

# ARO-1

## Introduction aux systèmes informatiques

Profs. Peña & Perez-Uribe & Mosqueron  
Basé sur le cours du Prof. E. Sanchez

## Systemes Informatiques



# Systemes Informatiques



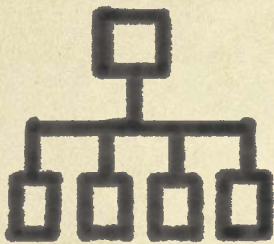
ARO1 - 2017 - APE & CPN & RMQ

3

# Systeme Informatique

○ Systeme

○ Informatique



```
radioButtonGrp -edit -en false -select 3 $radioGrp;  
-onCommand "radioButtonGrp -edit -en true -select 1 $radioGrp";  
-offCommand "radioButtonGrp -edit -en false $radioGrp";  
"button -e -en true butASD; button -e -en false butASD";  
-onCommand2  
"button -e -en false butASD; button -e -en true butASD";  
$delme[] = 'listRelatives -p $sourceCP';  
-p $delme[]];
```

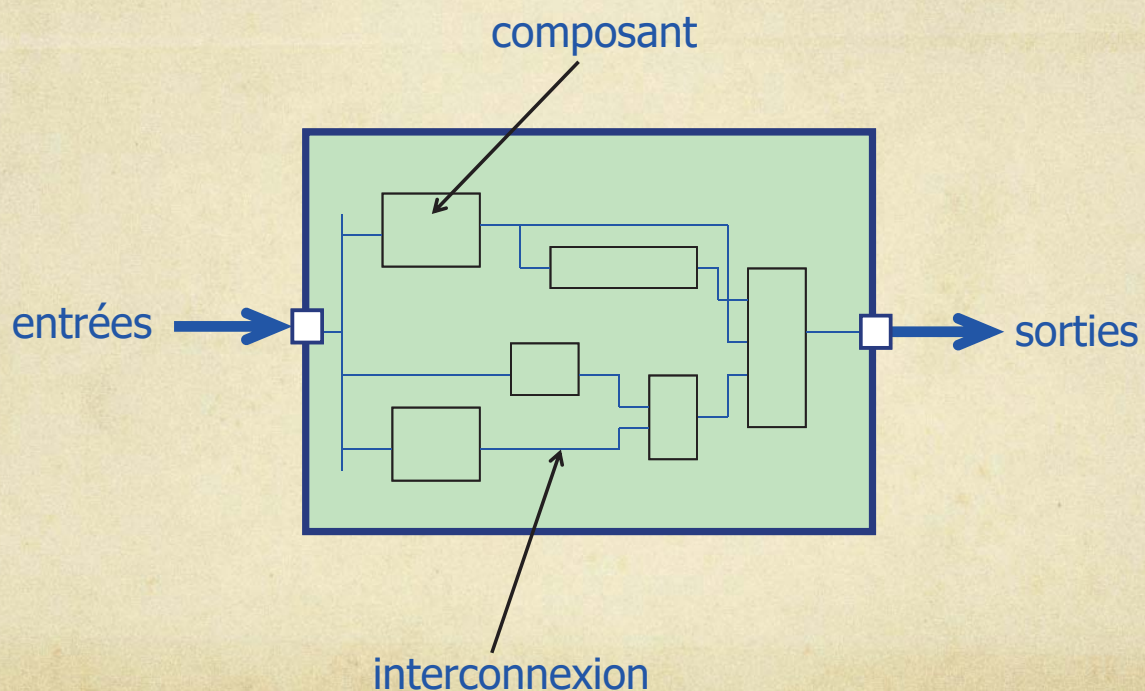
ARO1 - 2017 - APE & CPN & RMQ

4

# Systeme

- Un système est une collection organisée d'objets qui interagissent pour former un tout
- Objets = composants du système
- Des interconnexions (liens) entre les objets sont nécessaires pour les interactions
- Structure = (composants, interconnexions)  
Comment le système est fait
- Comportement = (entrées, sorties)  
Ce que le système fait (comment il répond aux entrées)

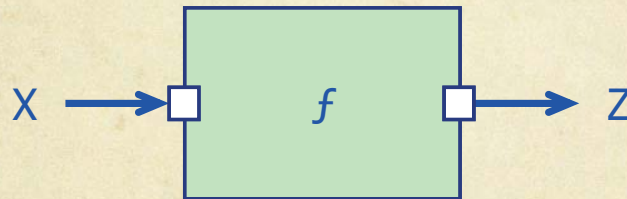
# Systeme



# Systeme

Le comportement d'un systeme peut être décrit formellement par des équations du type:

$$Z = f(X)$$



# Systeme

- Analyse:  
Déterminer le comportement d'un systeme à partir d'une description de sa structure
- Synthèse:  
Déterminer la structure qui produit un comportement donné.  
Plusieurs structures sont possibles pour un même comportement

# Systeme

- Exemple d'analyse:  
Déterminer les sens de rotation des aiguilles qui seraient sur la roue rouge.



- Exemple de synthèse:  
Nous voulons que la rotation soit dans le sens horaire.  
Trouver une solution.  
Par exemple un moteur!

# Informatique

- Petit Robert:  
Science du traitement de l'information; ensemble de techniques de la collecte, du tri, de la mise en mémoire, du stockage, de la transmission et de l'utilisation des informations traitées automatiquement à l'aide de programmes mis en oeuvre sur ordinateurs.
- Origine du mot: Le mot informatique a été créé en 1962 par Philippe Dreyfus. Il s'agit d'un néologisme de la langue française fait de la contraction des deux mots « automatique » et « information ». Pour parler du traitement automatique de l'information, les anglo-saxons utilisent les termes de « computer science » ou de « data-processing ».

# Systeme informatique

- Un système informatique est un ensemble de composants de type logiciel (software) et matériel (hardware), mis ensemble pour collaborer dans l'exécution d'une application
  - Le principal composant matériel est l'ordinateur
  - Un informaticien doit comprendre le fonctionnement de tous les composants d'un système, sans se limiter au logiciel. En effet, les caractéristiques du matériel agissent sur la justesse et la performance des programmes
- Une bonne connaissance du matériel permet d'éviter des erreurs et d'augmenter la performance, en optimisant les programmes

# Ordinateur

- Étymol. et Hist.
- a) 1491 [éd.] «celui qui institue quelque chose» (La mer des Histoires, II, 68a ds Rom. Forsch., 32, 117: Jhesucrist... estoit le nouvel instituteur et ordinateur d'icelluy [baptême]);
- b) fin xvies.-début xviiies. «celui qui est chargé de régler les affaires publiques» (Pasquier, Lettres, II, 5 ds Hug.); encore ds Boiste 1823 au sens de «celui qui met en ordre»;
- 2. 1703 «celui qui confère un ordre dans l'Église» (Boss[uet], 2einstr. sur les passages, dissert. sur Grotius, 21 ds Littré);
- 3. 1956 informat. (Prof. J. Perret d'apr. Gilb. 1971). Empr. au lat. d'époque impériale ordinator «celui qui met en ordre, qui règle» formé sur le supin ordinatum de ordinare, v. ordonner.

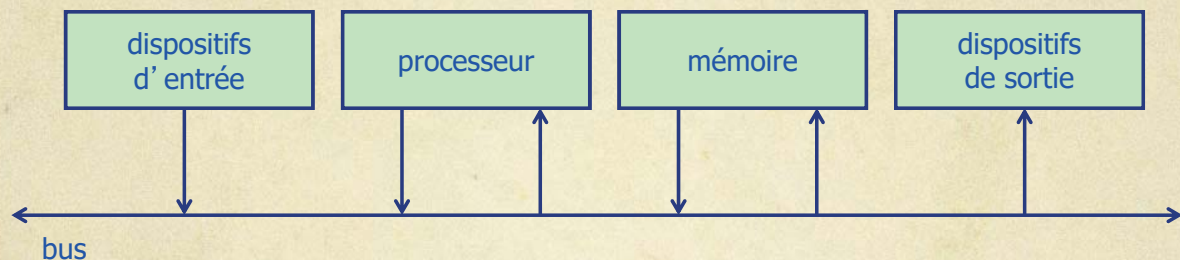
# En anglais = Computers

- “Computer” en anglais désignait un métier jusqu’aux années 1940. Il s’agissait d’une personne qui réalisait des calculs mathématiques.
- La trajectoire du comète Halley a été calculé par une équipe de “computers” en 1759
- Pendant la Seconde Guerre mondiale, des femmes mathématiciennes ont été engagées comme “computers” dans le projet Manhattan



# Ordinateur: Architecture

- On peut voir 4 grandes parties dans un ordinateur:



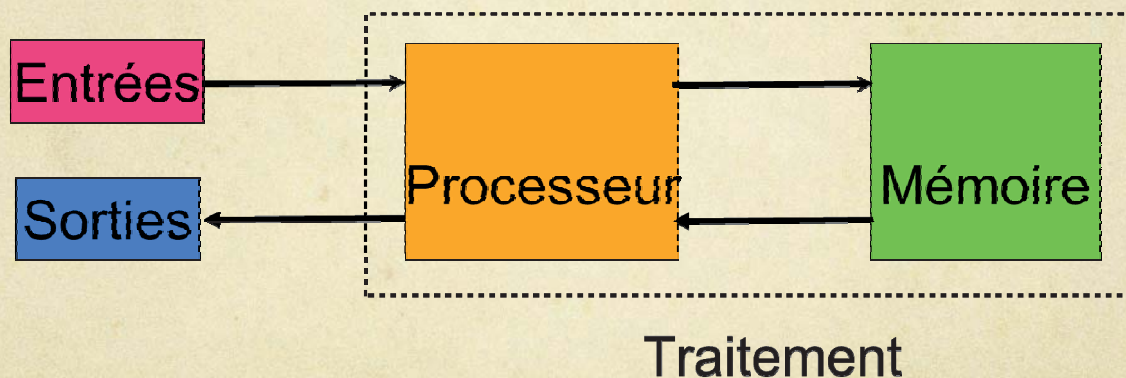
- Un ordinateur est une machine électronique composée de plusieurs parties interconnectées par des fils (bus)
- A tout moment, tout fil dans l'ordinateur se trouve à un voltage haut ou bas. La valeur réelle n'intéresse pas: c'est seulement un 1 ou un 0

# Ordinateur: Architecture

- Le bus est un ensemble de fils électriques interconnectant les différents composants
- Les dispositifs d'entrée/sortie transmettent l'information entre l'extérieur et la mémoire. Toute information dans l'ordinateur est codée comme une séquence de 0 et 1: c'est les bits. Un groupe de 8 bits est un byte. Et il est courant d'utiliser les préfixes suivants pour indiquer une certaine quantité d'information:
  - kilo =  $2^{10} = 1'024$
  - mega =  $2^{20} = 1'048'576$
  - giga =  $2^{30} = 1'073'741'824$
  - Etc...

# Ordinateur: Architecture

- Le processeur dirige le traitement de l'information et réalise ce traitement.  
Diriger, c'est décider quelle tâche exécuter et dans quel ordre, contrôler toutes les autres parties

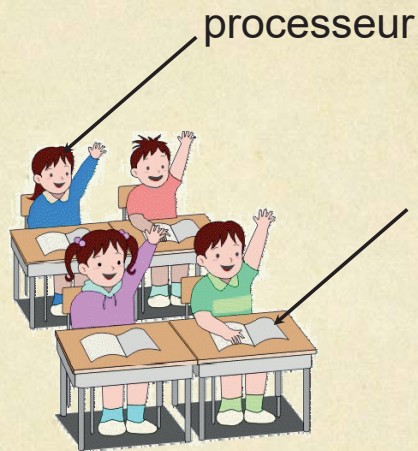




# Ordinateur: Architecture



Entrées  
(données)

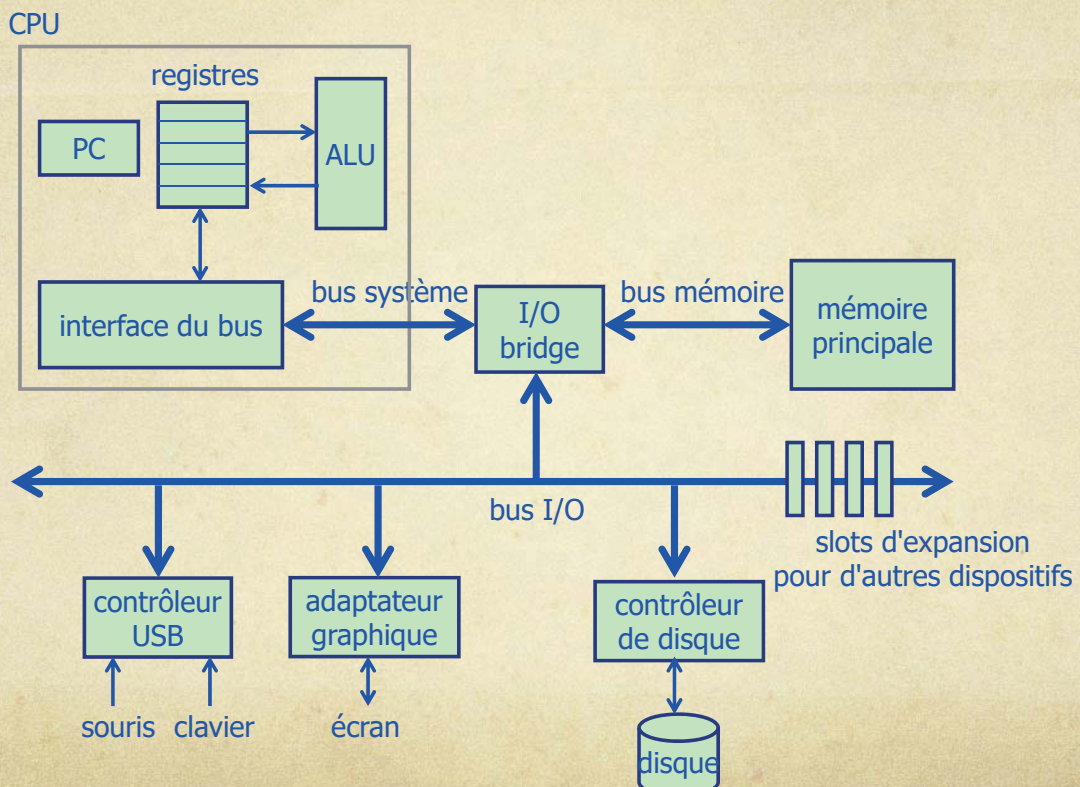


mémoire

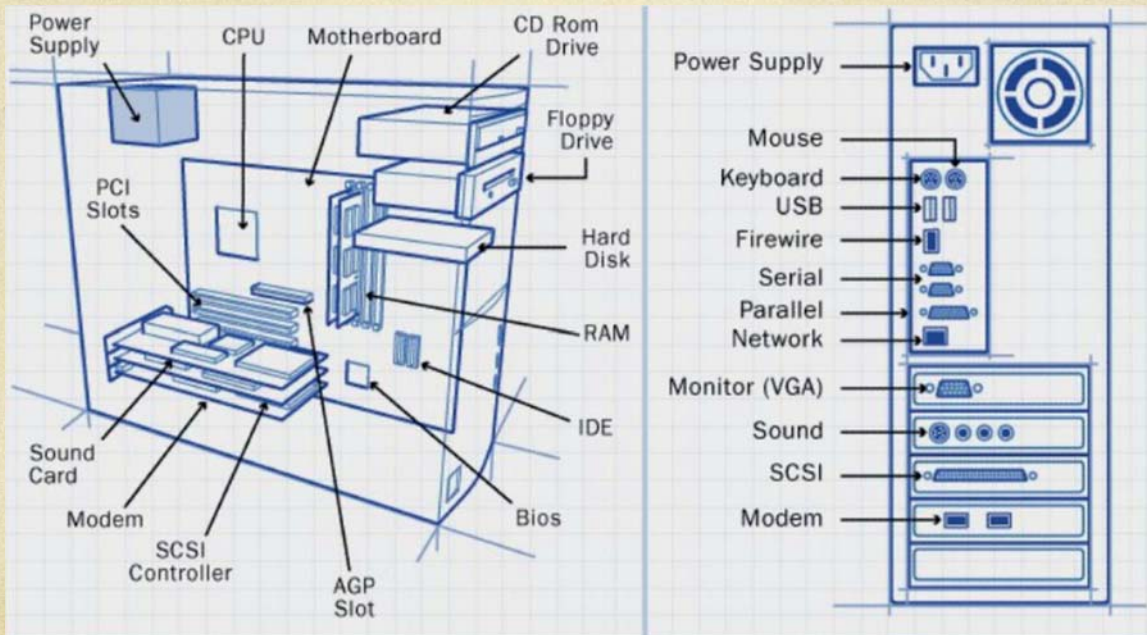


Sorties

# Ordinateur: Architecture

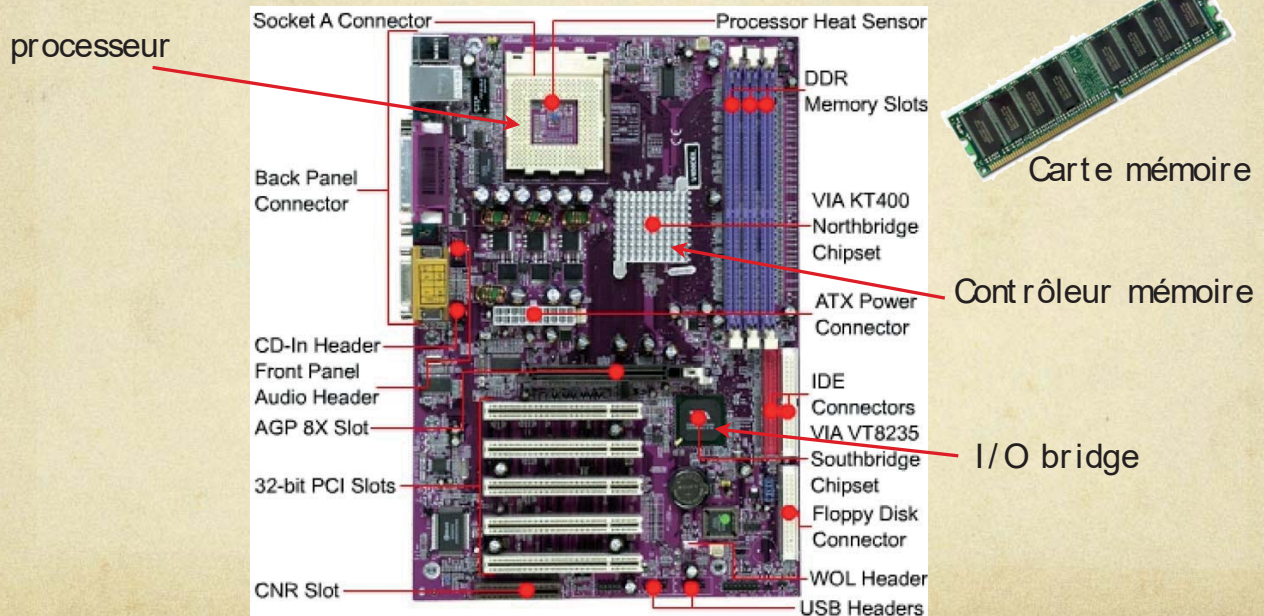


# Desktop



19

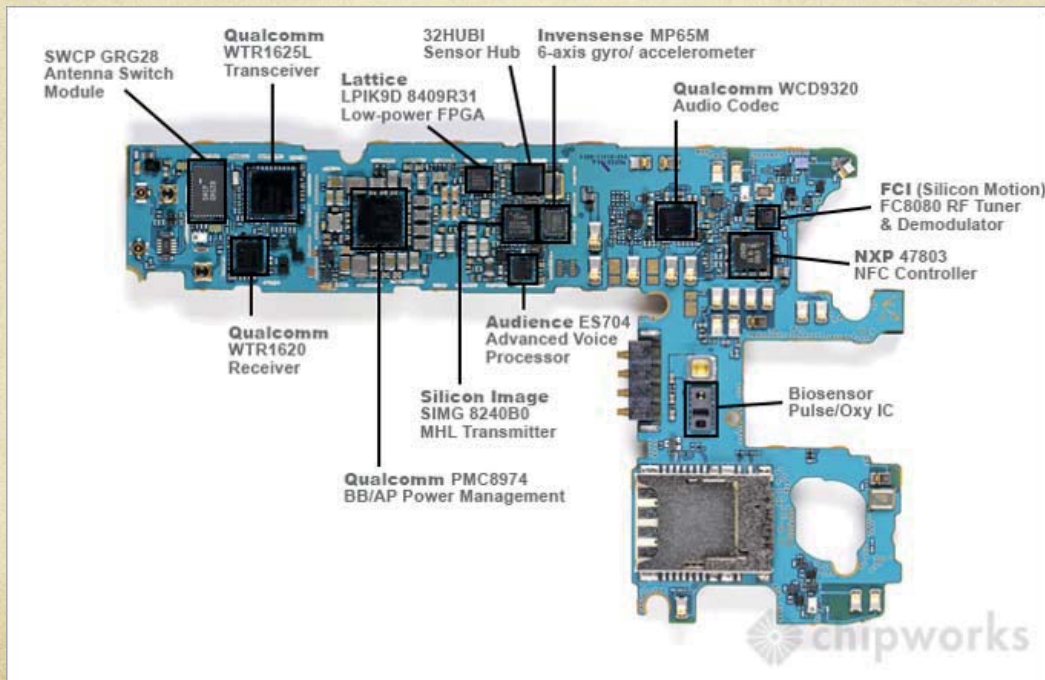
# La carte mère (mother board)



20

# Smartphone

Samsung Galaxy S5



21

ARO1 - 2017 - APE & CPN & RMQ

# Universalité

- Tout ce qui peut être calculé, peut l'être par un ordinateur, pour autant qu'il ait assez de temps et de mémoire: l'ordinateur est un dispositif de calcul universel
- L'universalité de l'ordinateur est possible grâce à la programmation: l'utilisateur doit indiquer par un programme les pas à suivre pour exécuter une tâche particulière

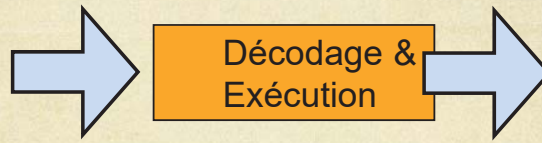
ARO1 - 2017 - APE & CPN & RMQ

22

# La programmation



Recette  
programme informatique  
séquence d'instructions

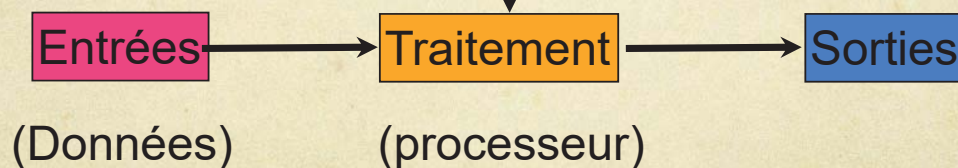


- Un **algorithme** est un ensemble d'instructions qui, exécutées dans la bonne séquence, résolvent un problème dans un temps fini. Une recette de cuisine est un exemple d'algorithme
- Un **programme** est un algorithme écrit pour exécution dans un ordinateur

# Le traitement



Mémoire



# L'abstraction en informatique

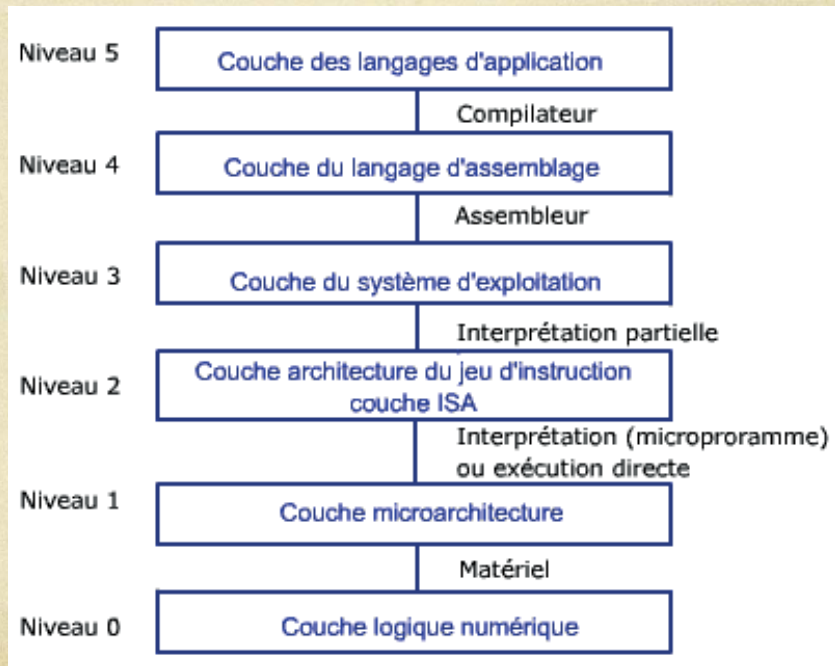
- La solution d'un problème en informatique va du niveau le plus abstrait vers le niveau le plus détaillé
- Un grand système informatique est organisé de façon **hiérarchique**: une partie prend ses ordres de la partie hiérarchique supérieure et, à son tour, peut transmettre ses ordres à des parties inférieures hiérarchiquement
- Il n'est pas nécessaire de connaître complètement chaque niveau d'un système informatique pour l'utiliser correctement

# Niveaux d'abstraction en informatique

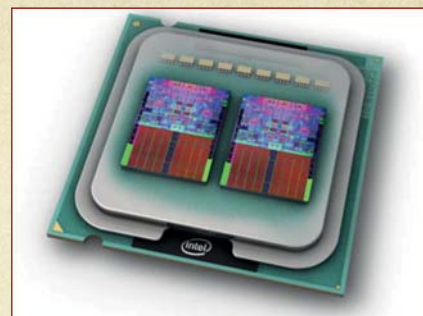
- Les niveaux
  - application
  - langage naturel
  - algorithmique
  - langage dépendant de l'application
  - langage de haut niveau
  - langage de programmation indépendant de la machine
  - système d'exploitation
  - appels du système d'exploitation
  - architecture de la machine
  - langage assembleur
  - microarchitecture
  - langage machine
  - circuits logiques
  - langage de transfert de registres
  - dispositifs électroniques
  - algèbre booléenne

A chaque niveau on peut utiliser un langage différent

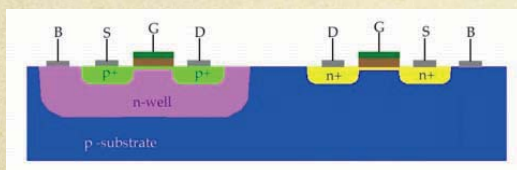
# Niveaux d'abstraction en informatique



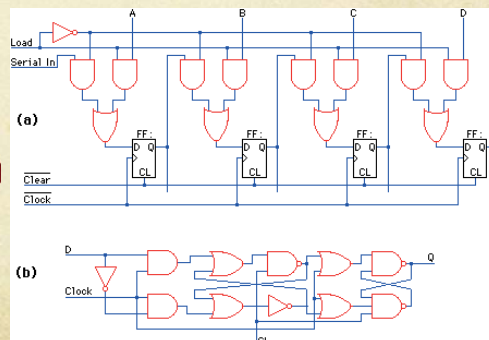
# Niveaux d'abstraction en informatique



Le processeur



Technologie CMOS

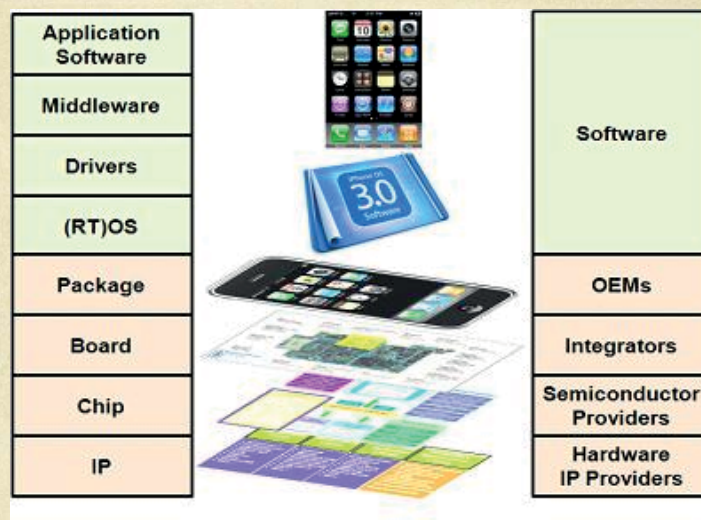


Circuits logiques

# Niveaux d'abstraction d'un système informatique



# Exemple: les ingrédients d'un Smartphone



OEM: Original Equipment Manufacturer  
 VAR: Value-added reseller

# Le monde informatique

- La grande majorité des microprocesseurs se trouvent non pas dans les ordinateurs, sur les bureaux, mais "embarqués" dans la plupart des outils qui nous entourent (voitures, chaussures, machines à café, postes de télé et de radio, téléphones mobiles, etc)

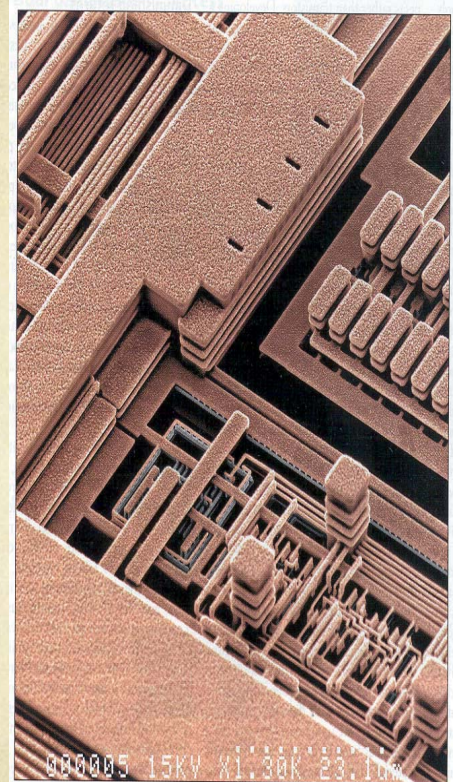
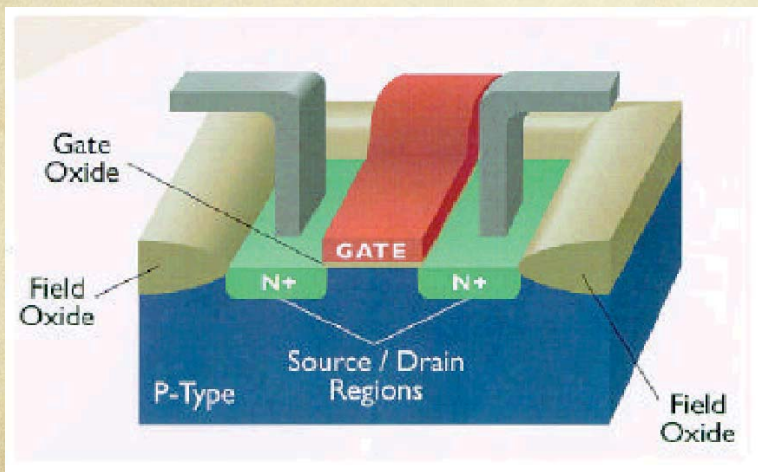


ARO1 - 2017 - APE & CPN & RMQ

31

# Technologie

- Cette évolution a été permise par l'évolution de la technologie, qui a permis une miniaturisation croissante des dispositifs électroniques (le transistor)



ARO1 - 2017 - APE & CPN & RMQ

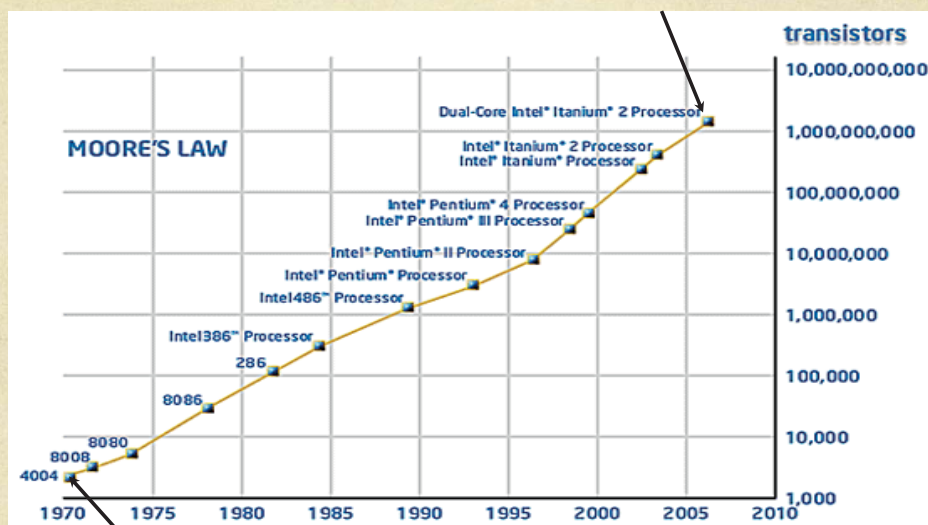
32



# Loi de Moore

- En avril 1965, six ans après l'invention du circuit intégré, Gordon Moore, co-fondateur d'Intel trois ans après, réalisa une prédiction connue plus tard comme la loi de Moore: le nombre de transistors dans un circuit intégré sera multiplié par deux chaque année
- A ce moment, l'équipe de Moore travaillait à la conception d'un circuit à ... 60 transistors
- En 1975, Moore a fait passer à 2 ans la durée du cycle
- Dès la fin des années 80, la durée du cycle est de 18 mois. Et la loi est appliquée à tous les paramètres de la technologie, notamment vitesse et performance

~2'000'000'000  
transistors @ 3GHz



~2'000 transistors @ 100 KHz

○ Ce qui est vrai, c'est qu'Intel introduit un nouveau processus de fabrication tous les 2 ans:

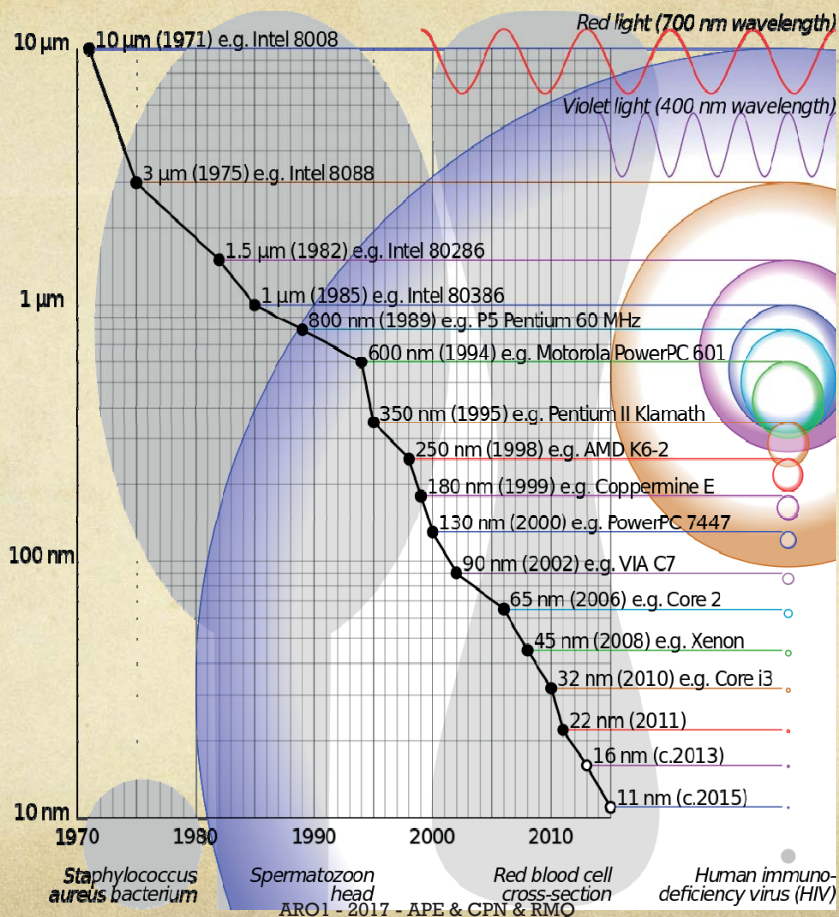
- 2000: 0.13  $\mu\text{m}$
- 2002: 90 nm
- 2006: 65 nm
- 2008: 45 nm
- 2010: 32 nm
- 2012: 22 nm
- 2014: 14 nm
- 2016: 10 nm
- 2018: 7 nm

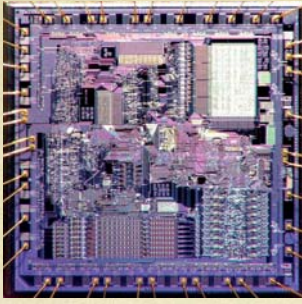


Sandy bridge

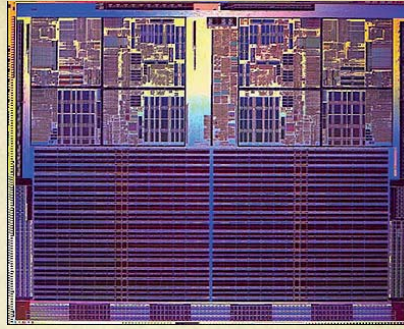
Ivy bridge de Intel  
(3D transistors)

Processeurs Core M de Intel  
(Q4 2014)

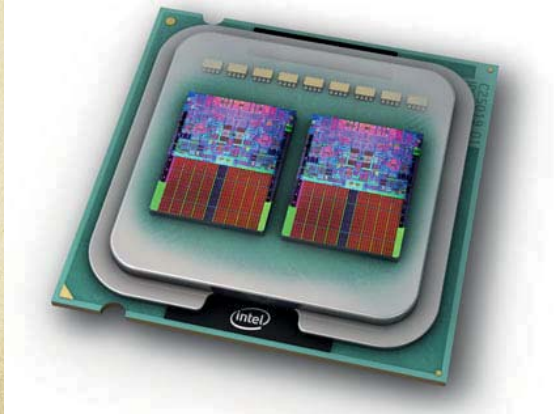




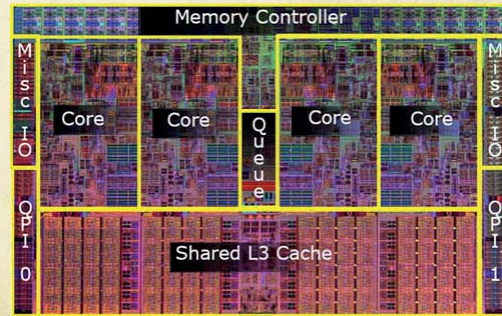
Le Intel' 8086 (1978)



AMD dual-core Opteron (2005)

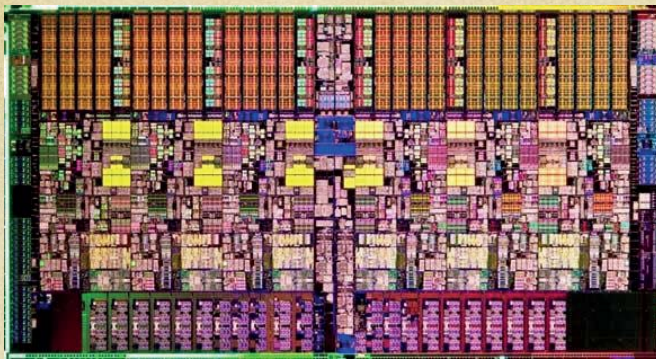


Core-2 Quad (2007)

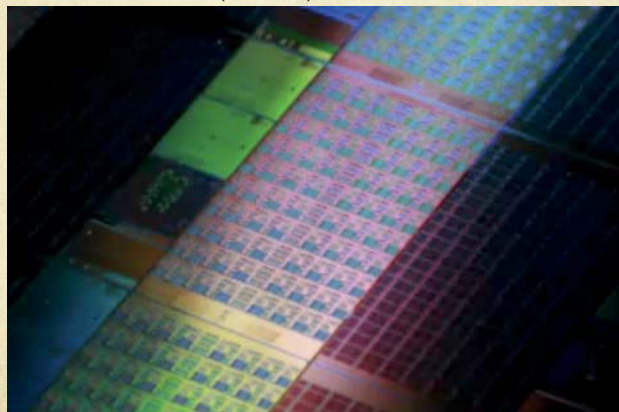


Intel Core i7-975 (2009)

ARO1 - 2017 - APE & CPN & RMQ



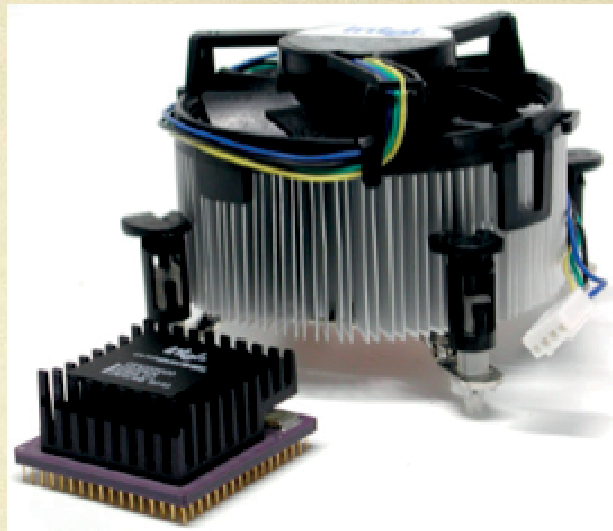
Hexa core: Intel Core i7-980X (2010)



Intel 80-core-100M transistors 1 teraflop processor @ 62W (2007)

ARO1 - 2017 - APE & CPN & RMQ

- Avec l'essor des ordinateurs « mobiles » (ordinateurs portables, assistants personnels, agendas électroniques, smart phones) les fabricants des processeurs ne visent plus des fréquences de fonctionnement de plus en plus hautes, mais une meilleure performance de calcul par Watt.



Refroidisseurs d'un Pentium en 1993 et d'un Pentium 4 en 2005 (© tomshardware.fr)

## Tendance technologique

- Mobile computing
- Communication sans fils
- Capteurs
- Autonomie énergétique
- Miniaturisation



MIPS/MHz  
==



iPhone 3GS (2009)  
32GB solide state drive

PowerMac G4 (1999)  
10-27GB HD

1997



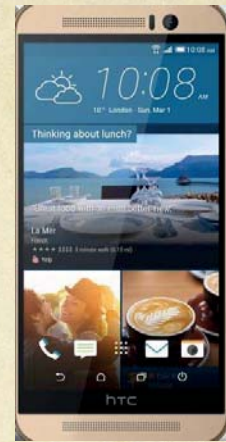
DEEP BLUE (IBM)  
> 10 milliards opérations/sec  
200 million mouvements/sec  
1.5 Tonnes

2011



iPhone 4S  
> 10 milliards op/sec  
140g

2015



Smartphones  
> 100 milliards op/sec

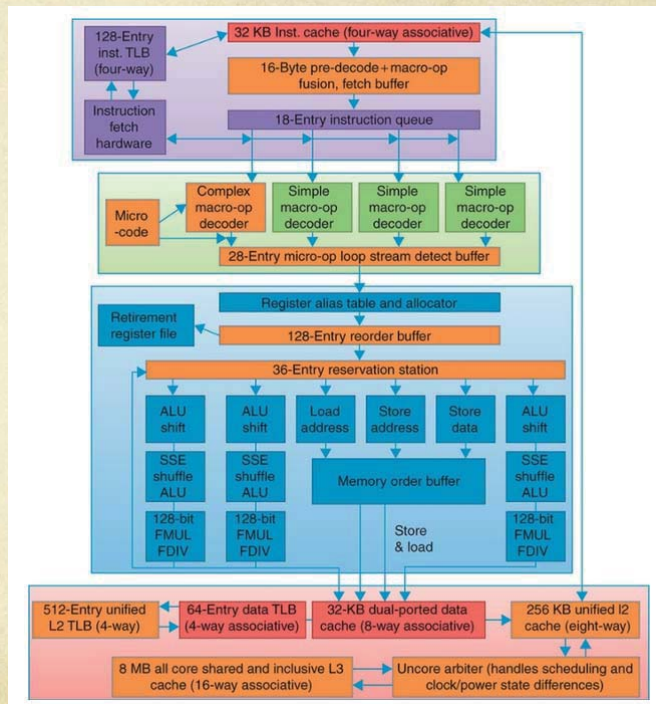
## CPU

CPU = Central processing unit

- CPU désigne l'unité de traitement ou microprocesseur principal d'un ordinateur. Il est soumis à divers paramètres tels que la cadence, la fréquence, la mémoire cache, eux même assujettis à la finesse de gravure et au nombre de transistors gravés lors de l'usinage de cette puce composée de silicium.
- Chargé de l'exécution des instructions des programmes, le CPU est l'élément prédominant d'une configuration informatique. Sa puissance se mesure en Flops, soit le nombre de calculs à virgule flottante effectués en une seconde.

# CPU

Intel i7



43

ARO1 - 2017 - APE & CPN & RMQ

# DSP

DSP = Digital Signal Processor

Processeur optimisé pour le traitement de signal

- Architecture Harvard
- Plusieurs multiplication-accumulation par cycle
- Format de données : entiers ou flottant
- Bus d'I/O à haut débits
- Interfaces pour convertisseurs AD/DA Ou convertisseurs incorporés
- Traitement vectoriel (parallèle et pipeliné)
- Générateur d'adresses indépendant (données)
- Gestion de boucles et séquenceur indépendant

PSoC de cypress

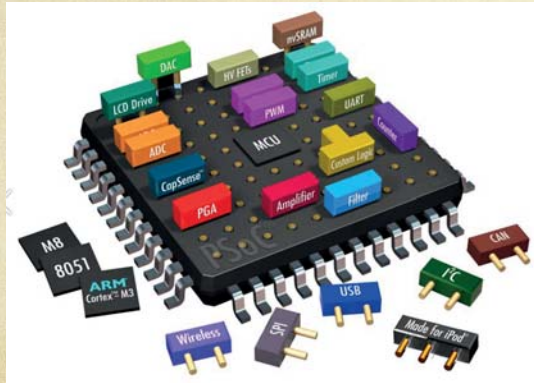
44

ARO1 - 2017 - APE & CPN & RMQ

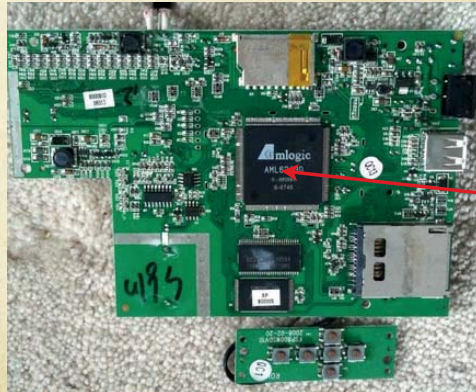
# SoC

SoC = System on a chip

Un SoC est un système complet embarqué sur une puce, pouvant comprendre de la mémoire, un ou plusieurs microprocesseurs, des périphériques d'interface, ou tout autre composant nécessaire à la réalisation de la fonction attendue

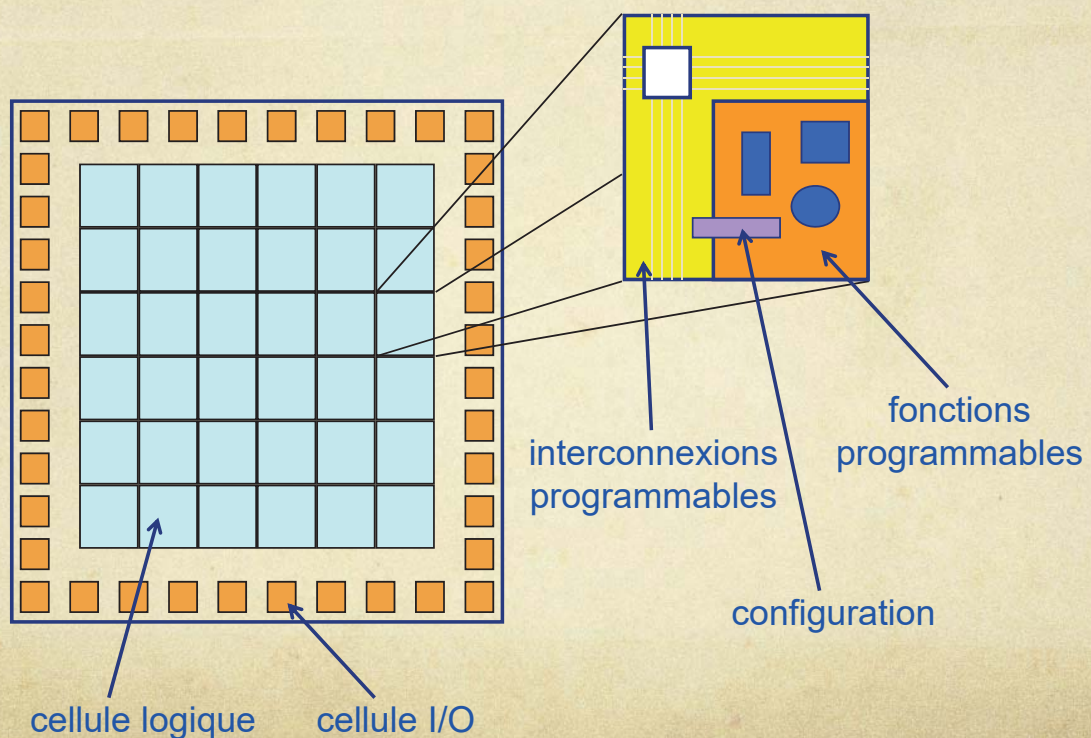


PSoC de cypress



SoC

# FPGA



# FPGA

Définition :

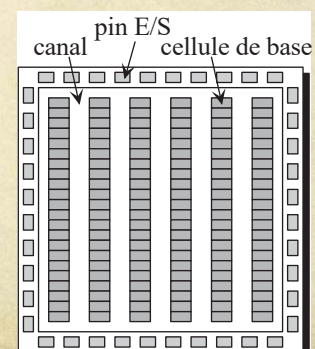
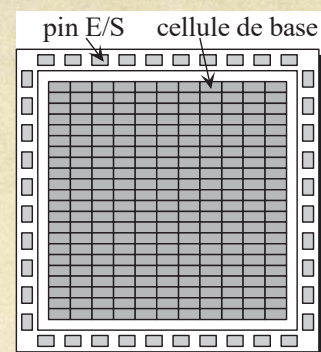
FPGA => Field Programmable Gate Array

- Circuit programmable composé d'un réseau de petits blocs logiques, de cellules d'entrée-sortie et de ressources d'interconnexion totalement flexibles la granularité des cellules logiques des FPGA est mentionnée comme fine nombre d'entrées de 4 à 6 granularité grossière dans les CPLD, ce type de circuit dispose de grandes cellules avec plus de 32 entrées (EPM 52 entrées)

# ASIC

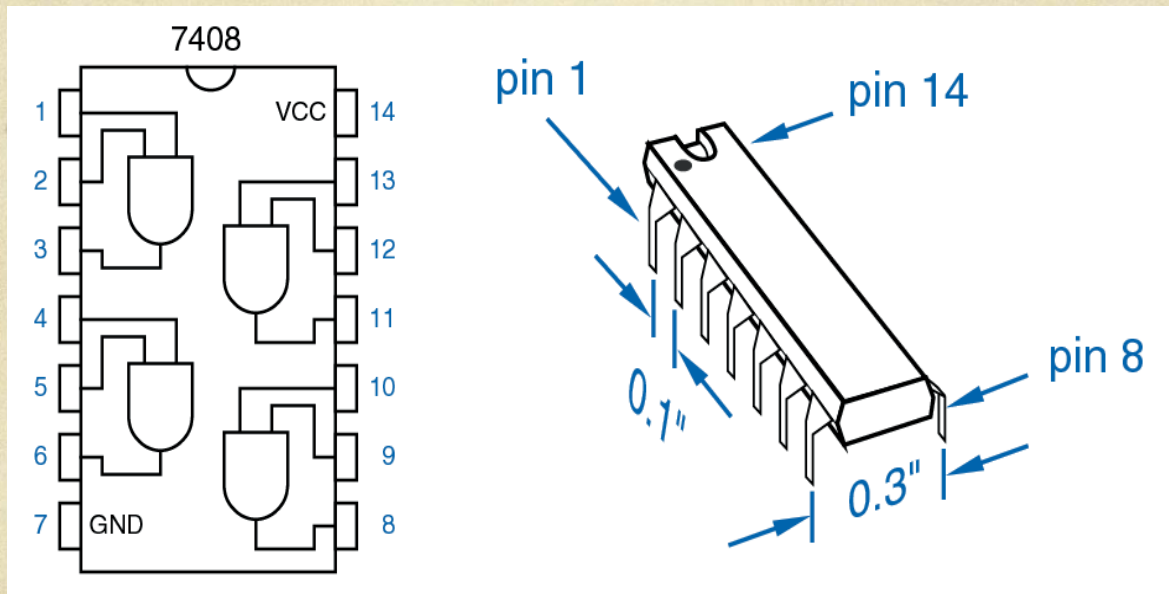
ASIC = Application Specific Integrated Circuits

- A la demande (full custom)
  - Spécifique à une application, tout peut être défini par le concepteur
- Prédifusés (années 60)
  - Mer de portes
  - Tableau de portes avec canaux de routage
- Pré-caractérisés (début des années 80)
  - Librairies de cellules
- A réseau structuré (début des années 90, puis réapparition en 2003)
  - Mer de macros
    - LUT, flip-flops, ...





# Circuits intégrés



49

ARO1 - 2017 - APE & CPN & RMQ

- Dans les années 50, les composants électroniques étaient fabriqués séparément
- Pour faire un circuit, il fallait donc connecter un certain nombre de composants (diodes, transistors, résistances, etc)

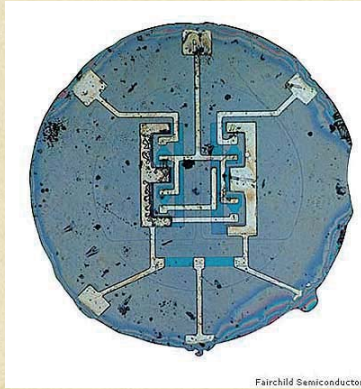


50

ARO1 - 2017 - APE & CPN & RMQ

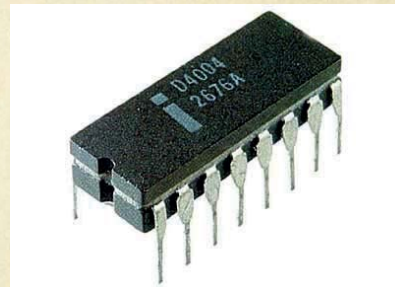
© crn.com

- Dans un circuit intégré, les différents composants sont fabriqués sur la même pièce de semi-conducteur: c'est le circuit intégré (IC)



Fairchild Semiconductor

Deux transistors dans un circuit intégré (1961)



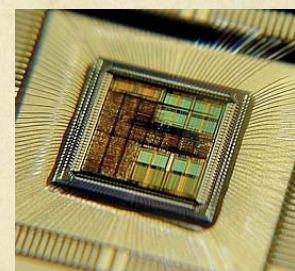
Premier uP commercial, l'Intel4004 (1971)

ARO1 - 2017 - APE & CPN & RMQ

51

## Réalisation des systèmes logiques

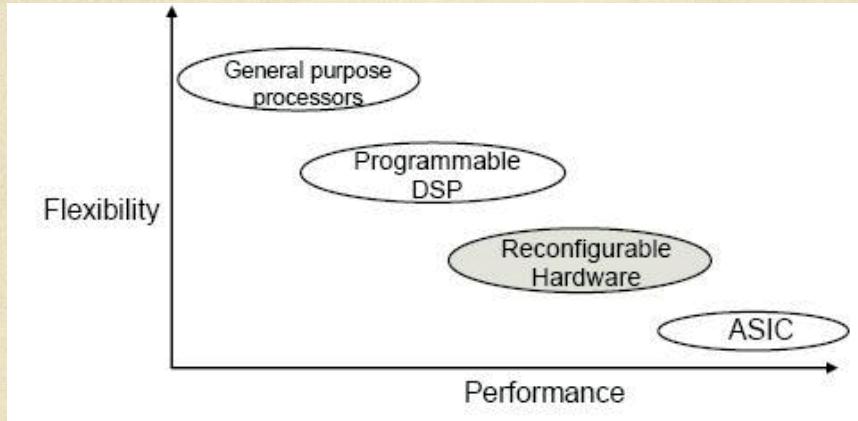
- Composants logiques discrets
- Circuits intégrés: ICs, "chips", VLSI
  - Full custom (ASIC - Application Specific IC)
  - Semi-custom
- Circuits logiques programmables (CPLDs/FPGAs)



ARO1 - 2017 - APE & CPN & RMQ

52

# Compromis flexibilité/performance



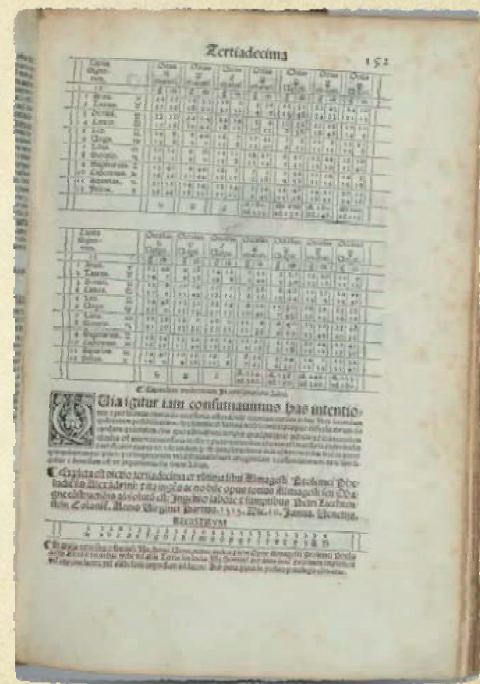
© knol.google.com

ARO1 - 2017 - APE & CPN & RMO

53

# Stockage

- Jusqu'à il y a pas très longtemps, la capture et le stockage de données nécessitait beaucoup d'effort
- e.g., tables concernant le mouvement des planètes, étoiles, le soleil, la lune...
- L'Almagestum de Ptolomée, 2ème siècle. Utilisé pendant des siècles comme référence.



ARO1 - 2017 - APE & CPN & RMO

54

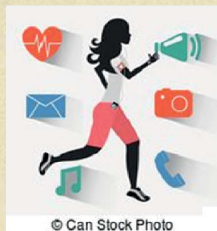
# Stockage



- Banalisation de la capture, stockage et traitement de données



# Data deluge



© Can Stock Photo

self



home



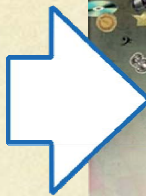
.com



health



.gov



# Thèmes du cours

- Logique mathématique
- Systèmes combinatoires
- Systèmes séquentiels
- Unité de traitement + unité de contrôle = Processeur