

# Systèmes embarqués

## Introduction aux systèmes embarqués



**Pape Abdoulaye BARRO, PhD**  
**UFR des Sciences et technologies**  
**Département Informatique**

8 mai 2022

Systèmes embarqués

P.A.BARRO (UT/UFR SET)

8 mai 2022

1 / 34

- 1 Définitions
- 2 Historique
- 3 Opportunités
- 4 Défis
- 5 Caractéristiques
- 6 Résumé

## Objectifs

Le but de cette section est :

- De présenter l'essentiel des termes utilisés dans le contexte des systèmes embarqués ;
- De retracer l'histoire ;
- D'explorer les opportunités, les défis et les caractéristiques du domaine.

- 1 Définitions
- 2 Historique
- 3 Opportunités
- 4 Défis
- 5 Caractéristiques
- 6 Résumé

## Définition 1.1.

Les systèmes embarqués, souvent en **temps réel**, sont des systèmes électroniques et informatiques autonomes. Ils sont constitués d'une partie matérielle et d'une partie logicielle et leurs architectures sont construites autour d'un **microcontrôleur**. Ils disposent de périphériques et de **capteurs** spécifiques pour leurs applications et se greffent facilement dans les objets que nous utilisons au quotidien [1].

- Temps réel ;
- Microcontrôleur ;
- Capteurs.

## 1.1.1. Temps réel :

- Un système temps réel est un système capable de contrôler (ou piloter) un procédé physique à une vitesse adaptée à l'évolution du procédé contrôlé ;
- Il se différencie des autres systèmes informatiques par la prise en compte de contraintes temporelles dont le respect est aussi important que l'exactitude du résultat.

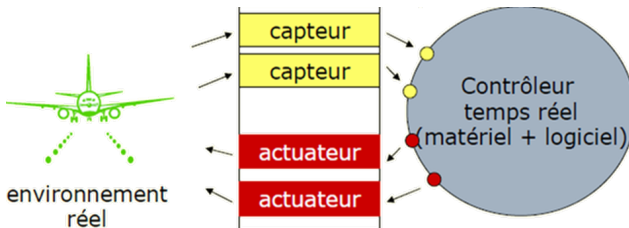


FIGURE – Système temps réel

## 1.1.2. Microcontrôleur :

- Un microcontrôleur est un dérivé du microprocesseur. Sa structure est celle des systèmes à base de microprocesseurs. Il est donc composé d'une unité centrale de traitement et de commande, de mémoires et de ports d'entrées/sorties. ;
- Il présente l'avantage des microprocesseurs mais limités aux applications ne nécessitant pas trop de puissance de calcul.

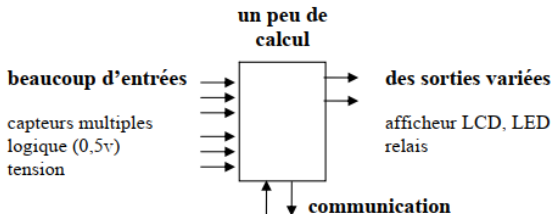


FIGURE – schéma fonctionnel d'un microcontrôleur

## 1.1.3. Capteurs :

- C'est l'organe permettant d'élaborer, à partir d'une grandeur physique observée (température, pression, position, concentration, etc.), une grandeur physique utilisable (souvent électrique) à des fins de mesure ou de commande ;
- Ils sont à la base des systèmes d'acquisition de données et leur mise en œuvre est du domaine de l'instrumentation.



FIGURE – schéma fonctionnel d'un capteur



## Définition 1.2. :

Un système embarqué est un **système informatique** - une combinaison d'un **processeur** d'ordinateur, d'une mémoire d'ordinateur et de périphériques d'entrée/sortie - qui a une fonction dédiée dans un **système mécanique ou électrique** plus grand. Il fait partie d'un appareil complet comprenant souvent du matériel électrique ou électronique et des pièces mécaniques [2].

- Système informatique ;
- Processeur ;
- Système mécanique ou électrique.

## 1.2.1. Système informatique :

- Ensemble des moyens d'acquisition et de restitution, de traitement et de stockage des données dédié au traitement des informations ;
- Il a pour objectif d'automatiser le traitement de l'information.

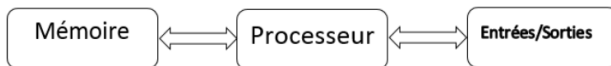


FIGURE – Système informatique

## 1.2.2. Processeur :

- Le microprocesseur est la pièce principale d'un ordinateur. C'est un processeur miniaturisé qui tient dans un seul circuit intégré. Il a pour rôle de rechercher les instructions qui sont en mémoire, de les décoder et de les exécuter.

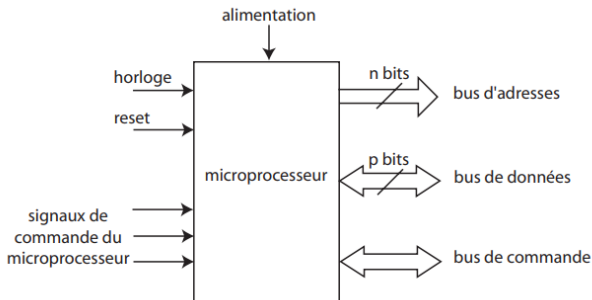


FIGURE – schéma fonctionnel d'un microprocesseur

## 1.2.3. Système mécanique ou électrique :

- Un système mécanique est un ensemble matériel (solide, fluide, ou toute autre association de corps physiques) souvent affectés d'une masse ;
- Un système électrique est un ensemble d'activités liées à l'industrie électrique ;
- L'électromécanique est l'association des techniques de l'électricité et de la mécanique ;
- Un électromécanicien est donc une personne qui est parfaitement à l'aise dans la conception et la maintenance de systèmes électromécaniques.

# Introduction aux systèmes embarqués

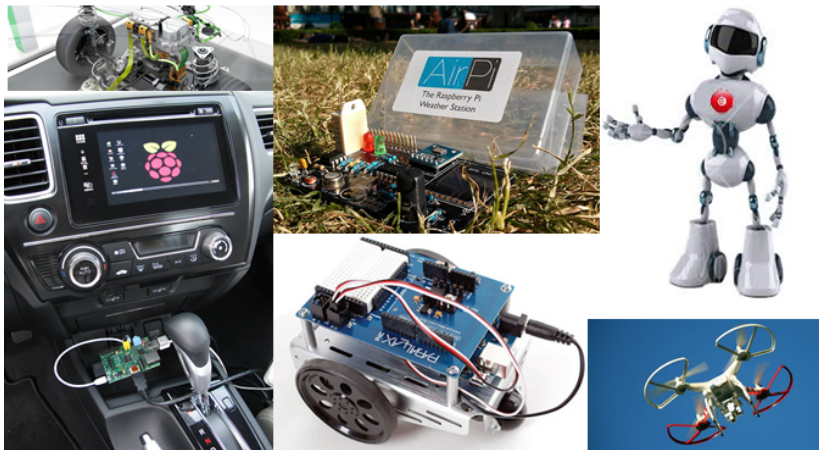


FIGURE – Exemples de systèmes embarqués

- 1 Définitions
- 2 Historique**
- 3 Opportunités
- 4 Défis
- 5 Caractéristiques
- 6 Résumé

# Introduction aux systèmes embarqués : Historique

Les tout premiers systèmes embarqués datent du début des années 1960 (1957 Sputnik, 1967 : Apollo Guidance Computer).

- En 1962, l'Air Force a introduit le missile LGM-30 Minuteman ;
- En 1969, Marcian Hoff et Federico Faggin ont inventé le premier microprocesseur. Nous entrons donc dans l'air des microprocesseurs personnalisables par logiciel. Ouvrant ainsi la porte aux microcontrôleurs et par conséquent aux solutions embarquées ;
- De nos jours, nous disposons de cartes à base de microcontrôleur/microprocesseur facilement programmables et permettant le développement d'applications interactives complexes.

- 1 Définitions
- 2 Historique
- 3 Opportunités**
- 4 Défis
- 5 Caractéristiques
- 6 Résumé



# Introduction aux systèmes embarqués : Opportunités (1)

Les types d'applications possibles dans le contexte des systèmes embarqués sont diverses et variées. Quelques illustrations potentielles :

- **La manufacture (Smart technologie for automation) :**

La fabrication des équipements qui est un domaine très traditionnel dans lequel les systèmes embarqués sont utilisés depuis des décennies.

**Exemple** : Optimisation et amélioration des technologies de production.

- **Robotique :**

La robotique est également un domaine traditionnel dans lequel des systèmes embarqués ont été utilisés. Les aspects mécaniques sont très importants pour les robots.

- **'Applications militaires :**

Des solutions embarquées ont été utilisées dans les équipements militaires depuis de nombreuses années.

**Exemple** : Armes automatiques, systèmes de radar, ... .

# Introduction aux systèmes embarqués : Opportunités (2)

- ...

- **Agriculture et élevage :**

Il existe de nombreuses applications dans ces domaines : Les systèmes d'irrigation, Les systèmes de traçabilité des animaux, ... .

- **Surveillance de la santé des structures :**

Les structures naturelles et artificielles telles que les montagnes, les volcans, les ponts et les barrages sont potentiellement menaçantes pour des vies. Nous pouvons utiliser la technologie du système embarqué pour activer les alertes anticipées en cas de dangers accrus tels que les avalanches ou l'effondrement des ponts.

- **Sécurité publique :**

L'intérêt pour divers types de sécurité augmente également. Les systèmes embarqués peuvent être utilisés pour améliorer la sécurité de plusieurs manières.

**Exemple :** L'identification / l'authentification des personnes avec des capteurs d'empreintes digitales ou des systèmes de reconnaissance faciale, ... .

- **Mobilité et transport :**

- ...
- **Electronique automobile** : Un domaine qui est en train de révolutionner le monde de l'automobile. Il s'agit notamment des systèmes de contrôle des coussins gonflables, des systèmes de contrôle du moteur, des systèmes anti-freinage, des programmes électroniques de stabilité et d'autres fonctions de sécurité, de la climatisation, des systèmes GPS, de la protection antivol, des systèmes d'assistance au conducteur et beaucoup plus.  
À l'avenir, les voitures autonomes pourraient devenir une réalité. Ces systèmes peuvent contribuer à réduire les accidents et l'impact sur l'environnement.

- **Mobilité et transport :**

- ...
- **Avionique** : une part importante de la valeur totale des avions est due à l'équipement de traitement de l'information, y compris les systèmes de contrôle de vol, les systèmes anticollision, les systèmes d'information des pilotes, les pilotes automatiques et autres. La fiabilité est de la plus haute importance. Les systèmes embarqués peuvent réduire les émissions (comme le dioxyde de carbone) des avions. Le vol autonome devient également une réalité, du moins pour les drones.

- **Mobilité et transport :**

- ...
- **Chemins de fer** : Pour les chemins de fer, la situation est similaire à celle évoquée pour les voitures et les avions. Là encore, les caractéristiques de sécurité contribuent de manière significative à la valeur totale des trains et la fiabilité est extrêmement importante. La signalisation avancée vise à assurer l'exploitation sûre des trains à grande vitesse et à de courts intervalles entre les trains. Le transport ferroviaire autonome est déjà utilisé dans des contextes restreints comme les trains-navettes dans les aéroports.
- **Navires, technologie océanique et systèmes maritimes** : De la même manière, les navires modernes utilisent de grandes quantités d'équipements informatiques, par exemple pour la navigation, pour la sécurité ou pour optimiser l'exploitation en général.

- ...

- **Secteur de la santé :**

L'importance des produits de santé augmente, en particulier dans les sociétés vieillissantes. Les opportunités commencent avec de nouveaux capteurs, détectant les maladies plus rapidement et de manière plus fiable. Les informations disponibles peuvent être stockées dans les systèmes d'information des patients.

- **Bâtiments intelligents :**

Les systèmes embarqués peuvent être utilisés pour augmenter le niveau de confort dans les bâtiments, réduire la consommation d'énergie dans les bâtiments et améliorer la sûreté et la sécurité.

- ...

- **Expériences scientifiques :**

De nombreuses expériences scientifiques contemporaines, en particulier en physique, nécessitent l'observation des résultats des expériences avec des dispositifs informatiques. La combinaison d'expériences physiques et de dispositifs informatiques peut être considérée comme un domaine d'application particulier des systèmes embarqués.

- 1 Définitions
- 2 Historique
- 3 Opportunités
- 4 Défis**
- 5 Caractéristiques
- 6 Résumé



# Introduction aux systèmes embarqués : Défis (1)

Malheureusement, la conception des systèmes embarqués s'accompagne d'un grand nombre de problèmes difficiles. Les problèmes les plus courants sont les suivants :

- La fiabilité : un système capable de fournir le service prévu avec une probabilité élevée et ne cause aucun dommage ;
- Les systèmes embarqués doivent être conscients des ressources ;
- Les systèmes embarqués sont généralement constitués de composants matériels et logiciels hétérogènes de divers fournisseurs et doivent fonctionner dans un environnement en évolution ;

# Introduction aux systèmes embarqués : Défis (2)

- ...
- La conception de systèmes embarqués implique des connaissances dans de nombreux domaines ;
- Impact au-delà des problèmes techniques : En raison de l'impact majeur sur la société, les impacts juridiques, économiques, sociaux, humains et environnementaux doivent également être pris en compte.

- 1 Définitions
- 2 Historique
- 3 Opportunités
- 4 Défis
- 5 Caractéristiques**
- 6 Résumé

# Introduction aux systèmes embarqués : Caractéristiques (1)

Indépendamment du domaine d'application, il existe des caractéristiques plus communes des systèmes embarqués :

- Les systèmes embarqués sont des systèmes réactifs. Ils utilisent des capteurs et des actionneurs pour interagir avec le monde physique externe ;
- Les systèmes embarqués sont sous-représentés dans l'enseignement et dans les débats publics. Les vrais systèmes embarqués sont complexes. Par conséquent, un équipement complet est nécessaire pour enseigner de manière réaliste la conception de systèmes embarqués ;

# Introduction aux systèmes embarqués : Caractéristiques (2)

- ...
- La plupart des systèmes embarqués n'utilisent pas de claviers, de souris et de grands écrans d'ordinateur pour leur interface utilisateur. Au lieu de cela, il existe une interface utilisateur dédiée composée de boutons poussoirs, de volants, de pédales, etc. De ce fait, l'utilisateur reconnaît à peine que le traitement de l'information est impliqué ;
- Ils sont souvent dédiés à une certaine application.

- 1 Définitions
- 2 Historique
- 3 Opportunités
- 4 Défis
- 5 Caractéristiques
- 6 Résumé**

# Introduction aux systèmes embarqués : Résumé

- Quand on parle de systèmes embarqués, on fait allusion au microcontrôleur ou au microprocesseur intégré dans un système électromécanique ;
- Il s'agit d'un système informatique, souvent temps réel, composé de périphériques d'entrée et de sortie ;
- Les tout premiers systèmes embarqués datent du début des années 1960 (1957 Sputnik, 1967 : Apollo Guidance Computer) ;
- Réactifs et limités en ressources, les systèmes embarqués sont souvent dédiés à une tâche spécifique ;
- Ils sont sous-représentés dans l'éducation et dans les débats publics ;
- C'est un domaine complexe qui doit être bâti sur la fiabilité, et dont les applications (diverses et variées) ne doivent pas avoir d'impact négatif sur son environnement ;
- Un système embarqué se greffe facilement dans les objets que nous utilisons au quotidien.

---

**Systèmes embarqués : Quelles applications  
pour le développement numérique du  
campus ?**

---



- [1] P. A. Barro, J. Degila, and M. Zennaro.  
Towards smart and sustainable future cities based on internet of things for developing countries : What approach for africa ?  
*EAI Endorsed Transactions on Internet of Things*, 4, 2018.
- [2] Embedded system.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Embedded\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Embedded_system).

# Systèmes embarqués

## Introduction aux systèmes embarqués



**Pape Abdoulaye BARRO, PhD**  
**UFR des Sciences et technologies**  
**Département Informatique**

8 mai 2022

Systèmes embarqués