

Ordonnancement et OS temps réel (INE1)

Pr. Safae DAHMANI

@: dahmani@inpt.ac.ma

Bureau 111



Introduction au temps réel

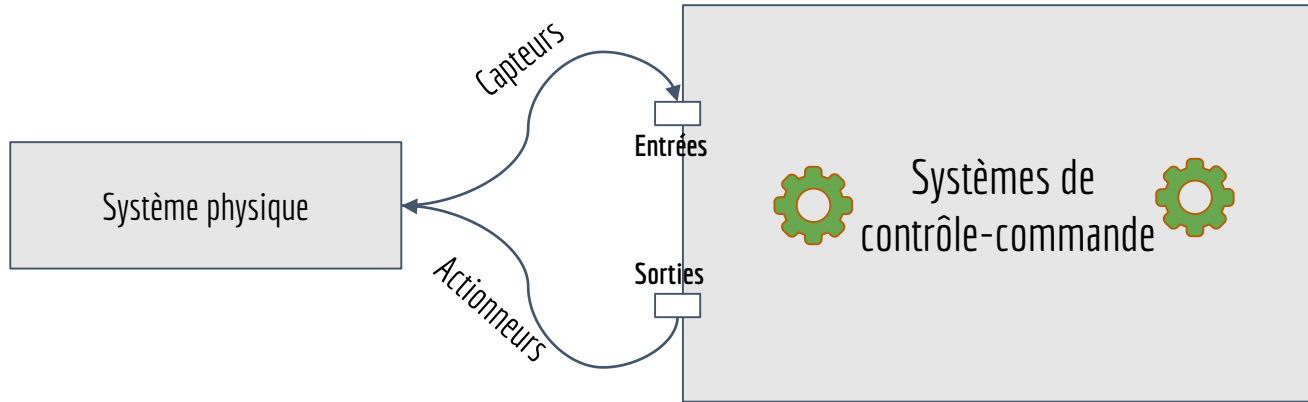
Cours 1

Introduction générale

- Qu'est ce qu'un système temps réel (STR) ?

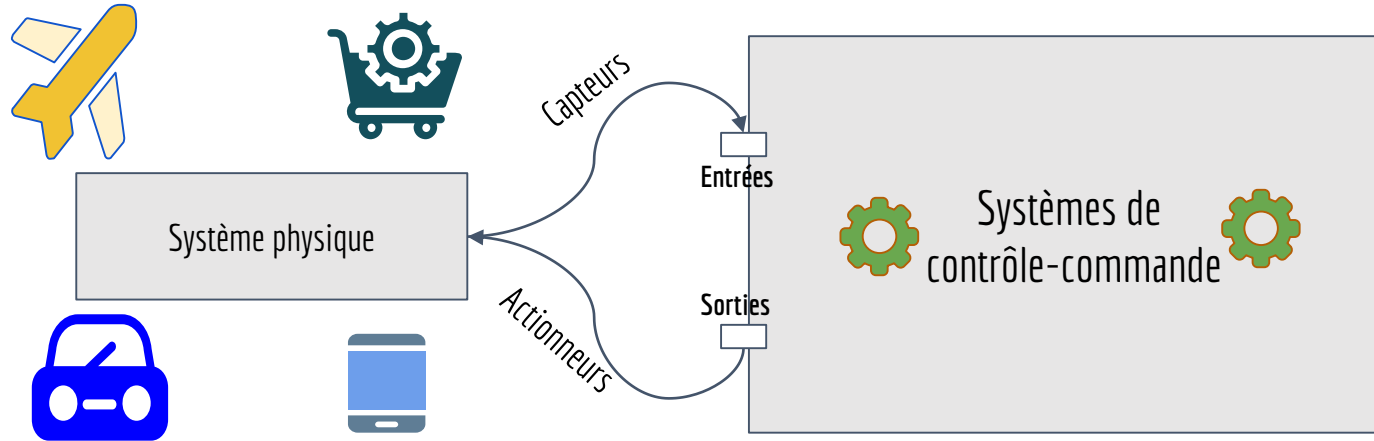
Introduction générale

- Système temps réel : est un **système informatique** ou ensemble de sous-systèmes destiné à contrôler un **procédé extérieur** qui lui est connecté et qui est soumis à des **contraintes temporelles**.



Introduction générale

- Systeme temps réel : est un **systeme informatique** ou ensemble de sous-systèmes destiné à contrôler un **procédé extérieur** qui lui est connecté et qui est soumis à des **contraintes temporelles**.



Introduction générale

- Un système temps réel est soumis à des **contraintes temporelles** établissant l'échéance à respecter dans le traitement de l'information/réaction.

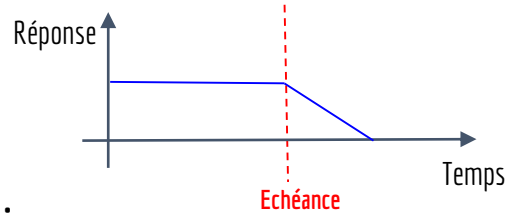
Introduction générale

- Un système temps réel est soumis à des **contraintes temporelles** établissant l'échéance à respecter dans le traitement de l'information/réaction.
- Un système temps réel **n'est pas un système qui va vite** mais un système qui va suffisamment vite par rapport à la dynamique du processus contrôlé.

Systeme temps reel	Temps de réponse
Déclenchement Airbag	30-150 ms
Application multimédia	25 images/ s
Contrôle de production (comprenant des réactions chimiques)	Quelques heures

Introduction générale

- **Notion de Criticité:** Classement des systèmes temps réel selon le respect des contraintes temporelles

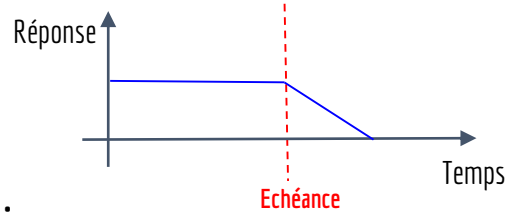


Ex: Jeux en ligne.

- Temps réel mou :

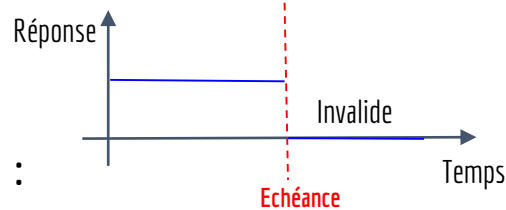
Introduction générale

- **Notion de Criticité:** Classement des systèmes temps réel selon le respect des contraintes temporelles



Ex: Jeux en ligne.

- Temps réel mou :

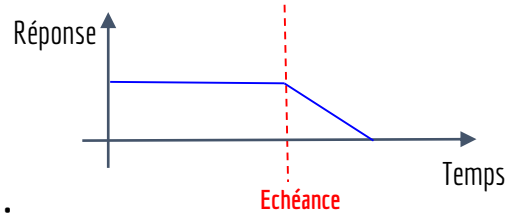


Ex: Système de réservation.

- Temps réel ferme :

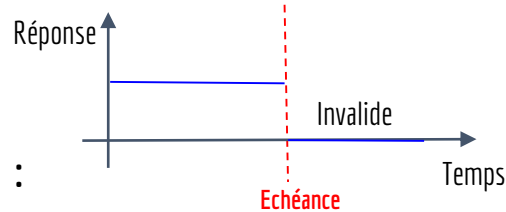
Introduction générale

- **Notion de Criticité:** Classement des systèmes temps réel selon le respect des contraintes temporelles



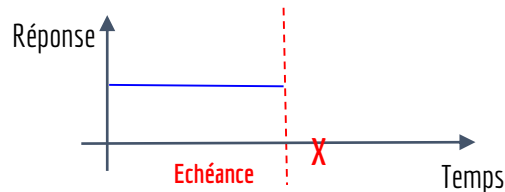
Ex: Jeux en ligne.

- Temps réel mou :



Ex: Système de réservation.

- Temps réel ferme :



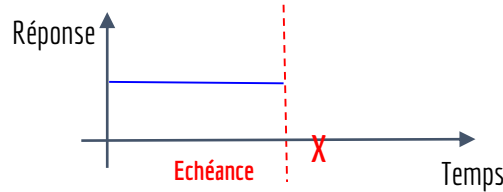
Ex: Contrôle d'une centrale nucléaire.

- Temps réel dur :

Introduction générale

- **Notion de Criticité:** Classement des systèmes temps réel selon le respect des contraintes temporelles

- Temps réel dur :



Ex: Contrôle d'une centrale nucléaire.

Un système critique : si une défaillance temporelle peut entraîner des conséquences graves. (Ex. Système embarqué avionique)

Introduction générale

- **Systèmes multi-critiques** : les sous-systèmes composant un système critique peuvent avoir des degrés de criticité différents.
 - «Par exemple en avionique civile, la DO-178C caractérise les sous-systèmes par un niveau de criticité appelé DAL (Design Assurance Level), allant de niveau A (Ex. : commande de vol), catastrophique en cas de défaillance, à niveau E (Ex. : divertissement en vol), sans effet sur la sécurité». “Systèmes temps réels embarqués”, Dunod.
- Il est important de garantir que :
 - Les tâches temps réel critiques doivent absolument respecter les échéances prévues.
 - Les tâches temps réel non-critiques peuvent répondre avec un certain retard.
 - Les autres tâches répondront au mieux.

Introduction générale

- Systèmes temps réel et embarqués:
 - **Fiabilité:** Capacité d'un système à réaliser et maintenir ses fonctionnalités dans des conditions normales d'utilisation. En temps réel, ceci se traduit par le respect des contraintes temporelles mais aussi de la **tolérance aux fautes**.
 - **Tolérance aux fautes:** Capacité à rester **fiable** même si certaines pannes arrivent.
 - **Prédictibilité:** Les performances de l'application doivent être définies dans tous les cas possibles de façon à assurer le respect des contraintes de temps. On parle de pire cas.
 - **Déterminisme :** Il n'y a aucune incertitude sur le comportement du système; pour une même entrée (même contexte) on obtient la même sortie (même comportement).

Introduction générale

- Utilisation des méthodes, outils certifiés afin de minimiser les anomalies et gérer au mieux les contraintes du système :
 - Validation temporelle et logique
 - Manipulation du temps
 - Maintenance très difficile/coûteuse voire impossible
 - Accidents graves (dégât humains/financiers)

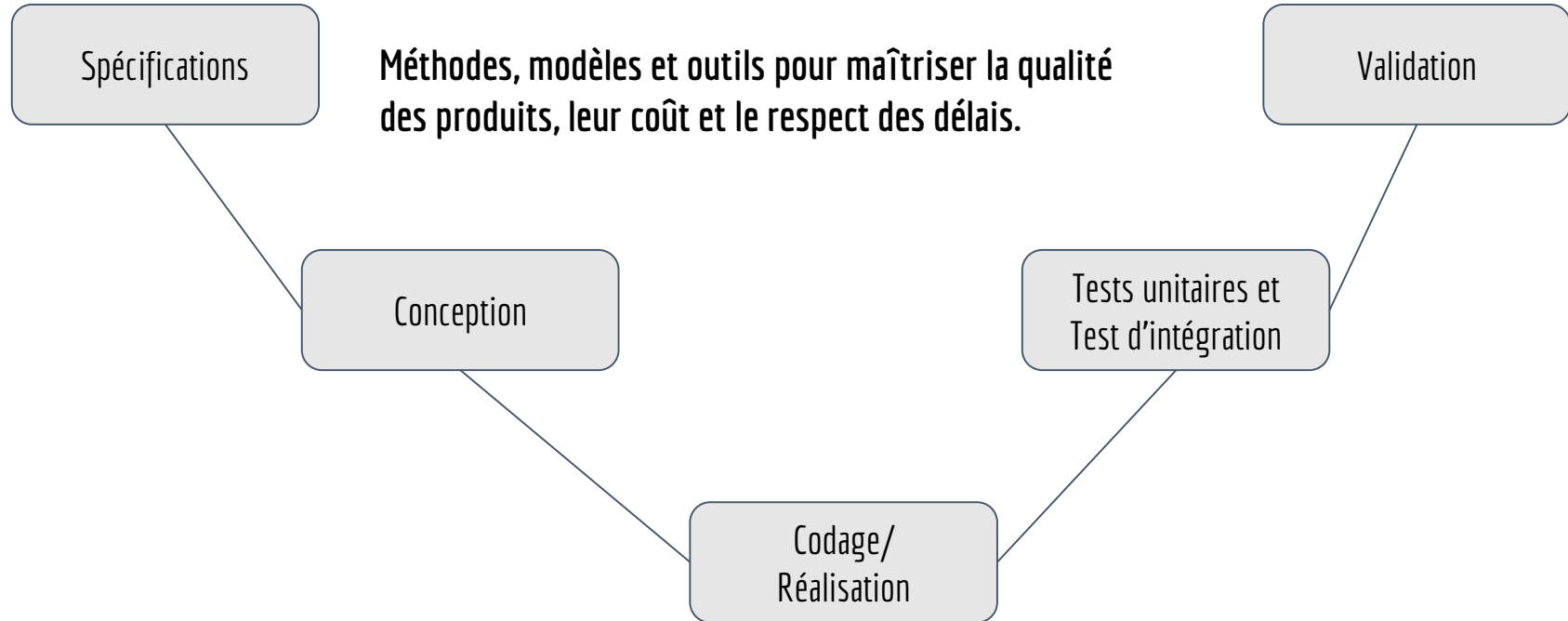
Introduction générale

- Utilisation des méthodes, outils certifiés afin de minimiser les anomalies et gérer au mieux les contraintes du système :
 - Validation temporelle et logique
 - Manipulation du temps
 - Maintenance très difficile/coûteuse voire impossible
 - Accidents graves (dégât humains/financiers)

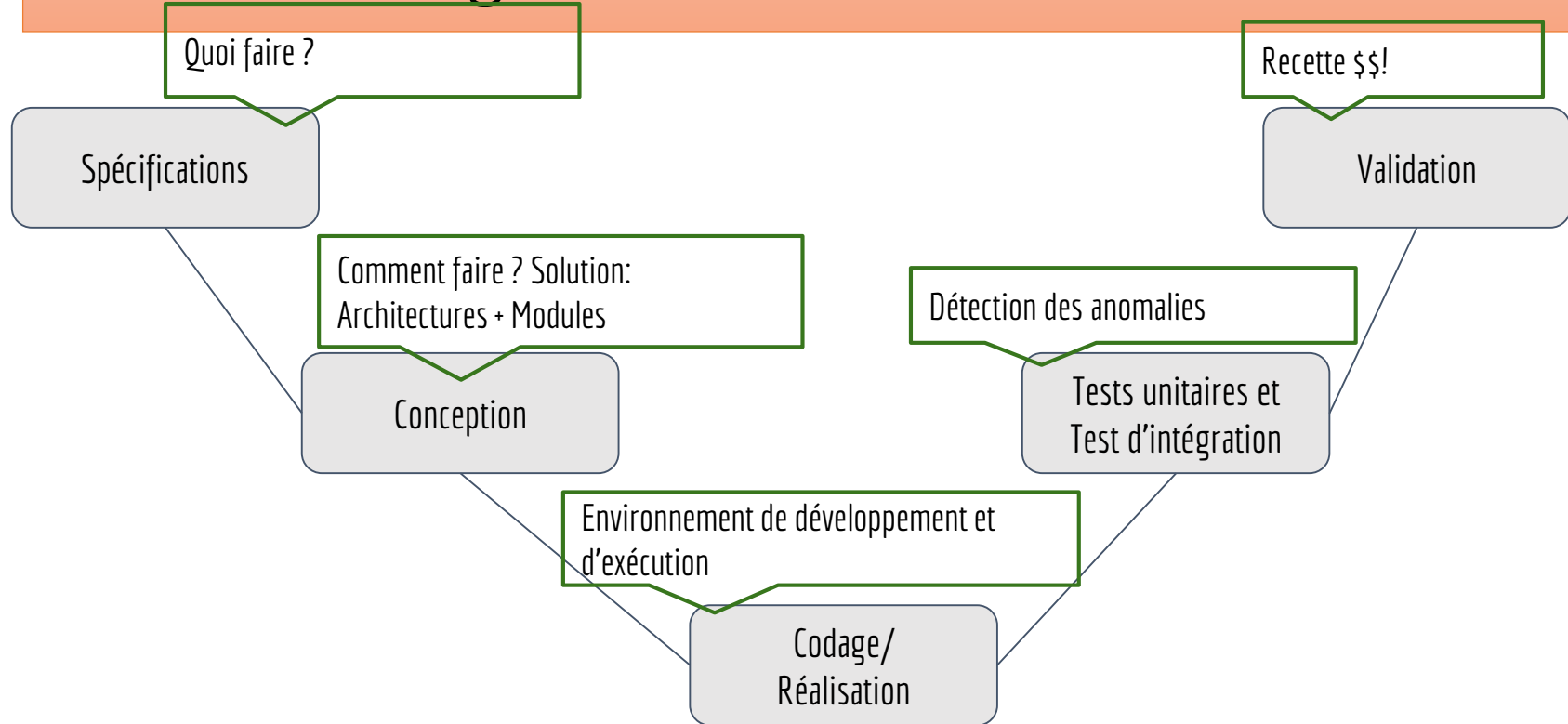


Introduction générale

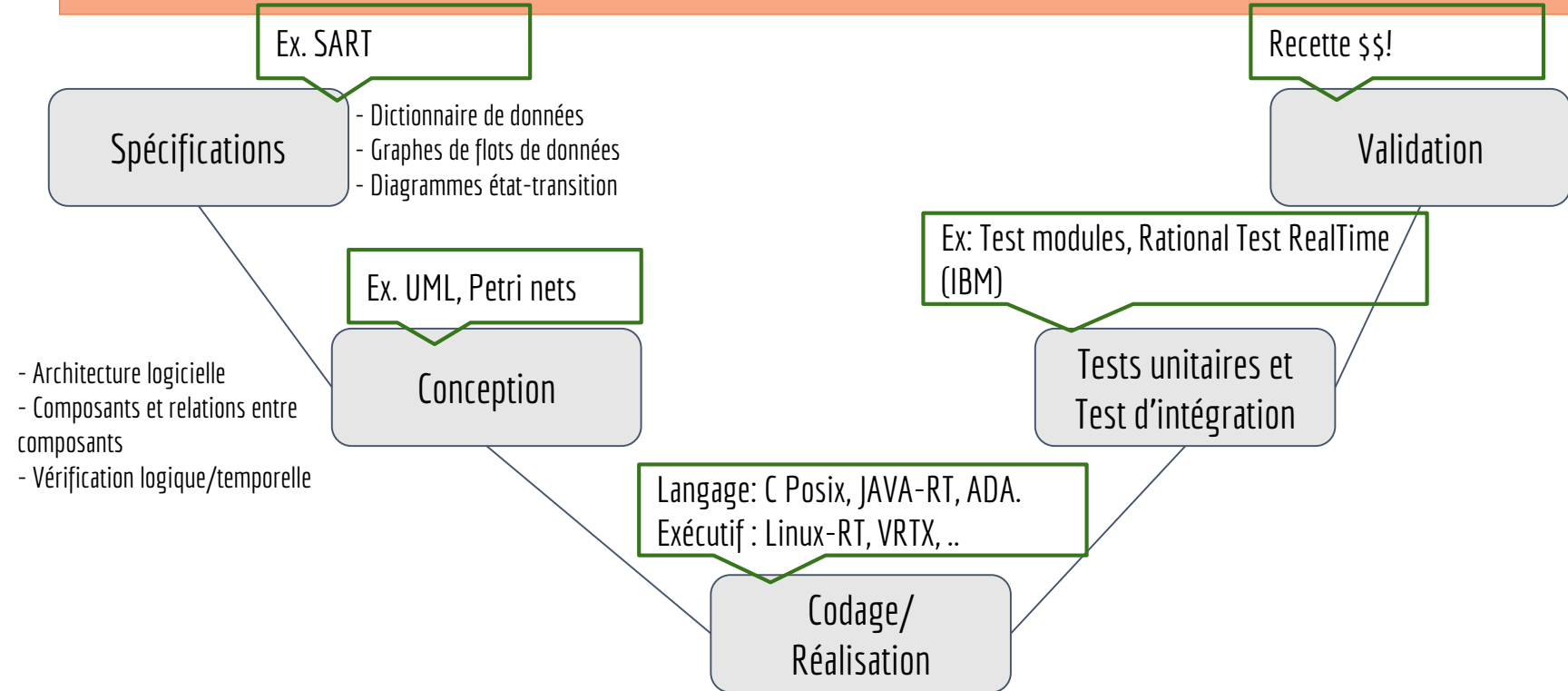
Méthodes, modèles et outils pour maîtriser la qualité des produits, leur coût et le respect des délais.



Introduction générale

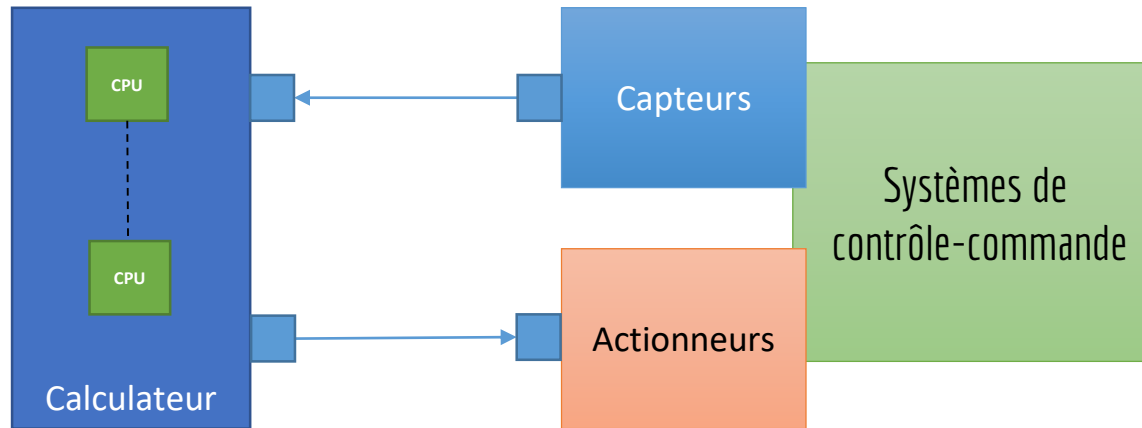


Introduction générale



Architecture matérielle

- Système temps réel simplifié :



Architecture matérielle

- **Calculateur** : constitué des ressources de calcul qui permettent d'exécuter le programme (CPU). L'exécution de chaque instruction du programme doit répondre à la contrainte temps réel du systèmes (Nombre de cycles). Un CPU peut être constitué d'un ou plusieurs unités de calcul (cœurs) ce qui permet d'exécuter différentes instructions simultanément (réduire le temps de réponse). Toutefois, l'exécution de l'application peut être pénalisée par plusieurs facteurs, tels que:
 - Temps d'accès mémoire (cache hiérarchique)
 - Gestion des interruptions matérielles (Evénements I/O)

Architecture matérielle

- **Réseau de communication:** Assure la communication entre CPU et ses périphériques connectés. Dans un contexte temps réel ce réseau est responsable de garantir le délai maximal de transmission d'un message.
 - **Utilisation de réseaux déterministes**

Architecture matérielle

- **Réseaux déterministes :**

- **Inter-Integrated Circuit bus (I²C)** → standardisé par Philips. Bus série 2 fils simple pour interconnexion de périphériques. Utilisé pour capteurs de température, information sur les moniteurs, ASICS, ..
- **Controller Area Network (CAN)** → Communication temps-réel entre micro-contrôleurs et capteurs/actionneurs. Standardisé par l'automobile et l'avionique.
- **Avionic Full Duplex (AFDX)** (réseau Ethernet redondant et fiabilisé) → Avionique civile
- **PCI bus parallèle** → 32 ou 64 bits standardisé par Intel. Nombreuses variantes : PCI-Express, Compact-PCI, Mini-PCI,...
- **NoC** → Communication inter-cœurs (Multicores)

Architecture matérielle

- **Capteurs/Actionneurs :**

- **Capteur:** permet de lire une mesure physique (Température, pression, vitesse, ..).
- **Actionneur:** permet de contrôler un élément physique externe (Moteur, Valve, ..).
 - **Interface numérique ou analogique:** traduit la mesure physique en mesure électrique.
 - **Interface de communication par bus:** permet au capteur de transmettre des trames de mesures binaires.

Architecture matérielle

- **Capteurs/Actionneurs :**
 - **Les entrées du système passent soit par :**
 - Lecture/interprétation du signal électrique en signal données binaires
 - Déclenchement d'interruptions dans le CPU et appel à la routine de gestion d'interruptions du système.