

Ecole Doctorale Sciences et Techniques de l'Ingénieur  
Département Génie Electrique

# SoC (System On Chip) Conception Haut niveau

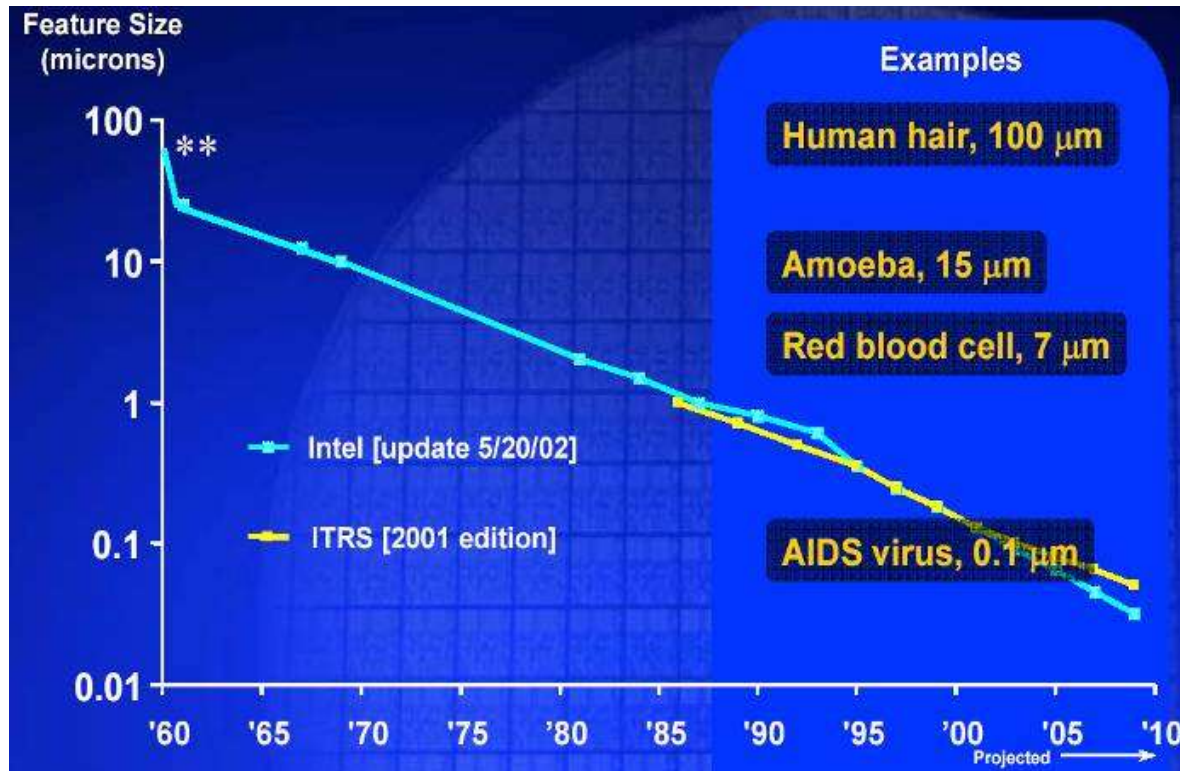
*Ingénieur 3ème année GE option: SMART*  
*Mastères de recherche : Signaux, Systèmes et Données (SSD)*  
*Information System techniques (IST)*

**Dr. Faten BEN ABDALLAH**  
**[Faten.benabdallah@enit.utm.tn](mailto:Faten.benabdallah@enit.utm.tn)**

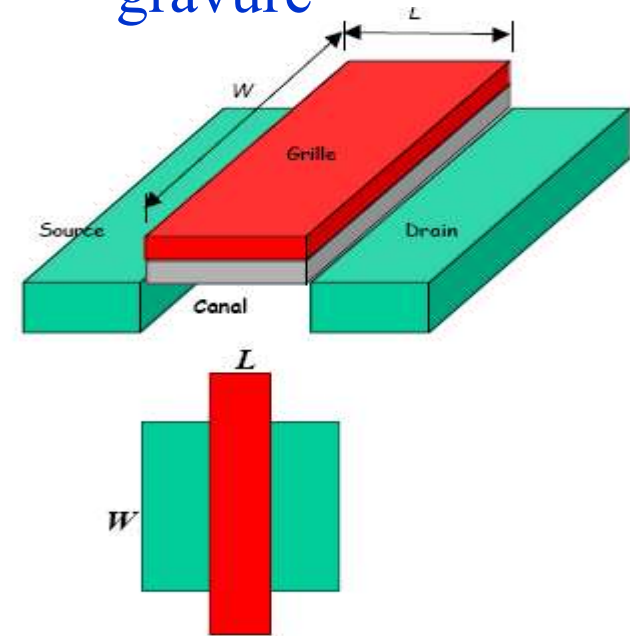


# **I. Introduction: Contexte & défis**

# Evolution des Transistors: Taille



Technologie de gravure



Nano-technologie:  $L < 100\text{nm}$

- 10 et 7 nm en production, 5 et 3 nm dans la phase préparation
  - Nouvelle génération de technologie de gravure tous les 2-3 ans
- ➡ Un nombre de plus en plus grand sur la même tranche de silicium

# *Evolution des Transistors: Nombre*

## **microprocesseurs Intel :**

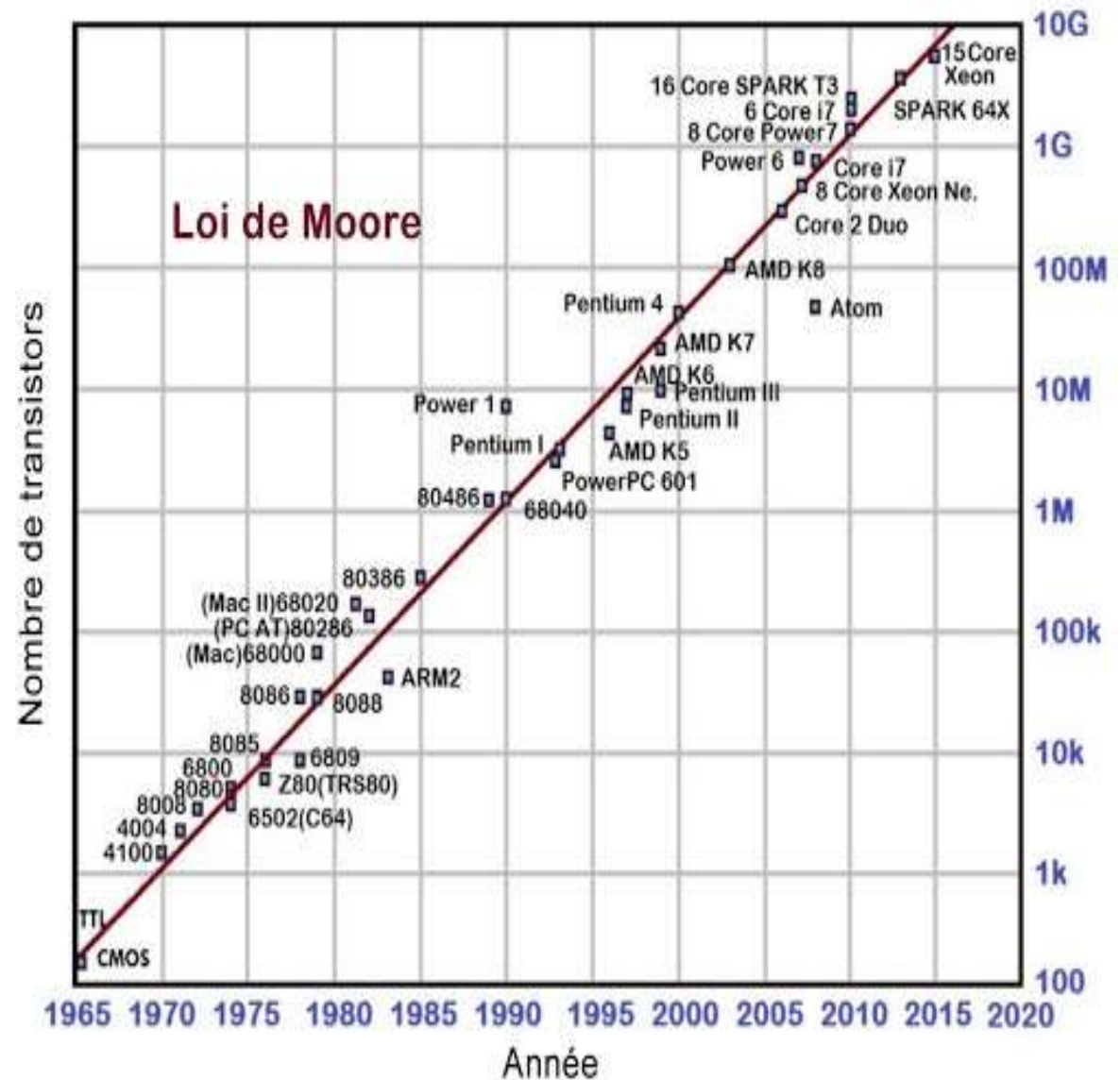
- 1971 : 4004 : 2 300 transistors
- 1978 : 8086 : 29 000 transistors
- 1982 : 80286 : 275 000 transistors
- 1989 : 80486 : 1,16 millions de transistors
- 1993 : Pentium : 3,1 millions de transistors
- 1995 : Pentium Pro : 5,5 millions de transistors
- 1997 : Pentium II : 27 Millions de transistors
- 2001 : Pentium 4 : 42 millions de transistors
- 2004 : Pentium Extreme Edition : 169 millions de transistors
- ...
- 2023: intel core i9: 50 milliards de transistors
- ...
- 2030: intel vise le trillion (un milliard de milliard) de transistors

# Loi de Moore

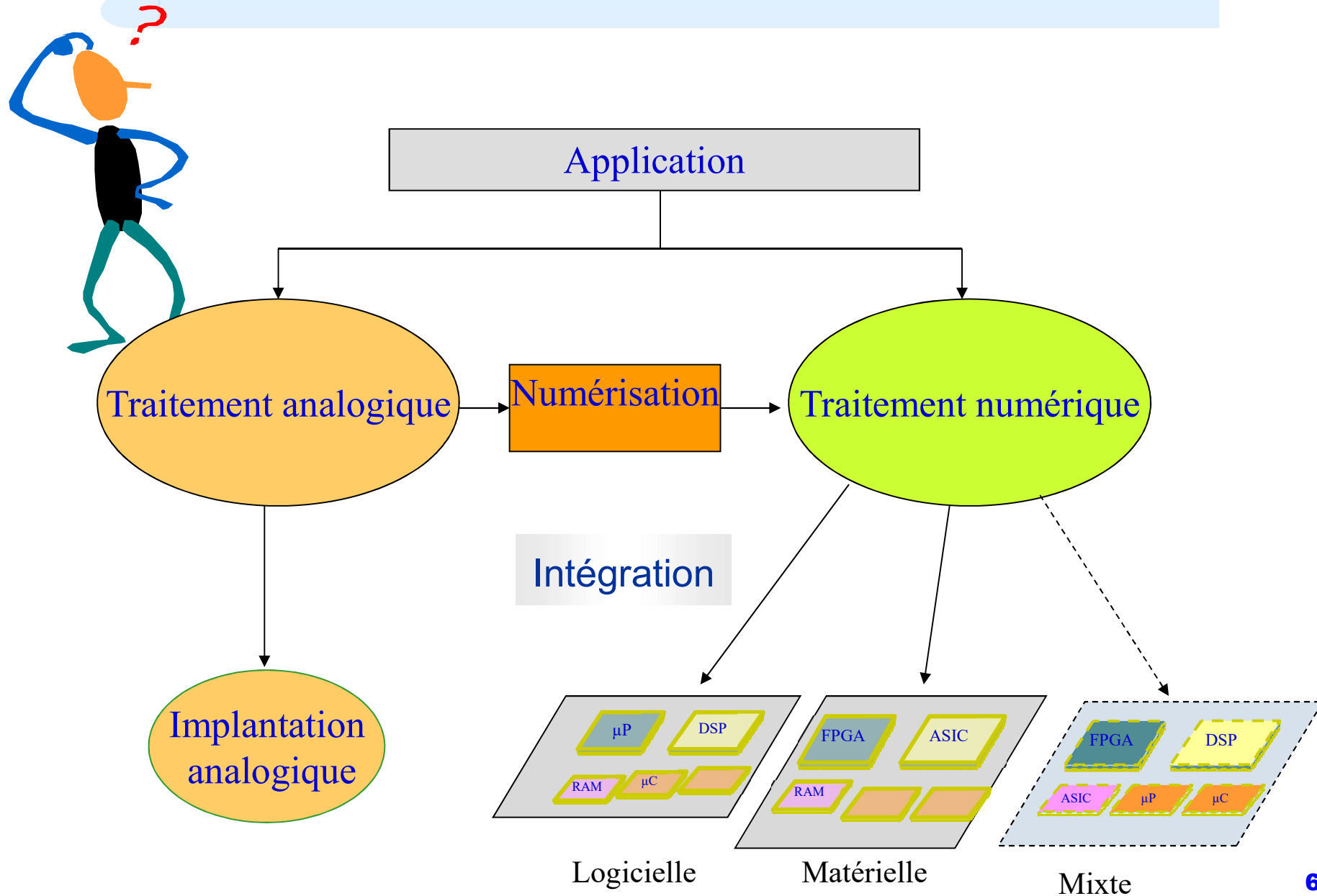
Seuls Samsung et TSMC, le fournisseur taïwanais d'Apple sont capables de franchir l'obstacle suivant des 5 nm. IBM, Toshiba, Sony.. tous les autres géants de l'électronique ont déclaré forfait.

Et si la prochaine étape, fixée à 3 nm, est peut-être atteignable, personne, n'ira au-delà.

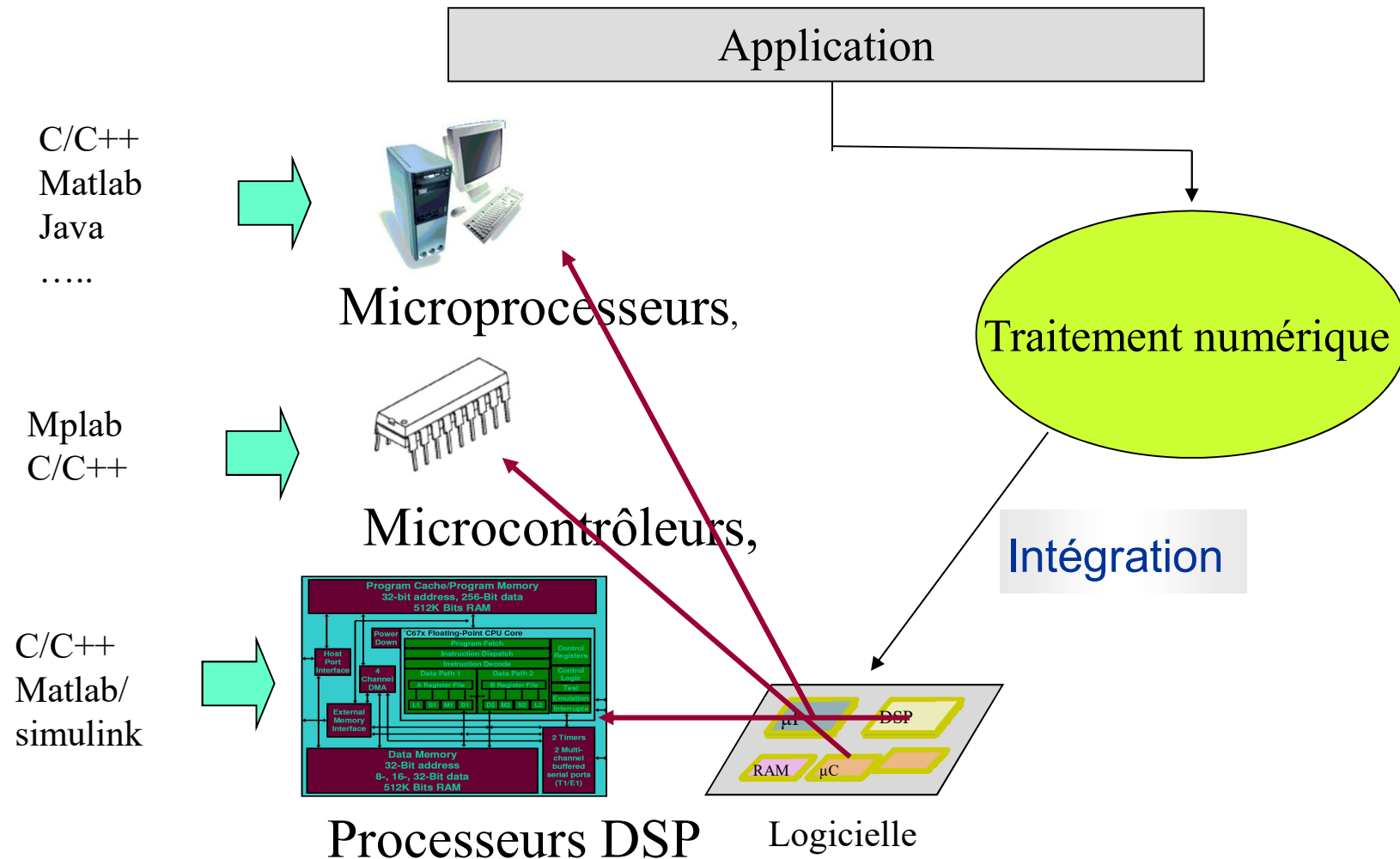
En 2023 au plus tard, il en sera fini de la loi de Moore.



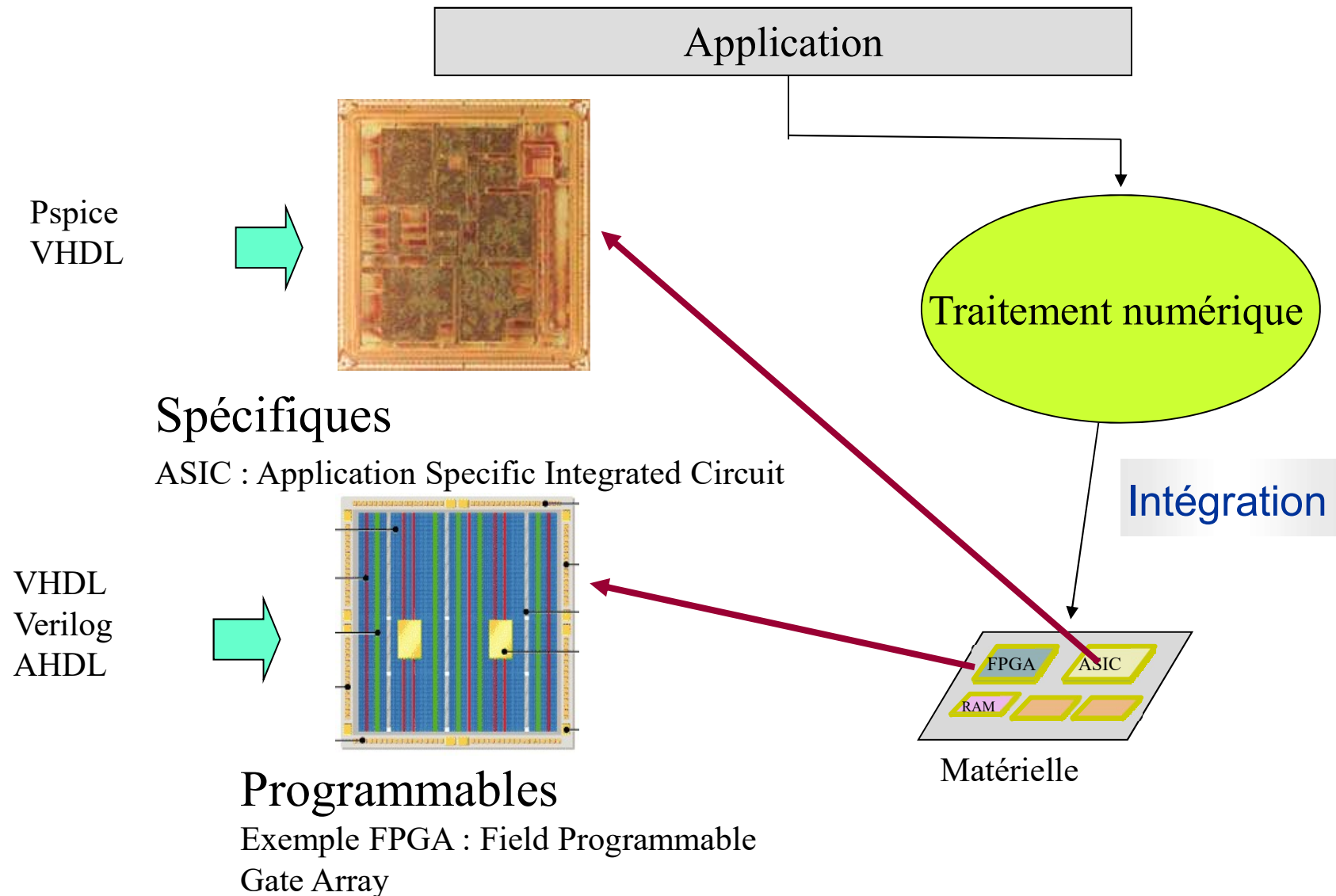
# Cible d'implantation



# Architecture logicielle



# Architecture matérielle





# Modèles de traitement

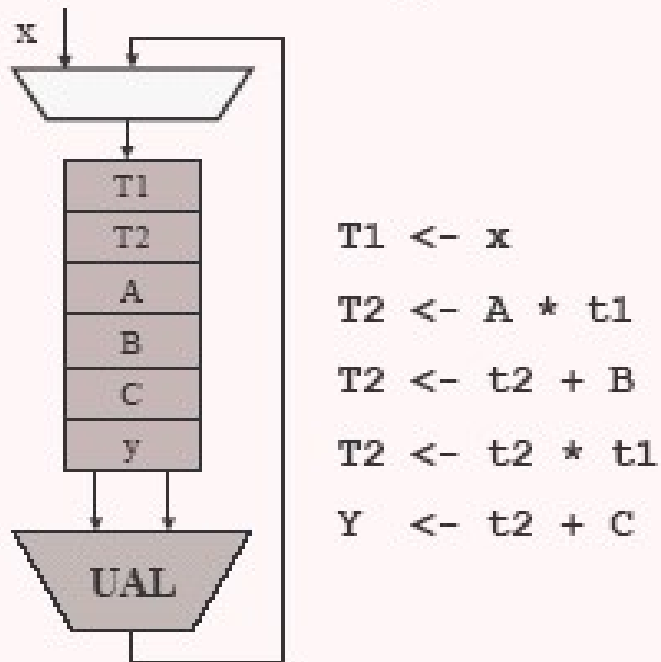
μP  
μC  
DSP

$$y = Ax^2 + Bx + C$$

FPGA  
ASIC

**Solution logicielle**

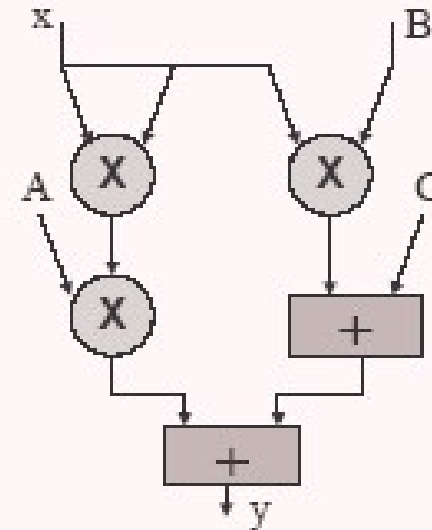
Implémentation Temporelle



**Traitement séquentiel**  
**=> 5 cycles d'horloge**

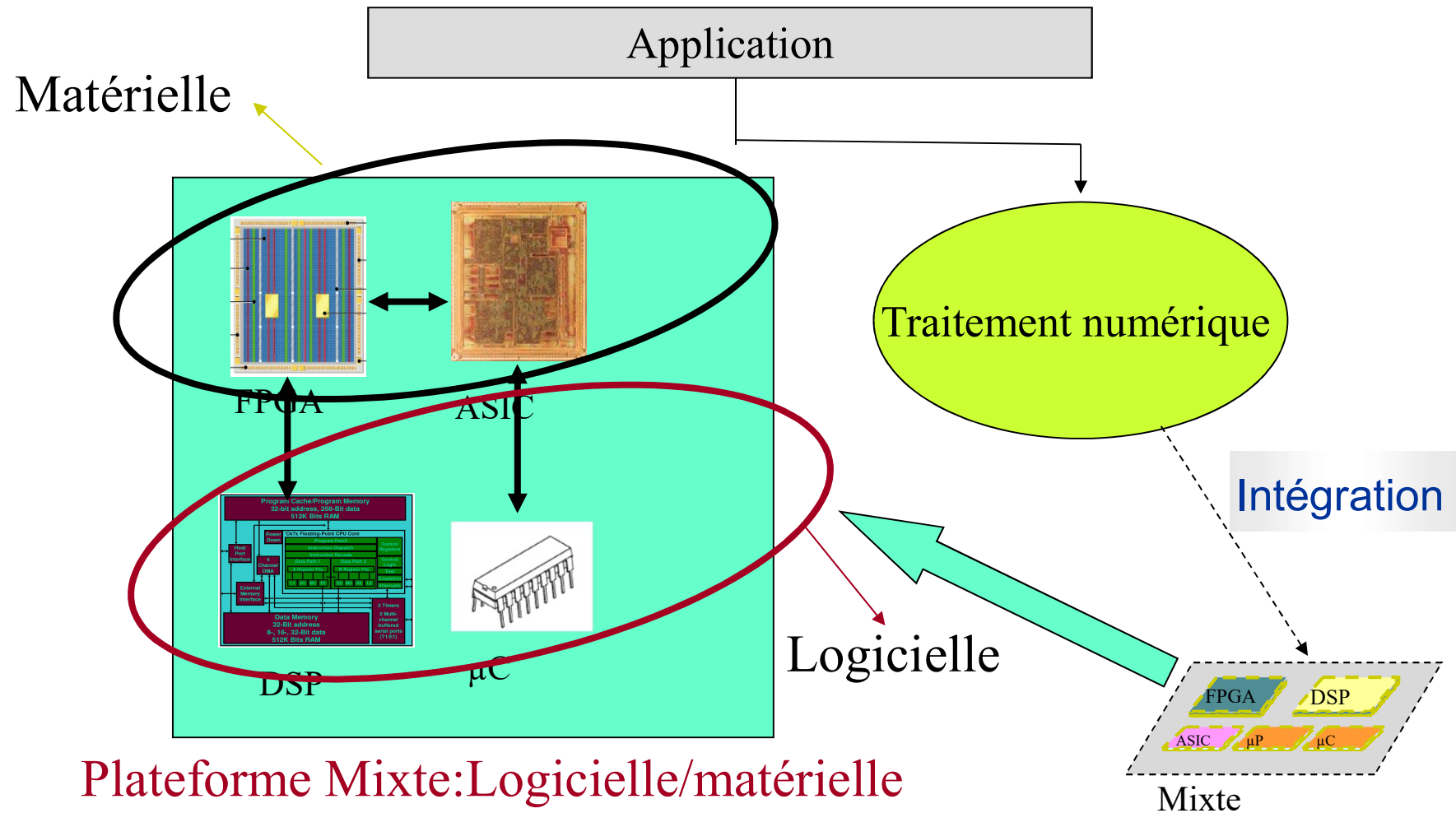
**Solution matérielle**

Implémentation Spatiale



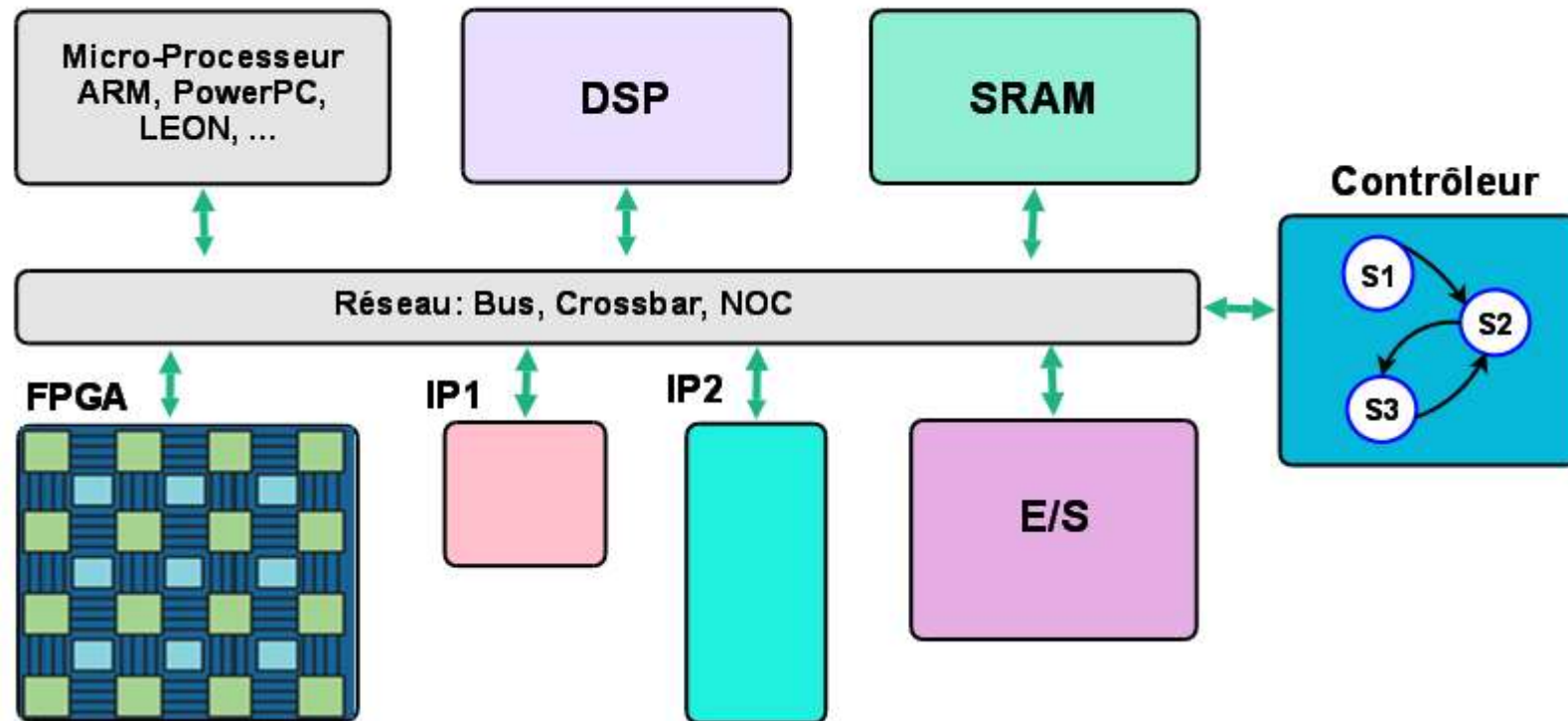
**Traitement parallèle**  
**=> 3 cycles d'horloge**

# Architecture mixte: Système sur puce (SoC)



# Exemple d'un SOC hétérogène

## Système sur Puce (SOC)



SOC: Puce regroupant tous les éléments électroniques ( $\mu$ -processeur, composants spécifiques, mémoires...) nécessaires à la réalisation d'un Système (produit) complet.

# Composants des SoCs:

## 1) $\mu$ processeurs

- CPU (Central Processing Unit) : processeur généraux
  - Fonctions : contrôle, interface utilisateur, traitements légers
  - Exemples : ARM9, ST20, SH4, Leon mais pas Intel Pentium 4 !...
- DSP (Digital Signal Processor)
  - Fonctions : Traitement du signal, calculs complexes
  - Exemples : Ti TMS320C55x, etc.
- Processeurs VLIW (Very Long Instruction Word)
  - Fonctions : traitement multimédia
  - Exemples : ST210...
- Supports de la partie logicielle du système

# Composants des SoCs:

## 2) Composants dédiés

- Accélération d'une fonction particulière
  - Serait trop lent en logiciel !
  - Compromis
    - Complexité
    - Accélération
    - Consommation
    - Flexibilité
- Plusieurs possibilités de réalisation :
  - 100% matérielle: ASIC, FPGA;  
ex : Décodeurs Vidéos « câblés »
  - Semi-matérielle: Utilisation d'un coeur de processeur pour simplifier le matériel;  
ex : Décodeurs audios, traitements plus difficiles à câbler

# ***IP (Intellectual Property)***

## *Composant virtuel*

- **Hard IP** (IP matériel):
  - Netlist entière,
  - routage et optimisation pour une librairie technologique spécifique et layout personnalisé,
  - **Non flexible ni portable**
  - **Prédictif** (puissance, taille et performances connus optimisés pour une technologie donnée).
  
- **Soft IP** (IP logiciel):
  - Composant fourni sous forme HDL synthétisable ou SystemC.
  - Flexible (paramètres génériques pouvant être changés)  
=> réutilisable dans de nombreuses applications,
  - **Non prédictif** (puissance, surface et temps)
  
- **Firm IP** (IP flexible):
  - Délivré sous forme de Netlist,
  - Possibilité d'optimiser les performances à travers le placement, routage.

# Composants des SoCs:

## 3) Mémoires

- ROM, RAM, Flash...
  - Souvent hors du SoC
- Dans la puce :
  - Contrôleur(s) mémoires
  - Petites mémoires internes
  - Mémoires caches, « fifo » (tampons/files d'attente)
- Fonctions
  - Stockage temporaire (RAM)
  - Programme interne (ROM), possibilité de mise à jour (Flash)

# ***Composants des SoCs:***

## ***4) Composants utilitaires***

- DMAC (Direct Memory Access Controller)
  - Transferts mémoires/mémoires, mémoires/périphériques
  - Décharge le CPU (pas d'attente liée aux transferts)
- Timer, RTC (Real-Time Clock)
  - Mesure de l'écoulement du temps
  - Utilisations :
    - Contrôle du nb d'images par secondes
    - Programmation de délais d'expiration
    - Utilisation par OS Temps Réel
- Contrôleur d'interruptions (ITC)
  - Centralisation de tous les signaux d'interruptions
  - Informations sur l'émetteur de l'interruption

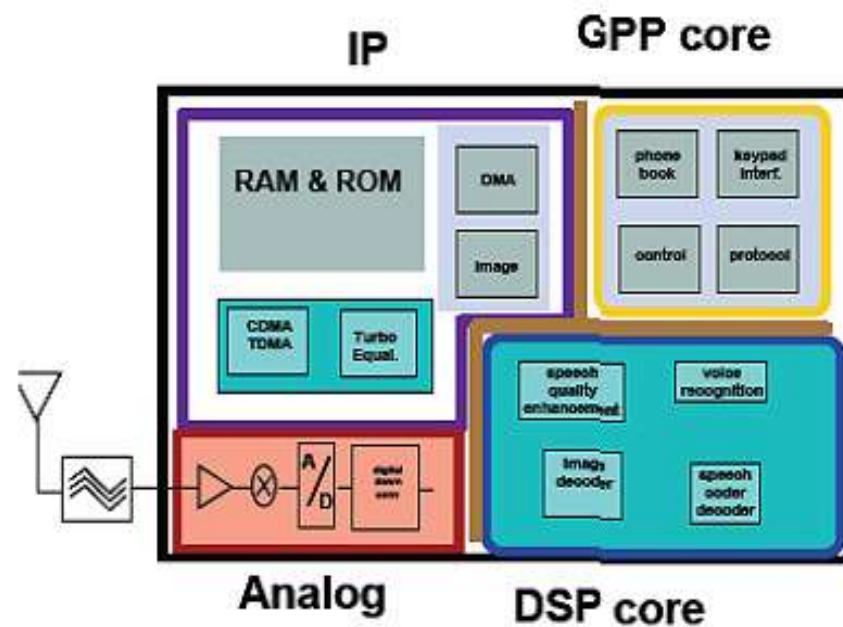
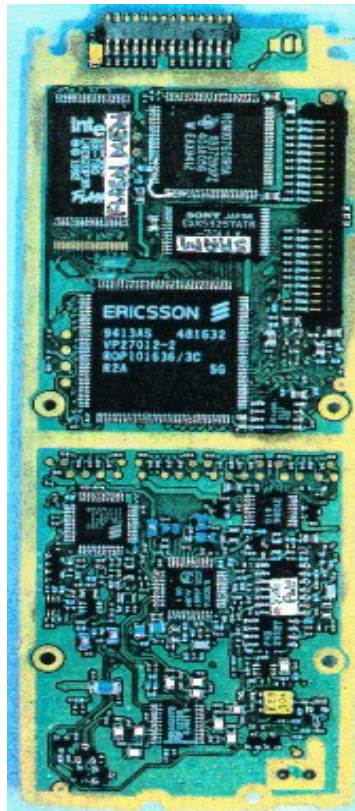


# Composants des SoCs:

## 4) Entrées/sorties

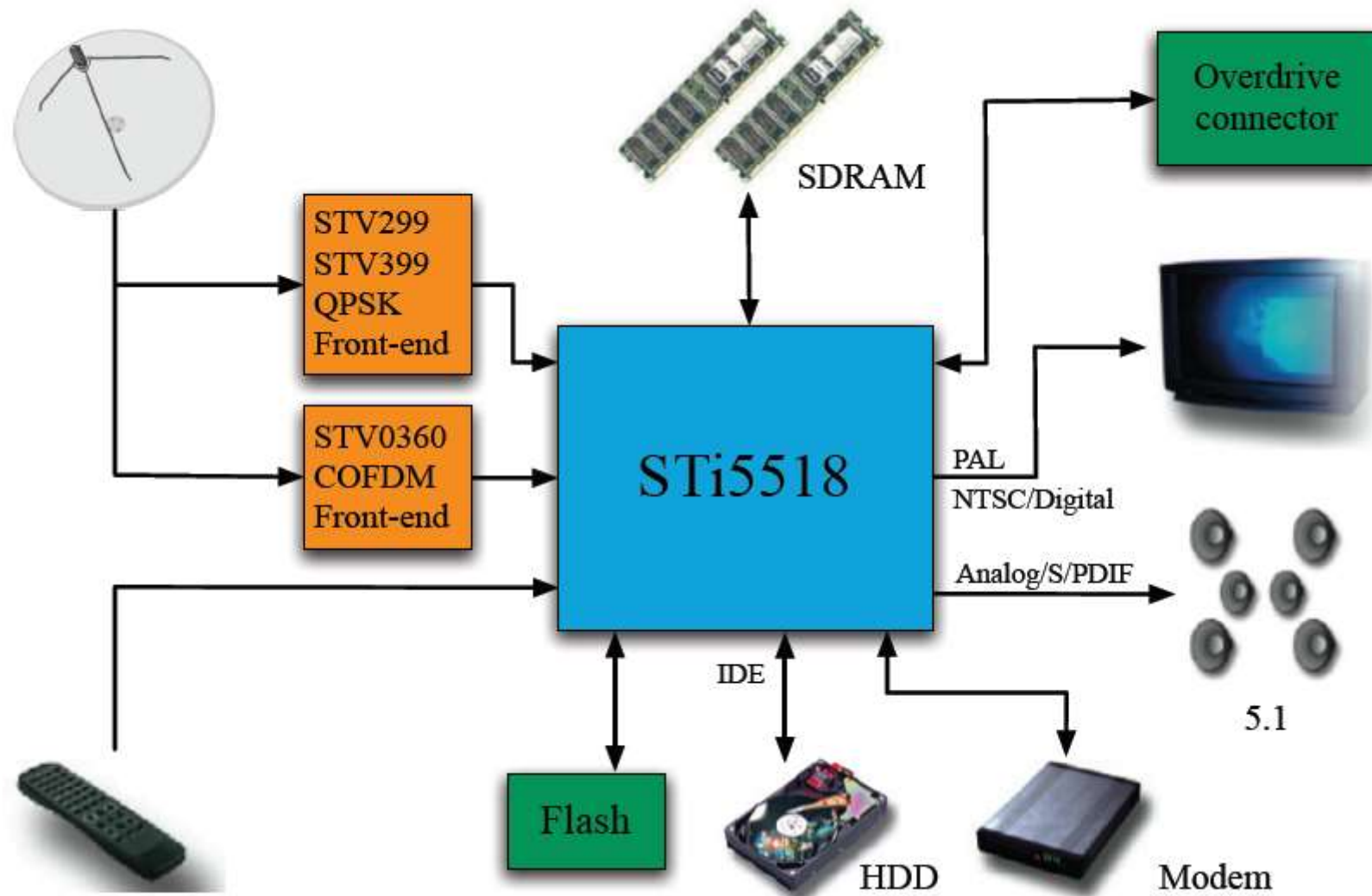
- GPIO (General Purpose Inputs/Outputs)
  - programmation/lectures de broches du circuit
  - Utilisation : lectures de boutons, clavier simple
- Composants ports série
  - UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) : port RS232
  - SSP (Synchronous Serial Port) : port série haute vitesse
  - Utilisation : branchement de composants externes, debuggage
- Pilotage de bus de périphériques
  - IDE( Integrated Drive Electronics) /ATA... : Disque dur interne, DVD
  - USB
  - IEEE 1394 aka FireWire (camscopes numériques, Liaisons haute vitesse...)
- Composants RF: Bluetooth, GPS,GSM...

# Exemple de SOC pour le Terminal 2G

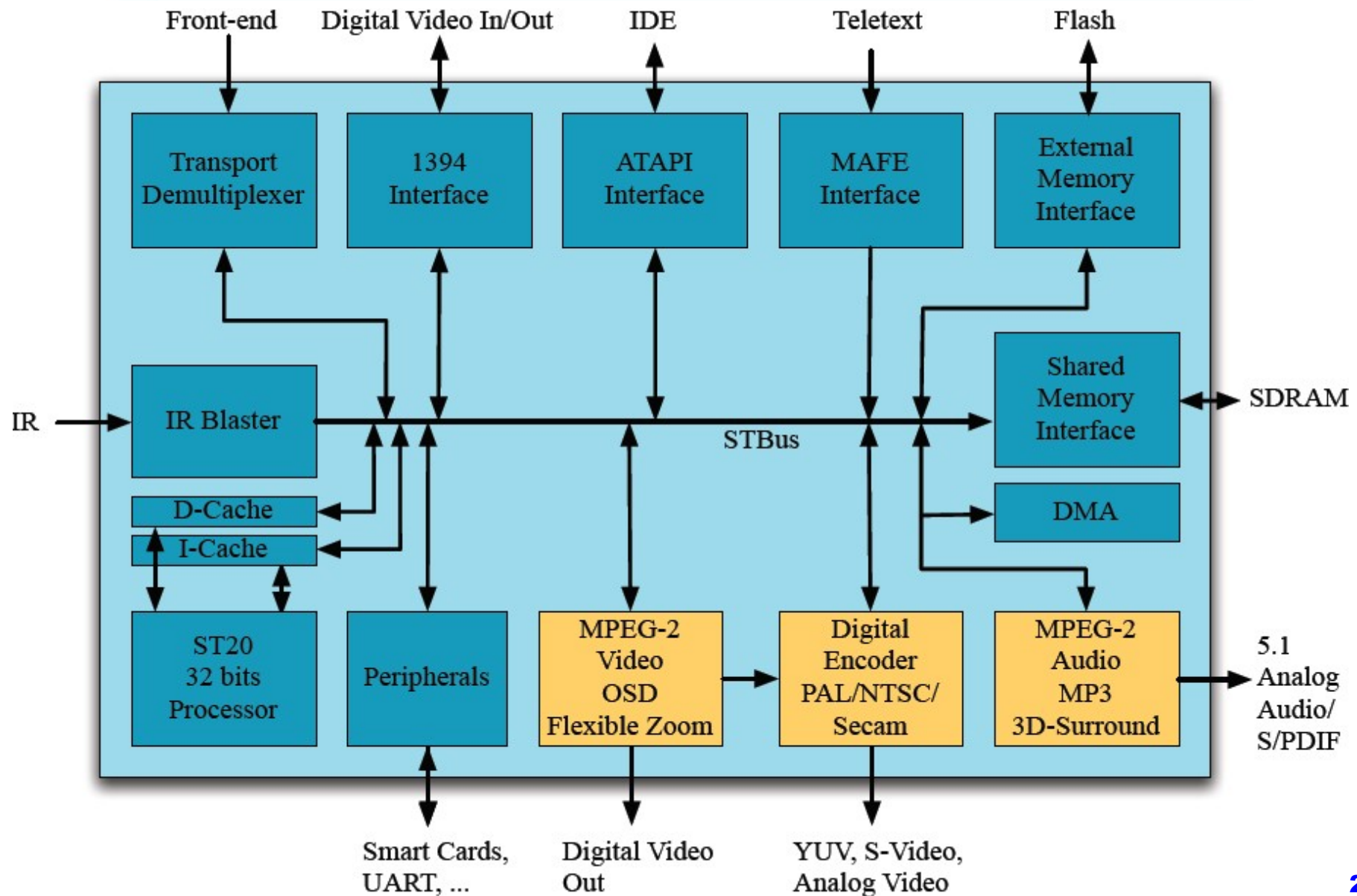


- **Analog**
  - A/D, D/A
  - RF, modulation
- **μP/μC core**
  - Control
  - User interface
- **DSP core**
  - Slow processing
- **IP**
- **Memory**
- **On-chip bus**

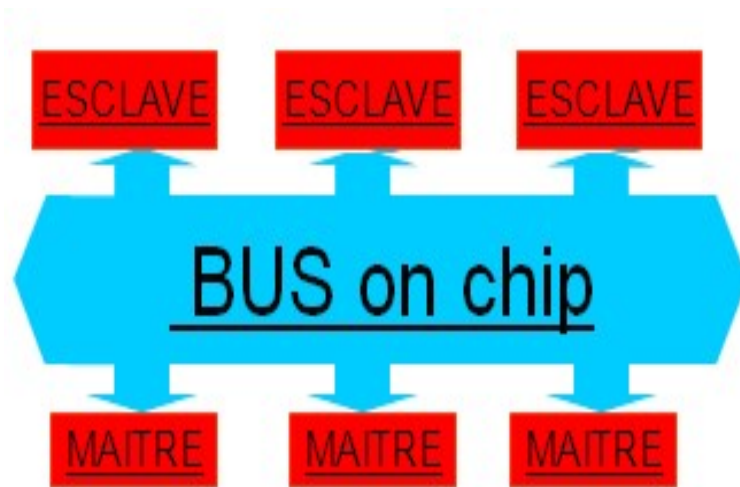
## Exemple de SOC: STi5518 pour Décodeur Satellite CDVB2300B



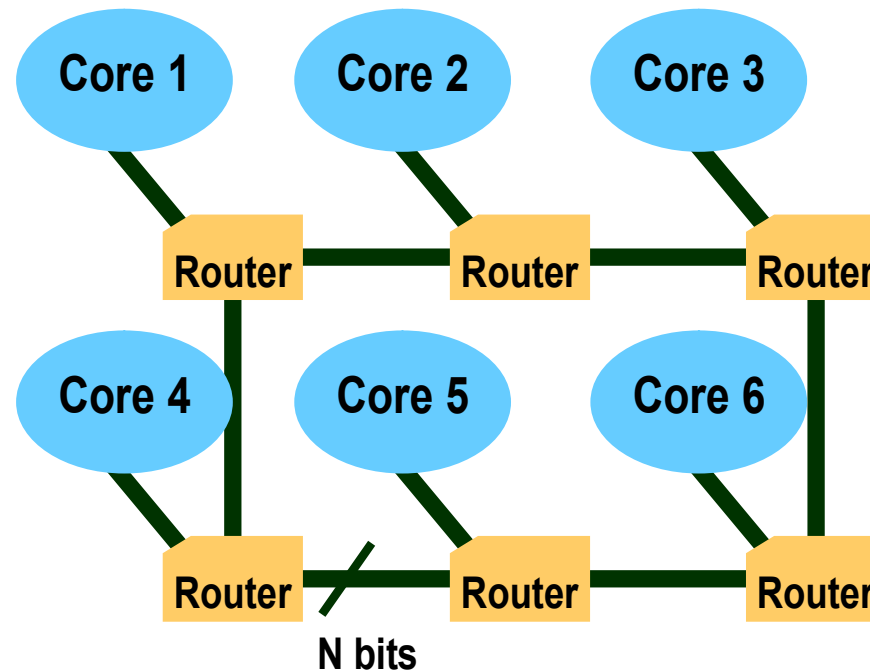
## Exemple de SOC: STi5518



# Interconnexions dans les SOCs



## Network On Chip



# Besoins pour la conception des SoCs

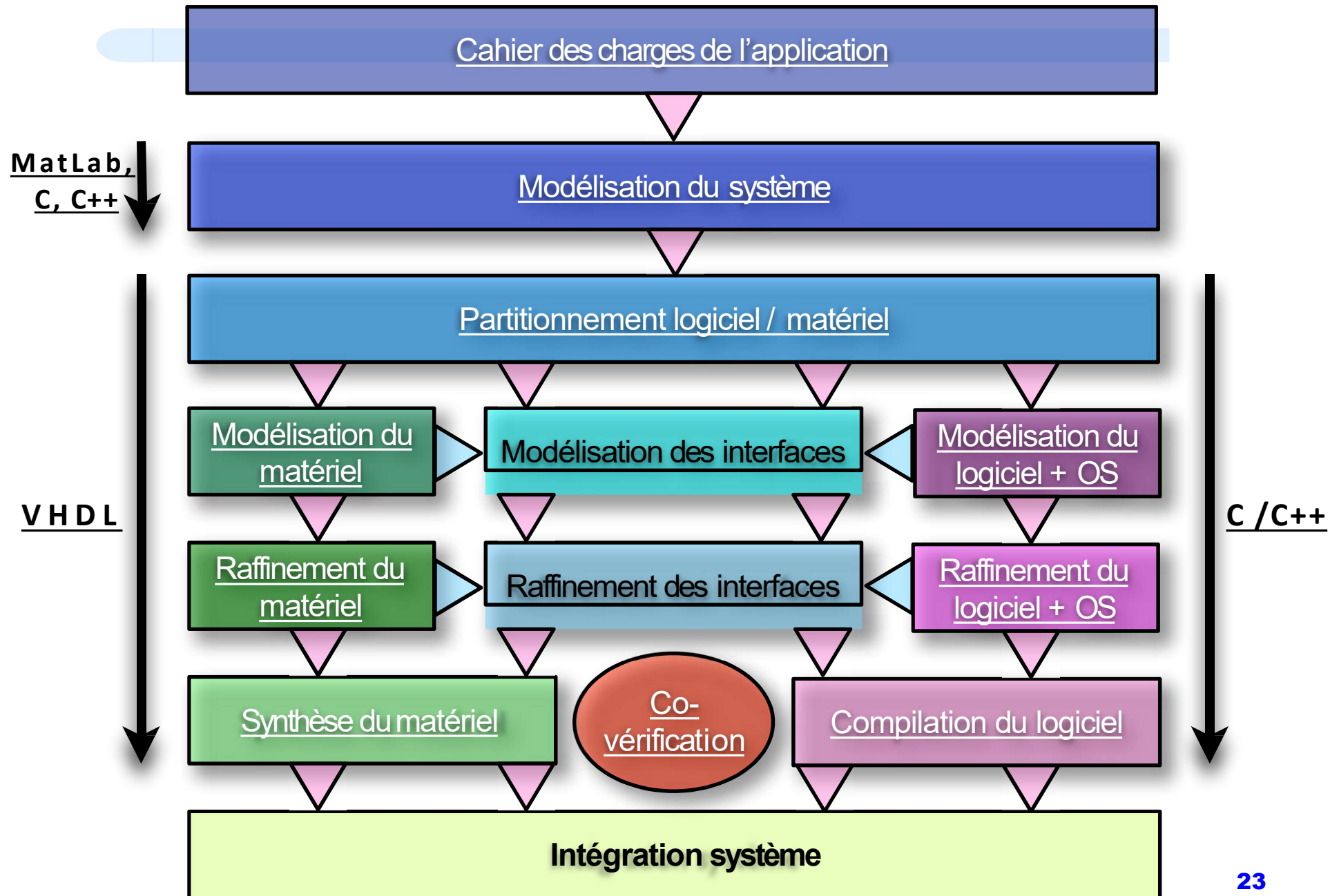
- Besoin de modéliser le Hw à un haut niveau d'abstraction: plus le niveau de conception est haut ↔ le temps de conception est moindre
- Besoin de modéliser /exécuter et simuler Hw et Sw en même temps: Déconnection entre Hw/Sw engendre des erreurs et des coûts de développements très élevés
- Besoin d'utiliser les IP et le « Design Reuse »
  - Accélérer le développement des circuits
  - Réduire le Time To Market (TTM)
- Besoin de simplifier le test et la validation du système



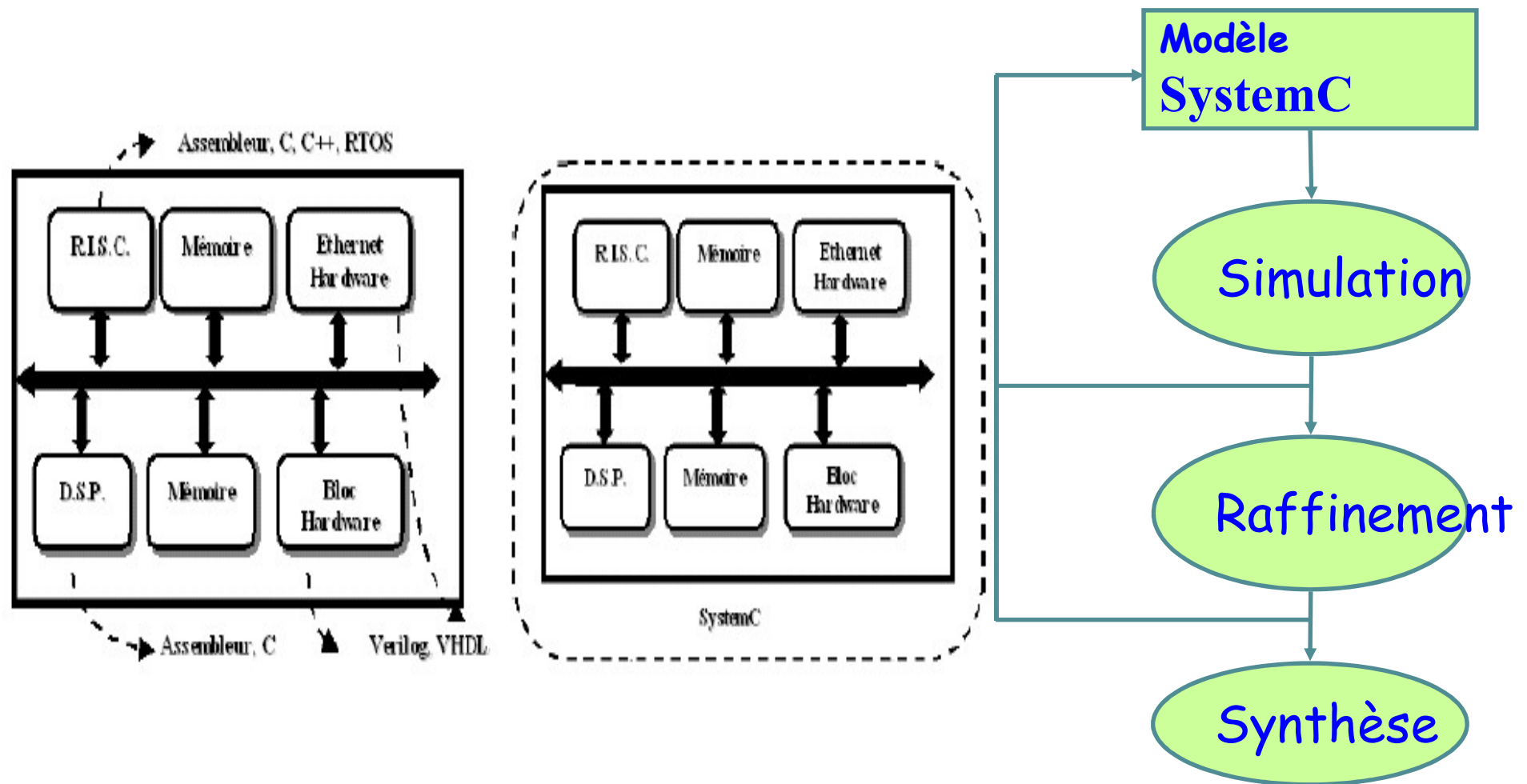
**Co-conception Hw/Sw**  
**Co-design**



# Flot de conception système usuel

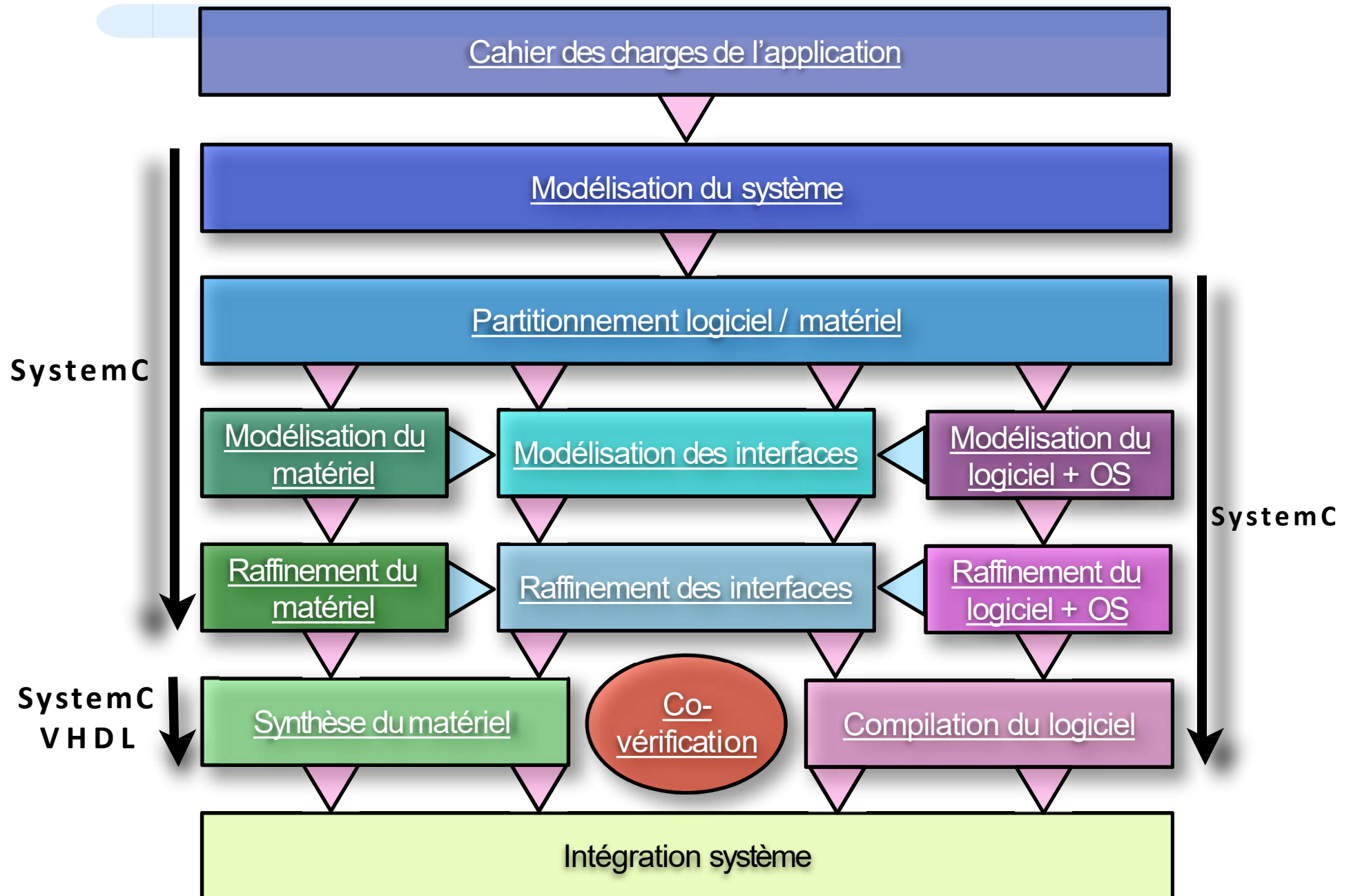


# SystemC: la solution aux Problèmes du codesign





# Flot de conception avec SystemC



# *Plan du cours*

- I. Introduction – Contexte & Défis
- II. SystemC: Modélisation conjointe Hw/Sw des SOCs
  - Introduction à SystemC
  - Elements du langage
  - Notion de Concurrency
  - Flot SLD & niveaux d'abstraction
- III. Communication entre IPs dans les SOCs
  - Bus sur puce (BoC)
  - Réseaux sur puce (NoC)
  - Protocole OCP
- IV. Modélisation au niveau transaction en SystemC
  - Canaux prédéfinis
  - Canaux personnalisés
  - Modélisation TLM