



Réseau des Centres d'Excellence de l'UIT pour l'Afrique

Ecole Supérieure Africaine des Technologies de l'Information et de la Communication  
(ESATIC)

Cours en ligne

## Les systèmes embarqués pour l'Internet des Objets (IoT)

Du 23 novembre au 19 décembre 2020

### PRESENTATION DE LA FORMATION

---

#### DESCRIPTION DU COURS

---

Titre	<b>Les systèmes embarqués pour l'Internet des Objets (IoT)</b>
Objectifs	<p>L'Internet des Objets (IoT) est au cœur des innovations technologiques majeures actuelles dans les domaines de la santé, l'agriculture, la sécurité, l'énergie, le transport et l'industrie.</p> <p>Au cours de cette formation sont abordées l'intégration et l'utilisation des systèmes embarqués afin de développer des prototypes ou des projets en lien avec l'internet des objets (IoT).</p> <p><b>Prérequis :</b></p> <p>Des connaissances de base en développement d'applications et/ou d'électronique sont utiles pour suivre cette formation et en tirer un meilleur profit</p>
Dates	Du 23 novembre au 19 décembre 2020
Durée	4 semaines
Date limite d'enregistrement	09 novembre 2020
Frais de formation	350 USD / 200 000 F CFA (XOF et XAF)
Code du cours	20OI24918AFR-F

## RESULTATS ATTENDUS

Aux termes de cette formation, les auditeurs seront capables de comprendre l'environnement des systèmes embarqués ainsi que de mettre en œuvre (développer) un système embarqué pour l'IoT.

## PUBLIC CIBLE

Cette formation s'adresse aussi bien à des cadres techniques qu'à des chefs de projets:

- Entrepreneurs dans les métiers de l'innovation et du numérique;
- Ingénieurs et techniciens qui souhaitent développer des systèmes embarqués pour l'IoT;
- Enseignants, chercheurs et étudiants.

## FORMATEUR

NOM DU FORMATEUR	CONTACTS
<b>Dr Mohamed ELHASSEN</b> est Docteur et Ingénieur en Technologies de l'Information et de la Communication (TIC), Enseignant-Chercheur à la Faculté des sciences de Bizerte. Il est également un expert en IoT, Lora Gateway et développement Linux embarqué	<b>Email :</b> <a href="mailto:ould.elhassen@gmail.com">ould.elhassen@gmail.com</a>

## EVALUATION

- **Quiz** à la fin de chaque semaine, un quiz sera proposé, contenant des questions à choix multiples (QCM) en relation avec le cours de la semaine.
- **Etude de cas** : assignement individuel ou en groupe.

## AGENDA

Semaine/ session	Activités	Exercices et interactions
<b>Semaine 1</b>	<p><b><u>Introduction générale sur les systèmes embarqués</u></b></p> <p><b><u>Comprendre l'environnement</u></b> STM32 Discovery Kit, Prob de debug Stlink, IAR IDE, Linux, Arduino IDE</p> <p><b><u>C-embarqué, Ce qu'il faut savoir</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Toolchain</li><li>▪ Type de donnés (stdint.h)</li><li>▪ Placement de donnés (Main memory/Stack/ Heap)</li><li>▪ Classes d'allocations (auto, static, registre, extern, const)</li><li>▪ Opérations binaires (AND, OR, XOR: qu'est qu'un mask )</li><li>▪ Shift</li><li>▪ Boolean</li><li>▪ Break-Continue statement</li><li>▪ Preprocessor</li><li>▪ Volatile</li></ul> <p><b><u>STM32 Microcontrôleur</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ STM32 Architecture (Interconnexion Master/Slaves CPU/RAM/Periph)</li><li>▪ CortexM4 bus (ARM Amba AHB/APB)</li><li>▪ STM32 Clock Tree (System_clk, glock gating...)</li></ul>	<b>Quiz semaine 1</b>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Périphérique GPIO (Input/output config)</li> <li><b>STM32 IAR application (C-embarqué)</b></li> <li>▪ Hello word Project (IAR configuration Stlink Config Registre définition ), Led toggling avec STM32</li> <li>▪ STM32 Real time debug, accès aux registres</li> <li>▪ CMSIS Library (IAR startup file)</li> <li>▪ Application avec CMSIS</li> <li><b>STM32 Lab (Appliquer ce qui est vu sur différentes applications)</b></li> <li>▪ LAB1 : led chenillard (rouge, vert, blue, orange) (utilisation des pre-processor)</li> <li>▪ LAB2 : clignotement de leds avec différentes fréquences</li> <li>▪ LAB3 : Développement d'un menu pour commander des leds</li> <li>LAB4 : Utilisation des boutons</li> </ul>	
<p style="text-align: center;"><b>STM32 Microcontrôleur (suite)</b></p> <p><b>Semaine 2</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>STM32 Microcontrôleur (suite)</b></p> <p><b>La bibliothèque HAL</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ HAL les bibliothèques fournit de ST</li> <li>▪ HAL Architecture</li> </ul> <p><b>Initiation au CubeMx ST tool</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Configuration de project avec CubeMx</li> <li>▪ Génération de code HAL avec cubeMx</li> </ul> <p><b>Clock - configuration</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ comprendre l'architecture d'horloge sur les STM32 (PLL/HSI/HSE/SYSCCLK/AHB...)</li> <li>▪ LAB1 : Générer un code HAL avec différentes fréquences (clock system frequency )</li> </ul> <p><b>Comprendre les Interruption de STM32</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Présentation du bloc l'NVIC EXTI et SYSCFG</li> <li>▪ Développer la Premier application avec des interruptions bouton (EXTI)</li> <li>▪ LAB2 : Gérer la priorité avec deux interruptions configurées</li> </ul> <p><b>Comprendre la DMA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Présentation du DMA : Principe de fonctionnement, l'offload du CPU.</li> <li>▪ Transfert "Memory to Memory" avec CPU et avec DMA (LAB3)</li> <li>▪ Transfert des buffers du Flash à SRAM en utilisant la DMA (LAB4)</li> </ul> <p><b>Power control block</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Différence entre les different mode de fonctionnement RUN/SLEEP/STOP/STANDBY</li> <li>▪ comprendre le wakeup system via EXTI</li> <li>▪ Différence entre Event et interrupt mécanisme</li> </ul> <p><b>Introduction aux périphériques de communication</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Topologie réseau des diffèrent IP (SPI/I2C/UART...)</li> <li>▪ Notion de base : Master/ Slave Synchrone Asynchrone Duplex ...</li> </ul> <p><b>Comprendre l'SPI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Les caractéristiques de base de l'SPI</li> <li>▪ Configuration de l'SPI</li> <li>▪ Communication avec les 3Process HAL IT/Polling/DMA (3 LAB)</li> </ul> <p><b>Comprendre l'UART</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Différence entre UART/USART</li> <li>▪ Protocole UART</li> <li>▪ Configuration de l'UART</li> <li>▪ Communication Loop back avec 3 Process HAL/IT/DMA ( 3 LAB)</li> </ul> <p><b>Comprendre l'I2C</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Protocol I2C</li> <li>▪ Configuration I2C</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Quiz semaine 2</b></p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Communication entre deux discovery via I2C</li> </ul> <p><b>Application avec l'accéléromètre embarqué LIS302DL</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Configurer l'SPI pour communiquer avec le LIS302DL</li> <li>▪ Utilisation du Driver de l'accéléromètre</li> <li>▪ Récupérer les accélérations linéaire x, y ( tilt sensor )</li> </ul> <p><b>Introduction à l'IOT</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Block diagramme de l'application</li> <li>▪ Les outils hardware &amp; software utilisés</li> </ul> <p>TCP/UDP Server et client</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ce qu'il faut savoir sur le réseau</li> </ul> <p><b>Utilisation du module ESP8266 Wifi</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Configuration et debug du module</li> <li>▪ Comprendre les Commandes AT</li> <li>▪ Wifi Access point ( wifi Direct)</li> </ul> <p><b>LAB 1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Création d'un server UDP : STM32 + ESP8266 (HAL UART + DMA)</li> <li>- Création d'un Client UDP : STM32 + ESP8266 (HAL UART + DMA)</li> </ul> <p>Création d'une application Android Client Ouvrir un socket UDP Client avec Android pour communiquer avec STM32 UDP Server Communication avec socket TCP</p> <p><b>LAB 2</b></p> <p>Réaliser un menu de command avec Android pour piloter un STM32 via le Wifi: toggler des LED / lire l'état des boutons ... avec Smartphone</p>	
<p><b>Semaine 3</b></p>	<p style="text-align: center;"><b><u>Arduino</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Initiation à l'environnement Arduino</li> <li>▪ LED et notion électronique</li> </ul> <p><b>Application de base: - gestion des entrées sorties</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ entrées sorties analogique (ADC, PWM)</li> <li>▪ les interruptions</li> <li>▪ les timer</li> <li>▪ Affichage sur LCD</li> </ul> <p><b>Arduino &amp; Robotique: - commande des moteurs DC</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ moteurs pas à pas</li> <li>▪ servo moteur</li> <li>▪ Moteur à courant continu</li> </ul> <p><b>Arduino &amp; communication : UART, spi, i2c</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ethernet</li> <li>▪ Wire</li> </ul> <p><b>Arduino et communication sans fil</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ NRF24L01</li> <li>▪ WiFi</li> </ul> <p><b>LAB : Réalisation d'un Robot télécommandé</b></p> <p><b>Application IoT domotique avec Arduino</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ IoT</li> <li>▪ Ubidots</li> </ul>	<p><b>Quiz semaine 3</b></p>

<p><b>Semaine 4</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Raspberry Pi</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Introduction : présentation du Raspberry Pi, des systems-on-chip BCM2835/2836/2837 et du processeur Arm 1176.</li> <li>▪ Distribution Linux pour Raspberry Pi : téléchargement, installation, test.</li> <li>▪ Découverte de la distribution : paramètres essentiels, outils standard.</li> <li>▪ Utilisation de base : configuration système, utilisateurs, interface graphique.</li> <li>▪ Utilisation de Linux sur Raspberry Pi : avantages et inconvénient d'un système sur carte SD.</li> </ul> <p><b>Travaux pratiques</b> Installation et test d'une distribution standard sur Raspberry Pi. Configuration et personnalisation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Réseau : configuration du réseau (Ethernet+Wifi), Internet, connexion distante.</li> <li>▪ Services réseau : démarrage des services, choix adapté à un système embarqué.</li> <li>▪ Mise à jour : installation de paquets, mise à jour.</li> <li>▪ Serveurs : configuration d'un serveur Web sur le Raspberry Pi.</li> </ul> <p>Contrôle à distance: déport d'affichage et prise de contrôle à distance.</p> <p><b>Travaux pratiques</b> Configuration optimale du système, du réseau et des services. Entrées-sorties et interfaces de communication</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Interface RS-232 : communication entre Raspberry Pi et PC. Traces de boot.</li> <li>▪ Entrées-sorties GPIO : utilisation depuis le shell, dans un programme Python ou C.</li> <li>▪ Interruptions et GPIO : détection des changements d'état d'une GPIO.</li> <li>▪ SPI : dialogue en SPI avec un microcontrôleur.</li> <li>▪ I<sup>2</sup>C : interrogation en I<sup>2</sup>C d'un capteur de température.</li> <li>▪ Bluetooth: identification, connexion, communication.</li> </ul> <p><b>Travaux pratiques</b> Communication sur différentes interfaces d'entrées-sorties. Programmation applicative sur Raspberry Pi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Programmation en C : compilation native ou compilation croisée, débogage, exemples.</li> <li>▪ Programmation Python : interpréteur Python et modules. Applications graphiques.</li> </ul> <p>Scripts shell: exemples de scripts pour initialisation du système ou lancement d'applications.</p> <p><b>Evaluation des auditeurs et clôture de la formation.</b></p>	<p><b>Quiz semaine 4</b></p>
-------------------------	---	------------------------------

## METHODOLOGIE

Présentations, travaux pratiques, étude de cas et échanges interactifs entre formateurs et participants.

## COORDINATION DE LA FORMATION

---

<b>Coordinateur de la formation:</b> Nom : Rodolphe Kossonou Chef du Service de la Formation Continue, ESATIC Tel. : + 225 21 218 100 Fax : + 225 51 400145 Email : <a href="mailto:rodolphe.kossonou@esatic.ci">rodolphe.kossonou@esatic.ci</a>	<b>Coordinateur de l'UIT:</b> Nom : M. Emmanuel Niyikora Responsable de Programme, bureau de zone UIT pour l'Afrique de l'Ouest, Dakar Tel : +250 788312939 Email: ( <a href="mailto:emmanuel.niyikora@itu.int">emmanuel.niyikora@itu.int</a> )
---	--

## INSCRIPTION ET PAIEMENT

---

### Inscription sur le portail de l'ITU Académie :

L'inscription et le paiement doivent se faire en ligne sur le portail web de l'ITU Académie. Afin de pouvoir vous inscrire à un cours vous **devez** au préalable créer un compte sur le portail web d'ITU Académie à l'adresse suivante :

<https://academy.itu.int/index.php/user/register>

### Inscription à une formation :

Si vous avez déjà un compte ou que vous créez un nouveau compte, vous pouvez vous inscrire en ligne pour la formation à l'adresse suivante :

<https://academy.itu.int/training-courses/full-catalogue/les-systemes-embarques-pour-liot>

Vous pouvez également vous inscrire en trouvant le cours qui vous intéresse dans notre catalogue de formation

<https://academy.itu.int/index.php/training-courses/full-catalogue>

## Paie ment

### 1. Paiement en ligne

Les frais de participation à cette formation sont de **350 USD**. Ce montant prend en compte l'inscription, la documentation, la pause-café et le déjeuner. Il est recommandé de procéder au paiement via le système de paiement en ligne en utilisant le même lien que celui de l'inscription en ligne :

<https://academy.itu.int/training-courses/full-catalogue/les-systemes-embarques-pour-liot>

### 2. Paiement par virement bancaire

Lorsqu'il n'est pas possible d'effectuer un paiement via le système en ligne, sélectionnez l'option de paiement hors ligne "offline" pour générer une facture en utilisant le même lien que ci-dessus. Téléchargez la facture pour effectuer un virement sur le compte bancaire de l'UIT indiqué ci-dessous. Envoyez ensuite la preuve de paiement / la copie du bordereau de virement et la copie de la facture à [Hcbmail@itu.int](mailto:Hcbmail@itu.int) et mettre en copie le coordinateur du cours. **Tous les frais de transaction bancaire doivent être à la charge du payeur.**

**Si les documents ci-dessus ne sont pas soumis, le candidat pourrait ne pas être inscrit à la formation.**

### 3. Paiement par groupe

Si vous souhaitez payer pour plus d'un participant par virement bancaire et que vous avez besoin d'une facture pour tous, créez un compte comme **contact institutionnel**. Les contacts institutionnels sont des utilisateurs qui représentent une organisation. Tout étudiant peut demander à être un contact institutionnel ou à appartenir à une organisation existante.

Pour ce faire, accédez à la page de votre profil en cliquant sur le bouton "**My account**" dans le menu de l'utilisateur. Au bas de cette page, vous devriez voir deux boutons :

- Si vous souhaitez **devenir un contact institutionnel**, cliquez sur le bouton "**Apply to be an Institutional Contact**". Cela vous redirigera vers un petit formulaire qui vous demandera le nom de l'organisation. Une fois

que vous avez renseigné le nom de l'organisation que vous souhaitez représenter, cliquez sur **“continue”**, une demande est alors créée. Un responsable de l'Académie de l'UIT examinera manuellement cette demande et l'acceptera ou la refusera en conséquence.

- b. Si vous souhaitez **appartenir à une organisation existante**, cliquez sur le bouton **“Request to belong to an Institutional Contact”**. Cela vous redirigera vers un petit formulaire qui vous demandera de sélectionner l'organisation à laquelle vous souhaitez appartenir à partir d'une liste d'organisations. Après avoir sélectionné la bonne organisation et cliqué sur **“continue”**, une demande sera créée. Le contact institutionnel qui représente cette organisation acceptera ou refusera manuellement votre demande d'adhésion à l'organisation.

**Coordonnées bancaires de l'UIT :**

Nom et adresse de la Banque :	UBS SWITZERLAND AG Case postale 2600 CH 1211 Geneva 2 Switzerland
Beneficiaire:	Union Internationale des Télécommunications
Numero de Compte :	240-C8108252.2 (USD)
Swift:	UBSWCHZH80A
IBAN	CH54 0024 0240 C810 8252 2
Montant :	350 USD
Reference du paiement :	CoE-AFR 24918 - P.40590.1.04

**4. Autres méthodes de paiement**

Si pour des raisons de régulations nationales il y a des restrictions ne permettant pas d'utiliser les options de paiement 1 et 2 ci-dessus, veuillez contacter le coordinateur de l'UIT pour plus d'assistance.