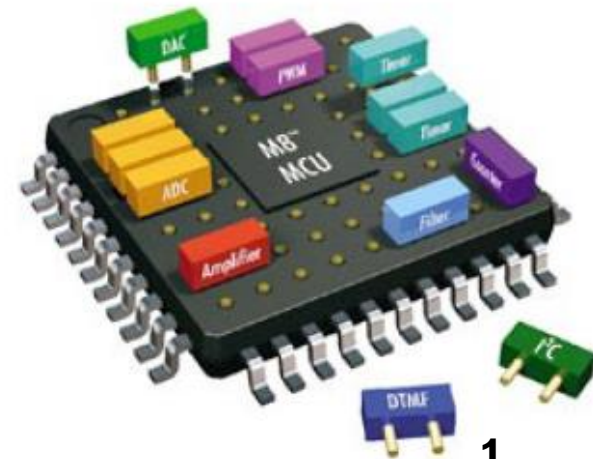


Introduction aux systèmes embarqués

Informatique embarquée

1ère année master RSD

Dr: k.Barka



1. Introduction

- Les systèmes embarqués nous entourent!
- On en croise des dizaines par jour sans le savoir!
- Ils sont donc partout, **discrets, efficaces et dédiés** à ce à quoi ils sont destinés.
- Ils sont bourrés d'**électronique complexe** et d'**informatique évoluée**.

2. Définitions

- Un système embarqué est un système **complexe** qui intègre du **logiciel** et du **matériel** conçus ensemble afin de fournir des fonctionnalités données.
- Le terme de système embarqué désigne aussi bien le matériel que le logiciel utilisé
- Un système embarqué est spécialement conçu pour un type **d'application** particulier souvent **critiques**.
- Constitue une **partie intégrante d'un système plus large** ou une machine

3. Notions et concepts de base

- Les SE contient généralement **un ou plusieurs** microprocesseurs .
- Le système matériel et logiciel sont intimement liés et **immergés**.
- Certains SE ont un système d'exploitation et d'autres non .
- Les SE programmables sont dotés d'interfaces de **programmation** et leur programmation est une **activité spécialisée**.
- Un système embarqué est autonome et **ne possède pas** des **entrées/sorties standards** tels qu'un clavier ou un écran d'ordinateur
- Contrairement à un PC, l'interface **IHM** d'un système embarqué peut être aussi **simple** qu'un LED qui clignote ou aussi **complexe** qu'un afficheurs à cristaux liquides LCD
- Le logiciel a **une fonctionnalité fixe** à exécuter qui est spécifique à une application. **L'utilisateur n'a pas la possibilité de modifier les programmes.**

4. Exemple typique de système embarqué

- Les distributeurs automatiques de boissons,
- Navigateur GPS, contrôleur d'injection moteur, anti dérapage,
- Les équipements médicaux,
- Les avions,
- Les jouets,
- Les téléphones portables,
- Lecteur de DVD,
- Routeur ethernet,
- Télécommande.



5. Domaines d'application des systèmes embarqués

■ Domaines « **traditionnels** »

- Avionique
- Robotique
- Automobile
- Militaire



■ Domaines « **nouveaux** »

- Jeux et loisirs
- Téléphonie, Internet mobile
- Implants (santé sécurité)
- Immeubles intelligents
- Villes intelligentes
- Vêtements...



6. Contraintes

- **Temps Réel** : Fonctionnent généralement en Temps Réel.
 - La validité et la pertinence d'un résultat dépendent du moment où il est délivré
 - Une échéance manquée induit une erreur de fonctionnement
- **Autonomie** : les SE doivent être **auto gérables** et **indépendants**.
- **Résistance aux pannes**: La panne d'un composant ne remet pas en cause la vie du système.
- **Sûreté de fonctionnement**: Capacité à accorder une confiance justifiée au service.
- **Robustesse** : Aux chocs, à la température, à l'humidité.
- **Encombrement mémoire réduit**: Mémoire limitée, pas de disque en général.
- **Coût très bas** : Fabriqués en grande série.

7. Principales caractéristiques

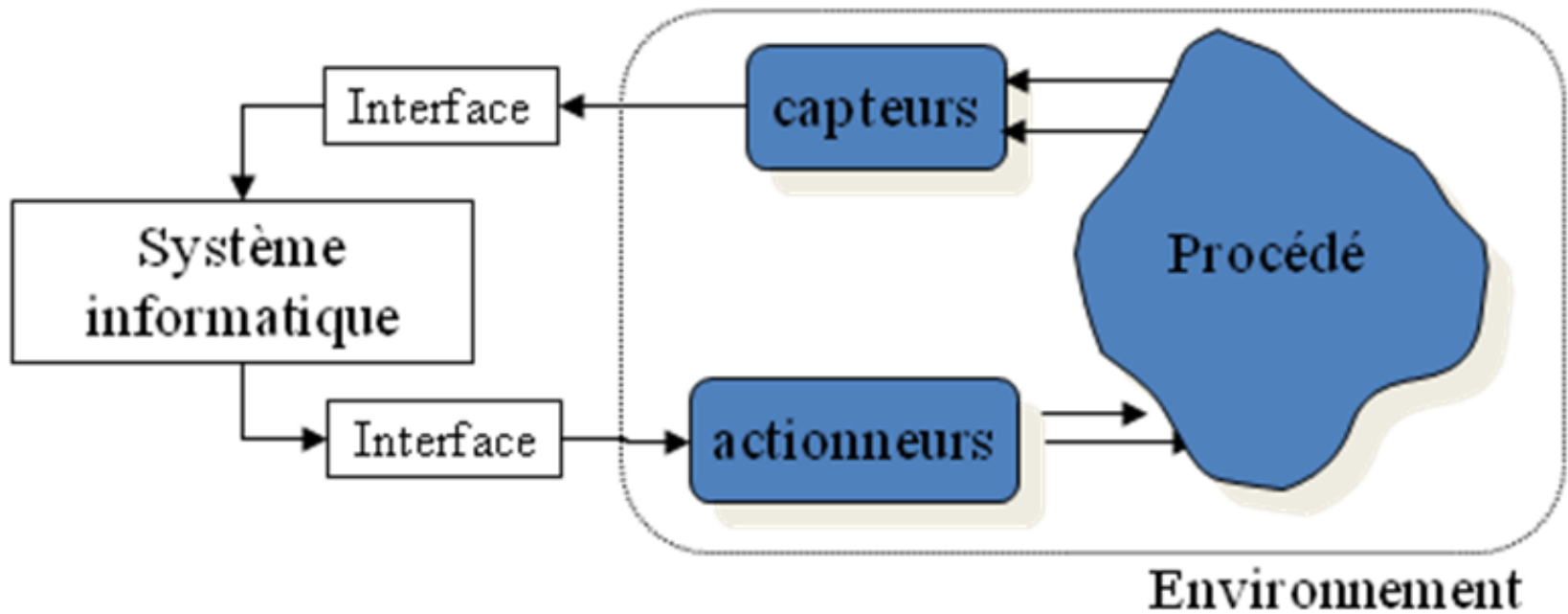
- Processeurs basse consommation avec fonctionnalités minimum (*faible puissance de calcul*) .
- Mémoire vive et mémoire de masse de **taille limitée**.
- Poids et volume **réduit** .
- Mobilité.
- Communication limitée (*attention : la communication affecte la batterie*).
- Réactifs : Il doit **réagir** à l'arrivée d'informations extérieures non prévues.
- C'est un système principalement **numérique**.

8. Architecture des SE (1)

- On décompose un système embarqués en :
 - Le Système **Contrôlé**
 - Le Système de **Contrôle**.
- **Le système contrôlé** = **Environnement** (procédé) équipé d'une instrumentation qui réalise l'interface avec le système de contrôle.
- **Le système de contrôle** = Éléments **matériels** (microprocesseurs...) et **logiciels** dont la mission est d'agir sur le procédé via les actionneurs en fonction de l'état de ce procédé indiqué par les capteurs.

De manière à maintenir ou conduire le procédé dans un état donné

8. Architecture des SE (2)



9. Comparaison aux systèmes informatiques standards

Informatique	Embarqué
<ul style="list-style-type: none">• Processeur standard .<ul style="list-style-type: none">• Architecture standard (VanNewmann)• Vitesse élevée (>GHz) .• Forte consommation électrique	<ul style="list-style-type: none">• Processeur dédié (Contrôleur)<ul style="list-style-type: none">• Architecture standard adaptée .• Vitesse réduite (< 200 MHz)• Basse consommation électrique
<ul style="list-style-type: none">• Grande capacité mémoire	<ul style="list-style-type: none">• Faible capacité mémoire
<ul style="list-style-type: none">• OS standard	<ul style="list-style-type: none">• OS adapté (RTOS)
<ul style="list-style-type: none">• Grande nombre de périphériques	<ul style="list-style-type: none">• Nombre réduit de périphériques

10. Classification des systèmes embarqués

- **Système Transformationnel** : activité de calcul, qui **lit** ses données et ses entrées lors de son démarrage, qui **fournit** ses sorties, puis **meurt**.
- **Système Interactif** : Système en **interaction quasi permanente** avec son environnement;
 - La réaction du système est déterminée par les événements reçus et par l'état courant.
 - Le rythme de l'interaction est déterminé par le système et non par l'environnement.
- **Système Réactif ou Temps Réel** : Système en interaction permanente avec son environnement;
 - La réaction du système est déterminée par les événements reçus et par l'état courant.
 - Le rythme de l'interaction est déterminé par l'environnement et non par le système;

11. Les contraintes de temps et les systèmes embarqués

- On entend souvent parler de Temps Réel dès que l'on parle de système embarqué.
- En effet, un système embarqué doit **généralement** respecter des contraintes temporelles fortes
- On y trouve **enfoui** un système d'exploitation à **noyau Temps Réel** (*Real Time Operating System, RTOS*).
- Le Temps Réel est un concept un peu vague et chacun a sa propre idée sur la question :
 - Un système est dit Temps Réel lorsque l'information après acquisition et traitement **reste** encore **pertinente**
 - Un temps maximum d'exécution est **garanti** (pire cas) et non un temps moyen.

12. Service à offrir par SE

Les SE devront offrir les services suivants :

- **Gestion des entrées-sorties**
- **Gestion de l'énergie** : Assurer une faible consommation (Les algorithmes traditionnel ne pourront pas toujours être implantés par les SE).
- **Gestion de la mémoire** : Au niveau espace d'adressage (prise en compte des contraintes de faible encombrement).
- **Gestion des pannes** : Interventions de maintenance difficiles ou impossibles, ce qui implique :
 - Un haut niveau de **disponibilité**,
 - Des mécanismes de **reprise** en cas d'erreur,
 - Des possibilités de **fonctionnement en mode dégradé**.
- **Méthodes de développement** : Développement en environnement croisé.
- **Adaptabilité** : Variation de configuration logicielle et matérielle
 - Notion de **HAL** (Hardware Layer) ou de **BSP** (Board Support Package)

13. Exemple des systèmes d'exploitation embarqué

Propriétaires:	Open Sources:
<ul style="list-style-type: none">• VxWorks• Windows CE, XP embedded,• Symbian• Nucleus• ENEA OSE Delta• Qualcomm OS• ThreadX• VRTX• EROS• GreenHills IntegrityOS• mITRON• NORTi	<ul style="list-style-type: none">• eCos• FreeRTOS• Embedded Debian• AMSEL• Embedded Gentoo• ETLinux• FREESCO• Linux Router Project• Linux-VR Project• Linux On A Floppy• Qplus• Midori Linux• uClinux• µLinux• PeeWeeLinux

14. Enjeux Économiques (1)

- Les Systèmes Embarqués sont d'une importance stratégique pour l'économie.
- Forte croissance du secteur: taux annuel de la période 2001-2006
 - 7,3% des développeurs de matériels pour systèmes embarqués;
 - 18,7% du nombre des développeurs de logiciels;
 - 18,9% du marché mondial des OS pour systèmes embarqués.
- En 1999, il a été vendu pour le marché de l'embarqué
 - 1,3 milliard de processeurs 4 bits.
 - 1,4 milliard de processeurs 8 bits.
 - 375 millions de processeurs 16 bits.
 - 127 millions de processeurs 32 bits.
 - 3,2 millions de processeurs 64 bits.
- A côté de cela, à cette époque, il a été vendu seulement 108 millions de processeurs (famille x86) pour le marché du PC grand public !

14. Enjeux Économiques (2)

- Pour 2004, il a été vendu environ **260 millions** de processeurs pour le marché du PC grand public à comparer aux **14 milliards** de processeurs tout type confondu (microprocesseur, microcontrôleur, DSP) pour le marché de l'embarqué..
- Les chiffres parlent d'eux-mêmes. Le marché du processeur pour les PC grand public n'est que la partie émergée de l'iceberg et n'est rien par rapport au marché de l'embarqué qui est la partie immergée de l'iceberg...
- Moins de **2 %** des processeurs vendus sont pour le marché du PC contre **98 %** pour l'embarqué.
- Ces quelques chiffres permettent bien de prendre conscience de l'importance du marché de l'embarqué

15. La communication dans les systèmes embarqués

- Les systèmes embarqués sont aujourd'hui **fortement communicants**, grâce à l'explosion de l'usage la connectivité Internet ou connectivité IP
- La connectivité IP permet fondamentalement de **contrôler à distance** un système embarqué par Internet (Liaisons RS.232, RS.485, bus de terrain).
- Il suffit d'embarquer un **serveur web** dans son équipement électronique pour pouvoir le contrôler ensuite à distance, de n'importe où, à l'aide d'un simple navigateur.
- Il faut aussi noter la **montée** en puissance des communications **sans fil** dans l'embarqué au détriment des communications filaires pour limiter le câblage et **faciliter** la mise en place du système embarqué.
- Le Wifi et toutes les normes de réseaux sans fil **IEEE 802.15** comme **Zigbee** ont le vent en poupe dans l'embarqué (réseaux de capteurs sans fil par exemple).