

## 1 - Introduction

# Systemes Numériques

Julien Denoulet – [julien.denoulet@upmc.fr](mailto:julien.denoulet@upmc.fr)

# Systeme Numérique?

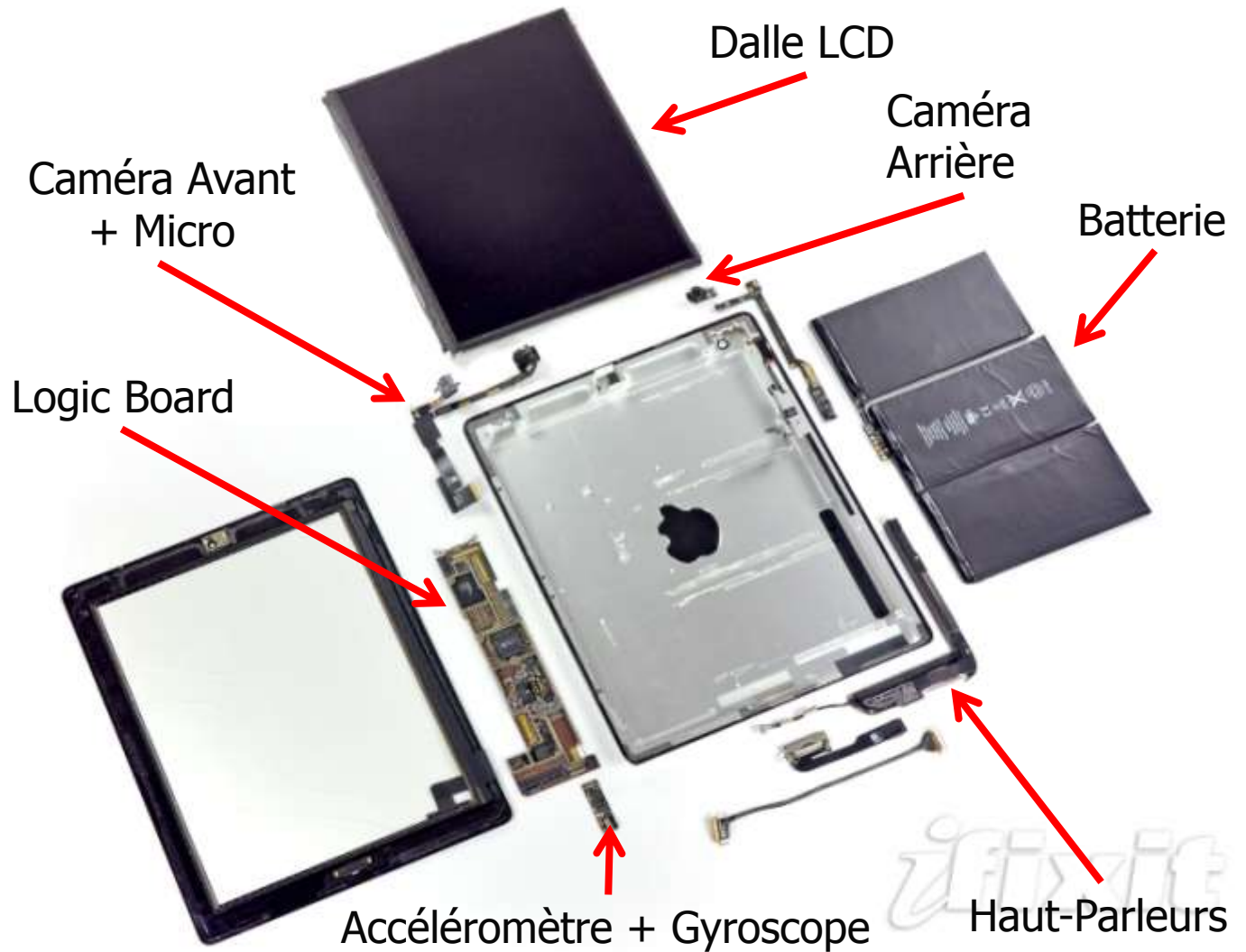
- Un exemple d'aujourd'hui...



C1

2

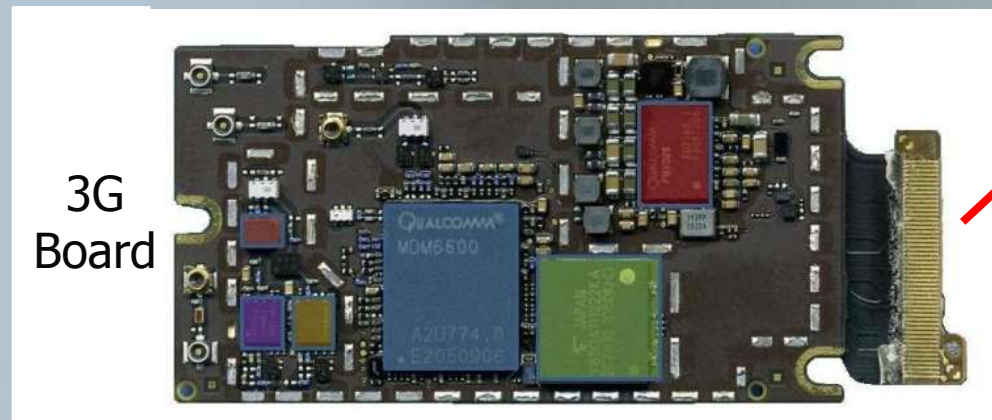
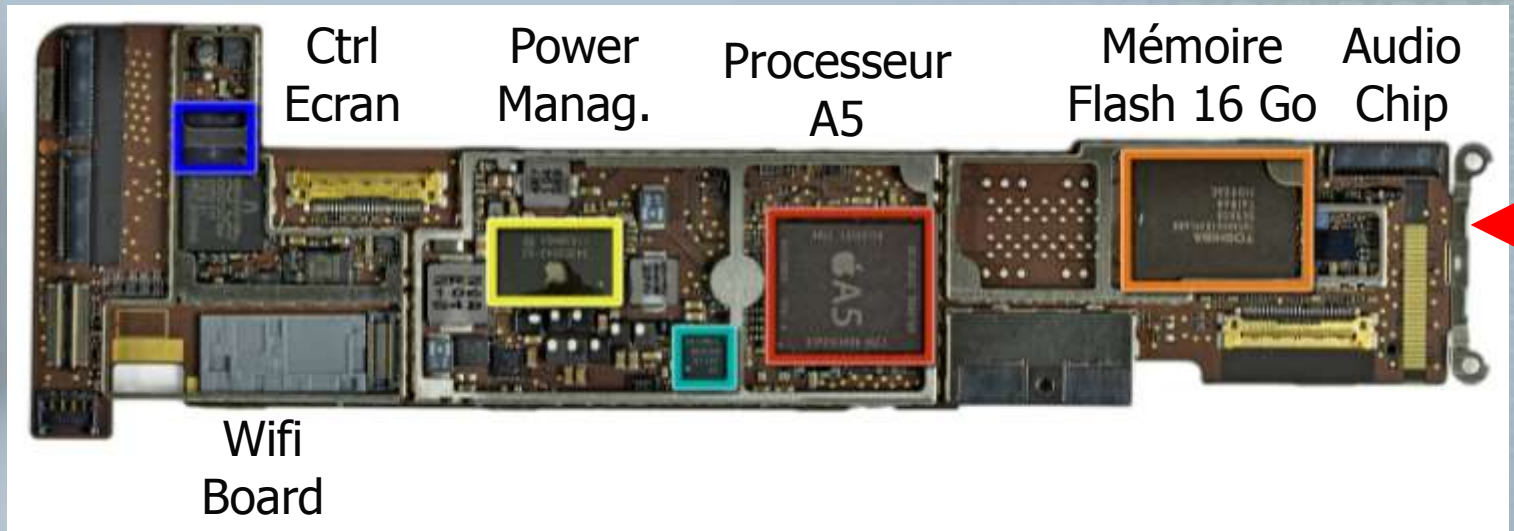
# What's inside?



C1

3

# iPad 2 Logic Board

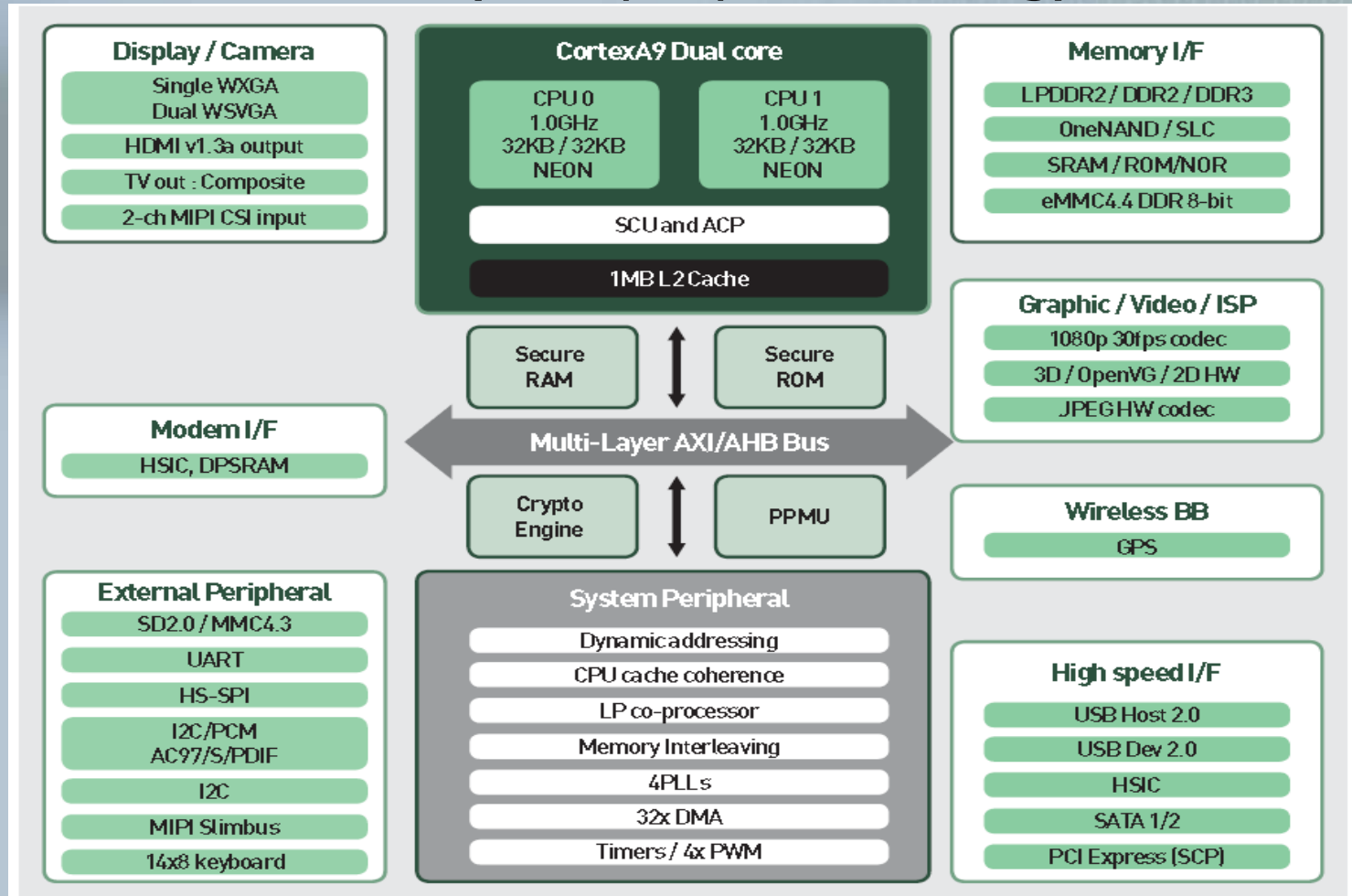


C1

4

# Au cœur du système...

## ■ Processeur A5 (fabriqué par Samsung)



C1

5



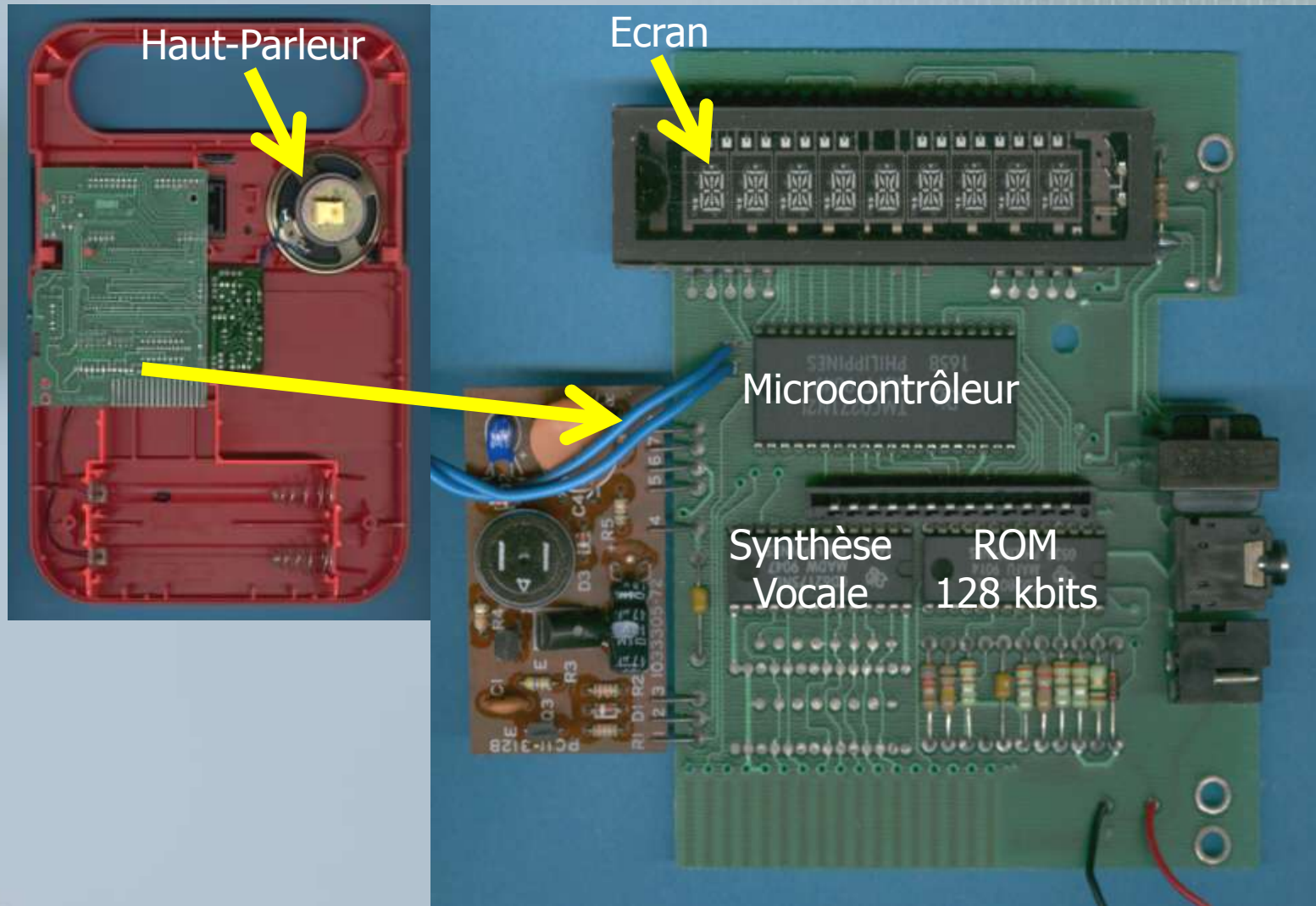
# iPad... version années 80

C1

6



# What's inside?

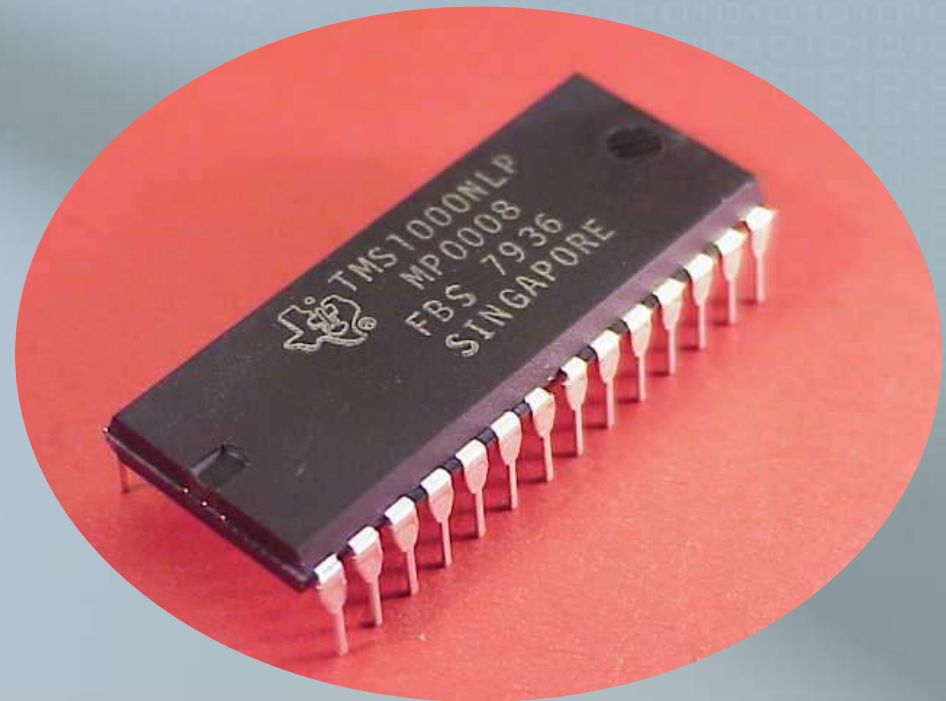


C1

7

# Au cœur du système...

- Microcontrôleur Texas Instruments
  - Processeur 4 bits
  - Fréquence 300 kHz
  - Mémoire interne
    - 1ko ROM
    - 32 bits RAM



C1

8



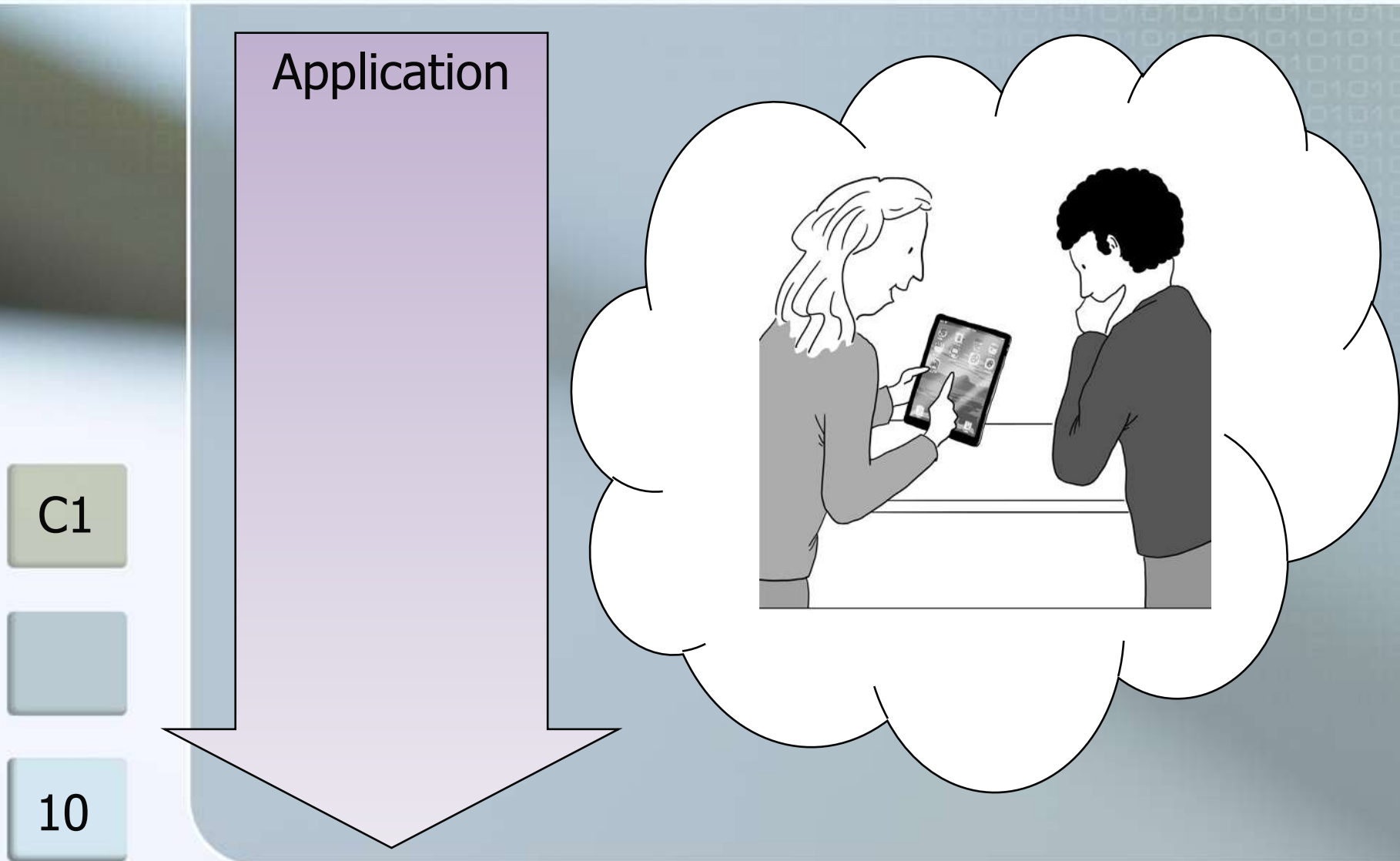
# How did we get here?



C1

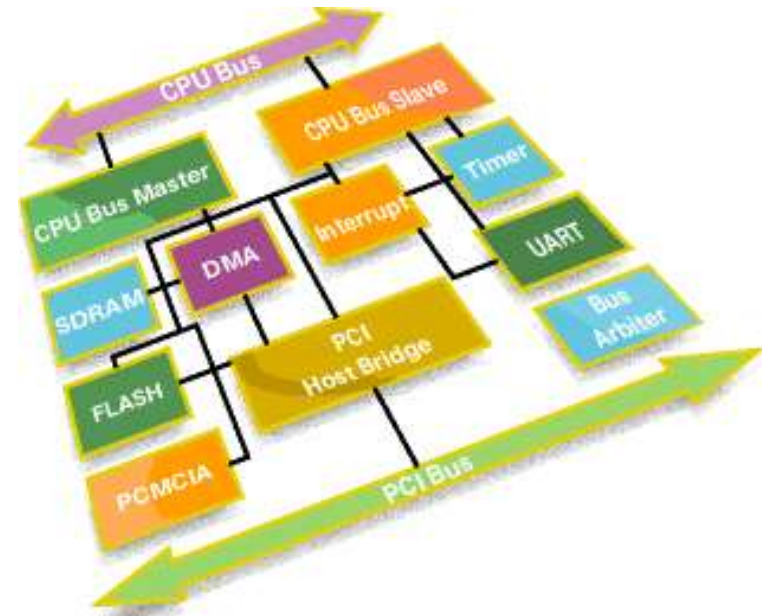
9

# Réalisation d'un Syst. Num.



# Réalisation d'un Syst. Num.

Application  
Architecture



C1

11

# Réalisation d'un Syst. Num.

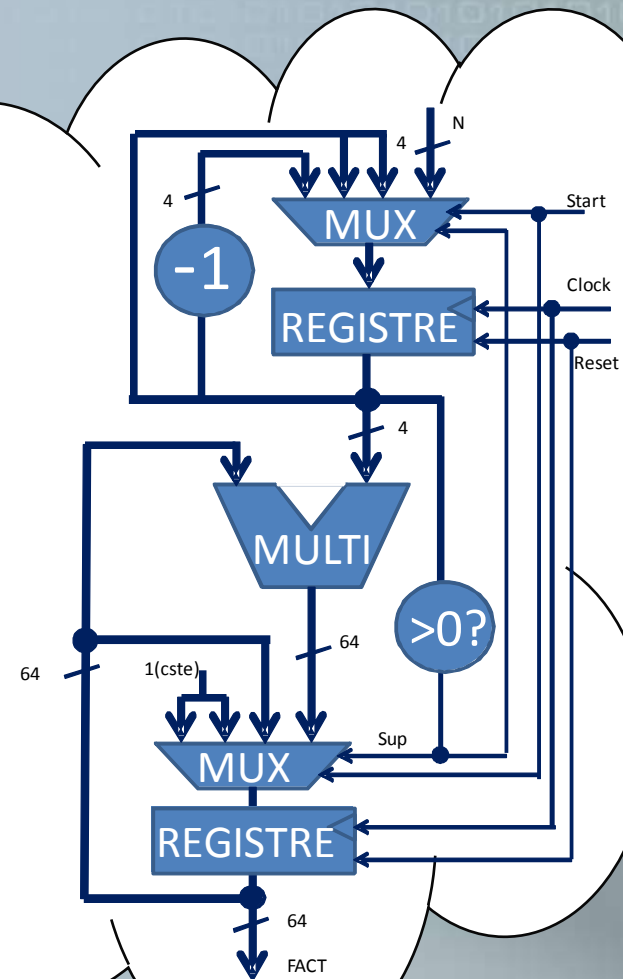
Application

Architecture

Fonction

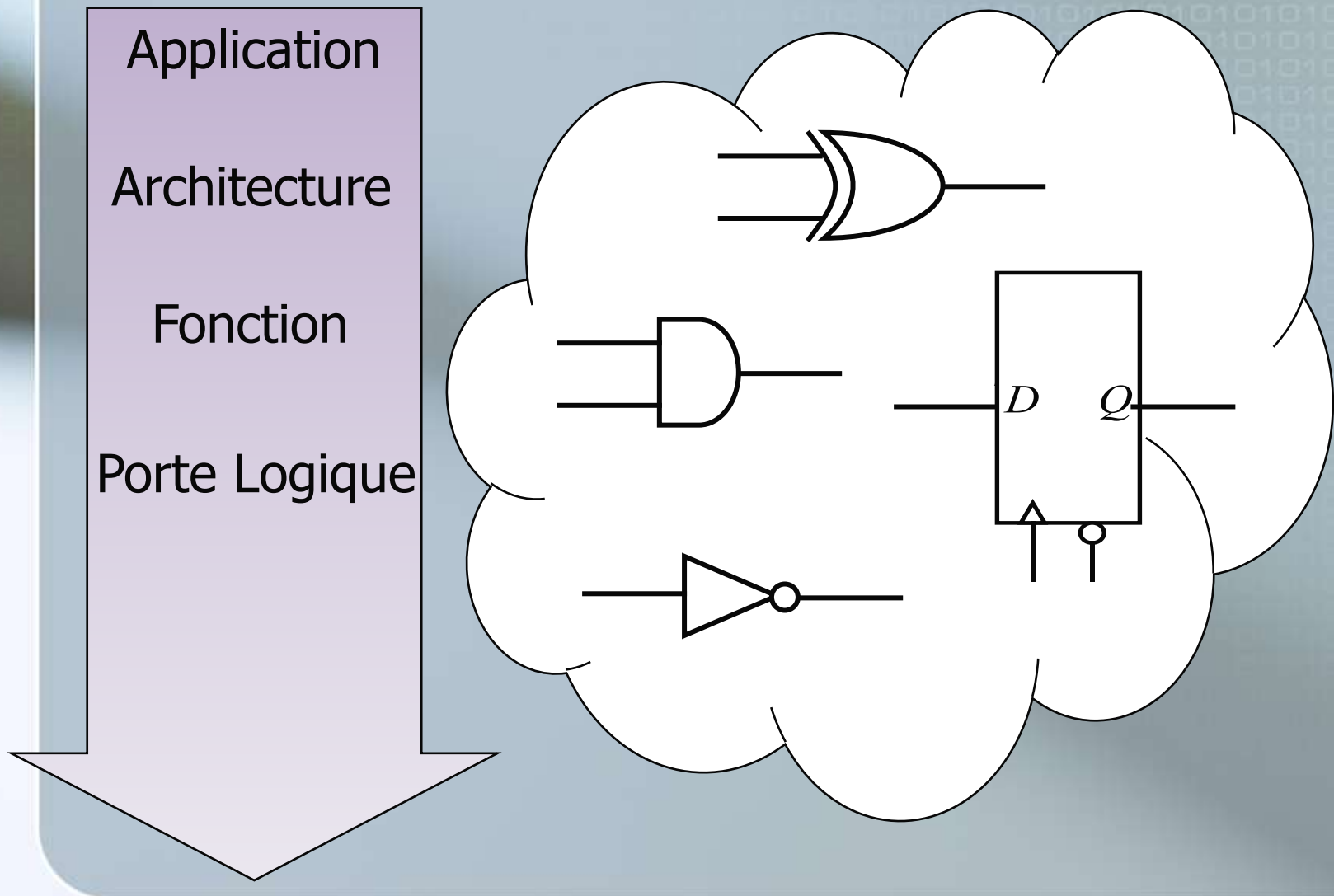
C1

12





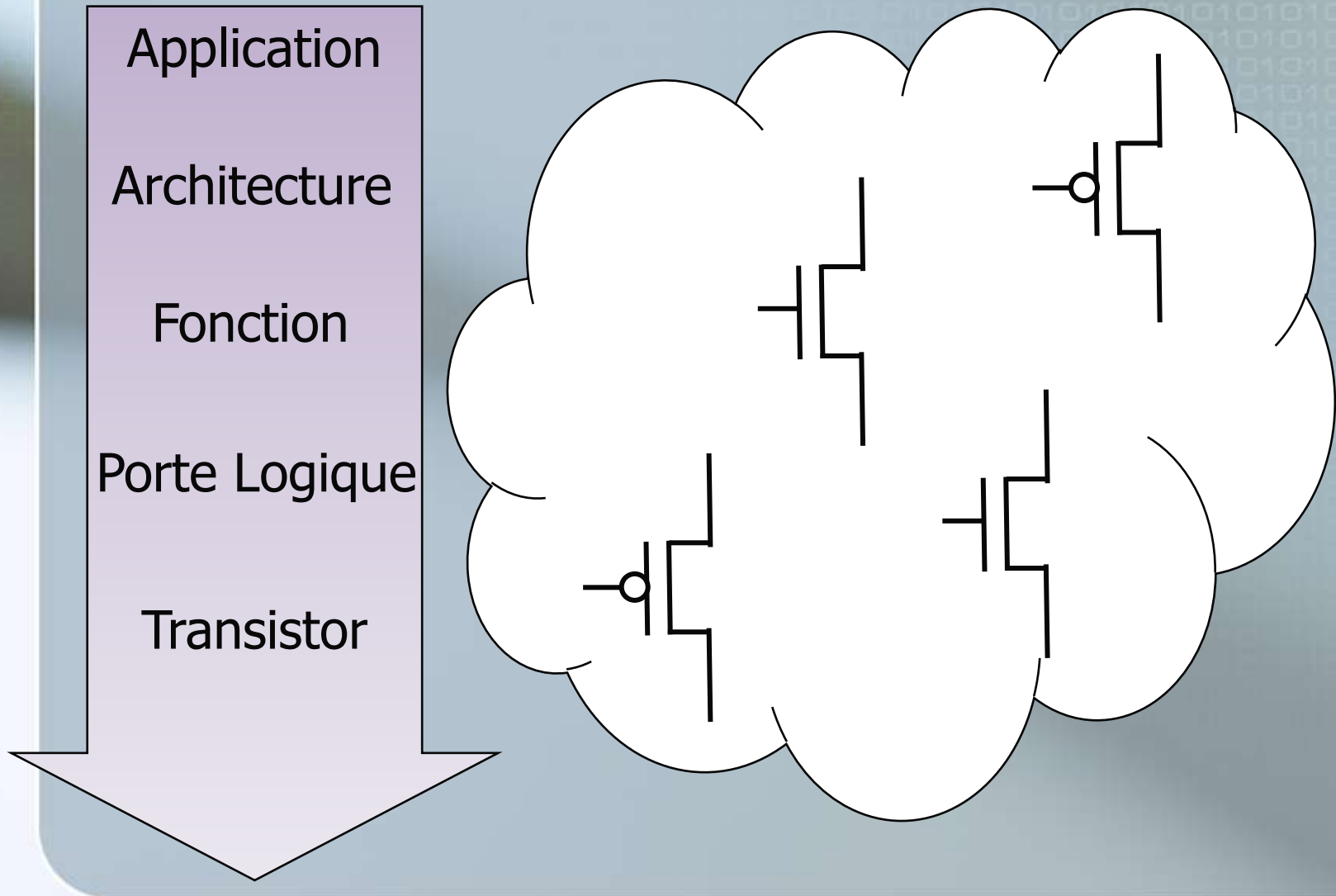
# Réalisation d'un Syst. Num.



C1

13

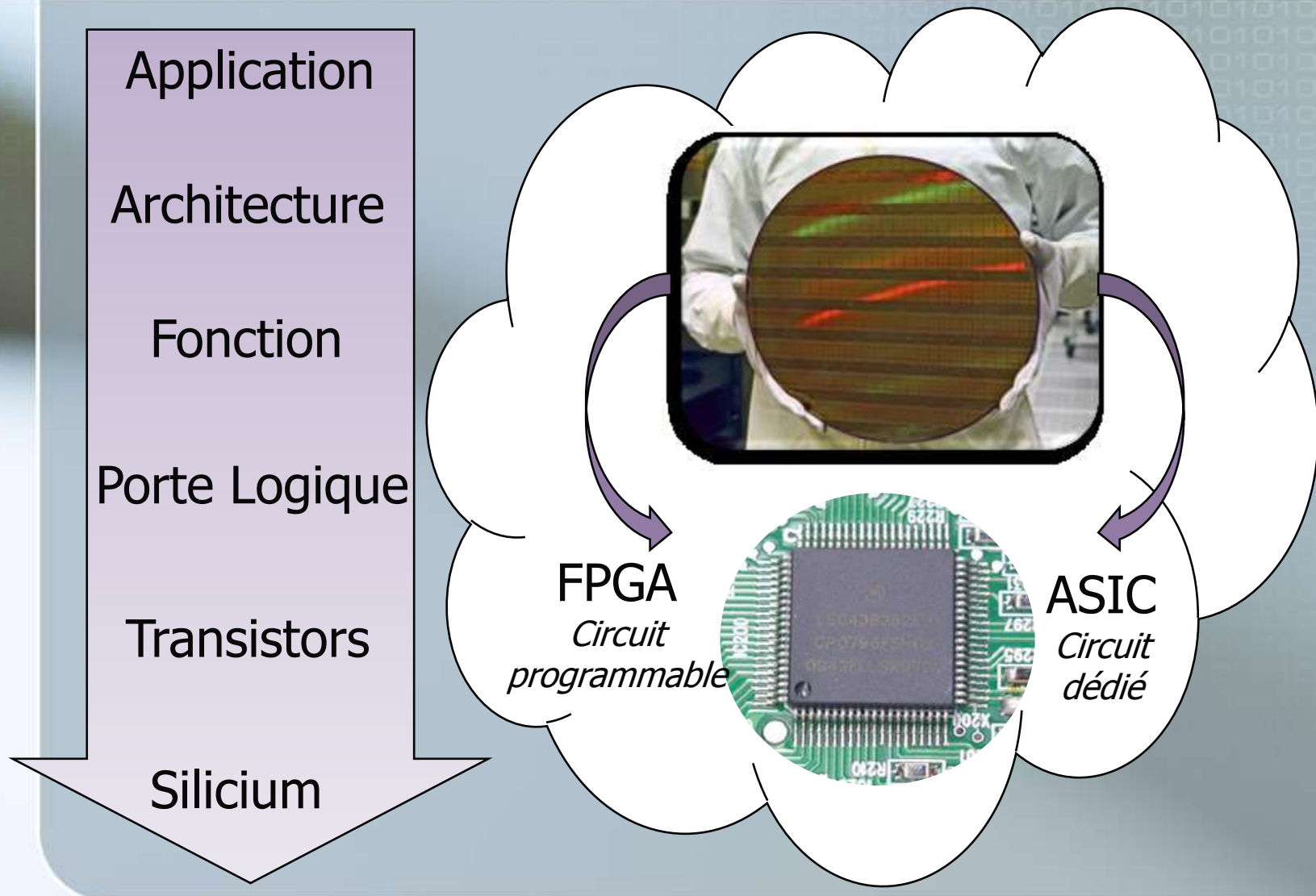
# Réalisation d'un Syst. Num.



C1

14

# Réalisation d'un Syst. Num.



C1

15

# Flot de Conception

## ■ Principales étapes

- Modélisation de l'architecture
  - Avec un langage de description matériel (VHDL)
- Synthèse:
  - Détermine si la description HDL est "traduisible" en cellules de base dans la technologie visée
  - Génération d'une netlist
- Placement/Routage
  - Répartition des cellules de base dans le circuit
  - Interconnection des cellules
- Vérification
  - Analyse temporelle
  - Règles de dessin...

C1

16



# Systemes numériques actuels

- Enormément de ressources disponibles
  - Circuits de plusieurs milliards de transistors
    - Processeur Intel Itanium 8 Core:  $3,1 \cdot 10^9$  transistors
- Association sur un même circuit de composants variés
  - Processeurs
  - Mémoire
  - Blocs matériels dédiés
  - Composants mixtes / analogiques
  - ...

C1

17

➤ SYSTÈME SUR PUCE (SoC)

# Un système plus modeste...

- Mini-projet de LE201 (2011-2012)

LICENCE SCIENCES & TECHNOLOGIES  
ELECTRONIQUE

UPMC  
PARIS UNIVERSITÉS

Mini-projet  
Electronique Numérique LE201  
Pilotage d'un écran VGA

Licence d'électronique



- Affichage de motifs sur un écran

- Implémenté sur un circuit programmable



Source image: Digilent

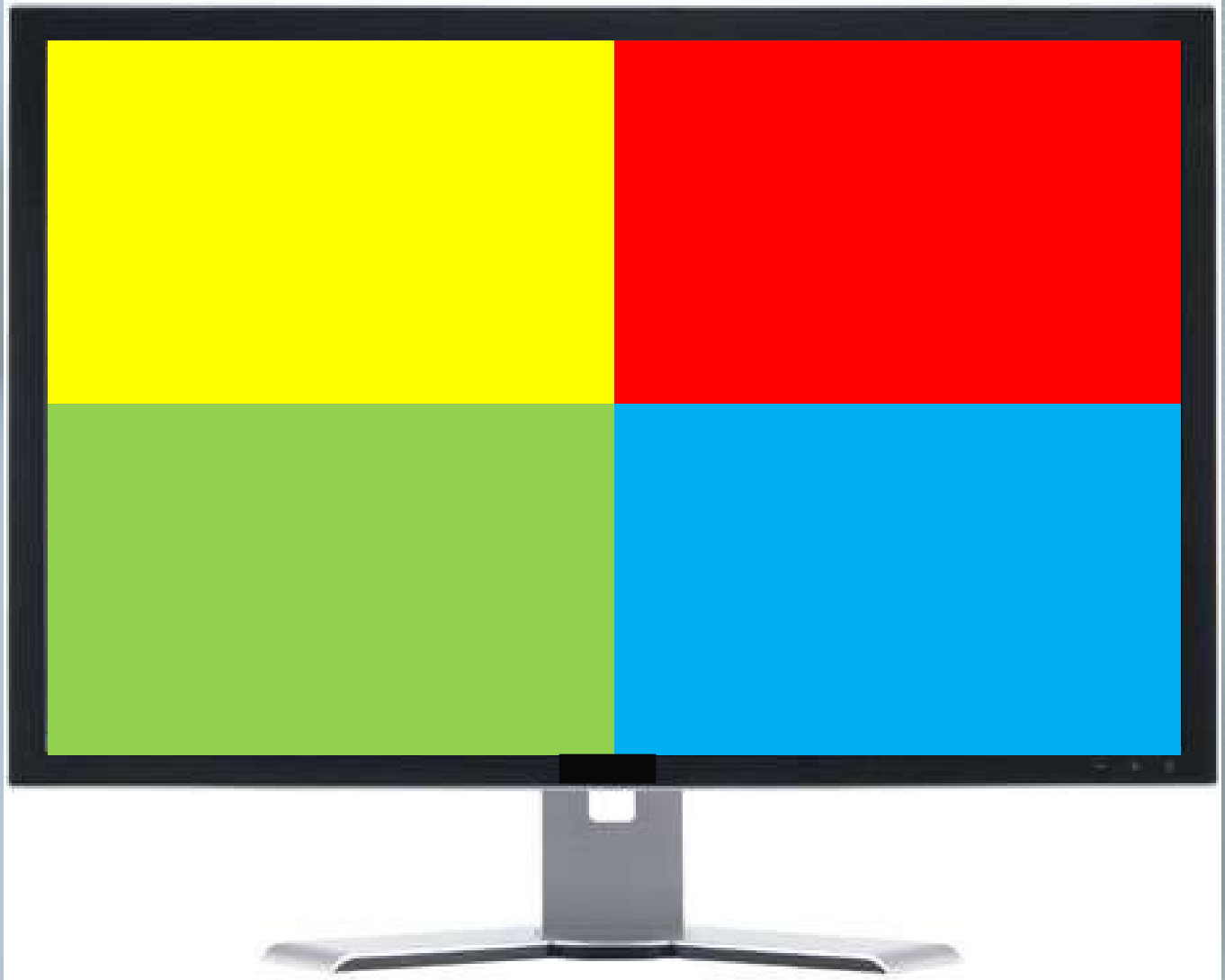
C1

18

# De visu...

C1

19



# De quoi avait-on besoin?

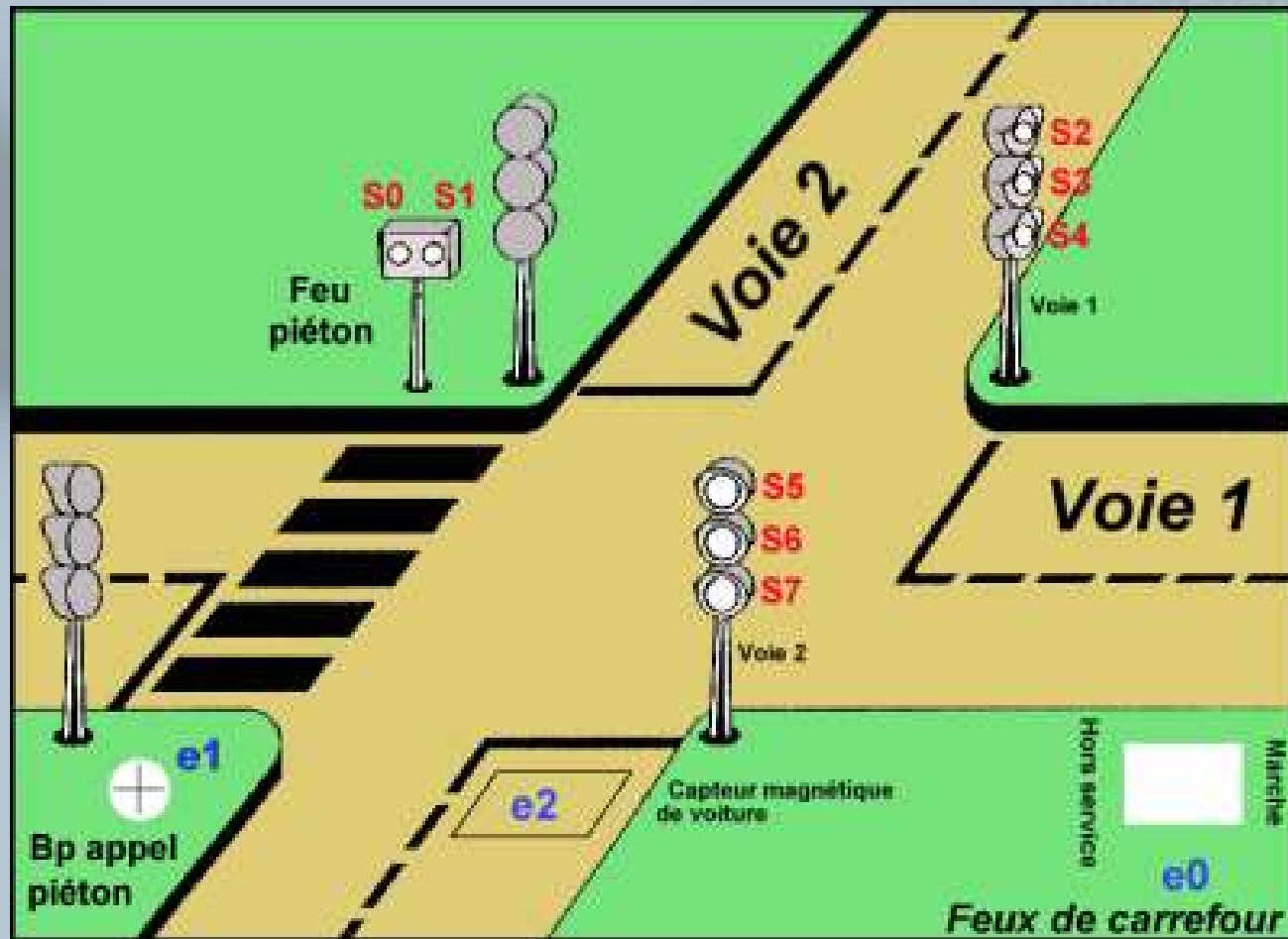
- Ressources de calcul
  - Additionneurs, comparateurs...
- Ressources de mémorisation
  - Bascules, registres...
- Structures combinatoires et séquentielles élémentaires
- La même séquence d'entrées produisait toujours le même comportement en sortie

C1

20



# Standing at the crossroads...



Source image: TechnoArgia

C1

21

# La différence avec LE201?

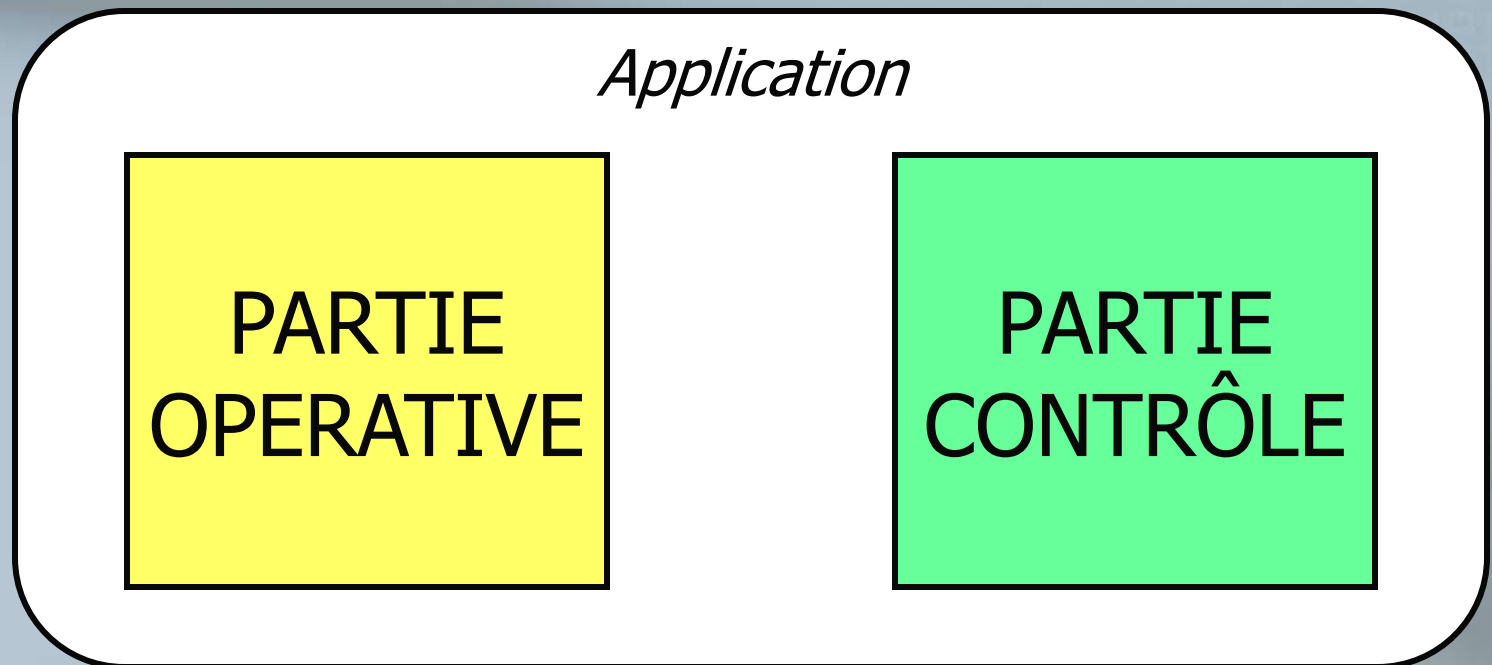
- Une même séquence d'entrées ne produit pas forcément la même chose en sortie
- La sortie dépend de l'état dans lequel se trouve le système
  - Suis-je en feu rouge, vert, orange?
  - Depuis combien de temps?
  - Etc...
- Pour des applications un peu plus complexes, le système doit se doter d'un organe de contrôle pour gérer toutes ces situations

C1

22

# Comment fait-on?

- Architecture séparée en deux blocs
  - Partie Opérative (centre de calcul & mémorisation)
  - Partie Contrôle (centre de décision)



C1

23

# Partie Opérative

- Ressources de calcul
  - Opérateurs arithmétiques
  - Look-up Tables (LUTs)
  - Comparateurs
  - Compteurs
  - ...
- Ressources de mémorisation
  - Bascules/Registres
  - Mémoires
  - Stockage des données

C1

24



# Partie Contrôle

## ■ Machine d'état

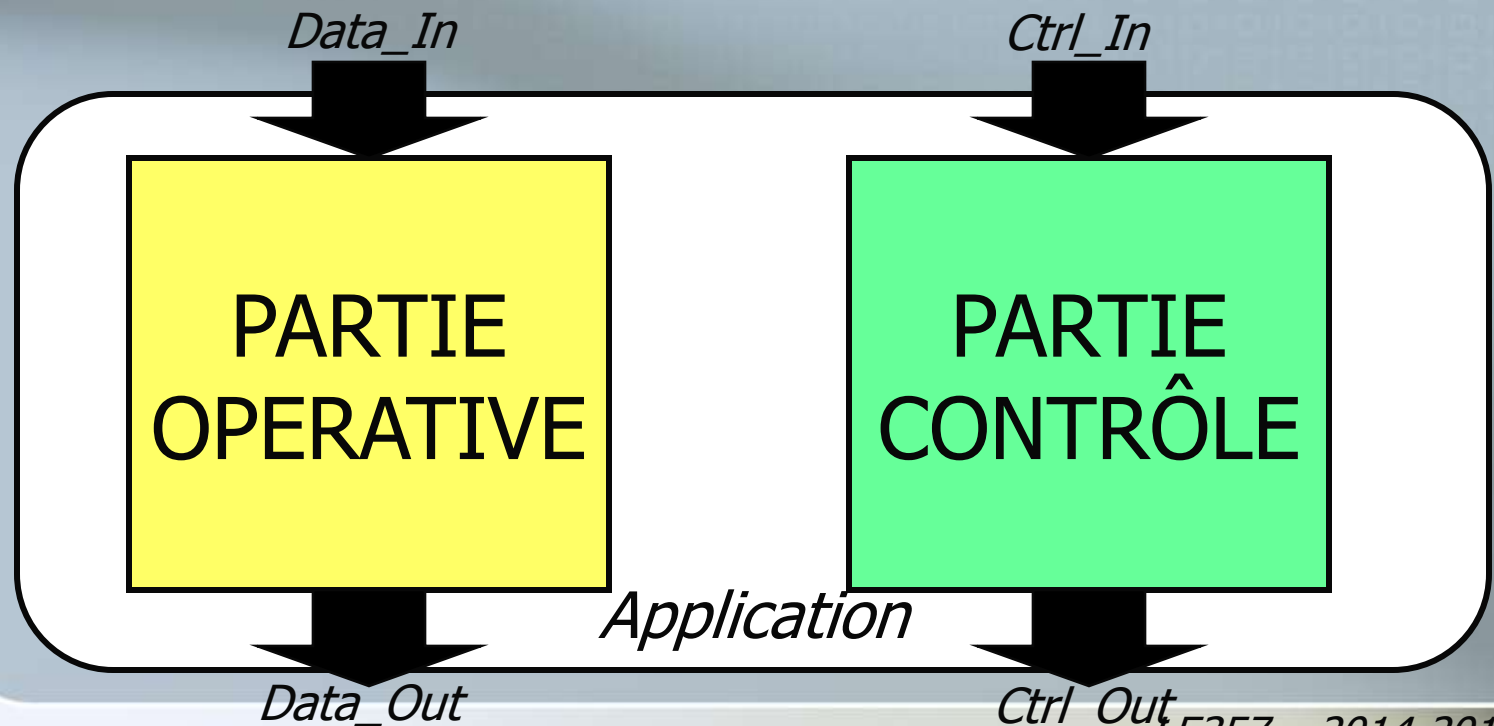
- Dispositif (électronique) donnant l'ensemble des états possibles d'un système ainsi que leur séquençement
- Centre de décision du système
- Basée sur une représentation en graphe d'états
- Peut être complétée par d'autres modules (compteur)

C1

25

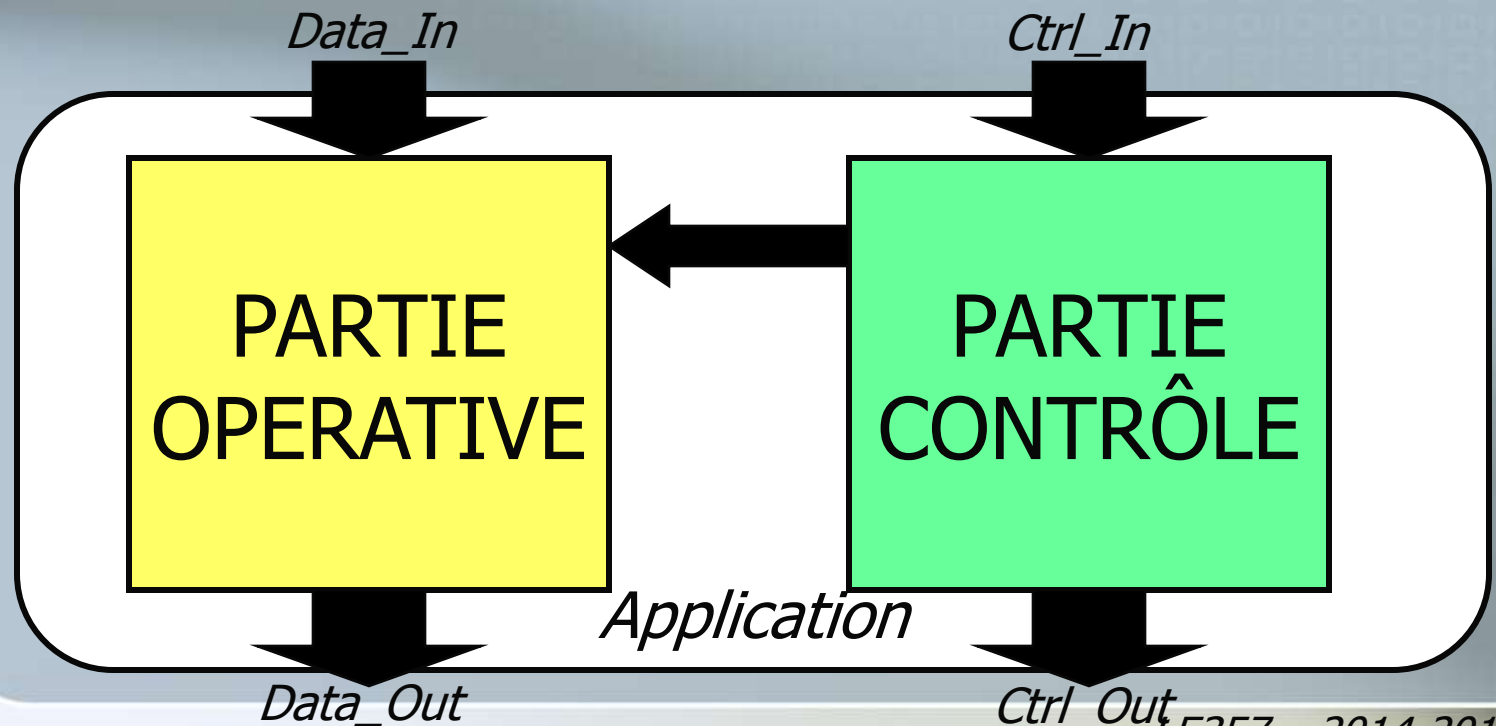
# Systeme Numérique

- Chaque partie possède ses E/S
  - Entrées/Sorties de données
  - Entrées/Sorties de contrôle



# Systeme Numérique

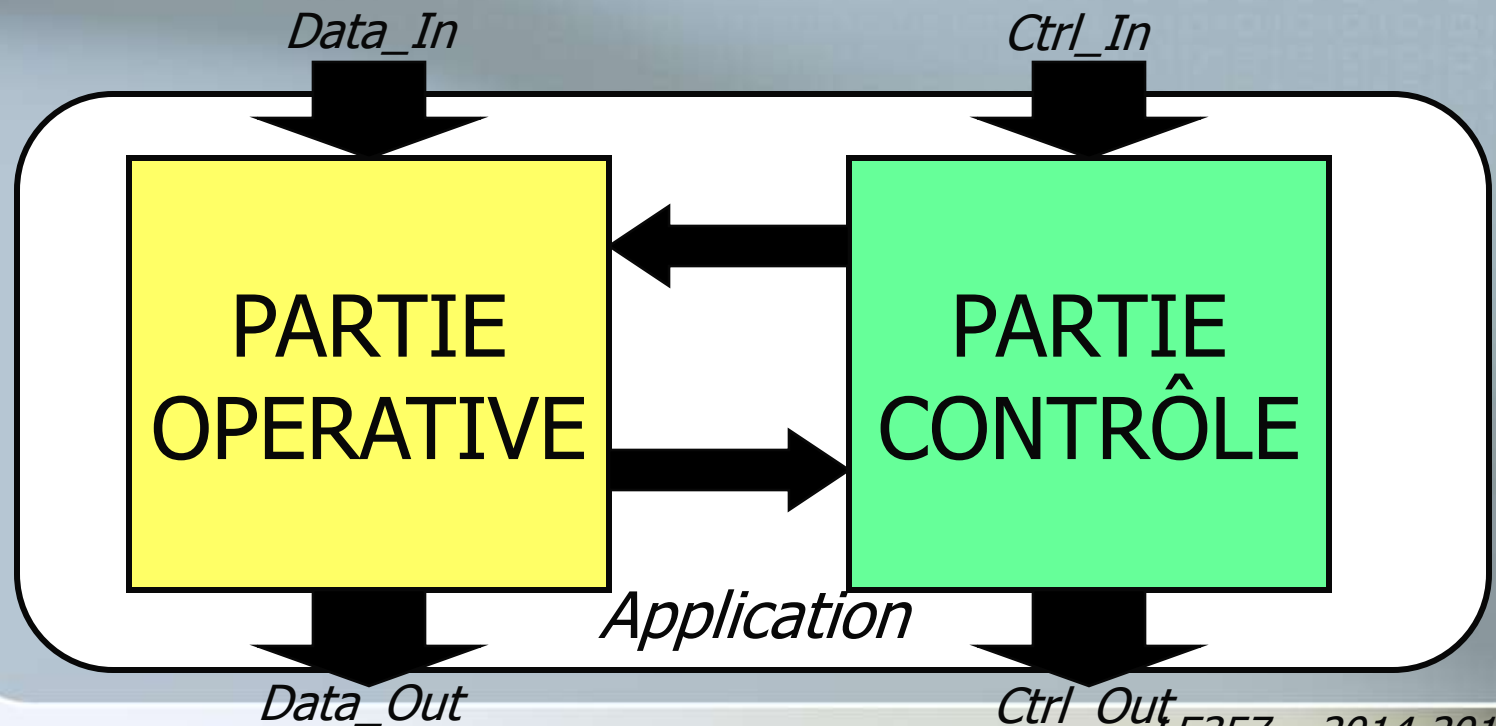
- Communication entre les deux parties
  - PC→PO: Donne le mode de fonctionnement des registres/opérateurs  
En fonction de l'état actuel du système



# Systeme Numérique

## ■ Communication entre les deux parties

- PO→PC: Renseigne la partie contrôle sur la valeur d'une donnée, d'un résultat  
Pour déterminer l'évolution de l'état du système



# Objectifs du cours

- Qu'est-ce qu'un système numérique?
  - Partie contrôle / ***Machine à états***
  - Comment ça marche?
- Comment décrit-on un système numérique?
  - ***VHDL***
- Sur quelles technologies les implémente-t'on?
  - ***Technologies des circuits numériques***
  - ***Circuits programmables***
  - ***Mémoires***

C1

29



# Déroulement du cours

Julien Denoulet  
Farouk Vallette

- Introduction – Rappels (2h C)
- VHDL (4h C – 8h TD sur machine)
- Machines à état (6h C – 8h TD)
- Mémoires (4h C – 3h TD)
- Technologie des circuits numériques (4h C – 3h TD)
- Circuits Programmables - Conclusion (2h C)

C1

30

# Intendance...

## ■ Documents

### ■ Online: Sakai → Site UE LE357

- Sont abonnés tous les inscrits (à la date du 1<sup>er</sup> cours)
- Pour s'abonner:
  - Menu adhésion
  - Sites permettant l'abonnement
  - Recherche: LE357

### ■ Des versions papier des sujets de TD/TP vous seront donnés

## ■ Emploi du Temps

- Secrétariat L3 Elec (55-65-206) (ou site web)

# Comptes Informatiques

- Pour accéder aux PC du bâtiment Esclangon
  - Création de compte
    - Bâtiment Esclangon, 2<sup>ème</sup> étage, Bureau 230
    - Ayez votre carte d'étudiant
  - Vous aurez besoin de votre compte info pour le 1<sup>er</sup> TD (semaine prochaine)

C1

32

# Déroulement du cours

- 16h de TP – Mini Projet
  - Réalisation d'une console de jeux vidéo
    - Conception VHDL
    - Implémentation sur carte FPGA

C1

**DEMO**

33



# Evaluation

- 2 Examens Répartis (60%)
  - Exam 1 – MAE
  - Exam 2 – MAE et Techno

*Pas de Sup pour les deux notes d'écrit*

- TP
  - Contrôle de TP (20%)
  - Mini-Projet (20%) (avancement + soutenance)

C1

35

