUREE

3 jours – 21h

### PRIX

A la demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### TECHNIQUES EN RADIO LOGICIELLE (SDR)

#### Tour de table

#### PARTIE 1 - PRÉTRAITEMENTS

Dans cette première partie, nous commencerons par essayer d'avoir une vue d'ensemble sur les composants nécessaires pour réaliser une chaîne de démodulation, puis nous étudierons les techniques de pré-traitement, dans le but d'extraire le (les) canal(aux) radio(s) utile(s).

**Introduction** : description des architectures de démodulation radio classiques (super-hétérodyne, FI nulle, FI basse).

**Conversion en bande de base** : notion de signal I/Q. Méthode classique (downconversion, puis suppression de l'image) et à base de filtre de Hilbert.

**Déséquilibre I/Q, décalage DC** : détection et compensation.

**DDS (réalisation d'oscillateurs numériques)** : LUT, CORDIC, oscillateur harmonique.

**Filtrage canal** : filtres polyphases, filtres CIC.

**Canalisation multivoies** : bancs de filtres modulés (via des filtres polyphases et FFT)

#### PARTIE 2 - FORMES D'ONDE ET MODULATIONS

Dans cette partie, nous allons d'abord faire un tour d'horizon des différentes modulations numériques (formes d'onde) classiques, puis nous aborderons différentes techniques permettant la démodulation en bande de base.

**Formes d'ondes classiques** : FSK / GFSK, BPSK, QPSK / OQPSK, QAM

**Mise en forme des symboles** : filtre adapté, filtres NRZ, Gaussiens, RC /SRRC.

#### PARTIE 3 - DÉMODULATION

Dans cette partie, nous allons d'abord faire un tour d'horizon des différentes modulations numériques (formes d'onde) classiques, puis nous aborderons différentes techniques permettant la démodulation en bande de base.

**Démodulation incohérente** : discrimination polaire (FSK) / démodulation différentielle (PSK).

**Recouvrement de porteuse** : détection d'erreur de phase (boucle quadratique et ses variantes, détection MAP), filtre de boucle (premier ordre et second ordre)

**Recouvrement d'horloge** : architecture d'une boucle de correction (PLL), détecteurs : Early / late gate, Gardner, Mueller & Muller, techniques d'interpolation : Lagrange (Farrow), interpolation polyphase (LUT).

**Calage initial des boucles** : corrélation par OLA (OverLap and Add).

#### Tour de table

#### AUTRES THÉMATIQUES (SUR DEMANDE)

Simulation de canal (canaux AWGN et dispersifs), égalisation de canal, modulation OFDM, codes correcteurs d'erreur (convolutifs, polaires, etc.), traitement du signal RADAR.



## Traitement numérique du signal en C++ (temps réel)

*Durant cette formation, vous aurez l'occasion de découvrir (ou re-découvrir) les techniques les plus utiles en traitement numérique du signal, via une approche concrète fondée sur de nombreux cas et travaux pratiques. Le stagiaire pourra s'approprier chacune de ces techniques de manière intuitive et ludique, grâce à des travaux pratiques issus de cas réels. Ces travaux pratiques seront réalisés en langage C++ et avec des bibliothèques open source, pour une applicabilité directe sur des systèmes temps réels.*

### OBJECTIF

Acquérir des compétences de base sur les méthodes les plus utiles en traitement numérique du signal.

### PUBLIC VISE

Ingénieurs en informatique, électronique ou télécommunications, chercheurs souhaitant progresser en traitement numérique du signal, en particulier sur la mise en œuvre pour des traitements en temps réel.

### PREREQUIS

Connaissances de base en traitement du signal et en informatique (C ou C++) nécessaires.

PC portable (Linux /Ubuntu ≥ 20.04 ou Windows 10). Les TP seront réalisés en langage C++, avec les bibliothèques Eigen et libtsd.

### INTERVENANT

Ingénieur ENSEIHT, Expert en traitement du Signal, traitement d'image, formateur expérimenté.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours numérique - Démonstration et travaux pratiques  
- Assistance pédagogique assurée par le formateur 1 mois après la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par la remise d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation. Feuilles de présence signées par chaque stagiaire et le formateur par demi-journée de formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Présentiel

### DUREE

3 jours – 21h

### PRIX

A la demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### TRAITEMENT NUMERIQUE DU SIGNAL EN C++ (TEMPS REEL)

#### Tour de table

#### PARTIE 1 - SIGNAUX NUMÉRIQUES

Dans cette première partie, nous allons voir comment manipuler, visualiser et faire des traitement simple sur les signaux numériques, avec la librairie C++ Eigen.

**Librairie C++ Eigen** : vectorisation automatique des calculs (« comme Matlab »)

**Figures** : visualisation des signaux (temporel, fréquentiel, etc.)

**Signaux utiles** : génération de signaux périodiques, aléatoires, intervalles temporels, etc.

**Travaux pratiques** : calculs vectorisés avec Eigen, affichage et rééchantillonnage d'un signal

#### PARTIE 2 - FILTRAGE DES SIGNAUX

Nous allons étudier diverses techniques de filtrage linéaire, permettant de séparer différentes composantes d'un signal (par exemple suppression de signaux parasites).

**Notion de filtre** : équation aux différences, fonction de transfert

**Analyse d'un filtre** : réponses impulsionnelle et fréquentielle, temps de groupe, pôles et zéros

**Synthèse RIF** : design par fenêtrage, équidondulation, structures particulières (CIC, CS...)

**Synthèse RII** : filtres de Butterworth, Chebyshev...

**Travaux pratiques** : analyse et mise en œuvre d'un filtre CIC pour le filtrage d'un signal audio issu d'un convertisseur sigma-delta, mise en œuvre d'une filtre en cosinus surélevé pour le filtrage d'un signal modulé, filtrage d'un électrocardiogramme

#### PARTIE 3 - TRANSFORMÉE DE FOURIER

Dans cette partie, nous allons voir comment la transformée de Fourier discrète (TFD) va pouvoir se montrer très utile tant pour l'analyse des signaux (estimation spectrale, calcul de délais, de fréquences, etc.) que pour le filtrage efficace des signaux.

**Transformée de Fourier discrète** : définition et intuition pratique

**Analyse spectrale** : spectre de puissance, zéro-padding, moyennage.

**TFD et convolution** : convolutions et corrélations rapide par FFT.

**Quelques applications** : estimation de fréquence, de délais, transformée de Hilbert

**Travaux pratiques** : calcul de délais entre deux signaux, déconvolution, démodulation AM par détection d'enveloppe.

#### PARTIE 4 - TRAITEMENTS TEMPS RÉEL

Dans cette partie, nous verrons différentes techniques permettant de traiter des signaux en temps-réel, au fil de l'eau (« en streaming »).

**Implémentation des filtres linéaires** : formes générales, factorisation en sections du second ordres (filtres RII), formes polyphases (pour l'interpolation /la décimation), structures spéciales (moyennes glissantes, filtres CIC).

**Filtres spéciaux** : bufferisation des données, adaptation de rythme, FFT et technique OLA (filtrage en temps réel rapide), transformée de Hilbert.

**Travaux pratiques** : filtrage demi-bande (décimation), transposition de fréquence et suppression d'un signal image, filtrage RIF par OLA.

#### Tour de table

#### AUTRES THÉMATIQUES (SUR DEMANDE)

Filtrage de Kalman (fusion de capteurs), filtrage adaptatif (égalisation, annulation d'écho, etc.), transformée en ondelette (compression des signaux)



## UML/SysML pour la modélisation d'un système

*UML apporte un support de modélisation pendant toutes les phases d'un projet et guide les acteurs du projet pas à pas dans les choix stratégiques. Au-delà de la modélisation des systèmes, UML vous servira également dans la conduite de projet que ce soit un cycle en V ou une méthode agile. En suivant cette formation, découvrez UML / SysML et apprenez à modéliser un projet de bout en bout.*

### OBJECTIFS

Modéliser un projet de bout en bout, Traduire des exigences clients en exigences fonctionnelles et opérationnelles.

Découvrir UML / SysML dans l'analyse conceptuelle, fonctionnelle, applicative.

### PUBLIC VISE

Développeurs, Architectes système, Chefs de projet.

### PREREQUIS

La connaissance d'un langage orienté objet est recommandée pour suivre cette formation.

Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Expert des systèmes en réseau : infrastructure de réseau, sécurité, développements d'application en réseau, Expert des systèmes embarqués : développements d'application sur systèmes embarqués, IoT, M2M, Expert des systèmes spatiaux : analyse et développements des systèmes spatiaux nanosatellites, Expert en développement de systèmes mobiles, Modélisation des systèmes. Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence. Support de cours. Etude de cas. Démonstration. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité ou de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Présentiel ou distanciel

### DUREE

3 jours – 21h

### PRIX

A la demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### UML/SysML POUR LA MODELISATION D'UN SYSTEME

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Introduction

- Découvrir l'OMG et UML2
- Historique des langages de modélisation
- Le langage semi-formel UML et ses profils
- Découverte des outils mis à disposition
- Entreprise Architecte
- TTools

##### Approche systémique et UML

- Définition de la systémique et apport de UML
- UML dans le cycle de production industriel

##### UML et développement logiciel

- UML et notion d'objet
- Notion de patron de conception
- UML et langage itératif
- UML et le cycle en V, cascade

##### Diagrammes UML

- Structuration des diagrammes
- Les diagrammes dynamiques et statiques
- Types de diagrammes et éléments communs
- Stérotypes
- Paquetages
- Relations

#### Jour 2

##### Diagrammes structurels ou Diagrammes statiques (UML Structure)

- Diagramme de classes
- Diagramme d'objets
- Diagramme de composants
- Diagramme de déploiement
- Diagramme de paquetages
- Diagramme de structures composites

##### Diagrammes comportementaux ou Diagrammes dynamiques

- Diagramme de cas d'utilisation (Use case)
- Diagramme d'activités
- Diagramme d'états-transitions

##### Diagrammes d'interaction

- Diagramme de séquence
- Diagramme de communication
- Diagramme global d'interaction
- Diagramme de temps

##### Découverte de SysML

- Les Diagrammes SysML
- Apport de SysML vs UML
- Architecture avec SysML

*Un sujet le "Contrôleur de température et pression" vous permettra de mettre en œuvre toutes les notions présentées dans les différents chapitres.*

#### Jour 3

##### Analyse conceptuelle :

- Définition des exigences fonctionnelles et non fonctionnelles
- Définition des exigences dérivées
- Orchestration dans un use case
- Description dynamique et statique

##### Analyse fonctionnelle :

- Définition des fonctions du système à partir de l'analyse conceptuelle
- Matrice de couverture
- Diagramme d'architecture et des patrons de conception

##### Analyse applicative :

- Diagramme de classe et d'objet
- Diagramme d'état
- Génération de code et simulation

##### Tour de table



## Zephyr pour l'IOT et les applications embarquées

*Zephyr est un RTOS libre conçu pour des applications frugales et connectées. Cette formation vous présente les bases pour comprendre et utiliser l'OS temps réel ZEPHYR ainsi que les outils nécessaires pour prendre des décisions en matière de conception architecturale. Vous découvrirez comment configurer efficacement Zephyr et produire facilement un logiciel de qualité industrielle. Vous exploiterez les puissantes fonctionnalités intégrées de Zephyr, notamment sa sécurité, sa gestion de l'énergie et sa connectivité.*

### OBJECTIFS

Découvrir et avoir une vue d'ensemble de l'OS Zephyr.  
Construire votre première application sur un dispositif embarqué.  
S'exercer à la mise en œuvre et la configuration des interfaces typiques (SPI, I2C, WiFi, etc.)

### PUBLIC VISE

Ingénieurs ou techniciens hardware / logiciel embarqué impliqués dans le développement de produits connectés temps réel qui doivent construire des applications efficaces et sécurisées sur des appareils aux ressources limitées.

### PREREQUIS

Expérience en développement de systèmes embarqués sur microcontrôleur nécessaire.  
Connaître un langage de programmation (C de préférence) et être confortable avec l'utilisation d'un système GNU/Linux et son environnement.  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Ingénieur maîtrisant la conception de systèmes embarqués, expert en développement logiciel.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours en anglais Travaux pratiques. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par la remise d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité

### DATES

Du 30 juin au 2 juillet 2026

### LIEU

Formation à distance  
*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise*

### DUREE

3 jours – 21h

### PRIX INTER

1750 € HT (1350 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Dorothée WALLART  
✉ wallart@captronic.fr  
☎ 06 30 92 27 32  
Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## ZEPHYR POUR L'IOT ET LES APPLICATIONS EMBARQUEES

### Jour 1 : Introduction et noyau

#### Tour de table

#### Introduction

- Pourquoi et quand utiliser un RTOS
- Pourquoi choisir Zephyr
- Comparaison de Zephyr et ses alternatives

#### Travailler avec Zephyr

- Développer avec Zephyr : toolchain et structure de projet
- L'outil 'west' : manifestes et usages
- Étendre Zephyr : SoC, boards et modules

#### Introduction au noyau Zephyr

- Les services du noyau
- Gestion de la mémoire
- Mode utilisateur
- Structure de données

#### Exercices :

- Installer la chaîne d'outils Zephyr.
- Construire un exemple d'application et développement d'un exemple d'application Zephyr.

### Jour 2 : Services OS et connectivité

#### Services de Zephyr

- Liste des services disponibles
- Gestion de flotte
- Gestion de la consommation
- APIs disponibles

#### Connectivité

- Architecture de la stack réseau
- Options disponibles : Bluetooth, LoRa / LoRaWAN, Modbus, USB, IP

#### Exercices :

- Utilisation des APIs shell et settings pour étendre l'application précédemment développée
- (Option) Extension avec certaines APIs : Zbus, traces et logs, stockage en mémoire.
- Ajout de connectivité à l'application, possiblement avec chiffrement.

### Jour 3 : Usages avancées de Zephyr

#### Le système de construction de Zephyr

- CMake, Devicetree, Configuration du noyau
- Outil Sysbuild

#### Modèle de sécurité

- Process de développement
- Design sécurisé
- Certification

#### Contribuer à Zephyr

- Bonnes pratiques de code
- Contributions externes et blobs binaires

#### Exercices :

- Utilisation de sysbuild

#### Tour de table



## Découvrir l'IA appliquée à l'industrie : Comprendre pour la mettre en œuvre

*Le but de cette formation est de transmettre aux participants une culture générale, présenter les fondamentaux, les enjeux technologiques, des exemples d'applications afin de se projeter sur les concepts de l'IA et la conduite du changement à mener auprès des Start-up et PME.*

### OBJECTIFS

Comprendre les notions/définitions et les implications de l'IA et de ses composantes.

Evaluer efficacement les besoins en matière d'IA

Identifier quels sont les prérequis avant de s'engager dans un projet intégrant de l'IA et comment définir une feuille de route R&D.

### PUBLIC VISE

Décideurs, Responsables de projets, Ingénieurs, Techniciens impliqués dans les entreprises en charge de concevoir des produits.

### PREREQUIS

Aucun prérequis n'est nécessaire pour suivre cette formation.

Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Ingénieur en informatique expérimenté dans l'industrie, accompagnant les entreprises dans la mise en œuvre de projets d'intelligence artificielle, pour en faire un outil concret et opérationnel.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours – Etude de cas - Assistance pédagogique sur le cours assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Le 12 juin 2026

### LIEU

Formation à distance

Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.

### DUREE

1 jour – 7h

### PRIX

700 HT (550 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Sophie BASSE-CATHALINAT

✉ cathalinat@captronic.fr

☎ 06 79 49 15 99

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap



## PROGRAMME DETAILLE

*(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)*

### DECOUVRIR L'IA : COMPRENDRE POUR LA METTRE EN ŒUVRE

#### Matin

##### Tour de table

##### **De la donnée... à la valorisation des données**

La donnée, ses utilisations

Architecture de traitement des données

##### **Définition de l'IA**

Les approches de l'IA

De nombreuses technologies

##### **IA et Entreprises**

Les grands domaines de l'IA

Une convergence IT/OT de plus en plus prononcée

Opportunité et adoption de l'IA par les entreprises

#### Après-midi

##### **Processus de l'IA**

Différentes étapes d'un projet IA

Les principaux verrous

Les bonnes pratiques

Prérequis et points de vigilance

##### **Le machine Learning et les différentes approches d'apprentissage**

##### **Le cas du Edge computing**

##### **Etude de cas**

##### **Questions/réponses**

##### **Tour de Table**



## IA : comprendre et pratiquer le Machine Learning appliqué à l'industrie

*Cette formation vous guidera de la théorie sur les grands principes du Machine Learning à la pratique sur les principales familles d'algorithmes IA pour transformer les données en informations exploitables afin d'automatiser des tâches complexes ou prédire le futur. Grâce à des exemples pré-codés et des exercices pratiques, vous apprendrez à évaluer et comparer différents modèles, à préparer vos données de manière efficace et à sélectionner les méthodes les plus adaptées à vos besoins industriels.*

### OBJECTIFS

Se familiariser et maîtriser les règles de base du Machine Learning.  
Connaître les familles d'algorithmes et en développer pour appréhender le travail sur les variables et l'optimisation des erreurs de modélisation.

Comprendre ce que représente le Machine Learning en termes de possibilités et de savoir-faire.

Discerner les besoins de son entreprise, là où elle peut faire monter en compétences ses équipes et où il sera plus efficace de faire appel à de l'expertise externe.

### PUBLIC VISE

Ingénieurs et techniciens en bureau d'études ou toute autre personne utilisant de la modélisation de données.

### PREREQUIS

Connaissance en programmation Python, savoir écrire un script.  
Mathématiques (moyenne, médiane, variance, calcul de distances, dérivées, etc.), savoir faire des opérations sur des données dans un tableur.

Disposer d'un PC avec webcam, micro et une liaison Internet.

### INTERVENANT

Data scientist / expert du Machine Learning.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence. Support de cours. Etudes de cas et TP. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Du 23 au 26 juin 2026

### LIEU

Formation à distance

*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise*

### DUREE

4 demi-journées – 14h

### PRIX

1200€ HT (900 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Bérénice RABIA

✉ [rabia@captronic.fr](mailto:rabia@captronic.fr)

☎ 06 09 86 49 44

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### IA : COMPRENDRE ET PRATIQUER LE MACHINE LEARNING APPLIQUE A L'INDUSTRIE

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Définitions - Big Data et Intelligence Artificielle

##### Présentation et description des concepts

Big Data : la base, le media, le codage, les 6V, des exemples emblématiques du big data

IA : les objectifs, la complexité, le niveau d'intelligence

##### Les enjeux économiques, sociaux, environnementaux et de souveraineté

Les entreprises data-driven

L'open-source et l'open-data

Les architectures informatiques

La régulation européenne – RGPD – DMA/DSA et l'IA Act

L'humain augmenté et les univers virtuels

##### Organisation de projet ML

L'évaluation de la maturité d'une organisation

La démarche agile

Le MLOps

#### Jour 2

##### Les grands principes du Machine Learning

Les étapes de construction d'un modèle

La nature statistique des données et leurs dimensions

Les modélisations supervisées, non-supervisées et par renforcement

Les classifications et les régressions

L'évaluation des modèles, les biais et les erreurs

##### La préparation des variables

Les librairies python performantes

Détecter les données aberrantes

Rééchantillonner des variables

Réduire le set de variables pour un modèle, faire avec les multi-colinéarités

Traiter les classes rares

#### Jour 3

##### Les modèles de Machine

##### Des modèles de Machine Learning

Régression linéaire simple, multiple, polynomiale.

Régression logistique Classification hiérarchique et non hiérarchique (K-means)

Classification par arbres de décision et ensemble

Random Forest Machines à vecteurs supports

Gradient Boosting

##### Un aperçu des modèles de Deep Learning (une autre formation y est consacrée)

*Chaque modèle est accompagné d'un exemple d'algorithme pré-codé en python.*

#### Jour 4

##### Prise en main des codes préparés

Modélisation sur des nouveaux jeux de données

Optimisation des différents algorithmes

##### Tour de table



## Initiation au Deep learning et IA génératives

*Le Deep Learning est très présent dans les propositions de traitements automatiques des données complexes. Cette formation alternera théorie et exercices pour comprendre connaître les principes de fabrication des IA, connaître des algorithmes, et faire des choix entre le Machine Learning, le Deep Learning et les IA génératives.*

### OBJECTIFS

Comprendre le fonctionnement du Deep Learning.  
Connaître tous les aspects d'un projet Deep Learning.  
Connaître plusieurs familles de modèles.  
Construire des algorithmes avec les outils de référence.

### PUBLIC VISE

Ingénieurs et techniciens en bureau d'études ou toute autre personne devant manipuler des données volumineuses telles que les images, ayant besoin de mieux comprendre ce que représente le deep learning en termes de possibilité et de savoir-faire.

### PREREQUIS

Connaissance en programmation Python, savoir écrire un script.  
Savoir faire des opérations sur des données dans un tableur.  
Des connaissances en Machine Learning sont préférables.  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Data scientist / experte en Machine et Deep Learning.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence. Support de cours. Etudes de cas et TP. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Du 15 au 18 septembre 2026

### LIEU

Formation à distance  
*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise*

### DUREE

4 demi-journées – 14h

### PRIX

1200€ HT (900 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Bérénice RABIA

✉ [rabia@captronic.fr](mailto:rabia@captronic.fr)

☎ 06 09 86 49 44

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### INITIATION AU DEEP LEARNING ET IA GENERATIVES

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Les définitions et les concepts dans l'IA

- IA : les objectifs, la complexité, le niveau d'intelligence
- Les grandes familles d'usage de l'IA en entreprise

##### L'écosystème de l'IA

- Les fournisseurs de l'IA, les emblèmes, le marché
- Les architectures informatiques
- Les enjeux sociétaux et éthiques, et la régulation européenne

##### Organisation de projet IA

- La démarche agile
- Les étapes de construction d'un modèle
- Les modélisations supervisées, non-supervisées, par renforcement
- L'évaluation des modèles et le traitement des erreurs

#### Jour 2

##### Différents algorithmes de Deep Learning

- Les réseaux complètement connectés (DNN)
- Les réseaux convolutifs (CNN)
- Les autoencoders (AE)
- Les Generative Adversarial Networks (GAN)
- Mise en pratique

#### Jour 3

##### Différents algorithmes de Deep Learning

- Les réseaux récurrents (LSTM, GRU)
- Les Transformers
- Les Generative Pre-Trained Transformers (GPT)
- Mise en pratique

#### Jour 4

##### Mise en pratique

##### Tour de table



## MicroPython : un langage objet haut niveau pour coder rapidement et efficacement sur microcontrôleur

*Cette formation vous propose une immersion pratique et complète dans l'univers de ce langage optimisé pour les microcontrôleurs. Elle a pour objectif de vous familiariser avec les principes fondamentaux de MicroPython, d'explorer les protocoles de communication pour capteurs et instruments, et de maîtriser la gestion des données et des événements concurrents dans un environnement embarqué.*

### OBJECTIFS

Se former au langage MicroPython et à l'utilisation des bibliothèques principales.

Mettre en œuvre le langage dans des exercices d'application.

Acquérir une large vision de ce qu'il est possible de faire en MicroPython.

### PUBLIC VISE

Ingénieurs et Techniciens impliqués dans le développement logiciel d'acquisition, d'analyse et de traitement de l'information en entreprises.

### PREREQUIS

Connaissances de base en Python ou en programmation embarquée dans un langage informatique.

Un PC avec webcam, haut-parleur et micro et une liaison Internet sont requis. Un Kit matériel pour les TP sera envoyé aux participants avant la formation.

### INTERVENANT

Ingénieur et chef de projet en conception et développements de systèmes embarqués électroniques - Formateur pour le CNRS et les industriels.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours - Travaux pratiques - Assistance pédagogique sur le cours assurée pendant 1 mois après la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation à distance

*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.*

### DUREE

3 jours – 21h

### PRIX

Sur demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap..



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### MICRO PYTHON : CODEZ EFFICACEMENT SUR MICROCONTROLEUR

#### Jour 1 :

##### Tour de table

##### MicroPython (uPython) vs Python (base du langage, bonnes pratiques, et comparaison)

Présentation rapide du Raspberry PiPico et de l'IDE Thonny (à télécharger)

Principes de uPython (prompt, script, lanceur / exécutable)

Types de "base" simple : nombres, booléens, ...

Introspection, usb/uart / Ecran et Clavier

Conteneurs : chaîne de caractères, tuples, listes, dictionnaires, set, ...

Structures de contrôle, Fonctions et Modules

Gestion des Exceptions

##### Gestion de projet

Travailler de manière structurée au niveau des packages, modules et script principal

Penser à documenter et versionner

#### Jour 2 :

##### Programmation Orientée Objet

Attributs et méthodes

Constructeur

Surcharge

Héritage

Méthodes spéciales

##### Appréhendez la bibliothèque upy

Interagir avec son système embarqué

Gérez les interfaces de l'ordinateur (USB, GPIO, uart, i2c, ...)

Exercices dirigés

#### Jour 3

##### Modules Scientifiques pour des calculs

Alternatives à NumPy

Exercices dirigés

##### Gestion de la concurrence :

Programmation multi-cœur

Exercices dirigés

##### Vectorisation (notion introduite au fur et à mesure dans le programme)

##### Tour de table



## Python pour l'instrumentation de capteurs

*Python est un langage de programmation interprété facile à utiliser et puissant pour justifier son utilisation dans de nombreux programmes grâce à ses multiples bibliothèques.*

*Cette formation vous initiera au langage informatique Python dédié à l'électronique et/ou l'instrumentation en utilisant les bonnes pratiques telles que : l'installation, le partage et les environnements de développement Découvrez le langage Python et les librairies principales avec des exercices pour sa mise en œuvre.*

### OBJECTIFS

Savoir mettre en place des protocoles de communication pour dialoguer avec des instruments et des capteurs du type : (GPIO, I2C/SPI) \*, USB-SERIE, TCP/IP sockets

Savoir manipuler des données (modules numpy, scipy, matplotlib, pandas) et gérer les enregistrements (fichiers .csv, base de données SQLite)

Savoir identifier et gérer la concurrence des événements sous Python (acquérir, enregistrer, lire, parser et visualiser les données)

Être capable de choisir une solution adaptée pour préparer, manipuler, visualiser et interagir avec des données

Être capable de créer une interface graphique pour la collecte et l'enregistrement de données

### PUBLIC VISE

Ingénieurs et Techniciens impliqués dans le développement logiciel d'applications pour l'instrumentation de capteurs.

### PREREQUIS

Connaissance d'un langage informatique, hors Python.

### INTERVENANT

Ingénieur, chef de projet en conception de systèmes embarqués électroniques - Formateur pour le Cnrs.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours - Travaux pratiques. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation. Feuilles de présence signées par chaque stagiaire et le formateur par demi-journée de formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation de présence

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

En présentiel

### DUREE

4 jours – 28h

### PRIX

Sur demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### PYTHON POUR L'INSTRUMENTATION DE CAPTEURS

#### Tour de table

#### Jour 1 :

##### Tour de table

##### **Prendre en main l'écosystème Python pour développer seul ou à plusieurs :**

Installation avec Anaconda

Gestion des projets par environnements

Outils de développement (Jupyter Lab, Spyder ou pycharm)

Maîtriser les fondamentaux et comprendre le mécanisme du langage Python : types, structures, boucles, fonctions, classes, modules

Aperçu des modules analyse, organisation et manipulation de données : numpy, scipy, pandas

#### Jour 2 :

Mettre en place et utiliser les principaux protocoles de communication : (GPIO, UART, I2C, SPI)\*, TCP/IPsockets, USB-SERIE, NI-VISA

Manipuler des fichiers de données .csv (.xml)

#### Jour 3 :

##### **Représentation des données statiques pour réaliser des rapports reproductifs et interactifs sous Jupyter Lab :**

matplotlib : personnaliser (à l'infini) le traçage rapide d'une ou plusieurs variables

pandas : analyser et offrir une d'une sélection de données

#### Jour 4 :

##### **Représentation des données dynamiques**

Qt / PyQt / PyQtGraph : réaliser son interface graphique permettant de visualiser en temps réel tous types de données

“Bokeh : réaliser une application serveur afin de visualiser et d’interagir en temps réel avec des données

##### **Mise en place de librairies pour Interface avec Epics (<https://blueskyproject.io/> )**

**Accompagnement pour communiquer avec des capteurs** exemple : Beckhoff, Oscilloscope, Analyseur de réseaux, puissance-mètre, carte National instrument...

*\* port inaccessibles directement sur un ordinateur (démonstration ou TP possible que via une interface par exemple sous raspberry, arduino, ou autre)*

#### Tour de table



## Python pour la Data Science et l'intelligence Artificielle- Mise en œuvre sur les séries temporelles

*Python est le langage le plus utilisé pour l'IA. Cette formation est l'occasion de découvrir les bibliothèques principales dans le traitement des données (collecte, caractérisation, préparation, analyses). Vous disposez d'une série de données indexées par le temps issues de divers capteurs, les algorithmes du machine Learning vous aident pour l'analyse et la prédiction ce qui permet de dire que prédire une série temporelle c'est prédire le futur !*

### OBJECTIFS

Se familiariser avec les bibliothèques python dans le traitement des données les règles de base du Machine Learning.

Connaître et mettre en œuvre quelques algorithmes pour appréhender le travail sur les variables et l'optimisation des erreurs de modélisation.

### PUBLIC VISE

Ingénieurs et techniciens en bureau d'études utilisant de la modélisation de données.

### PREREQUIS

Savoir programmer en C, première expérience en algorithmique, Connaissances en mathématiques niveau Bac+2

Disposer d'un PC avec webcam, haut-parleur et micro et une liaison Internet. Un deuxième écran est fortement recommandé.

### INTERVENANT

Data scientist / expert du Machine Learning.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours - Etude de cas – Démonstration et/ou travaux pratiques. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité

### DATES

Du 3 au 6 mars 2026

### LIEU

Formation à distance

Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.

### DUREE

4 demi-journées – 14h

### PRIX

1200€ HT (900 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Bérénice RABIA

✉ [rabia@captronic.fr](mailto:rabia@captronic.fr)

☎ 06 09 86 49 44

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### PYTHON POUR LA DATA SCIENCE ET L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE : MISE EN ŒUVRE SUR LES SERIES TEMPORELLES

La formation intégrera :

La collecte, la caractérisation et la préparation des données sur des séries temporelles et des données catégorielles et les modélisations avec du code déjà préparé et commenté.

1 journée pour des travaux pratiques sur des jeux de données.

#### Tour de table

##### **Jour 1 : Intro python pour la data science :**

Les données et les types

Les opérateurs efficaces

Les données structurées

Focus sur les séries temporelles

Création de données synthétiques

##### **Jour 2 : Mise en pratique**

Manipulation et préparation de jeux de données hétérogènes, volumineux, éparses

##### **Jour 3 : Intro Machine Learning**

Les grands principes

Les modélisations supervisées, non-supervisées et par renforcement

Les étapes de construction d'un modèle

L'évaluation des modèles

Les algorithmes

Présentation de modèles

Régression linéaire simple, multiple, polynomiale.

Régression logistique Classification hiérarchique et non hiérarchique (K-means)

Classification par arbres de décision et ensemble Naïve Bayes, Random Forest

Machines à vecteurs supports, Méthodes à noyaux, Réseau neuronal

##### **Jour 4 : Intro Machine Learning**

Mise en pratique

*Chaque modèle est accompagné d'un exemple pré-codé. Les exercices s'intercalent dans la présentation pour permettre à chaque équipe de tester les modèles sur leur propre jeu de données.*

#### Tour de table



## Tester et fiabiliser les systèmes d'IA : méthodes, outils et pratiques avancées pour une IA de confiance

*À mesure que l'IA s'impose au cœur des produits, services et processus métiers, notamment dans des usages critiques, la maîtrise de ses risques devient stratégique. Fiabilité, qualité des données, robustesse, explicabilité et conformité dépassent le cadre du test logiciel classique. Cette formation propose une approche structurée et opérationnelle du test des systèmes d'IA, des modèles de Machine Learning aux modèles de langage (LLMs). Elle combine fondements théoriques, méthodes éprouvées et mises en pratique pour garantir une IA de confiance.*

### OBJECTIFS

Comprendre les spécificités du test logiciel appliqué à l'IA.  
Identifier les risques et les principales vulnérabilités de l'IA.  
Connaître et mettre en œuvre les méthodes d'évaluation, de test et de vérification pertinentes. Intégrer les bonnes pratiques de développement en IA et de MLOPS pour une IA fiable.

### PUBLIC VISE

Chefs de projet et responsables techniques. Ingénieurs et développeurs en IA. Profils souhaitant renforcer leurs compétences en qualité des systèmes d'IA.

### PREREQUIS

Connaissance des fondamentaux en IA et du langage de programmation Python nécessaire.  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Doctorante spécialisée en test pour l'IA.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence. Support de cours numérique. Exercices pratiques. Assistance pédagogique sur le cours assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Du 3 au 4 novembre 2026

### LIEU

Formation à distance  
*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.*

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

1200 € HT (900 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Darlane COUTURIER  
✉ [couturier@captronic.fr](mailto:couturier@captronic.fr)  
☎ 06 37 46 07 65  
Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### REUSSIR LE TEST POUR DEVELOPPER UNE IA DE CONFIANCE

#### Jour 1

##### Tour de Table

##### Les enjeux du test de l'IA

Qu'est-ce que le test logiciel ?

Pourquoi a-t-on besoin de tester l'IA ?

Quelle(s) différence(s) avec les logiciels classiques ?

##### Propriétés d'une IA de confiance

Qu'est-ce qu'une IA de confiance ?

Qualité des données

Ethique et équité

Explicabilité, interprétabilité

Sécurité, sûreté et robustesse

##### Travaux pratiques : mise en œuvre d'outils pour l'équité et l'explicabilité

##### Méthodes et outils de test

Les étapes de conception des tests

Oracles de test

Méthodes de test

Test métamorphique

##### Travaux pratiques : exercices d'identification des relations métamorphiques

Attaques des systèmes basés IA

##### Travaux pratiques : exercices d'injection de prompts sur LLM + démo sur llama 3.1 8b

Fuzzing ou test à données aléatoires

Tests combinatoires

Bilan : avantages et inconvénients des méthodes

Evaluer la qualité des tests

Métriques de couverture

Tests de mutation

##### Travaux pratiques : mise en œuvre des méthodes de test métamorphique et d'attaques adverses

#### Jour 2

##### Méthodes de vérification formelle

Qu'est-ce qu'une méthode formelle ?

Propagation des limites : approximation linéaire et interprétation abstraite

Solveurs : SMT et MILP

Méthode de branch-and-bound

Bilan : comparaison des méthodes

##### Démonstration : mise en œuvre de méthodes de vérification formelle

##### Développer une IA de confiance

Règlementation européenne : AI Act

Environnement normatif pour l'IA

Bonnes pratiques et MLOps

Bonnes pratiques de sécurité

##### Tour de table



## Traitement d'image par IA

*Cette formation propose un tour d'horizon des principales techniques de Deep learning appliquées au traitement d'image, notamment les problèmes de classification d'images, de détection d'objets, de détection de pose, de segmentation d'image, de génération de descripteurs uniques, etc.*

*La formation alternera explications théoriques afin de bien comprendre les différents constituants des réseaux de neurones modernes, et travaux pratiques durant lesquels les participants pourront eux-mêmes concevoir et tester leurs propres réseaux.*

### OBJECTIFS

Comprendre le fonctionnement des architectures classiques de deep learning pour le traitement d'image.

Être capable de concevoir son propre réseau sur des problèmes simples de traitement d'image.

### PUBLIC VISE

Ingénieurs en traitement du signal et développement informatique.  
Ne convient pas aux débutants en traitement d'image.

### PREREQUIS

Intérêt pour le traitement d'image. Quelques notions basiques en probabilités et en calculs matriciels sont recommandées (niveau licence minimum).

PC Windows 10 ou 11 (si possible performant), avec les droits administrateurs pour installer un logiciel (pour les TP, nous utiliserons un outil graphique pour designer et tester les réseaux).

### INTERVENANT

Ingénieur ENSEIHT, Expert en traitement du Signal, traitement d'image, formateur expérimenté.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours - Travaux pratiques - Assistance pédagogique sur le cours assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par la remise d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation. Feuilles de présence signées par chaque stagiaire et le formateur par demi-journée de formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

En présentiel

### DUREE

3 jours – 21h

### PRIX

Sur demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### TRAITEMENT D'IMAGE PAR IA

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Apprentissage supervisé

**Apprentissage supervisé** : problèmes de classification, de régression

**Notions de probabilités** : lois usuelles, probabilités conditionnelles

**Évaluation** : performance d'un classifieur, d'un régresseur. Matrice de confusion, métriques classiques, partitionnement en différents jeux.

**Quelques algorithmes classiques** : k plus proche voisins, classification Bayésienne (normale), régression logistique.

**Travaux pratiques** : mise en œuvre et comparaison des différents algorithmes.

#### Jour 2

##### Réseaux de Neurones Artificiels (RNA)

**Réseaux de neurones** : structure en couches, optimisation par Descente de Gradient Stochastique (SGD), propagation arrière du gradient.

**Fonctions de coûts classiques** : problèmes de régression (EQM, EAM), problèmes de classifications (Entropie Croisée Catégorielle).

**Couches classiques** : couches complètement connectées, non linéarités, ...

**Couches de sortie** : softmax, logistique

**Travaux pratiques (1)** : résolution d'un problème de classification simple

**Techniques avancées** : descente adaptative (Adam), taux d'apprentissage variable, critères d'arrêt, régularisation (L2, par lot).

**Travaux pratiques (2)** : classification d'images médicales.

#### Jour 3

##### Réseaux Convolutifs

**Architecture des réseaux convolutifs** : convolutions 2d, réductions spatiales.

**Réseaux classiques pour la classification** : historique et évolution des réseaux : LeNet, AlexNet, VGG16, GoogleNet, ResNet, etc.

**Travaux pratiques (1)** : reconnaissance de chiffres manuscrits (base MNIST).

**Mise en œuvre avec OpenCV** : API, exemples. Chargement de réseaux pré entraînés.

**Travaux pratiques (2)** : classification d'image avec un réseau pré-entraîné sur ImageNet (Inception).

**Apprentissage par transfert** : adaptation d'un réseau pré-entraîné sur une nouvelle tâche (classes spécifiques à un nouveau problème).

**Travaux pratiques (3)** : classification d'images par transfert sur une petite banque d'images (à partir d'un réseau pré-entraîné Inception). Les participants pourront adapter ce TP avec leurs propres images / classes d'objets.

##### Réseaux Spécialisés

**Détection et localisation d'objets** : famille d'algorithmes RCNN (RCNN, fast RCNN, faster RCNN, Mask RCNN), détection avec pose.

**Apprentissage de descripteurs** : réseaux siamois, triplets, pour l'apprentissage avec peu d'exemples

**Travaux pratiques (1)** : entraînement de descripteurs avec la base MNIST.

**Segmentation sémantique** : réseaux FCN, FPN

**Travaux pratiques (2)** : segmentation d'images sur un exemple simple.

**Quelques autres applications** : détection de contours, colorisation automatique, transfert de style, amélioration de la résolution, etc.

##### Tour de table



## CEM : les perturbations électromagnétiques sur sites industriels

*Les perturbations électromagnétiques (CEM) représentent un risque majeur pour la performance et la sécurité des installations industrielles, pouvant affecter le fonctionnement de machines, de robots ou d'installations électriques, jusqu'au blocage complet d'un processus de fabrication industriel. Cette formation vous permettra de comprendre les phénomènes de CEM, leurs sources, et les bonnes pratiques pour protéger vos systèmes contre ces nuisances, tout en vous assurant du respect des normes et réglementations en vigueur. Découvrez les techniques de blindage, de filtrage et de câblage pour garantir la fiabilité et la sécurité de vos installations.*

### OBJECTIFS

Comprendre les perturbations CEM et les modes de couplages.  
Connaître sources de perturbations CEM.  
Connaître les effets des perturbations sur les systèmes.  
Connaître les notions de terre et de masse.  
Connaître les règles de blindage, de filtrage, de câblage, d'interconnexion.  
Connaître les règles de bonne conception et leurs remèdes.

### PUBLIC VISE

Installateurs, Intégrateurs et exploitants d'installation électrique et de contrôle commande

### PREREQUIS

Aucune connaissance de base en compatibilité électromagnétique ni en mathématique n'est indispensable.  
Un PC avec webcam, haut-parleur et micro et une liaison Internet sont requis.

### INTERVENANT

Consultant CEM, formateur, expert en conception CEM et routage de cartes électroniques, 30 ans d'expérience.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours – exemples. Assistance pédagogique sur le cours assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par la remise d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité ou de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

A distance ou en présentiel

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

A la demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### CEM : LES PERTURBATIONS ELECTROMAGNETIQUES SUR SITES INDUSTRIELS

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Introduction

Les grandes dates de l'électronique  
Compatibilité Electromagnétique  
Les modes de couplage  
Problématique de la CEM des installations  
Equations simples en CEM  
Basse fréquence / Haute fréquence  
Fréquence équivalente des impulsions  
Les modes de propagation en conduction  
Causes et effets des champs électromagnétiques

##### Couplages CEM /principes de protection

Couplages sur un système industriel  
Couplage par impédance commune  
Equipotentialité  
Impédance d'un conducteur de cuivre  
Impédance d'un maillage  
Comparaison des impédances  
Diaphonie dans les câbles  
Diaphonie capacitive paire à paire  
Diaphonie inductive paire à paire  
Diaphonie capacitive câble à câble  
Diaphonie inductive câble à câble  
Couplage champ à boucle  
Atténuation des câbles torsadés  
Réduction du couplage champ à câble par plan de masse

##### Installation industrielle : Risque CEM

Sensibilité des systèmes électroniques  
Talkie-Walkie / Emetteur radio  
Contacts secs  
Convertisseurs à découpage  
Variateurs de vitesse  
Taux de panne lié à la foudre  
Le phénomène foudre  
La foudre en chiffre : norme EN 62305  
Effets de la foudre  
Statistiques du risque foudre  
Le risque ESD humain  
Creux de tension  
Régimes de neutre et CEM  
Directive travailleurs 2013/35/UE

##### Terre et masses

Le mythe de la bonne terre  
Mesure de la résistance d'une terre  
Protection Foudre – Structure de collecte / Descente / Terre  
Principe du réseau de terre  
Principe du réseau de masse  
Principe de raccordement des masses  
Maillage des masses : zonage armoire et mise à la masse des équipements  
Maillage des masses : Interconnexion des armoires et salle technique

#### Jour 2

##### Câblage

Les 3 boucles de câblage  
Masse en étoile vs Maillage des masses  
Classification des câbles  
Ségrégation des câbles  
Règles de câblage

##### Câbles blindés et Effets réducteurs

Impédance de transfert des câbles blindés  
Atténuation de blindage / Effet réducteur des câbles blindés  
Effet du raccordement par queue de cochon  
Mise en œuvre des câbles blindés  
Exemple raccordement de blindage « industriels »  
Mise en œuvre des connecteurs blindés  
Règle pratique de raccordement des blindages  
Principe de l'effet réducteur  
Efficacité des effets réducteurs  
Mise en œuvre des chemins de câbles

##### Filtrage et protections

Principe de filtrage  
Filtres d'alimentation  
Montage des filtres d'alimentation  
Filtrage du mode commun par ferrite  
Technologies des parafoudres  
Type de parafoudres  
Principe de coordination des parafoudres  
Méthodologie : Installation des parafoudres  
Montage des parafoudres  
Parafoudres Signaux

##### Synthèse

Exemple de protection d'une salle technique  
Exemple de protection d'un site radio

##### Tour de table



## Certification d'un système électronique pour le marquage CE et à l'International

*Découvrez les étapes clés de la certification d'un système électronique, du marquage CE aux démarches internationales. Cette formation aborde les réglementations, normes applicables, analyses de risques et stratégies de conformité avec un focus sur la documentation technique et les exigences par pays. Une approche concrète pour sécuriser vos mises sur le marché.*

### OBJECTIFS

Acquérir la méthodologie pour la certification d'un système ou d'un produit électronique pour une commercialisation en Europe et/ou à l'International  
Comprendre les mécanismes du marquage CE et/ou de la certification à l'International.

### PUBLIC VISE

Techniciens et ingénieurs impliqués dans la conception, le développement de produits électroniques, chefs de projets.

### PREREQUIS

Aucun prérequis particulier n'est nécessaire pour le suivi de cette formation pour ce public visé.  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Ingénieurs conseil CAPTRONIC expérimentés en conception électronique et certification.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Enseignement théorique, exemples et retours d'expériences.  
Support de cours - Assistance pédagogique sur le cours assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par la remise d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

9 et 10 juin 2026

### LIEU

Formation à distance  
Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

1200€ HT (900 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Sophie BASSE-CATHALINAT

✉ cathalinat@captronic.fr

☎ 06 79 49 15 99

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### CERTIFICATION D'UN SYSTEME ELCTRONIQUE POUR LE MARQUAGE CE ET A L'INTERNATIONAL

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Classification d'un produit – Environnement réglementaire

##### Méthodologie de certification applicable au marquage CE et à l'International

Déterminer les champs d'applications réglementaires

Présentation des principales directives et des normes européennes applicables : compatibilité électromagnétique (CEM), Basse Tension (DBT), Equipement radioélectriques (RED incluant la cybersécurité), Règlement machine, ROHS...

*Exercice 1: déterminer le champ réglementaire d'un produit (périmètre Europe)*

##### Méthodologie de certification applicable au marquage CE et à l'International (Suite)

Réaliser une analyse de risques

Evaluer la conformité

*Exercice 2 : démontrer la conformité d'un produit, et mise à jour de l'analyse de risques réglementaires*

#### Jour 2

*Exercice 2 (Suite et fin)*

##### Tour de table : Comment démontrez-vous la conformité de votre système ?

##### Méthodologie de certification applicable au marquage CE et à l'International (Suite et fin)

Informer (Documentation technique, notice d'utilisation, marquage...)

Être en règle avec les standards utilisés

Assurer un maintien de la conformité en production.

##### La certification à l'international :

CB Scheme

Spécificités pour les pays UK, US, Canada, Japon, Australie et Nouvelle-Zélande

##### Stratégie de certification et application

*Exercice 3 : déterminer le champ réglementaire d'un produit (périmètre US Canada Japon)*

##### Questions et échanges sur des problématiques de certification

##### Tour de table



## Conception CEM des équipements électroniques : du PCB au système

*Cette formation intensive s'adresse à tous les ingénieurs et techniciens qui conçoivent, interconnectent ou intègrent des cartes ou modules électroniques et souhaitent maîtriser les perturbations électromagnétiques. En 2,5 jours, découvrez des méthodes concrètes pour concevoir des systèmes fiables, optimiser vos PCB et appliquer les meilleures pratiques de blindage, filtrage, câblage et mise à la masse.*

### OBJECTIFS

Comprendre les perturbations CEM et les modes de couplages.  
Connaître les effets des perturbations sur les composants.  
Connaître les règles de bonne conception et leurs remèdes.  
Optimiser l'implantation et le tracé des cartes.  
Découvrir les règles de blindage, de filtrage, de câblage, d'interconnexion et de mise à la masse.

### PUBLIC VISE

Les techniciens et ingénieurs concepteurs de matériel électroniques, les implanteurs de circuits imprimés et routeurs de cartes électroniques.

### PREREQUIS

Aucune connaissance de base en compatibilité électromagnétique et en mathématiques n'est indispensable.  
Dispose d'un PC avec webcam, micro et une liaison Internet.

### INTERVENANT

Consultant, formateur, expert en conception CEM et routage de cartes électroniques, 30 ans d'expérience.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours – Démonstrations pédagogiques. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Du 24 au 26 mars 2026

### LIEU

Formation à distance  
Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise

### DUREE

2,5 jours – 17h30

### PRIX

1500€ HT (1125 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Dorothée WALLART  
✉ wallart@captronic.fr  
☎ 06 30 92 27 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

## CONCEPTION CEM DES EQUIPEMENTS ELECTRONIQUES – DU PCB AU SYSTEME

## Jour 1

## Tour de table

## Introduction

Les grandes dates de l'électronique

Définition de la CEM

Le « triptyque » CEM

Mode Commun / Mode différentiel

Définition et utilisation des dB

Equations simples en CEM

Domaine temporel / Domaine fréquentiel

Définition des champs électromagnétiques

## Réglementation

Principe des directives nouvelles approches

Responsabilités des acteurs

Normes harmonisées

Veille réglementaire

Dossier technique

Marquage CE

Déclaration de conformité

Directive CEM 2014/30/UE

Directive RED 2014/53/UE

Directive DBT 2014/35/UE

Autres directives

## Couplages CEM

Couplage par Impédance Commune

Equipotentialité

Couplage capacitif CPB / Environnement

Diaphonie capacitive / Diaphonie Inductive

Couplage champ / boucle

Couplage champ / câble

Rayonnement des PCB

Rayonnement des câbles

## CEM des composants

Impédance des conducteurs

Eléments parasites des composants passifs

Impédance d'un condensateur

Détection d'enveloppe

Marge de bruits des circuits numériques

Fréquence équivalente des circuits numériques

Emission conduite d'un convertisseur

Filtrage d'un convertisseur

Mode Commun en sortie de convertisseur

## Jour 2

## CEM des PCB

Impédance d'un plan de cuivre

Retour des courants HF

Fente dans un plan de masse

Mise en œuvre des plans de masse

Cas des PCB simples

Problématique des connecteurs

Principe de découplage

Mise en œuvre des condensateurs de découplage

Maîtrise des courants d'alimentation

Placement et routage des cartes mixtes

Stack up des PCB

Couplage capacitif des pistes sensibles

Capacité parasite d'un PCB

Anneau de garde et remplissage de masse

Masse électrique – Masse mécanique

Diaphonie des PCB

Diaphonie des connecteurs

Spectre des clocks

Réduction du rayonnement des PCB

Couplage PCB / câbles

Réduction du rayonnement des câbles

## Intégrité du signal

Circuit « ordinaire » ou ligne ?

Modélisation d'une ligne sans perte

Paramètres des lignes

Paramètres « physiques » des lignes

Réflexion en bout de ligne

Exemple de comportement des lignes en temporel

Exemple de comportement des lignes en fréquentiel

Adaptation vs longueur des lignes

Maîtrise des désadaptations

Routage des lignes différentielles

## Filtrage et protections

Ondes de surtensions

Caractéristiques et choix des varistances

Caractéristiques et choix des transzorbs

Filtre BF par montage différentiel

Déséquilibre par filtrage

Isolement galvanique

Principe de filtrage HF

Eléments parasites des filtres

Montage des filtres

Filtres de traversées

Montage des filtres sur connecteur

Montage des filtres sur PCB

Utilisation des ferrites

## Câblage

Les 3 boucles de câblage

Torsades

Réduction du champ par plan de masse

Diaphonie des câbles MD / MC

Règles de câblage

## Jour 3

## Câbles blindés

Impédance de transfert

Atténuation de blindage

Raccordement des blindages

Effet d'une queue de cochon

Mise en œuvre des connecteurs blindés

Raccordement des blindages aux extrémités

## Blindage

Principe de blindage

Calcul de la réflexion et de l'absorption

Blindages réels

Effet d'une fente dans un blindage

Traitement des fentes

Joints conducteurs

Métallisation des plastiques

Problématique des câbles

Mise en œuvre pratique d'un blindage

Blindage local sur PCB

## Tour de table



## Conformité aux directives DBT / RED : application de la norme EN 62368-1

*Obligatoire pour le marquage CE et l'export à l'international (USA et Canada), la norme harmonisée EN 62368-1 couvre la sécurité électrique d'une large gamme d'appareils (équipements audio/vidéo, informatiques, de télécommunications ainsi que les systèmes d'alimentation et de stockage d'énergie). Cette formation vous apportera les clés pour comprendre et appliquer efficacement les exigences de sécurité électrique, en vous guidant pas à pas dans leurs mises en œuvre.*

### OBJECTIFS

Comprendre les exigences de la norme pour les appliquer lors de la conception de son produit. Maîtriser les aspects de la sécurité électrique en termes de protection contre le feu et le risque électrique, ainsi que les exigences mécaniques.

### PUBLIC VISE

Ingénieurs et techniciens R&D (électronique, électrotechnique, mécanique), chef de projet.

### PREREQUIS

Avoir des connaissances en électronique et en marquage CE.

### INTERVENANT

Experte en sécurité électrique, 15 ans d'expérience. Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours numérique – Etudes de cas - Assistance pédagogique sur le cours assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par la remise d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation à distance

*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise .*

### DUREE

1 jour – 7 h

### PRIX

A la demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### CONFORMITE AUX DIRECTIVES DBT / RED : APPLICATION DE LA NORME EN 62368-1

#### Matin

##### Tour de table

##### Domaines d'application de la directive sécurité DBT 2014/35/UE :

Les chapitres des exigences essentielles de la directive

##### Principes de la norme EN 62368-1 :

La norme EN 62368, quelle édition ?

Domaine d'application

Comprendre les exigences de la norme pour les appliquer lors de la conception de son produit :

La nouvelle terminologie et définitions

Classification des sources d'énergie et des personnes

Les moyens de protections

##### Exigences générales :

Chocs électriques

Protection contre la propagation du feu

Substances dangereuses

Dangers mécaniques

Dangers thermiques

Rayonnements

Explosion

#### Après-midi

##### L'importance des annexes

- Annexe B : Essais en conditions normales et en conditions de défaut

- Annexe F : Marquages et instructions

- Annexe G : Composants critiques

- Annexe L : Dispositifs de déconnexion

- Annexe M : Batterie

- Annexe O : Lignes de fuite et distances dans l'air

- Annexe Q : Source à puissance limitée

- Annexe T : Essais de résistance mécanique

- Annexe V : Détermination des parties accessibles

##### Etude d'un cas pratique

##### Tour de table



## De la Directive Machine au Règlement Machine : Évolutions de la Réglementation

*Anticipez l'évolution réglementaire avec cette formation dédiée à la Directive Machines 2006/42/CE et au nouveau Règlement européen 2023/1230. En deux jours, maîtrisez les exigences de conformité CE actuelles et découvrez les principaux changements à venir. Une formation essentielle pour les professionnels de la conception, de l'utilisation ou de la maintenance des machines.*

### OBJECTIFS

Acquérir les connaissances nécessaires à la compréhension de la directive machine 2006/42/CE.

Comprendre les enjeux liés à la certification CE.

Comprendre les évolutions du nouveau Règlement machine (Règlement Machine 2023/1230).

### PUBLIC VISE

Techniciens et ingénieurs impliqués dans la conception, l'utilisation et la maintenance des machines.

### PREREQUIS

Aucun prérequis particulier n'est nécessaire pour le suivi de cette formation pour ce public visé.

### INTERVENANT

Expert en de la sécurité machine en entreprise et spécialiste en certification CE, 20 ans d'expérience.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Enseignement théorique, exercices, étude de cas pratique Support de cours - Assistance pédagogique sur le cours assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par la remise d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation. Feuilles de présence signées par chaque stagiaire et le formateur par demi-journée de formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation de présence ou d'assiduité.

### DATES

Les 28 et 29 septembre 2026

### LIEU

En présentiel à Toulouse (31) ou à distance (places limitées)

### DUREE

2 jours - 14h

### PRIX

1400 € HT (1000 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Bérénice RABIA

✉ [rabia@captronic.fr](mailto:rabia@captronic.fr)

☎ 06 09 86 49 44

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### DE LA DIRECTIVE MACHINE AU REGLEMENT MACHINE : ÉVOLUTIONS DE LA REGLEMENTATION

#### Tour de table

##### Jour 1

Historique sur la directive  
Présentation des différents types de normes  
Cas des directives complémentaires  
Le principe du Marquage CE  
La déclaration de conformité CE  
Les exigences de la notice d'instructions  
Evolutions de la Directive (Règlement 2023/1230 de 2027)  
Tableau de correspondances des chapitres (Directive vs Nouveau Règlement)

#### **Mise en pratique :**

*Exercice de compréhension*  
*Etude de cas*

##### Jour 2

Le cas des modifications de machines  
Les différentes exigences essentielles de santé et de sécurité  
Utilisation des équipements de travail (VGP)

#### **Mise en pratique :**

*Exercice de compréhension*  
*Etude de cas*

#### Tour de table



## Dispositifs électro-médicaux : du développement à la certification

*Développer un dispositif électro-médical nécessite d'intégrer dès le départ les exigences réglementaires et normatives pour viser le marquage CE. Cette formation vous guide à travers les étapes clés du développement, de la conception à la certification, en vous aidant à structurer votre démarche, identifier les normes applicables et constituer un dossier technique conforme.*

### OBJECTIFS

Identifier les normes techniques pertinentes  
Initier et structurer la documentation technique attendue.

### PUBLIC VISE

Ingénieurs et techniciens en conception produit et industrialisation, chef de projet, responsables qualité, dirigeants.

### PREREQUIS

Expérience en conception produit préférable.  
PC avec webcam et liaison internet.

### INTERVENANT

Ingénieure R&D, spécialisée Développement de dispositifs médicaux, 17 ans d'expérience.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours numérique. Exposés théoriques et analyse de cas pratiques proposés par l'entreprise (d'autres exemples seront aussi présentés).

Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité ou de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation à distance  
*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.*

### DUREE

2 jours ou 4 demi-journées– 14h

### PRIX

Formation INTRA (voir devis)

### CONTACT

Bérénice RABIA

✉ [rabia@captronic.fr](mailto:rabia@captronic.fr)

☎ 06 09 86 49 44

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### DISPOSITIFS ELECTRO-MEDICAUX : DU DEVELOPPEMENT A LA CERTIFICATION

#### JOUR 1

##### Tour de table

##### Méthodologie de développement des dispositifs médicaux

- Processus de marquage CE et certification
- Réglementation en vigueur
- Classification des dispositifs médicaux
- Evaluation clinique
- Les organismes de réglementation

##### Normes techniques applicables aux dispositifs médicaux

- Identification des normes
- Série de normes IEC 60601

##### Système de management de la qualité (ISO 13485)

- Qu'est-ce qu'un système de management de la qualité ?
- Vue d'ensemble de la norme ISO 13485

##### Sécurité de base (IEC 60601-1)

- Vue d'ensemble
- Les définitions essentielles
- Revue des différents chapitres et bonnes pratiques

##### Aptitude à l'utilisation (IEC 62366-1)

- Présentation de la démarche
- Évaluations formatives et sommatives
- Documentation pour le dossier technique

#### JOUR 2

##### Analyse de risques (ISO 14971)

- Comment réaliser une analyse des risques ?
- Mise en application sur un cas pratique

##### Développement logiciel médical (IEC 62304)

- Champs d'application
- Classification des logiciels dispositifs médicaux
- SOUP
- Développement logiciel
- Maintenance des logiciels
- Gestion des risques logiciels
- Outils et bonnes pratiques

##### Cybersécurité

- Aperçu des normes et guides cybersécurité

##### Tour de table



## IEC 62304 : Maîtriser le cycle de vie du logiciel pour dispositifs médicaux

*Cette formation vous permet de comprendre et d'appliquer la norme IEC 62304, liée au développement logiciel des dispositifs médicaux. Vous découvrirez les exigences de la norme, apprendrez à structurer vos processus, afin de garantir la conformité réglementaire de vos logiciels.*

### OBJECTIFS

Comprendre le contexte réglementaire.  
Identifier le champ d'application de la norme IEC 62304.  
Comprendre la classification des logiciels (A, B, C).  
Découvrir les processus du cycle de vie logiciel.  
Mettre en œuvre la gestion des risques liés au logiciel (ISO 14971).  
Appliquer les bonnes pratiques de développement, maintenance et traçabilité.  
Identifier les normes complémentaires (ISO 13485, IEC 62366, ISO 14971).

### PUBLIC VISE

Chefs de projet et ingénieurs impliqués dans le développement de logiciels de dispositifs médicaux.  
Responsables qualité, responsables réglementaires ou affaires cliniques.  
Développeurs, concepteurs ou intégrateurs souhaitant comprendre les exigences de conformité.

### PREREQUIS

Connaissances de base en développement logiciel ou en gestion de projet technique.  
Une première approche du cadre réglementaire des dispositifs médicaux (Rgt UE 2017/745) est un plus, mais non indispensable.  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Ingénieure Développement logiciel expérimentée, Développement de dispositifs médicaux.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence. Support de cours. Cas pratiques. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

A distance ou en présentiel

### DUREE

1 jour – 7h

### PRIX

A la demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### IEC 62304 : MAITRISER LE CYCLE DE VIE DU LOGICIEL POUR DISPOSITIFS MEDICAUX

#### Jour 1

##### Matin :

##### Tour de table

##### Introduction et contexte réglementaire européen

- Règlement UE 2017/745 et rôle des normes harmonisées
- Responsabilités du fabricant et exigences générales de sécurité

##### Présentation de la norme IEC 62304

- Champ d'application et définitions clés
- Classification logicielle (A, B, C) et impact sur le développement
- Intégration des autres normes (ISO 14971, IEC 62366, ISO 13485)

##### Développement logiciel

- Cycle en V, plan de développement et traçabilité
- Spécification, conception, tests et validation
- Gestion de la configuration

##### Après-midi :

##### Maintenance du logiciel

- Plan de maintenance et gestion des modifications
- Gestion des anomalies et communication réglementaire

##### Gestion des risques logiciels (ISO 14971)

- Méthodologie d'analyse des risques
- Spécificités des risques logiciels
- Détermination de la classe des logiciels

##### Boîte à outils et bonnes pratiques

- Outils de gestion de configuration, tests, traçabilité et ticketing
- Conseils pour la conformité et la documentation technique

##### Échanges et cas pratiques

- Discussion autour d'exemples concrets de mise en conformité

##### Tour de table



## Introduction aux concepts de la certification ATEX : zoom sur la sécurité intrinsèque

*Cette formation vous propose de découvrir les principes de base de la Directive, le processus de certification d'un équipement ATEX et les modes de protection produit.*

### OBJECTIFS

Découvrir les principes de base de la Directive ATEX.  
Evaluer le risque d'explosion par l'analyse d'une carte électronique  
Comprendre la classification en zones et les moyens de protection produit.

### PUBLIC VISE

Techniciens et ingénieurs en charge de la réglementation ATEX en conception de produit.

### PREREQUIS

Connaissances de base en électronique.  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Expert en certification ATEX et en conception de cartes électroniques.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours. Etude de cas - Assistance pédagogique assurée par le formateur 1 mois après la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par la remise d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

A distance ou en présentiel

### DUREE

1 jours – 7h

### PRIX

A la demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

*(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)*

### INTRODUCTION A LA CERTIFICATION ATEX : ZOOM SUR LA SECURITE INTRINSEQUE

#### Jour 1

##### Tour de table

Introduction au phénomène de l'explosion

Caractérisation des risques d'explosion dans un environnement

Caractérisation des équipements installés en atmosphères explosible

Adéquation des équipements à leur environnement

Introduction aux modes protections des équipements

Marquage des équipements

Processus de certification d'un équipement ATEX

Obligations pour les fabricants

Obligations pour les utilisateurs finaux

Zoom sur le mode de protection Ex i

Cas d'application – Mise en œuvre de la sécurité intrinsèque sur un circuit électronique

##### Tour de table



## La CEM par la pratique : comprendre des phénomènes complexes à l'aide de montages simples

*Cette formation comporte de nombreuses démonstrations pratiques pour mettre en évidence les phénomènes CEM les plus courants. Puis les participants visualiseront les effets des protections potentielles dont les comportements seront expliqués à l'aide de la théorie électromagnétique.*

### OBJECTIFS

Acquérir les connaissances nécessaires pour améliorer les caractéristiques CEM des produits électroniques.

Connaître les bonnes pratiques permettant de préserver une bonne immunité CEM ainsi que les pratiques à éviter.

### PUBLIC VISE

Personnes chargées du développement et de la qualification CEM de produits électroniques. Personnels de maintenance des systèmes électroniques.

### PREREQUIS

Aucun prérequis particulier n'est nécessaire pour le suivi de cette formation pour ce public visé.

### INTERVENANT

Experts du laboratoire d'essais CEM COFRAC.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours – Démonstrations – Assistance pédagogique assurée par le formateur 1 mois après la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par la remise d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation. Feuilles de présence signées par chaque stagiaire et le formateur par demi-journée de formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

A distance ou en présentiel

### DUREE

1 jour – 7h

### PRIX

A la demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### LA CEM PAR LA PRATIQUE : COMPRENDRE DES PHENOMENES COMPLEXES A L'AIDE DE MONTAGES SIMPLES

#### Jour 1

##### Tour de table

##### La vérité sur les composants : présence des éléments « parasites »

Démo sur le comportement réel des composants passifs

##### Les couplages

Les différents modes de couplage

Démo sur la diaphonie inductive

Mise en évidence des paramètres influents

##### Les câbles blindés

A quoi sert un blindage et comment fonctionne-t-il ?

Démo sur le Zt de plusieurs types de câbles

Les différentes « zones » du Zt

##### Les blindages

Démo sur les ouvertures dans les boîtiers (fente, grille, guide, ...)

Ce qu'il faut éviter de faire

##### Les protections foudre

Pourquoi une protection foudre ?

Démo des différentes protections et de leurs effets, souhaités ou pas

##### Le filtrage

Perturbations de Mode Différentiel et de Mode Commun : Comment les identifier ?

Démo sur le rôle du filtre et de chacun de ses composants

Démo sur la mise en œuvre d'un condensateur de traversée

Démo sur la mise en œuvre d'une ferrite

Les pièges à éviter

##### Tour de table



## Mesures CEM- Préqualification

*Vous concevez, des produits, des cartes ou modules électroniques et vous souhaitez vérifier les performances CEM en vue du marquage CE ? Cette formation, dédiée à la compréhension des phénomènes physiques et à la mise en œuvre des tests de préqualification en CEM, vous permettra d'acquérir une connaissance approfondie des enjeux réglementaires et des différents essais associés. Vous découvrirez également comment effectuer des préqualifications simples en interne pour garantir la conformité de vos produits.*

### OBJECTIFS

Connaître les enjeux de la réglementation.  
Comprendre les différents types d'essai.  
Connaître les principes des mesures CEM.  
Connaître les difficultés des mesures CEM.  
Connaître le principe des appareils de mesure utilisés en CEM.  
Savoir mettre en œuvre des tests de préqualification simples.

### PUBLIC VISE

Concepteurs de produits et Technicien qualification et test.

### PREREQUIS

Aucune connaissance de base en compatibilité électromagnétique et en mathématique n'est indispensable.  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Consultant, formateur, expert en conception CEM et routage de cartes électroniques, 30 ans d'expérience.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours – Démonstrations pédagogiques. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Les 19 et 20 mai 2026

### LIEU

Formation à distance  
Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

1200€ HT (900 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Dorothée WALLART

✉ wallart@captronic.fr

☎ 06 30 92 27 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### MESURES CEM – PREQUALIFICATION

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Introduction

- Définition de la CEM
- Principe des qualifications CEM
- Grandeurs physiques en CEM
- Unités CEM
- Définition et utilisation des dB
- Domaine temporel / Domaine fréquentiel
- Définition des champs électromagnétiques

##### Normes et réglementation

- Principe des directives nouvelles approches
- Responsabilités des acteurs
- Normes harmonisées
- Normes d'essai
- Dossier technique
- Marquage CE
- Déclaration de conformité
- Directives européennes
- Normes et essais automobiles
- Normes et essais militaires
- Normes et essais aéronautiques

##### Gestion / Qualification CEM

- Le coût de la CEM
- Planification des essais
- Plan de qualification
- Critères d'aptitude en immunité
- Marges CEM

##### Analyse spectrale

- Principe analyseur de spectre
- Réglage des analyseurs de spectre
- Modes de détection
- Utilisation d'un analyseur en mise au point
- Qualification des composants avec un analyseur de spectre
- Qualification d'un câble avec un analyseur de spectre

##### Emission Conduite

- Principe de mesure d'émission conduite
- Mise en œuvre d'un test d'émission conduite civil
- Mise en œuvre d'un test d'émission conduite aéro / militaire
- Principe et utilisation d'un RSIL
- Préqualification en émission conduite
- Difficulté de mesure

#### Jour 2

##### Emission rayonnée

- Principe de mesure d'émission rayonnée
- Mise en œuvre d'un test d'émission rayonnée civil
- Mise en œuvre d'un test d'émission rayonnée aéro / militaire
- Problématique des cages de Faraday
- Principe des mesures de préqualification
- Mesure des courants de mode commun
- Définition des paramètres d'une pince de courant
- Utilisation d'une pince de courant
- Détermination des niveaux tolérables à la pince de courant
- Application aux mesures civiles / aéro / militaires

##### Immunité conduite

- Principe des tests d'immunité conduite
- Définition des paramètres en temporel
- Définition des paramètres en fréquentiel
- Immunité conduite norme civile
- Immunité conduite en BCI aéro – militaire
- Principe des RCD
- Différentes normes d'immunité conduite
- Immunité aux transitoires rapides en sèves – EN 61000-4-4
- Mise en œuvre du test
- Niveaux tolérables selon la norme EN 61000-4-4
- Essais de surtension

##### Immunité rayonnée

- Principe de mesure en immunité rayonnée
- Difficulté de préqualification en immunité rayonnées
- Immunité rayonnée aéro / Militaire
- Utilisation des CRBM / TEM / GTEM / Stripline

##### Immunité ESD

- Principe des tests ESD
- Difficulté des tests ESD
- Risques des tests ESD

Plusieurs démonstrations sur des chapitres différents permettent de voir l'utilisation des appareils de mesure et les bonnes pratiques.

##### Tour de table



## RSE : La démarche et les normes ISO 26000 et 20400 (achats responsables)

*Intégrer la RSE, c'est répondre aux enjeux environnementaux, sociaux et économiques tout en renforçant sa compétitivité. Cette formation vous permet de comprendre les normes ISO 26000 et 20400, de structurer une démarche d'achats responsables et de valoriser votre engagement dans une stratégie durable et anticipatrice.*

### OBJECTIFS

Comprendre le développement durable, la RSE et les Achats responsables ainsi que les enjeux externes et internes.

Appréhender la norme ISO 26000 RSE.

Appréhender la norme ISO 20400 Achats Responsables.

Identifier la mise en œuvre avec un plan d'action RSE.

Apprendre à valoriser et communiquer la politique RSE.

### PUBLIC VISE

Responsable Marketing, Qualité, Environnement ou RSE, Chef de projets, Direction, Concepteurs de produits, Acheteurs

### PREREQUIS

Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Consultante - 20 ans d'expérience professionnelle en Achats – Management – RSE.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outils de visioconférence - Support de cours numérique - Alternance d'apports théoriques et d'exercices pratiques – Assistance pédagogique assurée par le formateur 1 mois après la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par la remise d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité ou de présence

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

A distance ou en présentiel

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

A la demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### RSE : LA DEMARCHE ET LES NORMES ISO 26000 ET 20400 (ACHATS RESPONSABLES)

#### Jour 1

##### Tour de table

La RSE, trois piliers, sept questions, sept principes  
Contexte et enjeux de la RSE  
Le cadre légal de la RSE.  
Les différents labels généralistes et par secteur d'activité  
Présentation des normes ISO 26000 et 20400.  
Gouvernance et RSE  
Le diagnostic, le système de management et le reporting environnemental  
Le bilan carbone l'analyse du cycle de vie et l'écoconception  
Mettre en place une démarche d'achats responsables  
Les 6 étapes pour réaliser un diagnostic et structurer une stratégie Achats RSE

#### Jour 2

Mettre en place une démarche d'achats responsables  
Les fondamentaux Achats et Diagnostic Achats RSE :  
Identifier l'ensemble des enjeux et la nouvelle raison d'être des Achats dans les organisations,  
Identifier les principes fondamentaux de structuration d'un service Achats vers l'atteinte de l'excellence organisationnelle et le leadership en triple performance, (Cartographie Pareto)  
Environnement des Achats Responsables & RSE :  
Maîtriser l'environnement RSE et Achats responsables,  
Savoir utiliser et connecter une dynamique Achats RSE à la norme ISO26000,  
Savoir utiliser et intégrer la norme ISO20400 à votre dynamique Achats RSE,  
  
Étude de cas - Définir sa raison d'être et la modéliser au travers d'une politique  
  
Étude de cas - Stratégie Achats RSE - Mise en situation - Diagnostic à 360° d'un service Achats et définition de votre plan d'action.  
  
Piloter et mettre en œuvre une politique RSE  
Valoriser et communiquer sur la politique RSE

##### Clôture et tour de table



## Sécurité électrique des appareils de mesure, de régulation et de laboratoire selon la norme EN 61010-1/A1

*Tout produit électronique ou électrique doit répondre aux exigences du marquage CE pour être commercialisé. Cette formation se concentre sur la norme EN 61010-1/A1, issue de la Directive Basse Tension (DBT), qui garantit la sécurité des appareils de mesure, de régulation et de laboratoire. Cette formation présente une analyse approfondie de cette norme essentielle et les étapes pour sa mise en œuvre.*

### OBJECTIFS

Comprendre les exigences de la norme pour les appliquer lors de la conception de son produit.

Maîtriser les aspects de la sécurité électrique en termes de protection contre le feu et le risque électrique, ainsi que les exigences mécaniques.

### PUBLIC VISE

Ingénieurs et techniciens R&D (électronique, électrotechnique, mécanique), chef de projet en charge de la certification des produits.

### PREREQUIS

Avoir déjà des connaissances en électronique et en marquage CE.  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Experte en sécurité électrique, 15 ans d'expérience.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours numérique – Etudes de cas - Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par la remise d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

A distance ou en présentiel

### DUREE

1 jours – 7h

### PRIX

A la demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap



## PROGRAMME DETAILLE

*(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)*

### LA SECURITE ELECTRIQUE DES APPAREILS DE MESURE, DE REGULATION ET DE LABORATOIRE SELON LA NORME EN 61010-1/A1

#### Matin

##### Tour de table

##### Introduction

Fondamentaux du marquage CE

Domaine d'application

Comprendre les exigences de la norme pour les appliquer lors de la conception de son produit

Maîtriser les aspects de la sécurité électrique en termes de protection contre le feu et le risque électrique, ainsi que les exigences mécaniques :

Définitions

Essais

Marquage et documentation

##### Les exigences de sécurité selon la norme 61010-1

Chocs électriques

Dangers mécaniques

Protection contre la propagation du feu

Dangers thermiques

#### Après-midi

Dangers des fluides

Radiation

Explosion

Composants

Systèmes de verrouillage

Dangers résultants de l'application, analyse de risque

Essais individuels de série

Modification majeure de l'amendement A1

Applications sur des cas pratiques

##### Tour de table



## Sécurité FERROVIAIRE : les normes EN 50126, 50128, 50657 et 50129 et leurs évolutions

*Cette formation vous propose une compréhension claire et opérationnelle des normes essentielles de la sécurité ferroviaire : EN 50126, EN 50128, EN 50657 et EN 50129. Vous explorerez leurs évolutions récentes, ainsi que les méthodes associées à travers des études de cas tirées d'applications industrielles réelles.*

### OBJECTIFS

Comprendre les exigences des normes.  
Identifier les activités de sécurité à chaque phase du cycle de vie.  
Apporter des preuves de conformité aux niveaux de sécurité requis (SIL1 à SIL4).  
Utiliser des méthodes éprouvées de sûreté de fonctionnement.  
Intégrer les normes dans une démarche qualité adaptée aux projets industriels.

### PUBLIC VISE

Ingénieurs ou Techniciens supérieurs avec de l'expérience dans un des domaines abordés.  
Responsables qualité.

### PREREQUIS

Notions de statistiques et de probabilité nécessaires pour une bonne assimilation de la formation.  
Notions de déploiement des processus qualité sont un plus.  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Consultant Sécurité Fonctionnelle, Sûreté de fonctionnement et Maîtrise des Risques  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence. Support de cours. Etude de cas. Démonstration. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Les 9 et 10 décembre 2026

### LIEU

Formation à distance  
*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.*

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

1200€ HT (900 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Bérénice RABIA

✉ [rabia@captronic.fr](mailto:rabia@captronic.fr)

☎ 06 09 86 49 44

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### SECURITE FERROVIAIRE : LES NORMES EN 50126, 50128, 50657 ET 50129 ET LEURS EVOLUTIONS

#### Jour 1

##### Tour de Table

##### **Positionnement des normes dans les référentiels transports ferrés et urbains Le principe de la démarche avec la norme EN50126**

- Positionnement vis-à-vis du cadre normatif
- Applicabilité pour les systèmes ferroviaires
- Comprendre les niveaux de SIL, TFFR et THR
- Les phases de vie et les contraintes associées
- Les activités système et celles des équipementiers...

##### **Le logiciel et les normes EN50128 et EN50657**

- Pourquoi une approche spécifique pour les logiciels
- Les contraintes spécifiques du logiciel
- Analyse des méthodes et outils

#### Jour 2

##### **Les contraintes de développement et le Dossier de sécurité (Norme EN50129)**

- Les contraintes déclinées dans le développement
- Les analyses de contrainte sur les modes de défaillance
- La constitution des preuves
- Le dossier de sécurité

##### **Les fondamentaux**

- Notions de Fiabilité, Maintenabilité et Sécurité
- Fondamentaux de la fiabilité (taux de défaillance, MTBF...)
- Notions de pannes dangereuses ou non sûres
- Notions de taux de couverture
- Mise en œuvre

##### **Le déploiement en phase avec le système Qualité**

- Analyse des requis qualitatifs des normes
- Contraintes en fonction des phases de vie
- Le plan de management de ces activités spécifiques

##### **Les méthodes de Sûreté de Fonctionnement**

- Les analyses de risques
- Les AMDEC
- Les arbres de défaillances

##### **Tour de table**



## Sensibilisation et protection contre les décharges électrostatiques (ESD)

*Cette formation de sensibilisation présente, pour les appliquer, les règles de protection au risque ESD (décharge électrostatique) pour toute personne entrant dans une Zone Protégée contre les ESD (EPA). Les moyens de mesure, prévention et de protection sont présentés pour devenir référent ESD de votre entreprise.*

### OBJECTIFS

Être sensibilisé aux effets des phénomènes électrostatiques et de leurs conséquences.

Identifier, mettre en place et appliquer les procédures de lutte contre les décharges électrostatiques.

### PUBLIC VISE

Personnels des services qualité, méthodes, production, BE, chargés d'appliquer ou de respecter les procédures de lutte contre les ESD.

### PREREQUIS

Un PC avec webcam, haut-parleur et micro et une liaison Internet sont requis.

### INTERVENANT

Expert en brasage, certifié IPC, formateur.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours. Apport d'éléments théoriques et démonstrations par le biais d'expériences permettant d'illustrer les phénomènes. Illustrations par photos de dommages sur les composants. Présentation des symboles et étiquettes. Visite de l'environnement de travail du formateur afin d'identifier avec les participants les zones sensibles et les moyens de protection mis en œuvre. Assistance pédagogique assurée par le formateur 1 mois après la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Le 2 avril 2026

### LIEU

Formation à distance

*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.*

### DUREE

1 jour – 7h

### PRIX

700€ HT (550 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Dorothée WALLART

✉ wallart@captronic.fr

☎ 06 30 92 27 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

*(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)*

### SENSIBILISATION ET PROTECTION CONTRE LES DECHARGES ELECTROSTATIQUES (ESD)

#### Matin

##### Tour de table

Visite d'un site et des zones de manipulation des assemblages électroniques

##### Comment se crée l'électricité STATIQUE ?

Le mécanisme d'apparition de charges.

##### Comment les personnes peuvent-elles se charger ?

Les effets des ESD sur les composants électroniques Illustration par quelques photos de dommages sur les composants.

Les niveaux de criticité des composants.

##### Les moyens de prévention et de protection

Identifier les zones sensibles.

Les moyens de Protection individuelle (Vêtement, talonnettes, blouses...)

##### Comment s'équiper et procédures de test des équipements ESD.

Les méthodes de protection des cartes et composants

Symboles d'étiquetage sur les emballages.

Précautions de manipulation des cartes électroniques

#### Après-Midi

Démonstrations de manipulation des assemblages électroniques en respectant les règles ESD.

Retour sur les zones sensibles dans les locaux du formateur pour mesurer les améliorations possibles en matière de lutte contre Le risque ESD.

##### Tour de table



## Batteries lithium, BMS, chargeurs et autres solutions d'alimentation avec stockage pour les systèmes autonomes

*Cette formation approfondie vous permettra de découvrir les technologies de stockage d'énergie, avec un focus sur les batteries lithium, leur sécurité et gestion via le BMS, ainsi que les lois de charge et décharge influençant leur durée de vie. Vous apprendrez à dimensionner les batteries pour des systèmes autonomes et à explorer des solutions complémentaires telles que les supercondensateurs, l'Energy Harvesting et les piles à combustible. A destination des ingénieurs, techniciens et responsables de projets impliqués dans la conception et la gestion des systèmes électroniques à base de batteries, cette formation vous aidera à maîtriser les choix et les contraintes liés aux technologies de stockage d'énergie.*

### OBJECTIFS

Découvrir les différentes technologies de stockage de l'énergie électrique et leurs contraintes de mise en œuvre pour permettre de réaliser le bon choix en fonction des exigences de l'application.

Comprendre les lois de charge et décharge des différents types de batteries lithium et les paramètres qui contribuent à leur durée de vie et à leur sécurité de fonctionnement (rôle du BMS).

Découvrir des solutions complémentaires de stockage de l'énergie : les supercondensateurs, l'Energy Harvesting, les piles à combustible et l'hydrogène.

### PUBLIC VISE

Responsables de projets, Ingénieurs, Techniciens en charge de la conception d'un produit et/ou de la qualité du développement des systèmes électroniques souhaitant maîtriser l'utilisation des batteries.

### PREREQUIS

Avoir des notions de base en électronique.

Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Enseignant-Chercheur spécialisé en Electronique de puissance, Compatibilité électromagnétique, Batteries industrielles, Composants magnétiques et Energy Harvesting.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence. Support de cours. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Les 11 et 12 mars 2026

### LIEU

Formation à distance

*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.*

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

1200 € HT (900 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Bérénice RABIA

✉ [rabia@captronic.fr](mailto:rabia@captronic.fr)

☎ 06 09 86 49 44

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### BATTERIES LITHIUM, BMS, CHARGEURS ET AUTRES SOLUTIONS D'ALIMENTATION AVEC STOCKAGE POUR LES SYSTEMES AUTONOMES

#### Jour 1

##### Tour de table et introduction

##### Batteries : introduction – généralités

- Bref historique
- Moyens comparés du stockage de l'électricité
- Évolution du marché des batteries
- Comparaison des technologies industrielles – Applications
- Constitution des batteries
- Caractéristiques – Spécification

##### Piles non rechargeables usuelles

- Introduction – Propriétés
- Piles alcalines
- Piles au lithium
- Autres piles
- Caractéristiques comparées

##### Batteries au lithium

- Constitution
- Réactions électrochimiques de charge / décharge
- Différents types (Li-ion, Li-Po, Li métal)
- Propriétés comparatives Li-ion (cobalt, manganèse, aluminium, NMC, fer-phosphate...)
- Formats industriels des cellules
- Principes de charge des LCO, LMO, NCA et NMC
- Profils et courbes de décharge des batteries LFP (lithium fer-phosphate)
- Tension de charge en fonction de la température
- Courbes de décharge – Jauge électrique
- Vieillessement en cyclage
- Autodécharge
- Précautions d'utilisation / Sécurité
- Emballage thermique – Protections
- Batteries Li-Po – Principe – Propriétés
- Batteries lithium-métal polymère (LMP)
- Voies de recherche sur les batteries lithium
- Batterie sodium-ion

##### BMS – PCM

- Définitions – Rôle du BMS / PCM
- Fonctions du BMS
- Exemple de jauge électrique
- Présentation de circuits BMS : TI, AD (LT), Maxim, NXP...
- BMS sans fils

##### Applications – Dimensionnement

- Spécification des applications : charge de sortie, batterie, chargeur
- Exemples de dimensionnement d'une batterie / calcul d'autonomie...

#### Jour 2

##### Chargeurs

- À base de convertisseurs non isolés (buck, boost...)
- De type flyback (PC, USB...)
- Sans contact
- De forte puissance VE (convertisseurs, PFC...)

##### L'Energy Harvesting

- Sources de l'EH
- Convertisseurs DC/DC pour l'EH
- Exemples de circuits dédiés

##### Normes batteries

- Applicables aux accumulateurs nickel et lithium
- Sécurité des piles et batteries au lithium durant le transport
- Sécurité des piles et batteries au lithium pour le marché Nord-Américain

##### Super condensateurs

- Diagramme de Ragone batteries – supercondensateurs
- Caractéristiques comparées batteries – supercondensateurs
- Constitution – Propriétés – Précautions
- Applications
- Différents types de supercondensateurs : EDLC, LIC
- Propriétés des supercondensateurs EDLC
- Dimensionnement
- Équilibrage des cellules
- Circuits spécifiques de charge et d'équilibrage
- Hybridation avec batterie et PAC

##### Piles à Combustible – Hydrogène

- Constitution – Principe de fonctionnement
- Différents types de PAC
- Densité énergétique comparée de l'hydrogène
- Applications
- Production de l'hydrogène

##### Recyclage des batteries

- Composition et ACV (Analyse du Cycle de Vie) d'une batterie lithium
- Empreinte carbone d'un VE type
- Enjeux du recyclage des batteries lithium
- Présentation de différentes solutions et projets de recyclage

##### Tour de table

*Les batteries au plomb et au nickel ne sont évoquées qu'à titre comparatif mais l'étude de leurs propriétés pourraient faire l'objet de formations particulières à la demande.*

*La formation inclut des exemples sur comment calculer une autonomie et dimensionner une batterie lithium pour une application.*



## Batteries lithium : Eco-conception , recyclabilité et règlementation

*A l'issue de cette formation, vous serez en mesure d'optimiser vos choix techniques et organisationnels pour réduire l'impact environnemental des batteries lithium que vous utilisez, en prenant en compte l'ensemble de leur cycle de vie : fabrication, utilisation et fin de vie.*

### OBJECTIFS

Comprendre les impacts environnementaux liés aux batteries lithium.

Identifier les actions à mettre en œuvre pour minimiser ces impacts. S'approprier les clés pour gérer efficacement les batteries en SAV, sous garantie ou en maintenance.

Prendre connaissance des nouvelles exigences réglementaires.

### PUBLIC VISE

Ingénieurs, Techniciens en charge de la gestion, l'intégration, du diagnostic des batteries et les responsables RSE, QHSE, qualité.

### PREREQUIS

Aucune connaissance spécifique requise pour ce public.

Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Ingénieur électronicien, fondateur d'une société de conseil et d'ingénierie spécialisée dans le cycle de vie des batteries Lithium.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence. Support de cours numérique. Assistance pédagogique sur le cours assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Le 2 avril 2026

### LIEU

Formation à distance

*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise*

### DUREE

1 jour – 7h00

### PRIX

700 € HT (550 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Sophie BASSE-CATHALINAT

✉ cathalinat@captronic.fr

☎ 06 79 49 15 99

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### BATTERIES LITHIUM-ION : IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX, ECO-CONCEPTION ET RECYCLABILITE

#### Tour de table

##### Les impacts environnementaux

- Analyse du cycle de vie d'une batterie
- Constituants d'une batterie et métaux critiques
- Bilans écologiques selon les technologies (chimies)
- Réduire l'impact environnemental de sa batterie (Design to recycle)

##### Fonctionnement et vieillissement d'une batterie lithium-ion

- Principes de base
- Les facteurs de dégradation
- Bonnes pratiques pour préserver une batterie
- Prévenir les risques

##### Traitement des batteries usagées

- Les indicateurs clé (SoC, SoH, SoP, RUL)
- Diagnostiquer une batterie
- Transport et stockage de batteries usagées
- Recyclage et 2<sup>nde</sup> vie

##### Le Règlement UE 2023/1542

- La « Responsabilité Elargie du Producteur » (REP)
- Marquages obligatoires et déclaration de conformité CE
- Le passeport numérique batterie (DPP = Digital product passport)
- Autres dispositions à connaître

#### Tour de table



## Dimensionner les composants magnétiques : Transformateurs et inductances

*Dans le cadre des systèmes de conversion d'énergie, cette formation pratique vous apprend à dimensionner efficacement les transformateurs et les inductances à partir des spécificités de votre application. À travers une approche méthodique, vous saurez choisir le type de circuit magnétique, calculer les enroulements, optimiser les pertes et la matière utilisée.*

### OBJECTIFS

Connaître les différents types de matériaux et circuits magnétiques.  
Étudier les propriétés des différentes familles de matériaux magnétiques doux.  
Découvrir la technologie des bobinages.  
Apprendre à dimensionner les inductances et les transformateurs.  
Calculer les pertes magnétiques et électriques en vue de les réduire  
Étudier et dimensionner différents exemples d'inductances et de transformateurs.

### PUBLIC VISE

Ingénieurs et techniciens en charge de spécifier, concevoir et développer les convertisseurs AC/DC et DC/DC des alimentations des appareils électroniques, ainsi que de mettre ces équipements en conformité avec les exigences.

### PREREQUIS

Maîtriser les bases de l'électricité et de l'électronique.  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Enseignant-Chercheur spécialisé en Electronique de puissance, Compatibilité électromagnétique, Batteries industrielles, Energy Harvesting et Composants magnétiques  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours - Exemples - Assistance pédagogique sur le cours assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATE

Les 1<sup>er</sup> et 2 juillet 2026

### LIEU

Formation à distance  
Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.

### DUREE

2 jours – 14 h

### PRIX

1200 € HT (900 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Sophie BASSE-CATHALINAT

✉ cathalinat@captronic.fr

☎ 06 79 49 15 99

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### DIMENSIONNER LES COMPOSANTS MAGNETIQUES : TRANSFORMATEURS ET INDUCTANCES

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Technologie des matériaux et composants magnétiques

Applications du magnétisme et des circuits magnétiques

Bobinage : supports, fils, isolants, imprégnation...

Spécification des circuits et matériaux magnétiques : formes, propriétés magnétiques, influence d'un entrefer, pertes par hystérésis et courants de Foucault, influence de la température et de la fréquence.

##### Matériaux magnétiques doux

Tôles laminées en fer-silicium

Céramiques magnétiques : les ferrites

Matériaux à base de poudre

Alliages amorphes

Nanocristallins

#### Jour 2

##### Dimensionnement

Inductances :

Choix technologiques

Inductances sur circuit magnétique ferrite

Inductances sur tore de poudre

Transformateurs :

Relation de Boucherot

Choix technologiques

Courant magnétisant

Inductance de fuite : calcul, mesure, réduction

##### Exemples de dimensionnements

Inductance de 100  $\mu$ H ; 7 A

Sur circuit magnétique ETD

Sur tore de Kool Mu

Sur tore de poudre de fer

Sur poulie ferrite

Transfo convertisseur Flyback DCM de 30 W

Transfo convertisseur Flyback CCM de 200 W

Transfo de poste à souder MMA de 3,5 kW ; 120 A

Filtrage des bruits de MD et de MC

Inductancemètre avec mesure de la saturation

##### Spécifications

Circuits magnétiques ferrites

Fils de bobinage ronds en cuivre

Fils triple isolés

##### Tour de table



## Gestion Sécurisée du stockage et du transport routier des batteries lithium- ADR 1.3

*Avec cette formation vous allez acquérir les connaissances de base pour stocker et expédier des batteries lithium de façon sécurisée. Vous allez aussi vous conformer à l'obligation de formation dite ADR 1.3, qui concerne tout intervenant expédiant et transportant des batteries.*

### OBJECTIFS

Découvrir la réglementation et les règles de base pour préparer l'expédition et le transport de batteries lithium par voie routière, conformément à la réglementation ADR.

Mettre en place de bonnes pratiques pour stocker et gérer de façon sécurisée vos produits avec batteries lithium.

### PUBLIC VISE

Cette formation cible les responsables QHSE, qualité, hygiène, sécurité, Ingénieurs, Techniciens en charge de l'intégration, de la manipulation et de l'expédition des batteries.

### PREREQUIS

Aucune connaissance spécifique requise.

Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Expert/Formateur spécialiste de la sécurité des batteries lithium.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence. Support de cours numérique. Cas pratique Assistance pédagogique sur le cours assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Les 10 et 11 juin 2026

### LIEU

Formation à distance

*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.*

### DUREE

1,5 jour – 10,5 h

### PRIX

900 € HT (675 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Bérénice RABIA

✉ [rabia@captronic.fr](mailto:rabia@captronic.fr)

☎ 06 09 86 49 44

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### GESTION DES BATTERIES LITHIUM – EMBALLAGE, STOCKAGE ET TRANSPORT PAR VOIE ROUTIERE ADR 1.3

#### Jour 1 Matin

##### Tour de table

##### Les risques associés aux batteries lithium

- L'emballage thermique
- Les risques humains et matériels

##### Les profils de batteries lithium

##### Stockage et manutention

- Réglementation
- Stockage actif et stockage passif
- Focus sur la charge des batteries
- Sécurisation du stockage et de la manutention
- Organisation et protocoles de sécurité spécifiques

##### Cas pratique « stockage »

#### Jour 1 Après-midi

##### Transport

- Réglementation
- Focus transport routier (selon le profil des stagiaires)
- Types d'emballages et d'équipement de transport

##### Cas pratique « Transport »

##### Check list des bonnes pratiques de stockage et de transport

#### Jour 2

##### L'ADR 1.3

- Sa structure
- Intervenants et responsabilités
- Classification des marchandises dangereuses
- Le tableau A
- Les allègements et exemptions réglementaires
- Emballage, étiquetage et marquage
- Gestion administrative de l'expédition
- Le transport : unité de transport et équipage

##### Tour de table



## La thermique pour l'électronique

*Avec l'augmentation des puissances dissipées, la maîtrise des techniques de refroidissement des équipements électroniques devient indispensable dès les phases initiales des études, afin d'éviter des corrections coûteuses en cours de développement. Cette formation explique les phénomènes thermiques au sein des dispositifs électroniques et fournit les outils nécessaires pour dimensionner efficacement les procédés de refroidissement utilisés lors de la conception.*

### OBJECTIFS

Acquérir une connaissance précise des phénomènes physiques liés aux transferts de chaleur au sein des dispositifs électroniques.  
Connaître les différents procédés techniques d'évacuation de la chaleur dans ces systèmes.  
Apprendre à dimensionner avec précision les procédés thermiques adaptés à la conception des équipements électroniques ou électriques.

### PUBLIC VISE

Techniciens et ingénieurs en électronique.

### PREREQUIS

Bases mathématiques niveau bac, utilisation d'un tableur.  
Quelques notions théoriques nécessitent un niveau mathématique Bac+2 pour être totalement assimilés.  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Expert indépendant en Thermique-Energétique et Fluidique auprès des PME, Chercheur au laboratoire de l'Institut des Matériaux de Nantes (IMN).  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence. Support de cours. Etude de cas et TP. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Du 12 au 16 octobre 2026

### LIEU

Formation à distance  
*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.*

### DUREE

5 demi-journées – 17,5h

### PRIX

1500€ HT (1125 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Bérénice RABIA

✉ [rabia@captronic.fr](mailto:rabia@captronic.fr)

☎ 06 09 86 49 44

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### LA THERMIQUE POUR L'ELECTRONIQUE

#### Jour 1

##### Tour de table

#### 1. Modes de transfert de la chaleur

##### Transfert par conduction

Flux de chaleur, résistance thermique  
Résistance de contact, résistance de constriction  
Fiches techniques de fournisseurs  
Capacité thermique, constante de temps, diffusivité thermique

##### Transfert par convection

Convection libre et forcée  
Coefficient d'échange thermique  
Exemples de calcul de flux convectif  
Efficacité d'ailette  
Calculs de dimensionnement

##### Transfert par rayonnement

Rayonnement du corps noir, lois fondamentales (Planck, Wien, Stefan, Lambert)  
Emissivité, corps gris  
Echanges radiatifs entre corps (facteur de forme)  
Coefficient d'échange radiatif  
Exemples de calcul

#### Jour 2

#### 2. Dispositifs d'évacuation de la chaleur

##### Thermique des interfaces, films et pâtes

##### Méthodes classiques de refroidissement

Diffuseurs  
Dissipateurs  
Echangeurs  
Drains thermiques

##### Méthodes élaborées de refroidissement

Matériaux à changement de phase  
Caloduc, boucle diphasique  
Module Peltier  
Immersion liquide diélectrique  
Boucle froide

##### Analyse critique et comparative des méthodes, conseils d'utilisation, pièges à éviter

#### Jour 3

#### 3. Méthodes de calcul et simulation des transferts thermiques

##### Méthode de dimensionnement thermique et application à des cas pratiques

Dimensionnement thermique des pistes de PCB, norme IPC 2152  
Méthodes de calcul de la température d'un composant sur PCB, abaques Thermodel

Analyse thermique d'un dispositif et simplification

Calcul analytique élémentaire de dimensionnement

Analyse critique du résultat et recherche d'une optimisation

##### Exercices d'application

##### Méthodologie de la simulation

Que calcule-t-on, comment et pour quoi faire ?  
Equation de la chaleur et équation d'advection, équation de transfert des fluides  
Méthodes de résolution (analytiques, numériques), initiation aux logiciels de calcul avec étude d'un exemple

#### Jour 4

#### 4. Mesurage des grandeurs thermiques et fluidiques

Mesurage de température (thermistance, thermocouple, sonde platine, thermographie infrarouge)

Autres mesurages thermophysiques (flux d'air ou de liquide, flux de chaleur, capacité thermique, conductivité thermique, émissivité radiative, efficacité d'un dissipateur, résistance thermique d'interface)

#### Jour 5

#### 5. Formulaires et données numériques

##### Outils de calcul (tableur)

Coefficients de transfert  
Efficacité d'ailette  
Résistance de constriction

##### Tables de données : grandeurs thermophysiques et fluidiques des matériaux Unités, Formules utiles

#### 6. Etude de cas pratiques

##### Discussion libre autour des différentes situations proposées par les stagiaires

##### Tour de table



## Asservissement et commande moteur brushless

*Cette formation vous permettra de maîtriser les principes de l'asservissement, de dimensionner des machines électriques et de modéliser des systèmes complexes. Grâce à des activités pratiques, vous apprendrez à simuler des commandes moteur en temps réel, acquérant des compétences précieuses pour optimiser vos projets.*

### OBJECTIFS

Revoir les principes de l'asservissement des moteurs électriques.

Comprendre la modélisation et la structuration nécessaires pour dimensionner la chaîne de commande d'un moteur électrique.

Définir un modèle équivalent dans le but de concevoir une structure de commande adaptée.

### PUBLIC VISE

Ingénieurs et techniciens concepteurs ou utilisateurs de systèmes faisant intervenir des actionneurs électriques et désirant en appréhender précisément les fonctionnements statiques et dynamiques.

### PREREQUIS

Connaissances de bases en électricité.

Pour la modélisation des moteurs électriques, connaissance de la dynamique des systèmes préférable.

Notions d'asservissement.

Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Professeur agrégé des Sciences de l'Ingénieur, ancien cadre chez General Electric en dimensionnement des structures de puissance pour variateurs de vitesse.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de Cours et démonstrations pédagogiques. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Les 30 juin et 1<sup>er</sup> juillet 2026

### LIEU

Formation à distance

*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.*

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

1200€ HT (900 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Dorothée WALLART

✉ wallart@captronic.fr

☎ 06 30 92 27 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

*(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)*

### ASSERVISSEMENT ET COMMANDE MOTEUR BRUSHLESS

#### Jour 1

##### Tour de table

##### **Modélisation : étude temporelle et fréquentielle des systèmes asservis**

Méthode générale d'étude des systèmes asservis.

Identification des systèmes : étude de cas motorisation électrique.

##### **Introduction à l'asservissement et synthèse de correcteurs**

Étude et mise en place d'une architecture de commande pour amélioration des performances d'un système.

Introduction à l'asservissement et la régulation : notion de régulateur industriel, notion de boucle de régulation.

Présentation de la notion de correction et des correcteurs PID et méthode industrielle

Principe de synthèse des correcteur P et PI

Application VAL 206.

#### Jour 2

##### **Principe de fonctionnement, modélisation et commande des moteurs brushless AC et DC**

Constitution et principe de fonctionnement.

Modélisation du régime transitoire dans le domaine de Park.

Modélisation des moteurs brushless AC et DC et structuration d'une architecture de commande

Structuration d'un variateur de vitesse pour le pilotage du moteur.

Structure de commande en vitesse.

##### **Activités pratiques**

Simulation de l'asservissement du moteur brushless DC sous scilab et présentation du banc pour la commande en temps réel.

##### **Activités pratiques**

Simulation de l'asservissement du moteur brushless AC sous matlab : autopilotage scalaire et vectoriel.

##### Tour de table



## Conception d'une Chaîne de Traitement sous faible Bruit

*Cette formation vous permettra d'évaluer la performance d'une chaîne de mesure ou de traitement de signal en présence d'un Bruit et de comprendre les enjeux liés à la conversion A-N. Cette formation intègre un module relatif au « Traitement du Signal ».*

### OBJECTIFS

Revoir les outils Mathématiques en Traitement du Signal.  
Revoir les Variables Aléatoires.  
Notion de Fonctions aléatoires (intro. au Bruit).  
Identifier les bruits et leur origine physique : Johnson, Shot, Burst, Flicker... (aspect technologique).  
Simuler le rapport Signal/Bruit (SNR).  
Étudier le facteur de Bruit (composant et chaîne).  
Étudier un 1<sup>er</sup> étage de lecture à faible bruit.  
Étudier le filtrage analogique et numérique.

### PUBLIC VISE

Ingénieurs ou Techniciens en charge de spécifier ou de concevoir des produits devant intégrer une électronique analogique.

### PREREQUIS

Maîtrise des bases en Électronique et quelques notions en Traitement du Signal.  
Un PC avec droit administrateur pour installer des logiciels de simulation. Des liens de logiciels utiles pour ces simulations seront proposés (notons que les PC devront être équipés du tableur Excel).

### INTERVENANT

Expert industriel expérimenté dans les différents aspects de l'électronique analogique. Professeur à l'UGA en Électronique Analogique et en Mathématiques.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours, travaux dirigés et exercices pratiques. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Évaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Évaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation. Feuille de présence signée par chaque stagiaire et le formateur par demi-journée de formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation de présence.

### DATES

Du 24 au 26 novembre 2026

### LIEU

Villefontaine (38)

### DUREE

3 jours - 21 heures

### PRIX

2100 € HT (1500 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Dorothée WALLART

✉ wallart@captronic.fr

☎ 06 30 92 27 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### CONCEPTION D'UNE CHAÎNE DE TRAITEMENT SOUS FAIBLE BRUIT

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Éléments du Traitement du Signal

Rappel sur les bases du Traitement du Signal

Les transformées : de Fourier de Laplace et en « Z » (appli. filtrage)

Variables Aléatoires (appli. aux signaux)

Fonctions aléatoires (stationnarité et ergodicité)

#### Jour 2

##### « SOURCES DE BRUIT »

Introduction au bruit dit « blanc » et son origine thermique

Sources de bruits (Johnson, Shot, Flicker, ...)

Illustrations acoustiques (approche physiologique : temporelle et spectrale)

Principaux bruits en Électronique (Johnson, Shot, Flicker, ...)

##### « SNR »

Contribution au bruit de divers éléments dans un circuit (méthodologie)

Densité spectrale de bruit

Évaluation du SNR (définition et conventions)

#### Jour 3

##### « LOW NOISE DESIGN »

Facteur de bruit

Bruit intrinsèque des composants (modélisation)

Amplificateurs de tête → le 1<sup>er</sup> étage d'une Chaîne (critère de conception)

##### « TRAITEMENT NUMÉRIQUE DU BRUIT »

Dimensionnement d'un ADC

Filtre RIF, RII (rappel)

***La formation sera couverte par des Exemples durant l'exposé, des TD (Exercices pratiques dirigés) et des TP (Modélisations et Simulations) avec divers outils possibles en particulier : Tina, Scilab***

#### Jour 1 :

**TD 1.1 :** Transmission imparfaite #1 : donnée binaire erronée

**TD 1.2 :** Transmission imparfaite #2 : codage binaire erroné

**TD 1.3 :** Transmission imparfaite #3 : densité de parasites (spikes)

**TP #1 :** Réduction du Bruit BF par CDS

#### Jour 2 :

**TD 2.1 :** Calcul d'un bruit et prise en main de « TINA »

**TD 2.2 :** Bruit en sortie d'un OpA en montage inverseur

**TD 2.3 :** Source de Bruit prépondérante dans un circuit

**TD 2.4 :** SNR avec filtre RC

**TP #2 :** SNR en sortie d'une Sonde d'oscilloscope

#### Jour 3 :

**TD 3.1 :** Contribution en bruit de divers composants actifs

**TD 3.2 :** Analyse de spécifications

**TP #3 :** Filtrage numérique (transformation d'un filtre Analogique en Numérique)

**TP #4 :** Étude et simulation d'un ampli. trans-impédance (conception)

##### Tour de table



## Electronique analogique : l'amplificateur opérationnel en instrumentation

*Cette formation vous permettra de revoir les bases de l'utilisation des composants analogiques dans les fonctions principales associées aux capteurs, à l'amplification et au filtrage, en instrumentation.*

### OBJECTIFS

Revoir le fonctionnement de base des composants analogique : diodes, transistors, amplificateurs opérationnels.

Découvrir les fonctions principales analogiques : l'amplification et le filtrage.

Concevoir une chaîne de mesure pour l'instrumentation.

S'exercer à la simulation des fonctions de bases.

### PUBLIC VISE

Techniciens et Ingénieurs en charge de spécifier et de concevoir des produits devant intégrer une électronique analogique.

### PREREQUIS

Disposer de connaissances de base en électronique (diodes et transistors).

Un PC avec droit administrateur pour installer le logiciel de simulation LTSPICE. Des liens de logiciels utiles pour ces simulations seront proposés.

### INTERVENANT

Expert industriel expérimenté dans les différents aspects de l'électronique analogique.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours et exercices pratiques en simulation. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation. Feuille de présence signée par chaque stagiaire et le formateur par demi-journée de formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation à distance ou en présentiel

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

A la demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

*(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)*

### L'ELECTRONIQUE ANALOGIQUE : L'AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL EN INSTRUMENTATION

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Introduction

Rappels sur la conductivité des semi-conducteurs,  
La diode à jonction PN, Le transistor bipolaire, Les montages fondamentaux à transistor

##### Les amplificateurs opérationnels idéaux et réels

Interpréter les datasheets des amplificateurs réels

##### Travaux pratiques sous LTSPICE :

Simulation d'un amplificateur opérationnel à partir de transistors bipolaires

#### Jour 2

##### Les montages fondamentaux à amplificateurs opérationnels

Amplificateur inverseur, non inverseur et leur simulation  
Le Filtrage du premier et du second ordre

##### Travaux pratiques sous LTSPICE :

Simulation de filtres du premier et du second ordre

##### Les autres composants actifs et leurs applications

Les générateurs de signaux  
Modulation / démodulation

Chaine de mesure / conditionnement, acquisition et traitement des signaux de mesure.

Bien gérer la frontière entre analogique et numérique.

##### Tour de table



## Électronique de puissance : Topologies et spécifications des convertisseurs, choix des composants

*Grâce à cette formation, maîtrisez les fondamentaux de l'électronique de puissance : identifiez les principales topologies de convertisseurs (buck, boost, LLC...), apprenez à lire les datasheets des composants clés (transistors, selfs, condensateurs) et spécifiez efficacement vos architectures. Formation pratique pour ingénieurs et techniciens souhaitant optimiser leurs conceptions et découvrir l'apport du GaN et du SiC.*

### OBJECTIFS

Savoir lire et comprendre les datasheets des composants

Comprendre les enjeux des composants Gan SiC.

Découvrir les topologies principales buck, boost, onduleur, et convertisseurs dont le DC/DC type LLC.

Être capable de spécifier un convertisseur de puissance et de dimensionner son besoin en termes de composants et architecture.

### PUBLIC VISE

Techniciens et Ingénieurs support applicatif, BE et/ou R&D en charge de spécifier et de concevoir des cartes devant intégrer une électronique dite de puissance.

### PREREQUIS

Connaissances de base en électronique (utilisation des condensateurs et transistors).

Pour la formation à distance, disposer d'un PC, avec webcam micro, et une liaison Internet sont requis.

### INTERVENANT

Industriel, ingénieur puissance « senior » 25 ans d'expérience, formateur.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Ateliers, support de cours et étude de cas. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation. Feuilles de présence signées par chaque stagiaire et le formateur par demi-journée de formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation de présence.

### DATES

Du 20 au 21 mai 2026

### LIEU

En présentiel à Toulouse (31) ou à distance (places limitées)

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

1400 € HT (1000 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Sophie BASSE-CATHALINAT

✉ cathalinat@captronic.fr

☎ 06 79 49 15 99

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### ÉLECTRONIQUE DE PUISSANCE : SPECIFICITES DES CONVERTISSEURS ET DIMENSIONNEMENT DES COMPOSANTS

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Atelier de « reverse ingénierie » : découverte des composants de puissance

- Alimentation de PC
- Convertisseur DC/DC
- Buck GaN
- Tout produit apporté par les stagiaires sera analysé

##### Contraintes de l'électronique de puissance

- Boîtiers de transistors (minuscules GaN, SiC, D2PAck, TO247, modules ...) et calculs thermiques
- Rappel des topologies de base (buck, boost, onduleur, DAB, ...)

##### Atelier de décryptage des datasheets de composants de puissance

- Datasheet de transistor de puissance
- Datasheet de condensateur et compréhension des technologies en fonction des fréquences de switching (polypropylène, électrochimique, ...)
- Datasheet de self

#### Jour 2

##### Les spécificités et enjeux de l'électronique de puissance

- Le codage micro embarqué temps réel (high resolution PWM, interruptions, DMA, ADC ...)
- Le design des PCB de puissance (forts courants, fortes tensions, diélectriques élevés, clearance, creepage, extraire les calories de petits packages, CEM, ...)
- Comparaison des topologies à commutation « dure » et commutation « douce »
- Spécificités de la CEM en électronique de puissance, étude du cas d'un onduleur de datacenters de plusieurs kW embarquant 3 convertisseurs (AC/DC, DC/DC, DC/AC)
- Introduction rapide aux normes applicables aux convertisseurs de puissance (sécurité, performance, CEM, environnement)

**Exercice : étude de cas complète** sur la réalisation **d'un convertisseur DC-DC résonnant LLC** (isolé, commutation douce, fréquence élevée, rendement >98%)

- Explication du fonctionnement de cette topologie « moderne »
- Les étapes de dimensionnement (selfs, transistors, condensateurs, transformateur)
- La fréquence de switching (possible jusqu'à 1MHz !)
- Détails de routage
- La cellule de commutation optimale, inductances parasites en HF

##### Tour de table



## L'électronique de puissance pour la conversion d'énergie : Hacheur DC/DC et onduleur DC/AC

*Cette formation offre une immersion complète dans l'électronique de puissance appliquée à la conversion d'énergie. À travers hacheurs DC/DC et onduleurs DC/AC, elle permet de comprendre les technologies, analyser les signaux et dimensionner les composants. Idéale pour techniciens et ingénieurs souhaitant concevoir des systèmes intégrant des structures de puissance modernes.*

### OBJECTIFS

Connaitre les différentes technologies (hacheur / onduleur) de la conversion d'énergie en électronique de puissance.  
Savoir caractériser les signaux électriques et dimensionner les composants lors des simulations.

### PUBLIC VISE

Techniciens et Ingénieurs en charge de spécifier et de concevoir des produits devant intégrer une électronique dite de puissance.

### PREREQUIS

Disposer des connaissances de base en électronique (diodes et transistors) et électrocinétique (lois de Kirchhoff).

Un PC avec webcam, haut-parleur, micro, liaison Internet et droits administrateurs sont requis (installation du logiciel de simulation Psim). Des liens de logiciels utiles pour ces simulations seront proposés.

### INTERVENANT

Professeur agrégé, ancien cadre chez General Electric en dimensionnement des structures de puissance pour variateurs de vitesse.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence, Support de cours et exercices. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité

### DATES

Les 26 et 27 mai 2026

### LIEU

Formation à distance  
Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

1200 € HT (900 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Dorothée WALLART

✉ wallart@captronic.fr

☎ 06 30 92 27 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### L'ELECTRONIQUE DE PUISSANCE POUR LA CONVERSION D'ENERGIE : HACHEUR DC/DC ET ONDULEUR DC/AC

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Introduction

- Présentation de l'électronique de puissance et des innovations de composants et d'architecture.
- Présentation des règles de base de l'électronique de puissance.
- Apport des nouvelles générations de semiconducteurs, dites « grand gap » SiC et GaN » en termes de performance (densité de puissance, rendement)
- Présentation d'architectures industrielles innovantes (IFA, bornes de recharge, VAL 206, ...).

##### Les hacheurs : convertisseurs DC/DC

- Convertisseur Buck
- Convertisseur Boost
- Convertisseur Buck-Boost
- Architectures principales des alimentations à découpage
- Etude de cas : Etude d'un compresseur à vis, dimensionnement des interrupteurs de puissance sur un hacheur Buck, choix de l'inductance de lissage.

##### Travaux pratiques sous Psim :

- Etude du variateur de vitesse pour ascenseur association « redresseur + hacheur + Moteur à courant continu »

#### Jour 2

##### Les onduleurs : convertisseurs DC/AC

- Introduction à la conversion DC/AC
- Différentes stratégies de pilotage industriel : commande pleine onde, commande décalée et Modulation par Largeur d'Impulsion
- Structure de l'onduleur triphasé

##### Travaux pratiques sous Psim :

- Etude de différentes stratégies de commande d'un onduleur triphasé pour le pilotage d'un moteur Brushless.

##### Notion de thermique des composants

- Modèle électrique équivalent
- Pertes dans les composants
- Bilan de puissance dans un convertisseur de puissance

##### Tour de table



## Introduction au contrôle des systèmes asservis industriels

*Cette formation aborde les deux types de systèmes asservis : la régulation, qui vise à maintenir une grandeur constante malgré les perturbations (par exemple, la température de chauffage), et l'asservissement, qui vise à faire suivre une loi à une grandeur physique (par exemple, un radar ou la poursuite d'une trajectoire). Elle vous fournira la méthodologie nécessaire pour étudier et simuler ces systèmes asservis.*

### OBJECTIFS

Comprendre l'automatique et les systèmes linéaires.  
Définir les structures de commande d'un système.  
S'exercer à la simulation des systèmes automatiques.

### PUBLIC VISE

Ingénieurs exerçant leur activité dans tous les secteurs industriels, non-initiés à la pratique des asservissements.

### PREREQUIS

Formation en mathématiques et en physique correspondant à un niveau bac+2. (Connaissance des nombres complexes, des concepts de transformation de Laplace, de représentation fréquentielle du comportement des systèmes.

Un PC avec droit administrateur pour installer le logiciel de simulation Scilab ou Matlab Simulink. Des liens de logiciels utiles pour ces simulations seront proposés. Un PC avec webcam, haut-parleur et micro et une liaison Internet sont requis.

### INTERVENANT

Professeur agrégé, ancien cadre chez General Electric en dimensionnement des structures de puissance pour variateurs de vitesse.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de Cours et exercices pratiques en simulation. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité ou de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation à distance ou en présentiel

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

A la demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### INTRODUCTION AU CONTROLE DES SYSTEMES ASSERVIS INDUSTRIELS

#### Jour 1

##### Tour de table

##### **Etude des performances temporelles et fréquentielles d'un Système Linéaire Continu Invariant SLCI**

Méthode générale d'étude d'un SLCI

Analyser le comportement temporel des systèmes du 1<sup>er</sup> et du 2<sup>nd</sup> ordre

Méthode pour tracer les diagrammes de Bode (gain et phase) d'un SLCI complexe

##### **Travaux dirigés**

Evaluer le comportement temporel et fréquentiel des SLCI : Etude d'un radar d'avion.

##### **Travaux pratiques sous Scilab ou Matlab :**

Simulations de SLCI analyse des performances en boucle ouverte : régulation de la température d'un four.

#### Jour 2

##### **Etude des correcteurs et de la structuration de l'asservissement**

Introduction à l'asservissement et la régulation : notion de régulateur industriel, notion de boucle de régulation.

Présentation de la notion de correction et des correcteurs PID et méthode industrielle

Principe de synthèse des correcteur P et PI

Introduction à l'asservissement échantillonné pour les systèmes industriels numériques : application à la commande numérique d'un moteur à courant continu

Principe de la mise en place de la structuration de commande et introduction à la Représentation énergétique Macroscopique développée en recherche industrielle (Valeo, PSA, ...).

##### **Travaux dirigés**

Evaluer les performances (précision, rapidité et stabilité) des systèmes asservis : asservissement en vitesse du VAL 206 (métro automatique sans conducteur)

##### **Travaux pratiques sous Scilab ou Matlab :**

Simulation d'un système asservi : application à la commande d'un rétroviseur électrique et asservissement de la tension d'une ASI (Alimentation Sans Interruption)

##### Tour de table



## Fiabilité des assemblages électroniques en environnements sévères : Optimisation de la conception pour une meilleure durabilité

*Boostez la fiabilité de vos produits électroniques grâce à une formation experte dédiée à la conception de cartes pour environnements sévères. Optimisez vos choix de composants, maîtrisez les contraintes thermiques, mécaniques et climatiques, et améliorez la tenue des brasures pour des performances durables. Cette formation vous permettra de réduire les risques et de concevoir des cartes électroniques robustes, sûres et conformes aux exigences environnementales.*

### OBJECTIFS

Maîtriser les enjeux liés aux environnements climatiques, thermiques et vibratoires.

Concevoir des équipements fiables et adaptés à leur profil d'utilisation.

Minimiser les erreurs de conception, les coûts de développement et les retours en service.

### PUBLIC VISE

Techniciens et Ingénieurs Méthodes, Qualité, Concepteurs / Développeurs, Chefs de projets / produits.

### PREREQUIS

Première expérience en conception de carte et /ou gestion de projet électronique est préférable. Un PC avec webcam, haut-parleur et micro et une liaison Internet sont requis.

### INTERVENANT

Ingénieur, Expert en Assemblage Electronique.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence. Support de cours avec cas d'usages et retours d'expériences. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Les 28 avril 2026

### LIEU

Formation à distance

*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.*

### DUREE

1 jours – 7 h

### PRIX

700 € HT (550 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Darlane COUTURIER

✉ [couturier@captronic.fr](mailto:couturier@captronic.fr)

☎ 06 37 46 07 65

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### FIABILITE DES ASSEMBLAGES ELECTRONIQUES EN ENVIRONNEMENTS SEVERES : OPTIMISATION DE LA CONCEPTION POUR UNE MEILLEURE DURABILITE

#### Matin

##### Tour de Table

##### Introduction générale

Enjeux de la fiabilité des assemblages électroniques en environnements sévères

Présentation des principaux modes de défaillance

Notion de profil de vie des équipements

##### Principes de conception pour la tenue en environnement

###### Conception des équipements

Fonction de transfert des boîtiers

Règles de conception de premier niveau

###### Conception des cartes électroniques

Conformité aux réglementations environnementales

Introduction à la tenue thermomécanique des brasures

Critères de choix des composants

Propriétés des circuits imprimés : matériaux, structure des couches, etc.

#### Après-midi

##### Contraintes physiques et environnementales

###### Contraintes thermiques

Dissipation thermique

###### Contraintes thermomécaniques

Métallurgie des brasures

Initiation aux calculs de tenue des brasures aux contraintes thermomécaniques

###### Contraintes mécaniques

Vibrations et chocs : principes de conception pour la tenue mécanique

Flexion statique des cartes

###### Contraintes climatiques

Humidité, corrosion, gel/dégel, etc.

###### Technologies complémentaires de robustification

Collage, underfill, enrobage, matelas conducteurs, etc.

##### Conclusion

Synthèse des bonnes pratiques

Pistes d'amélioration continue en conception

##### Questions/réponses

##### Tour de table



## Fiabilité des composants électroniques

*La fiabilité des composants électroniques est essentielle pour assurer la sûreté de fonctionnement et la sécurité fonctionnelle, permettant d'anticiper et d'éviter les défaillances des systèmes et garantissant ainsi la pérennité des produits électroniques. Cette formation a pour objectifs de comprendre les principes et les calculs de fiabilité électronique, d'acquérir l'autonomie dans leur analyse, et de savoir les utiliser.*

### OBJECTIFS

Comprendre les calculs de fiabilité électronique  
Être capable de les analyser en vue de devenir autonome  
Comprendre comment ces données sont utilisables dans les activités de Sûreté de Fonctionnement et de Sécurité Fonctionnelle.  
Comprendre l'utilisation des outils de calcul de fiabilité.

### PUBLIC VISE

Personnes ayant une formation équivalente à celle d'une école d'ingénieur et techniciens supérieurs avec de l'expérience dans un des domaines abordés.  
Les personnes des services qualité sont également ciblées car elles sont les garantes des démarches.

### PREREQUIS

Connaissance en électronique et en technologie des composants.  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Consultant Sécurité Fonctionnelle, Sûreté de fonctionnement et Maîtrise des Risques  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours - Etude de cas. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Les 25 et 26 mars 2026

### LIEU

Formation à distance  
*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.*

### DUREE

2 jours – 14 h

### PRIX

1200 € HT (900 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Bérénice RABIA

✉ [rabia@captronic.fr](mailto:rabia@captronic.fr)

☎ 06 09 86 49 44

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### FIABILITE DES COMPOSANTS ELECTRONIQUES

#### Jour 1

##### Tour de Table

##### **Les grands principes de la fiabilité électronique (lois, mise en œuvre, applications,)**

La présentation des différents paramètres de fiabilité ainsi que les lois appliquées permettront de mieux appréhender les notions de fiabilité, de taux de défaillance, de MT BF, ...

##### **Les essais accélérés**

Une présentation de ces types d'essais permettra de comprendre comment les fabricants de composants mettent à disposition des données de fiabilité constatée. Les approches permettront également de comprendre comment il est envisageable de définir un programme de déverminage au travers de l'exploitation de données d'essais réalisés.

##### **Les recueils de calcul (MIB HDBK 217, IEC62380, les guides FIDES 2009 et 2022...)**

La présentation de différents guides de prédiction permettra de comprendre les grands principes de base et leurs évolutions au cours des années de sorte à être au plus près de la réalité du terrain.

#### Jour 2

##### **Guide FIDES (Principes et Pi Process)**

Une présentation du guide Fides et du principe de calcul du Pi Process sera faite de sorte à être en mesure d'utiliser l'outil de calcul associé.

##### **Utilisation de l'outil Expertool**

En séance, une exploitation de l'outil sera faite. Une présentation des modifications envisageables sur le profil de mission, au niveau des composants sera faite pour démystifier l'utilisation de l'outil

##### **Travaux pratiques**

Utilisation de l'outil expertool (soit par le formateur soit par les stagiaires)

##### **Utilisation des données de fiabilité dans les démarches de » Sûreté de fonctionnement et de Sécurité Fonctionnelle**

Au travers de cette généralisation, l'importance des données de fiabilité sera déclinée au travers leur exploitation dans les concepts de sûreté de fonctionnement et de sécurité fonctionnelle.

##### **Tour de table**



## Sécurité Fonctionnelle et Sûreté de Fonctionnement en conception électronique

*Cette formation explore la FMDS (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité, Sécurité), la Sûreté de Fonctionnement et la Sécurité Fonctionnelle dans les systèmes embarqués. Vous y découvrirez les enjeux, les prérequis et les opportunités du marché. Elle vous aidera à assurer la conformité de vos produits (SIL, PL, ASIL, DAL...) grâce aux méthodologies de SdF et aux démarches qualité. Renforcez vos compétences et assurez la qualité et la sécurité de vos innovations !*

### OBJECTIFS

Avoir une vue d'ensemble cohérente des concepts sûreté et sécurité fonctionnelle.

Identifier et démystifier les différentes réglementations qui s'appliquent.

S'exercer sur des études de cas industriels.

### PUBLIC VISE

Techniciens et ingénieurs concepteurs et développeurs de systèmes embarqués, Architectes système, Chefs de projet, Responsables qualité.

### PREREQUIS

Des notions de statistiques et de probabilité sont nécessaires pour une bonne assimilation de la formation.

Avoir des notions de déploiement des processus qualité est un plus.

Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Consultant Sécurité Fonctionnelle, Sûreté de fonctionnement et Maîtrise des Risques.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours - Etude de cas - Assistance pédagogique sur le cours assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Les 17 et 18 mars 2026

### LIEU

Formation à distance

*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.*

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

1200 € HT (900 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Sophie BASSE-CATHALINAT

✉ cathalinat@captronic.fr

☎ 06 79 49 15 99

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### SECURITE FONCTIONNELLE ET SURETE DE FONCTIONNEMENT EN CONCEPTION ELECTRONIQUE

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Les fondamentaux

- Notions de Fiabilité, Maintenabilité et Sécurité
- Fondamentaux de la fiabilité (taux de défaillance, MTBF...)
- Notions de pannes dangereuses
- Notions de taux de couverture,
- Mise en œuvre

##### Le déploiement en phase avec le système Qualité

- Analyse des requis qualitatifs des normes
- Contraintes en fonction des phases de vie
- Le plan de management de ces activités spécifiques

##### Les méthodes de Sûreté de Fonctionnement

- Les analyses de risques
- Les AMDEC
- Les arbres de défaillances

#### Jour 2

##### Positionnement des différentes normes (CEI61508, CEI61511, CEI61513, CEI62061, ISO26262, ISO13849...)

- Positionnement de ces normes,
- Applicabilité pour les systèmes électroniques de commande,
- Restriction d'utilisation...

##### Introduction & bases

- Appréciation des niveaux de risque,
- Définition des niveaux de SIL, PL, ASIL...
- Relation entre ces différentes notions

##### Contrainte architecturale

- Interprétation des requis des normes,
- Déclinaison vers les différents contributeurs
- Mise en œuvre
- Notions de preuve...

*Des études de cas illustreront les présentations théoriques tout au long de la formation*

##### Tour de table



## Cybersécurité des systèmes embarqués et des objets connectés (IoT) – Conformité CRA (Cyber Résilience Act)

*Cette formation au format court propose une sensibilisation au sujet de la cybersécurité des systèmes embarqués qui vous permettra d'avoir un premier niveau de connaissance pour comprendre les enjeux, les normes et la notion d'analyse des risques potentiels en cybersécurité sur les produits.*

### OBJECTIFS

Fournir les clés et des connaissances de base en cybersécurité.  
Comprendre les enjeux, les processus et méthodes de protection.  
Evaluer pour le maîtriser, le risque cyber spécifique à l'industrie et à l'IoT en particulier.  
Disposer d'une vision globale de la réglementation.

### PUBLIC VISE

Techniciens et ingénieurs qui doivent monter en compétences en cybersécurité industrielle.

### PREREQUIS

Connaissances générales en conception électronique ou sur un système d'information ou une supervision de production.  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Ingénieur conseil expérimenté, référent du diagnostic cybersécurité CAP'TRONIC.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours – Retour d'expérience.  
Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATE

Le 24 mars 2026

### LIEU

Formation à distance  
*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise*

### DUREE

1 jour – 7h

### PRIX

700€ HT (550 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Dorothée WALLART  
✉ wallart@captronic.fr  
☎ 06 30 92 27 32  
Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

*(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)*

### CYBERSECURITE DES SYSTEMES EMBARQUES ET DES OBJETS CONNECTES (IOT) – CONFORMITE CRA (CYBER RESILIENCE ACT)

#### Matin

##### Tour de table

##### Introduction

Le contexte de la cybersécurité pour les systèmes embarqués.

##### Pourquoi se préoccuper la de cybersécurité des systèmes embarqués

Exemple d'attaques : de l'IoT à l'industrie 4.0

Panorama des principaux vecteurs d'attaque

##### Les fondamentaux de la cybersécurité

Protection des données

Mythes et légendes en matière de cybersécurité

La « mécanique » de l'attaque

#### Après- Midi

##### Bonnes pratiques : la gestion des risques

Stratégie de la gestion des risques cyber

La gestion du risque cyber en 6 objectifs

Principes d'une analyse du risque cyber : la méthode EBIOS

Exemples

##### Bonnes pratiques : la gestion des vulnérabilités

##### Bonnes pratiques : la revue de code

##### Bonnes pratiques : la cybersécurité dès la conception

Le cycle du « secure by design »

Les principes

Exemples

##### La vision réglementaire en cybersécurité pour l'Iot et l'industrie

Normes identifiées : RED / EN 18031, Nouveau règlement machine, Cyber Resilient Act Européen

##### Tour de table



## Cybersécurité des systèmes embarqués pour les développeurs : Rappel des normes EN18031 et Cyber Resilience Act

*Cette formation vous présente les principales vulnérabilités matérielles et logicielles d'un système embarqué, et vous apprend à mettre en place des stratégies de défense efficaces. Au programme : introduction à la sécurisation cryptographique, mise en œuvre de l'approche Secure by Design pour les architectures ARM, et rappels essentiels sur les normes EN 18031 et le Cyber Resilience Act. Renforcez la sécurité de vos projets embarqués et assurez leur conformité réglementaire.*

### OBJECTIFS

Découvrir les vulnérabilités possibles d'un système embarqué.  
Découvrir les bonnes pratiques de sécurisation cryptographique  
Découvrir l'approche secure by design ARM.  
Anticiper les risques d'attaques dès la conception et penser la sécurité du système dans son ensemble pour préparer sa défense.

### PUBLIC VISE

Développeurs intéressés par les aspects de sécurité des produits connectés : ingénieurs ou techniciens hardware / logiciel embarqué.  
Pour les architectes systèmes embarqués, les responsables en charge de cybersécurité qui ne développent plus, les TP sont accessibles et guidés par le formateur.

### PREREQUIS

Une expérience en développement de systèmes embarqués sur MCU et/ou MPU est nécessaire. Les TP de mise en œuvre sont en langage C.  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Expert en cybersécurité en conception de cartes et programmes embarqués.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours. Démonstrations - Travaux pratiques - Assistance pédagogique assurée par le formateur 1 mois après la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par la remise d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation. Feuille de présence signée par chaque stagiaire et le formateur par demi-journée de formation en présentiel.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation de présence ou attestation d'assiduité.

### DATES

Du 9 au 11 juin 2026

### LIEU

En présentiel à Labège ou à distance (places limitées).  
*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.*

### DUREE

3 jours – 21h

### PRIX

2 500 € HT (1 900 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Sophie BASSE-CATHALINAT

✉ cathalinat@captronic.fr

☎ 06 79 49 15 99

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### CYBERSECURITE DES SYSTEMES EMBARQUES POUR LES DEVELOPPEURS : RAPPEL DES NORMES EN18031 ET CYBER RESILIENCE ACT

#### Tour de table

#### Jour 1: Introduction à la cyber sécurité des systèmes embarqués

##### Module 1 : Etat des lieux de la cyber sécurité des systèmes embarqués

Top 10 des menaces les plus courantes

Pourquoi sécuriser son système embarqué

Protéger l'infrastructure réseau

Protéger les biens ou la sécurité physique du client final

Protéger la propriété intellectuelle

Niveau de maturité des produits embarqués actuels en matière de sécurité

Sécurité des systèmes à base de MCU vs MPU

Verrons techniques et contraintes liées à la sécurisation des produits embarqués

##### Module 2 : Taxonomie des attaques contre les systèmes embarqués à base de MCU

L'analyse préliminaire d'un produit :

Recherche de vulnérabilités publiques

Techniques et outils de rétro-ingénierie matérielle

Techniques et outils de rétro-ingénierie logicielle

La découverte de vulnérabilités

Méthodes passives : écoute réseau, probing et side-channel

Méthodes actives : le fuzzing aux interfaces et ports de debug

Exploitation de vulnérabilités :

Attaques RF par SDR (spoofing GPS, répéteur RF, sécurité du GSM, etc.)

Attaques sur le réseau

Attaques logicielles du type Buffer/Int overflow.

Attaques side-channel avec et sans accès physique au produit

Attaques par glitches électriques

Cas pratique : Analyse de sécurité de la clé de chiffrement Wookey de l'ANSSI

##### Module 3 (partie 1) : TP mise en place d'un mécanisme de FOTA et démarrage sécurisé

Présentation de MCUboot

Les modes de mises à jour

L'anti rollback

Le chiffrement du firmware

Configuration et déploiement de MCUboot avec Zephyr OS

#### Jour 2 : Préparer sa défense

##### Module 4 : Analyse de risque et cadre réglementaire

Cadre réglementaire (EN18031, Cyber Resilience Act, certification CSPN..)

Définir son problème de sécurité

Bien, menaces, modèle d'attaquant, hypothèses

Analyser le risque de façon simple

Evaluer la gravité d'une attaque (selon la méthode ANSSI CSPN)

Cas pratique : Rédaction d'une ébauche de cible de sécurité pour tracking d'assets ou smart meter ou caméra connectée

##### Module 5 : Notions de cryptographie

Cryptographie symétrique authentifiée ou non

AES et ses modes de chiffrement

Cryptographie à clé publique et PKI

RSA et ECDSA

Négociation de clés cryptographiques

Introduction au concept de PKI

Algorithmes de hachage et de MAC

SHA, HMAC, CMAC

Diversification des clés cryptographiques et génération d'aléa

##### Module 3 (partie 2) : TP mise en place d'un mécanisme de FOTA et démarrage sécurisé

Suite et fin du TP

##### Module 6 (partie 1) : TP mise en place d'une connexion TLS avec MbedTLS et Zephyr OS

Développement d'un serveur echo non sécurisé

Génération d'une infrastructure PKI avec Open SSL

Développement d'un serveur echo sécurisé avec TLS

#### Jour 3 : L'approche Secure by Design

##### Modules 7 : Développer de façon sécurisée

Les bonnes pratiques

Processus de développement

Etude de cas pratiques : recherche de vulnérabilités, durcissement de code.

##### Module 8 : Mécanismes de sécurité génériques

Cycle de vie pour la sécurité, Attestation

Démarrage sécurisé, Mise à jour sécurisée

Communications sécurisées

Partitionnement logique

Binding

##### Module 9 : Sécurité avancée avec ARM TrustZone

Zoom sur l'extension de sécurité

TrustZone pour Cortex M23 et M33

Présentation générale du TF-M

Les services de sécurité offerts par le TF-M

Le problème du provisionnement des clés à grande échelle

##### Module 6 (partie 2) : TP mise en place d'une connexion TLS avec MbedTLS et Zephyr OS

Suite et fin du TP.

#### Tour de table



## Cybersécurité des systèmes industriels : IEC 62443- Comprendre la norme pour sécuriser son architecture

*Cette formation vise à sensibiliser les architectes de systèmes et de produits aux préoccupations, problèmes, contraintes et défis en matière de cybersécurité qui peuvent avoir un impact sur leurs responsabilités actuelles, leurs livrables et leur travail quotidien.*

*Les produits ou systèmes industriels ne sont globalement pas toujours à l'épreuve d'attaques souvent basiques. Une entreprise doit prendre en compte la gestion des risques associés à ces menaces. L'architecture des produits et des systèmes doit ensuite être repensée pour intégrer la dimension cybersécurité.*

### OBJECTIFS

Sensibiliser les participants aux principaux risques cyber et aux attaques classiques afin de concevoir des produits et des systèmes industriels plus robustes

Découvrir les principes de sécurité en profondeur, la cryptologie

Identifier et comprendre les normes liées à l'analyse des risques ISO 27002, ISO 27005 et IEC62443.

### PUBLIC VISE

Ingénieurs ou architectes en charge de la conception d'un produit ou système communicant ainsi que les professionnels de la sécurité IT responsables en sécurité industrielle, consultants, auditeurs en sécurité industrielle.

### PREREQUIS

Aucune expérience en sécurité industrielle n'est nécessaire. Néanmoins des connaissances en systèmes industriels ainsi que quelques notions en informatique, électronique, logiciel embarqué sont souhaitables.

Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Auditeur, formateur expérimenté en cyber sécurité.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours - Ateliers - Assistance pédagogique sur le cours assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Du 7 au 9 juillet 2026

### LIEU

Formation à distance

Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.

### DUREE

3 jours – 21h

### PRIX

2500 € HT (2150 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Sophie BASSE-CATHALINAT

✉ cathalinat@captronic.fr

☎ 06 79 49 15 99

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### CYBERSECURITE DES SYSTEMES INDUSTRIELS – IEC 62 443 COMPRENDRE LA NORME AFIN DE SECURISER SON ARCHITECTURE

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Introduction

##### Cybersécurité dans le monde industriel

Comprendre la cybersécurité dans le contexte industriel

Menaces et méthodologies d'attaques

Divergence et convergence IT / OT

##### Norme ISA/IEC 62443

Comprendre les concepts de la norme

Processus d'évaluation des risques

Évaluation initiale des risques détaillés

Acceptation et comparaison des risques

##### Ateliers

WS1 – Définir le système considéré

WS2 – Effectuer l'évaluation initiale des risques

WS3 – Partitionnement des Zones et conduits

#### Jour 2

##### Norme ISA/IEC 62443

Processus d'évaluation détaillée des risques

##### Défense en profondeur

Systèmes - Sécurité physique

Systèmes – Sécurité périmétrique

Systèmes - Sécurité interne des réseaux

##### Démonstration

Cas classique de Mifare

Attaque par Brute force WPA2 et usurpation ARP

Crypto : Mauvaise implémentation du chiffrement

##### Cryptographie

Symétrique et asymétrique • Certificat et PKI (Infrastructure à clés publiques)

Fonction de hachage avec "sel" et "poivre"

##### Ateliers

WS4 – Évaluation des risques détaillée (1/2) –

Scénarios de menaces

#### Jour 3

##### Norme ISA/IEC 62443

Cycle de vie du développement d'un produit sécurisé

Exigences fondamentales

##### Défense en profondeur

Produit – Sécurité de l'hôte

Produit – Sécurité des applications

Produit – Sécurité des données

##### Démonstration

Rubber Ducky – Attaque USB

Radiofréquence – Attaque par rejeu

##### Ateliers

WS5 – Évaluation des risques détaillée (2/2) – Estimation des risques

WS6 – Définition des niveaux de sécurité

WS7 – Spécification des exigences de cybersécurité

##### Détails sur les vulnérabilités

MCS, CVE & CVSS

##### Tour de table



## Cybersécurité et analyse des risques des systèmes embarqués- Découverte de la méthode EBIOS RM

*Face aux risques croissants liés aux technologies connectées, cette formation a pour objectif de fournir les clés pour maîtriser les risques cyber et garantir la sécurité des produits lors de leur conception. À travers la méthode EBIOS RM, les participants apprendront à sécuriser leurs produits tout en se préparant aux exigences du Cyber Resilient Act Européen.*

### OBJECTIFS

Obtenir les clés et des connaissances de base en cybersécurité.  
Evaluer pour le maîtriser, le risque cyber spécifique aux systèmes embarqués  
Découvrir la méthode EBIOS RM  
Se préparer à la mise en place du CYBER RESILIENT ACT Européen.

### PUBLIC VISE

Techniciens et ingénieurs qui doivent monter en compétences en cybersécurité en conception de produits.

### PREREQUIS

Connaissances générales en conception électronique.  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Ingénieur conseil expérimenté, référent du pré-diagnostic cybersécurité CAP'TRONIC, formé à la méthode EBIOS RM (Certification ISO ASTON Institut).  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Support de cours – Retour d'expérience et exercices. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité

### DATES

Le 3 février ou le 16 juin 2026

### LIEU

Formation à distance  
*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise*

### DUREE

1 jour - 7 h

### PRIX

700,00 € HT (550,00 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Bérénice RABIA

✉ [rabia@captronic.fr](mailto:rabia@captronic.fr)

☎ 06 09 86 49 44

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap



## PROGRAMME DETAILLE

*(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)*

### CYBERSECURITE ET ANALYSE DES RISQUES DES SYSTEMES EMBARQUES - DECOUVERTE DE LA METHODE EBIOS RM

#### Jour 1

##### Matin

##### Tour de table

##### Introduction

Le contexte de la cybersécurité pour les systèmes embarqué et l'IoT

##### La vision réglementaire en cybersécurité pour l'IoT et l'industrie

Présentation des principales Normes identifiées : NIS2, IEC 62443, ETSI 303645, 18031 et RED, Cyber Resilient Act Europeen

##### Bonnes pratiques : la gestion des risques

Stratégie de la gestion des risques cyber

Principes d'une analyse du risque cyber : la méthode EBIOS

##### Après- Midi

Exemples

Exercice sur l'analyse de risque

##### Bonnes pratiques : la cybersécurité dès la conception

Le cycle du « secure by design »

Les principes

Exemples.

##### Tour de table



## Cybersécurité et conformité automobile- ISO 21434

*Cette formation présente les fondamentaux de la cybersécurité et les problématiques associées au domaine automobile. Elle vise à comprendre comment mener à bien une politique de sécurité cohérente et efficace.*

### OBJECTIFS

L'objectif est de comprendre et se sensibiliser au travers de la norme ISO/SAE 21434 ce qu'est :

Une politique de cyber sécurité, les règles et processus spécifiques.

L'instauration et le maintien d'une culture cyber sécurité.

La gestion et l'évaluation du risque.

L'intégration de la cyber sécurité au sein des phases du cycle de vie.

### PUBLIC VISE

Professionnels intervenants sur une ou plusieurs étapes du cycle de vie des systèmes automobiles mais aussi développeurs, architectes, intégrateurs, concepteurs, chefs de projet ou manager.

### PREREQUIS

Aucune expérience en sécurité embarquée nécessaire. Néanmoins des notions sur les infrastructures automobiles sont souhaitables.

Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Expert en cybersécurité automobile.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours – Etude de cas. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité ou attestation de présence.

### DATES

Sur demande – formation dispensée en intra-entreprise

### LIEU

Formation à distance ou en présentiel

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

A la demande

### CONTACT

Sébastien SALAS

✉ [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr)

☎ 06 87 83 32 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap..



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### CYBERSECURITE ET CONFORMITE AUTOMOBILE - ISO 21434

#### Tour de table

##### Introduction à la cybersécurité :

- Vocabulaire et définition
- Pourquoi c'est important ?
- Comprendre le besoin et son évolution au fil du temps
- La notion de « surface d'attaque »

##### Fondamentaux de la cybersécurité :

- Sécurité, sûreté et cybersécurité
- Aspects légaux, réglementaires et normatifs
- Comment protéger la donnée
- Valeur de nos données

##### Le risque en cybersécurité :

- Définitions et concepts
- Casser les idées reçues
- Nouvelles technologies, nouvelles menaces
- L'analyse de risque

##### Mesures de cybersécurité :

- Principes d'authentification et d'autorisation
- Le chiffrement
- Principes de cybersécurité dès la conception
- L'audit et le test d'intrusion

##### La norme ISO 21434 :

- Introduction / Définitions
- Gestion CS organisationnelle
- Gestion CS sur projet
- Activités distribuées de la CS
- Activités de CS continues
- Phase de concept
- Analyse de risque
- Développement du produit
- Validation de la CS
- Production
- Opération et maintenance
- Décommissionnement

#### Tour de table



## Cybersécurité et conformité IoT à la Directive RED- Introduction aux normes EN 18031 et EN 303 645

*Le secteur industriel est comme pour le grand public, sujet aux attaques et aux cybermenaces qui sont toujours plus nombreuses. Les normes de cybersécurité servent à guider les entreprises dans la mise en œuvre de bonnes pratiques pour sécuriser les objets connectés.*

*Cette formation permettra d'avoir une introduction à la cybersécurité et un décryptage de la directive RED en lien avec la nouvelle réglementation pour vos équipements radio et IoT selon l'EN 18031 et l'ETSI EN 303 645.*

### OBJECTIFS

Comprendre les bases et principes fondamentaux de la cybersécurité.

Connaître la réglementation directive RED et sa norme harmonisée EN 18031.

Identifier la norme ETSI EN 303 645, son guide d'implémentation ETSI TR 103 621 et la méthodologie d'évaluation ETSI TS 103 701.

Apprendre à préparer au mieux la certification de son produit.

### PUBLIC VISE

Personnes travaillant dans le milieu des objets connectés et notamment qui participent à des projets devant être en conformité avec la nouvelle directive RED.

### PREREQUIS

Aucune expérience en cybersécurité nécessaire. Néanmoins des connaissances sur les réseaux et les architectures d'objets connectés sont souhaitables.

Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet. (Les outils Teams et Klaxoon seront utilisés).

### INTERVENANT

Expert en cybersécurité IoT et embarqué.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours – Plateforme web interactive (Klaxoon)- Travaux pratiques. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Les 31 mars et 1<sup>er</sup> avril 2026

### LIEU

Formation à distance

*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.*

### DUREE

2 jours – 14h

### PRIX

1800€ HT (1500 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Dorothee WALLART

✉ wallart@captronic.fr

☎ 06 30 92 27 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### CYBERSECURITE ET CONFORMITE IOT A LA DIRECTIVE RED - INTRODUCTION A AUX NORMES EN 18031 ET EN 303 645

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Introduction à la cybersécurité :

Pourquoi la cybersécurité ?

« Internet of Things »

**TP :** Définir l'architecture d'une serrure biométrique connectée

##### Fondamentaux de la cybersécurité :

La triforme des critères de protection

Nouvelles technologies, nouvelles menaces

##### Le risque en cybersécurité :

Marché de la cybersécurité

Les mécanismes de sécurité

**TP :** Définir la surface d'attaque d'une serrure biométrique connectée

##### Cybersécurité dès la conception :

##### Etude de cas

12 principes de cybersécurité

##### La directive RED :

Aspects légaux, réglementaires et normatifs

La protection des réseaux 3(3)(d)

La protection des données personnelles et de la vie privée 3(3)(e)

La protection contre la fraude 3(3)(f)

**TP :** Identifier les vulnérabilités potentielles d'une serrure biométrique connectée

##### La norme harmonisée EN 18 031 :

Périmètre d'application

Les exigences de la norme EN 18031-1

Les exigences de la norme EN 18031-2

Les exigences de la norme EN 18031-3

Fonctionnement de l'évaluation

#### Jour 2

##### La norme ETSI EN 303 645 :

Périmètre d'application

Les 13+1 exigences de la norme

Le guide d'implémentation : ETSI TR 103 621

Fonctionnement de l'évaluation : ICS & IXIT

##### Le guide d'implémentation cybersécurité IoT :

Analyse de risque et évaluation de la sécurité

Cycle de développement de la sécurité des produits (SDLC)

Les implémentations proposées

##### Le Cyber Resilience Act :

Contexte réglementaire et objectifs principaux

Obligations des fabricants, importateurs et distributeurs

Les exigences de cybersécurité dans le CRA

Conséquences juridiques en cas de non-conformité

##### Pour aller plus loin :

U.S. Cyber Trust Mark

Certification ioXt

Norme EN 17927 – SESIP

##### Tour de table



## Cybersécurité : sécurisation des systèmes Linux embarqués

*Cette formation aborde les principes essentiels de la cybersécurité appliqués aux systèmes Linux embarqués. Dans un contexte de multiplication des menaces et d'exigences réglementaires croissantes, elle permet d'identifier les vulnérabilités, de maîtriser les bonnes pratiques de protection et de mettre en œuvre des mécanismes de sécurité efficaces à tous les niveaux du système — du matériel au réseau — afin d'assurer la fiabilité et la conformité des dispositifs embarqués.*

### OBJECTIFS

Découvrir les vulnérabilités possibles d'un système embarqué.  
S'approprier les bonnes pratiques de sécurisation cryptographique.  
Mettre en œuvre un démarrage sécurisé. Mettre en œuvre une distribution de manière sécurisée. Découvrir la sécurité d'un réseau.  
Développeurs intéressés par les aspects de sécurité des produits.  
Ingénieurs et techniciens hardware / logiciel embarqué.

### PUBLIC VISE

Développeurs intéressés par les aspects de sécurité des produits.  
Ingénieurs et techniciens hardware / logiciel embarqué.

### PREREQUIS

Pratique de l'environnement de commande en ligne GNU/Linux.  
Expérience avec les distributions Linux embarquées (Yocto recommandé). Anglais technique, lu. Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Expert en cybersécurité en conception de cartes et programmes embarqués.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outils de visioconférence. Support de cours. Exercices - Assistance pédagogique assurée par le formateur 1 mois après la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par la remise d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Du 8 au 10 avril 2026

### LIEU

Formation à distance  
Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.

### DUREE

3 jours – 21h

### PRIX

2500€ HT (1900 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Darlane COUTURIER  
✉ [couturier@captronic.fr](mailto:couturier@captronic.fr)  
☎ 06 37 46 07 65

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### CYBERSECURITE : SECURISATION DES SYSTEMES LINUX EMBARQUES

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Matin

##### Introduction à la cyber sécurité des SE

Panorama de la surface d'attaque d'un système Linux

Principes de sécurité et de durcissement

##### Exercice :

Mise en place d'un projet Yocto

##### Notions de cryptographie

Algorithmes de chiffrement symétriques et asymétriques

Robustesse des mots de passe et des clés

Infrastructure à clé publique (PKI)

Outils de test d'intrusion cryptographique

##### Sécurité matérielle

Accélérateurs cryptographiques

Espionnage de bus et Études de cas : Xbox, Spectre

et Meltdown, Attaques par canaux auxiliaires (side-channel), Stockage des secrets : TPM et PUF

Environnements d'exécution de confiance (Trusted

Execution Environment - TEE)

Mises à jour firmware

##### Après-midi

##### Démarrage sécurisé (Trusted boot)

Secure boot depuis le BIOS

Chaîne de confiance du bootloader

Authentification et chiffrement du rootfs

#### Jour 2

##### Matin

##### Renforcement de la toolchain

Composants de la chaîne de compilation

Rétro-ingénierie et suppression des symboles de debug

Vulnérabilités de corruption mémoire

Débordements de pile

Durcissement des options de compilation

Analyse statique, dynamique, Fuzzing

Bonnes pratiques de codage

Langages de programmation sûrs pour la mémoire

##### Exercices :

Utilisation de l'Address Sanitizer de gcc pour

détecter une implémentation non sûre

Exploitation et correction d'une vulnérabilité

logicielle

Déclenchement d'une injection shell

##### Après-midi

##### Assemblage d'une distribution Linux sécurisée

Minimisation des paquets, des fonctionnalités

Autorités de cybersécurité nationales

Compréhension du support long terme (LTS)

SBOM (Software Bill of Materials) Suivi des CVE

Attaques sur la chaîne d'approvisionnement

Fiabilité et sécurisation des mises à jour

Système de logs et audit

##### Exercices :

SBOM et manifeste CVE dans un projet Yocto

Revue de CVEs avec VulnScout

Définition d'une règle auditd

##### Durcissement du noyau Linux

Sources du noyau, Maintien à jour du noyau

Options sysctl, Durcissement du bootloader

##### Exercices :

Activation des configurations de sécurité du noyau,

sysctl, Test des configurations avec cukiaria

#### Jour 3

##### Matin

##### Durcissement du userspace Linux

Permissions Unix, Partitionnement des systèmes de fichiers et options de montage

Modules PAM (Pluggable Authentication Modules)

Recommandations sur la gestion des utilisateurs

Linux Security Modules (LSM)

##### Exercices :

Manipulation des accès fichiers, login shell

Test sécurité du rootfs et des fichiers avec cukiaria

##### Durcissement des services

Mécanismes de durcissement des services

Durcissement d'un service systemd

Durcissement de service avancé

##### Exercices :

Utilisation de systemd-analyze pour détecter des

configurations de service non sûres

Restriction des capacités d'un service

##### Après-midi

##### Sécurité réseau

Principes de sécurité réseau

Isolation réseau, Pare-feux

Protocoles de communication sécurisés

Frameworks d'authentification réseau

Tests d'intrusion réseau

##### Exercices :

Audit et sécurisation d'un service réseau

##### Questions/réponses – Tour de table



## Hacking et contre-mesure : Protégez votre réseau informatique

*La sécurité des systèmes et réseaux est devenue une préoccupation majeure pour les entreprises. Dans ce domaine, il est important de comprendre les technologies utilisées par un hacker pour justement mettre en œuvre des contre-mesures bien adaptées. Cette formation vous présentera les risques et les menaces portant atteinte à la sécurité du système d'information.*

### OBJECTIFS

Connaître les principaux scénarios d'attaques des hackers.  
Découvrir les contres mesures des principaux scénarios d'attaques des systèmes et réseaux.  
Connaître les outils d'évaluation de la sécurité système et réseau  
Évaluer la sécurité de votre système et maintenir un niveau de sécurité.  
Sensibiliser les utilisateurs aux risques.  
Découvrir les nouveaux problèmes de sécurité liés à l'IoT.

### PUBLIC VISE

Administrateurs, architectes systèmes et réseaux, développeurs d'infrastructure IoT. **Ne convient pas aux débutants dans ces fonctions.**

### PREREQUIS

Connaissances de base sur les réseaux et systèmes informatiques (TCP/IP).  
Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Expert des systèmes en réseau : infrastructure de réseau, sécurité, développements d'application en réseau - Expert des systèmes embarqués : développements d'application sur systèmes embarqués, IoT, M2M.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence. Support de cour. Travaux pratiques Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Du 13 au 15 octobre 2026

### LIEU

Formation à distance  
*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise*

### DUREE

2,5 jours – 17h30

### PRIX

1700€ HT (1325 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Sophie BASSE-CATHALINAT

✉ [cathalinat@captronic.fr](mailto:cathalinat@captronic.fr)

☎ 06 79 49 15 99

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### HACKING ET CONTRE-MESURE : PROTEGEZ VOTRE RESEAU INFORMATIQUE

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Introduction

- Le hacking – définition
- Qui sont les hackers ?
- Les motivations du hacker
- Terminologie liée au hacking
- Les formations officielles de hacking
- Les limites du hacking dans les systèmes
- Découverte des outils de support de cours

##### Notions de bases

- Rappel sur le principe des réseaux
  - Couche OSI
  - Réseau local
  - Réseau Internet
  - Protocoles TCP/UDP IP
  - Structuration des réseaux
  - Plan d'adressage
  - Routeur
  - Switch
  - VLAN
  - Protocole de routage
  - Protocole d'administration
  - Firewall et proxy
- Réseau sans fil Wifi
- Le rôle du DNS
- Structuration d'un système
- Système d'exploitation
  - Application
  - Interconnexion
  - Hardware

##### Comment les hackers trouvent leur cible ?

- Utilisation du protocole ICMP
- Identification d'une organisation
- Identification d'une architecture

- Connaître la distance dans le réseau
- Identifier les OS à distance

#### Jour 2

##### Comment les hackers structurent leurs attaques ?

- Trouver les failles des systèmes
- Référence des applications RFC
- Identifier les applications distantes
- IRC warez channels
- Social-Engineer Toolkit (SET)

##### Les outils des hackers

- Scanner passif
- Scanner actif
- Notion d'exploit
- Kit de hacking
- Principe du rootKit

#### Jour 3

##### Les attaques

- Spoofing
- Man-in-the-middle
- DoS
- Crack des mots de passe
- Exploit système
- Buffer overflow
- Cassage matériel
- Injection de données
- IP sourcing
- Blocage de compte et hameçonnage
- DoS site web
- Web : Injection de code, sniffer
- Hacking des IoT
- Social Engineering

##### Les contre-mesures

- Organiser une riposte immédiate

- Politique de sécurité
- Sécurité physique
- Veille technologique
- Architecture des systèmes
- Outils d'analyse
- Piratage éthique
- Travaux pratiques

##### Travaux pratiques

##### DNS

- Identification d'une organisation
- Résolution de nom
- Outil de requête DNS
- Analyse du contenu DNS
- DNS transfert de zone

##### Protocole ICMP

- Vérifier la présence d'une machine sur le réseau
- Découvrir la route vers une organisation
- Envoyer des paquets ICMP variables
- DOS attaque IP flooding d'un serveur
- Backdoor ICMP

##### Scanner

- Utilisation d'un scanner en mode passif
- Utilisation d'un scanner en mode actif
- Test de firewall
- Détection d'OS

##### Faible de sécurité

- Brute force - Attaque de dictionnaire
- Buffer overflow
- Analyse de code
- Recherche de faille de sécurité système
- Utilisation des outils intégrés de hacking

##### Tour de table



## Introduction à la Cybersécurité Industrielle – IEC62443 et conformité CRA

*La transition vers l'Industrie du Futur s'accompagne inévitablement de nouveaux enjeux en matière de cybersécurité. La connexion des unités de fabrication ouvre la voie à des risques jusqu'alors méconnus pour de nombreuses entreprises françaises. Cette formation au format court vous sensibilisera à la cybersécurité industrielle et vous permettra de faire un premier niveau de mesure des risques auxquels votre unité de production, et plus largement votre entreprise, est exposée.*

### OBJECTIFS

Comprendre les enjeux, les processus et méthodes actuels de la cybersécurité pour les unités de production qui deviennent hyperconnectées.

La formation détaillera des processus et des méthodes qui permettent d'évaluer et de maîtriser le risque cyber spécifique à l'industrie.

### PUBLIC VISE

Techniciens ou Ingénieurs en charge du réseau informatique de l'entreprise ou de l'usine, responsables en sécurité industrielle, chefs de projet qui doivent monter en compétences en sécurité industrielle.

### PREREQUIS

Connaissances générales sur un système d'information ou une supervision de production.

Expériences de la production industrielle.

Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Ingénieur conseil expérimenté, référent du diagnostic cybersécurité CAP'TRONIC.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours - Etude de cas. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Le 18 mars 2026

### LIEU

Formation à distance

*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.*

### DUREE

1 jour – 7h

### PRIX

700€ HT (550 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Dorothée WALLART

✉ wallart@captronic.fr

☎ 06 30 92 27 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### INTRODUCTION A LA CYBERSECURITE INDUSTRIELLE - IEC62443 ET CONFORMITE CRA (CYBER RESILIENCE ACT)

#### Matin

##### Tour de table

##### Introduction

- La cybersécurité, c'est quoi ?
- Chronologie de la cyberattaque NotPetya

##### Les réseaux, protocoles et infrastructure pour l'industrie 4.0

- Terminologie et définitions (OT, ICS, DCS, SCADA,...)
- Architecture et réseaux
- Evolution des systèmes industriels
- Protocoles et bus de terrain

##### Stratégie de mise en œuvre

- Sécuriser dans un environnement 4.0
- Exemples d'incidents
- La cybersécurité d'un système industriel (des mythes, des légendes et de la confusion)
- La cybersécurité industrielle, par où commencer ?

##### Qu'est-ce qu'une surface d'attaque ?

- Impact des technologies réseau
- Vecteurs d'attaque spécifique aux équipements ICS
- Les principales vulnérabilités
- La « mécanique » de l'attaque

#### Après- Midi

##### Bonnes pratiques : la gestion des risques

- Stratégie de la gestion des risques cyber
- La gestion des risques, une affaire de méthode
- Manager la cybersécurité
- Principes d'une analyse du risque cyber

##### Ebios : une METHODOLOGIE FRANCAISE, une référence internationale

- Cadrage et socle de sécurité
- Sources de risque
- Scenarii stratégiques et opérationnels
- Traitement des risques
- Etude d'un cas

##### De l'AMDEC à la cyber AMDEC

- AMDEC et CYBER...pas toujours en phase

##### IEC 62443 la cybersécurité pour l'industrie

- Approche
- Exigence et niveau de sécurisation
- Zones et conduits
- Interconnexions et cloisonnement des réseaux
- Le cas de la télémaintenance
- Maturité et capitalisation
- Etude d'un cas

##### Gestion de crise

- Se préparer
- Détecter et identifier
- Traiter un incident
- Confiner, éradiquer, rétablir
- Communication pendant un incident
- Suivi et clôture

##### Tour de table



## La cybersécurité en conception de systèmes embarqués Secure boot, hardening, revue de code

*Cette formation vous permettra de protéger vos systèmes embarqués à travers des exemples de démonstration sur des failles réelles, des exercices pratiques de revue de code et l'exploration approfondie des cadres normatifs (CERT C, OWASP, EN 18031, ETSI EN 303 645, CRA...). Cette formation vous apportera une vision opérationnelle de la gouvernance cyber, des clés pour aligner vos projets sur les meilleures pratiques et réglementations, et la capacité à anticiper et répondre efficacement aux défis de la cybersécurité.*

### OBJECTIFS

Comprendre l'importance de la cybersécurité dans les systèmes embarqués et les risques associés.

Se familiariser avec les normes et cadres essentiels (par exemple, CERT C, OWASP, ETSI).

Réaliser des audits de code source de base et appliquer des pratiques de codage sécurisé.

Disposer des outils et des connaissances nécessaires pour initier et maintenir des projets axés sur la sécurité, conformément aux réglementations industrielles.

### PUBLIC VISE

Techniciens et ingénieurs impliqués dans le développement ou la gestion de systèmes embarqués.

### PREREQUIS

Connaissances générales en conception électronique et logiciels.

Expériences de la production industrielle.

Disposer d'un PC avec webcam, micro et d'une liaison Internet.

### INTERVENANT

Expert en cybersécurité.

Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours – Exercices pratiques et étude de cas. Une assistance pédagogique sur le cours sera assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Les 23 et 24 mars 2026

### LIEU

Formation à distance

*Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.*

### DUREE

2 jours – 14 h

### PRIX

1700€ HT (1400 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Dorothée WALLART

✉ wallart@captronic.fr

☎ 06 30 92 27 32

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap.



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### LA CYBERSECURITE EN CONCEPTION DE SYSTEMES EMBARQUES SECURE BOOT, HARDENING, REVUE DE CODE

#### Jour 1

##### Tour de table

##### Introduction

Vue d'ensemble des objectifs de la formation et des résultats attendus.

##### Cybersécurité dans les Systèmes Embarqués :

Menaces clés, vulnérabilités et exemples réels de violations.

##### Méthodologie de Revue de Code Source :

Principes, priorisation des risques et exercice pratique d'analyse de code.

##### Cadres de Développement Sécurisé :

Introduction à CERT C, OWASP Embedded Application Security, ETSI EN 303 645, et cartographie des vulnérabilités aux normes.

#### Jour 2

##### Outils Avancés pour les Audits de Code :

Vue d'ensemble des techniques manuelles et des outils automatisés, suivie d'un exercice pratique utilisant un outil d'analyse statique.

##### Étude de Cas :

Identification des vulnérabilités dans un scénario réel ou simulé et discussions collaboratives sur les mesures d'atténuation.

##### Projets Axés sur la Sécurité :

Intégration du codage sécurisé dans le SDLC et élaboration d'une feuille de route stratégique pour la cybersécurité.

##### Gouvernance et Conformité :

Alignement avec les réglementations et meilleures pratiques pour une amélioration continue.

##### Tour de table



## Sécurité des systèmes embarqués et des objets connectés. Comprendre les attaques hardware/software pour se prémunir

*Cette formation vous permettra d'identifier les attaques ciblant le hardware et le software de vos produits et de mettre en place des contremesures adaptées. À travers une approche alliant théorie, outils et travaux pratiques, vous explorerez les failles potentielles, de l'électronique aux infrastructures web, en passant par les liaisons filaires et sans fil. Vous pratiquerez également des techniques d'attaque pour mieux comprendre et prévenir les vulnérabilités.*

### OBJECTIFS

Maitriser les techniques d'attaque utilisées par les pirates pour savoir comment limiter les impacts.  
Comprendre les faiblesses de sécurité des systèmes embarqués dits IoT (Internet of Things).  
Apprendre à sécuriser les systèmes embarqués dès les phases de conception.  
Identifier les vulnérabilités pour pouvoir ensuite limiter les risques.

### PUBLIC VISE

Ingénieurs ou techniciens hardware / logiciel embarqué impliqués dans le développement de produits connectés ainsi que les professionnels de la sécurité IT.

### PREREQUIS

Connaissances de l'environnement LINUX (débutant).  
Prévoir un PC avec Internet avec les droits d'administration pour installer des logiciels (ex : Remmina, RemoteNG, VNC player Putty...)

### INTERVENANT

Auditeur, formateur expérimenté en cyber sécurité.  
Le programme CAP'TRONIC aide, chaque année, 400 entreprises à monter en compétences sur les technologies liées aux systèmes électroniques et logiciel embarqué.

### MOYENS PEDAGOGIQUES

Outil de visioconférence - Support de cours - travaux pratiques -  
Assistance pédagogique sur le cours assurée par le formateur pendant 1 mois à l'issue de la formation.

### MOYENS PERMETTANT D'APPRECIER LES RESULTATS DE L'ACTION

Evaluation de l'action de formation par l'envoi d'un questionnaire de satisfaction à chaud à l'issue de la formation, puis d'un questionnaire à froid quelques semaines après la formation.

### MOYEN PERMETTANT DE SUIVRE L'EXECUTION DE L'ACTION

Evaluation des connaissances via un questionnaire avant et après la formation.

### SANCTION DE LA FORMATION

Attestation d'assiduité.

### DATES

Du 9 au 11 juin 2026

### LIEU

Formation à distance  
Les accès à un outil informatique en ligne adapté seront fournis au stagiaire avant le démarrage de la formation. Aucun logiciel spécifique n'est à installer. Seule une connexion à Internet est requise.

### DUREE

3 jours – 21h

### PRIX

2500 € HT (2150 € HT pour les adhérents CAP'TRONIC)

### CONTACT

Sophie BASSE-CATHALINAT

✉ cathalinat@captronic.fr

☎ 06 79 49 15 99

Pour toute question y compris les conditions d'accès pour les publics en situation de handicap



## PROGRAMME DETAILLE

(Le découpage de la formation est proposé à titre indicatif et pourra être adapté.)

### SECURITE DES SYSTEMES EMBARQUES ET DES OBJETS CONNECTES. COMPRENDRE LES ATTAQUES HARDWARE/SOFTWARE POUR SE PREMUNIR

#### Jour 1

##### Tour de table

##### MODULE 1 : Les bases du Hardware Hacking

- Revue historique des attaques sur les objets connectés
- Revue des vulnérabilités et des aspects offensifs et défensifs
- Rappel des connaissances fondamentales en électronique

##### MODULE 2 : Comment les pirates accèdent au Hardware ?

- Présenter des outils et méthodes disponibles pour auditer un produit
- Extraire des données sensibles avec les outils d'audit (HardSploit) après avoir réalisé une prise d'information
- Acquérir les signaux électroniques, outils et démonstration

##### MODULE 3 : Comment accéder au logiciel ?

- Présentation des différents types d'architecture (Microcontrôleur, FPGA), accès direct au logiciel via les interfaces d'E/S (JTAG / SWD, I2C, SPI, UART, RF bande ISM, etc.)
- Présentation d'accès au logiciel via des attaques à canal latéral (analyse de puissance)
- Accès au Firmware par différentes interfaces

##### MODULE 4 : Attaques sur un système embarqué particulier, l'objet connecté (IoT)

- Réaliser un audit complet appliqué à notre système embarqué vulnérable :
  - TP : Identifier les composants électroniques et analyser les protocoles
  - TP : Modifier et extraire un firmware via les fonctions de débogage SWD avec HardSploit
  - TP : Réaliser un fuzzing simplifié des interfaces externes pour détecter des vulnérabilités basiques sur l'embarqué
  - TP : Exploiter des vulnérabilités (dépassement de mémoire tampon) durant un audit de sécurité hardware en identifiant les caractères de fin de copie de tampon (bad char)

#### JOUR 2

##### MODULE 5 : Comment sécuriser votre matériel

- Découvrir la cryptographie et les différents moyens de sécuriser son système et ses communications
- Conception sécurisée et cycle de vie de développement (SDLC)
- Examen des meilleures pratiques de sécurité matérielle pour limiter les risques
- Limiter les accès JTAG et les vulnérabilités logicielles au niveau de l'embarqué

##### MODULE 6 : SDR Hacking

- Méthodologie d'audit SDR (capture / analyse / exploitation avec radio logiciel)
- Présentation des outils (GNU Radio, etc.)
- TP : rétro-ingénierie d'un protocole sans fil à partir des émissions radio capturées dans les aires (communication sans fil d'un panneau à LED)

#### JOUR 3

##### MODULE 7 : Exercice « CTF : Road to Botnet » :

- Apprendre les notions d'attaque web
- Présenter un scénario pratique d'attaque d'une solution de IIoT (Industriel Internet Of Things)
- Compromettre la solution IIoT et prendre le contrôle du serveur
- Apprendre les techniques couramment employées par les attaquants pour mieux comprendre les faiblesses et ainsi les atténuer voire les supprimer

##### Tour de table



# CONDITIONS GENERALES D'INTERVENTION

## OBJET ET CHAMP D'APPLICATION

Toute commande de formation implique l'acceptation sans réserve par l'acheteur et son adhésion pleine et entière aux présentes conditions générales de vente qui prévalent sur tout autre document de l'acheteur, et notamment sur toutes conditions générales d'achat.

## DOCUMENTS CONTRACTUELS

JESSICA FRANCE fait parvenir au client, en double exemplaire, une convention de formation professionnelle continue telle que prévue par la loi.

Le client s'engage à retourner dans les plus brefs délais à JESSICA FRANCE un exemplaire signé et portant son cachet commercial.

Une attestation de présence est adressée au Service Formation du client après la session de formation.

## PRIX, FACTURATION ET REGLEMENTS

Tous nos prix sont indiqués hors taxes. Ils sont à majorer de la TVA au taux en vigueur.

Tout stage ou cycle commencé est dû en totalité.

Les factures sont payables, sans escompte et à l'ordre de JESSICA France.

Les repas ne sont pas compris dans le prix du stage.

## REGLEMENT PAR UN OPCO – Organisme financeur

Si le client souhaite que le règlement soit émis par l'Organisme financeur dont il dépend, il lui appartient :

- de faire une demande de prise en charge avant le début de la formation et de s'assurer de la bonne fin de cette demande ;
- de l'indiquer explicitement sur son bulletin d'inscription ou sur son bon de commande ;
- de s'assurer de la bonne fin du paiement par l'organisme qu'il aura désigné.

Si l'Organisme financeur ne prend en charge que partiellement le coût de la formation, le reliquat sera facturé au client.

Si JESSICA FRANCE n'a pas reçu la prise en charge de l'Organisme financeur au 1er jour de la formation, le client sera facturé de l'intégralité du coût du stage.

Le cas échéant, les avoirs sont remboursés par JESSICA FRANCE après demande écrite du client accompagnée d'un RIB original

## PENALITES DE RETARD

Toute somme non payée à l'échéance donnera lieu au paiement par le client de pénalités de retard fixées à une fois et demie le taux d'intérêt légal (C.Com. Art. 441-6 al 3). Tout retard de paiement est de plein droit débiteur à l'égard du créancier d'une indemnité forfaitaire de 40 € pour frais de recouvrement, en sus des indemnités de retard (décret d'application n° 2012-1115 du 2 octobre 2012). Ces pénalités sont exigibles de plein droit, dès réception de l'avis informant le client qu'elles ont été portées à son débit.

## REFUS DE COMMANDE

Dans le cas où un client passerait une commande à JESSICA FRANCE, sans avoir procédé au paiement de la (des) commande(s) précédente(s), JESSICA FRANCE pourra refuser d'honorer la commande et de délivrer les formations concernées, sans que le client puisse prétendre à une quelconque indemnité, pour quelque raison que ce soit.

## CONDITIONS D'ANNULATION ET DE REPORT

Toute annulation par le client doit être communiquée par écrit.

Pour toute annulation, fût-ce en cas de force majeure, moins de 15 jours francs ouvrables avant le début du stage, le montant de la participation restera immédiatement exigible à titre de dédommagement.

## DROIT DE PROPRIETE

Tous les supports de la formation ne bénéficient que d'un droit d'usage unique et ne peuvent en aucune façon être reproduits ou communiqués à d'autres stagiaires ou tiers en dehors de la formation contractualisée.

## INFORMATIQUE ET LIBERTES

Les informations à caractère personnel qui sont communiquées par le client à JESSICA FRANCE en application et dans l'exécution des commandes et/ou ventes pourront être communiquées aux partenaires contractuels de JESSICA FRANCE pour les besoins desdites commandes. Conformément à la réglementation française qui est applicable à ces fichiers, le client peut écrire à JESSICA FRANCE pour s'opposer à une telle communication des informations le concernant. Il peut également à tout moment exercer ses droits d'accès et de rectification dans le fichier de JESSICA FRANCE.

## RENONCIATION

Le fait pour JESSICA FRANCE de ne pas se prévaloir à un moment donné de l'une quelconque des clauses des présentes, ne peut valoir renonciation à se prévaloir ultérieurement de ces mêmes clauses.

## LOI APPLICABLE

Les Conditions Générales et tous les rapports entre JESSICA FRANCE et ses clients relèvent de la loi française.

## ATTRIBUTION DE COMPETENCES

En cas de litige survenant entre le client et JESSICA FRANCE à l'occasion de l'exécution d'un contrat, il sera recherché une solution à l'amiable et, à défaut, le règlement sera du ressort du Tribunal de Commerce de GRENOBLE (lieu du Siège Social de JESSICA FRANCE).

## ELECTION DE DOMICILE

L'élection de domicile est faite par JESSICA FRANCE à son siège social au 17, rue des Martyrs Bât. 51D - 38054 GRENOBLE Cedex 9.



## LES AVANTAGES ADHÉRENTS

Grâce à votre adhésion CAP'TRONIC, vous bénéficiez de multiples avantages



### L'ingénieur-conseil CAP'TRONIC de votre région à vos côtés

Echangez avec votre interlocuteur privilégié et bénéficiez de conseils et de mises en relation qualifiées pour consolider vos projets d'innovation.



#### Remise de 50% sur le Pré-diagnostic écoconception -1000 € HT

Réalisé par un ingénieur-conseil CAP'TRONIC, il consiste à passer en revue les bonnes pratiques et à proposer des opportunités d'amélioration adaptées au produit et à l'entreprise.



#### Tarifs préférentiels sur les formations -25% en moyenne

En inter-entreprises, en présentiel ou à distance, bénéficiez de tarifs réduits sur plus de 100 sessions de formations techniques et métiers.



#### Remise de 50% sur le Pré-diagnostic cybersécurité -1000 € HT

Un ingénieur-conseil CAP'TRONIC réalisera pour vous un pré-diagnostic de vos produits connectés, projets ou process pour évaluer votre niveau de cybersécurité.



#### L'appartenance au réseau CAP'TRONIC

Votre adhésion vous permet de gagner du temps dans la recherche d'experts grâce au réseau CAP'TRONIC qui sera accessible via votre ingénieur conseil.



#### Tarifs préférentiels pour exposer sur les salons professionnels

CAP'TRONIC s'associe à plusieurs salons professionnels en France et dispose de villages sur lesquels vous pouvez exposer à tarif réduit.



#### Mini formations techniques offertes 50€ HT pour les non-adhérents

Organisées à distance plusieurs fois dans l'année, ces mini-formations techniques vous donneront un aperçu des innovations technologiques et des nouvelles normes du secteur électronique à connaître absolument.



#### Tarif préférentiel sur votre abonnement au magazine ElectroniqueS -125€

Grâce à votre adhésion CAP'TRONIC, profitez de votre abonnement annuel au magazine ElectroniqueS au prix de 220 € TTC au lieu de 345 € TTC.



#### Promotion de vos actualités à travers les supports de communication digitale CAP'TRONIC offerte

Vous lancez un nouveau produit? Vous décrochez un nouveau marché? Faites-le nous savoir et nous relayerons votre actualité sur notre site Internet, nos lettres d'informations et les réseaux sociaux.

#### Promotion de vos offres d'emplois et de stage sur le site Internet CAP'TRONIC



[www.captronic.fr](http://www.captronic.fr)

[contact@captronic.fr](mailto:contact@captronic.fr)



## CONTACTS

 **[formation@captronic.fr](mailto:formation@captronic.fr)**

Pour toutes questions concernant la formation et les situations de handicap, contactez notre référent, Sébastien SALAS - [salas@captronic.fr](mailto:salas@captronic.fr) - 06 87 83 32 32