
Architectures avancées : Introduction

Daniel Etiemble
de@lri.fr

Les ordinateurs : de 1946 à hier/aujourd'hui

- ENIAC (1946)
 - 19000 tubes
 - 30 tonnes
 - surface de 72 m²
 - consomme 140 kilowatts.
Horloge : 100 KHz.
 - \approx 330 multiplications/s
- Mon portable (2006)
 - Intel Duo Processor 2GHz
 - 1 Go DRAM, 100 Go disque
 - 1,9 kg



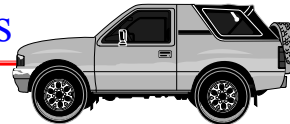
« Systèmes informatiques »



M1 Informatique 2012-2013

Systèmes embarqués ou enfouis

- “Ordinateurs” camouflés



Casio Camera Watch



Nokia 7110 Browser Phone



Sony Playstation 2



Philips DVD player



Philips TiVo Recorder

Prof. Stephen A. Edwards of Columbia University

M1 Informatique 2012-2013

Les grandes classes de système

| Caractéristique | Ordinateur de bureau | Serveur | Enfoui/embarqué |
|---------------------------------|---|---|---|
| Prix du microprocesseur | 100 à 1000 € | 200 à 2000 € par processeur | 0,20 à 200 € par processeur |
| Microprocesseurs vendus en 2000 | 150 millions | 4 millions | 300 millions (en ne comptant que les 32 et 64 bits) |
| Critères | Prix-performance Performance graphique | Débit, disponibilité, extensibilité | Prix, puissance dissipée, performance pour l'application |

M1 Informatique 2012-2013

Ventes des microprocesseurs (fin du siècle dernier ☺)

- Processeurs enfouis/embarqués
 - 4 bits : 2 milliards
 - 8 bits : 4,7 milliards
 - 16 bits : 700 millions
 - 32 bits : 400 millions
- DSP (traitement du signal)
 - 600 millions
- Généralistes classiques
 - 150 millions

M1 Informatique 2012-2013

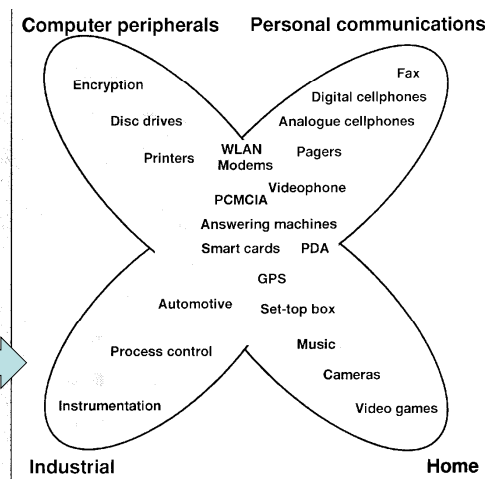
Gammes de processeurs

- Haut de gamme
 - Processeurs des PC et serveurs
- Spécialisé
 - Haut de gamme des générations précédentes
Ex : MIPS, PowerPC « enfouis »
- Spécialisé embarqué
 - Faible consommation
 - Temps réel
- Contraintes
 - Prix
 - Performance
 - Encombrement
 - Consommation
 - Temps réel
 - temps d'exécution déterministe ou non

M1 Informatique 2012-2013

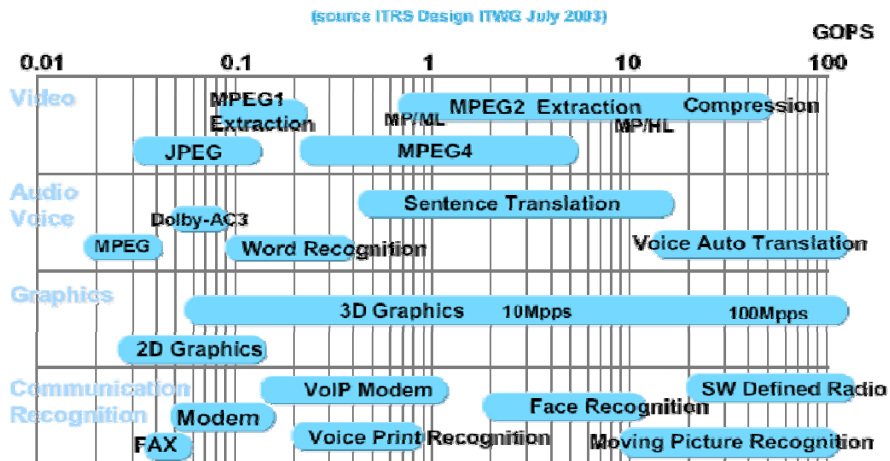
Les applications

- Usage général
- Calcul Scientifique
- **GRAPHIQUE**
- Traitement du signal
- **JAVA**
- Bases de données
- WEB
- Cloud
- Enfoui et embarqué



M1 Informatique 2012-2013

“Roadmap” des applications enfouies



M1 Informatique 2012-2013

“Roadmap” du traitement enfoui

Source ITRS Design ITWG July 2003

x 40

| Process Technology (nm) | 130 | 90 | 65 | 45 | 32 | 22 |
|--|---------------------------|---------------------------------|------|-------------------------------|-------|--------|
| Operation voltage (V) | 1.2 | 1 | 0.8 | 0.6 | 0.5 | 0.4 |
| Clock frequency (MHz) | 150 | 300 | 450 | 600 | 900 | 1200 |
| Application (MAX performance required) | Still Image Processing | Real Time Video Codec MPEG4/CIF | | Real Time Interpretation | | |
| Application (Others) | Web Browser | TV phone (1:1) | | TV phone (>3:1) | | |
| | Electric mailer Scheduler | Voice recognition (input) | | Voice recognition (operation) | | |
| | | Authentication (Crypto engine) | | | | |
| Processing Performance (GOPS) | 0.3 | 2 | 14 | 77 | 461 | 2458 |
| Parallelism factor | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Communication speed (Kbps) | 64 | 384 | 2304 | 13824 | 82944 | 497664 |
| Energy Efficiency (MOPS/mW) | 3 | 20 | 140 | 770 | 4160 | 24580 |
| Peak Power Consumption (mW) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Stand-by Power Consumption (mW) | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Battery Capacity (Wh/kg) | 120 | 200 | | 400 | | |

Performance
Efficacité énergétique (MOPS/mW)
Puissance dissipée
Capacité batterie

M1 Informatique 2012-2013

Exemple : industrie automobile

Besoins
Hypothèse: une même architecture doit répondre aux différents besoins

| THEME | BRIQUE LOGICIEL | BESOIN | | | | |
|------------------|----------------------------|-------------------------------------|---------|--|--------------|----------------------|
| | | Fonctions image (filtrage, contour) | Mémoire | Calculs complexes (matrice, flottant...) | Cadence (Hz) | Nombre de flux vidéo |
| SECURITE | Reconnaissance des piétons | ++ | ++ | Non | >100 Hz | 1 ou 2 (VIS. + IR) |
| | Détection d'obstacle | ++ | +++ | ++ | >100 Hz | 1 ou 2 |
| | Détection de route | ++ | + | Non | >100 Hz | 1 |
| | Détection de ligne | ++ | ++ | ++ | 30 Hz | 1 ou 2 |
| SERENITE/PARKING | Fonctions de rétrovision | + | + | Non | 15 Hz | 1 |
| | Park Assist | ++ | +++ | +++ | 15 Hz | 2 ou 3 |
| VIE A BORD | Détection de l'occupant | ++ | ++ | Non | 5-10 Hz | 1 ou 2 |
| NAVIGATION | Optical compass | +++ | +++ | +++ | >15 Hz | 1 ou 2 |

© Direction de la Recherche Ingénierie Véhicule

Hétérogénéité

M1 Informatique 2012-2013

Sources : C. Balle – Renault

Les moteurs de l'évolution

- Les contraintes économiques
 - Lois économiques
 - Volumes de vente



MARCHE GRAND PUBLIC

PCs

Consoles de jeux

Smartphones

Tablettes

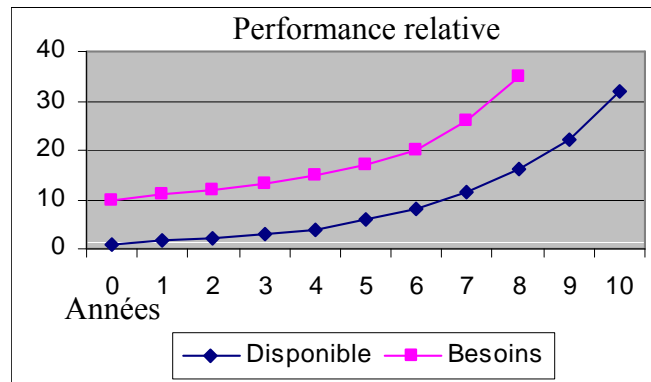
Intel, Microsoft

Apple, Samsung

M1 Informatique 2012-2013

Le modèle économique Intel

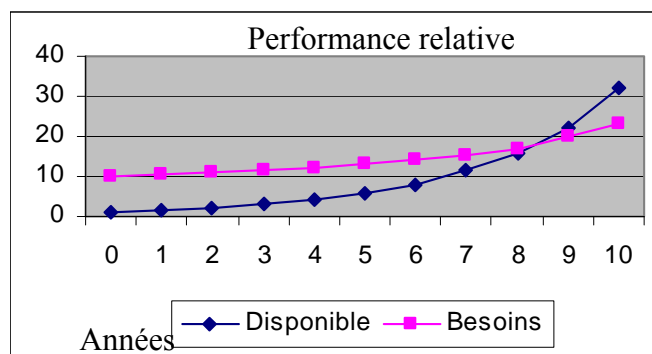
Nouveau modèle plus performant tous les x années



M1 Informatique 2012-2013

Un autre modèle économique

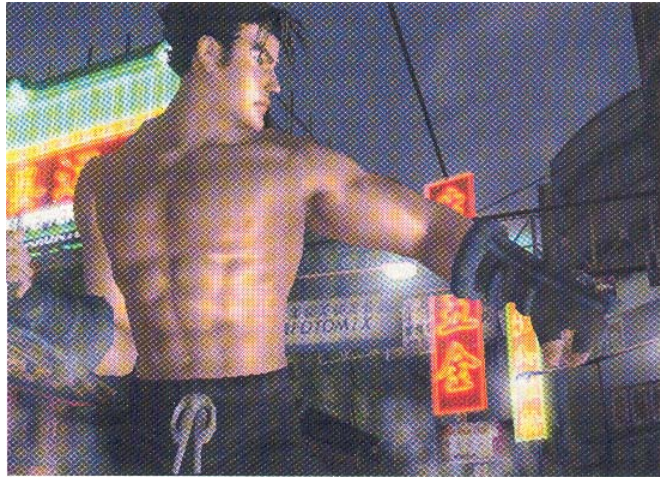
Performance supérieure aux besoins de « masse »



Recherche des “killer applications”

M1 Informatique 2012-2013

Killer Application



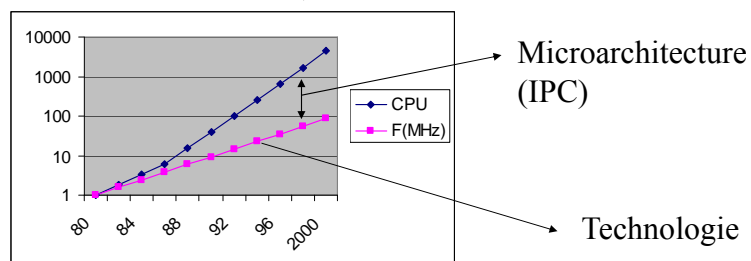
M1 Informatique 2012-2013

Performance : Microprocesseur

$$T_{\text{exécution}} = NI * CPI * T_c = \frac{NI}{IPC * F}$$

↓
↓
↓

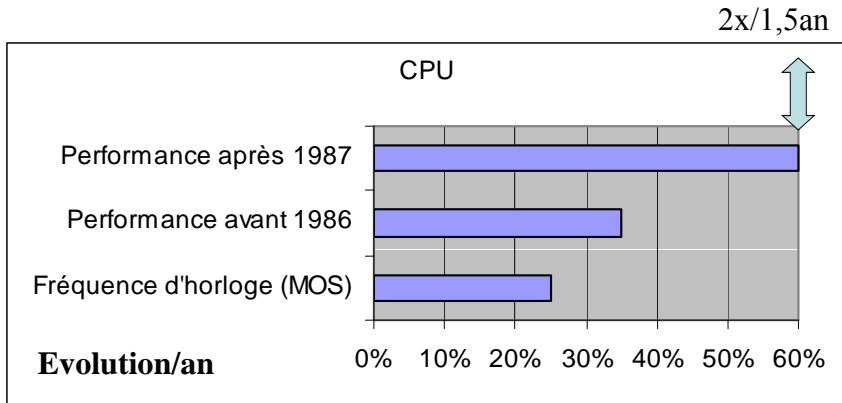
Temps de cycle
 Nombre de cycles/Instruction



M1 Informatique 2012-2013

DES EXPONENTIELLES

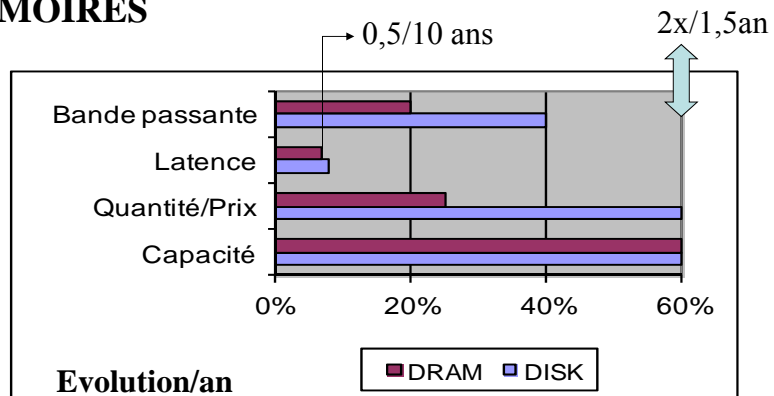
MICROPROCESSEURS



M1 Informatique 2012-2013

DES EXPONENTIELLES

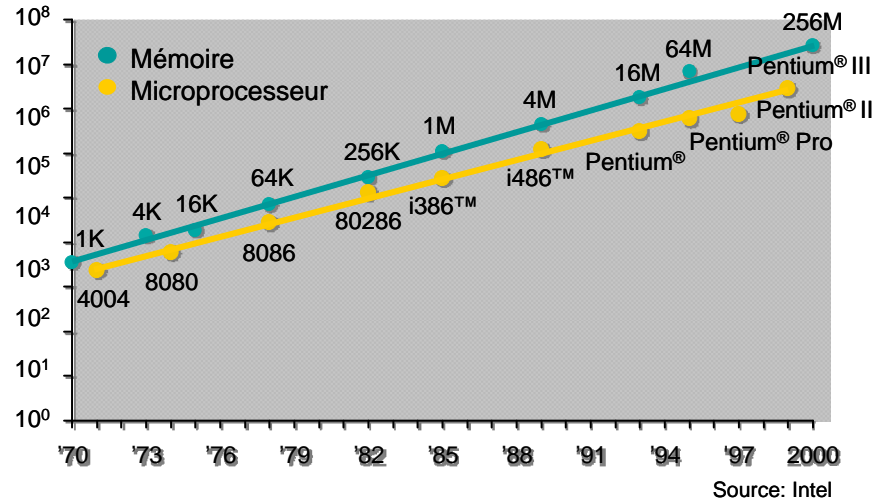
MEMOIRES



M1 Informatique 2012-2013

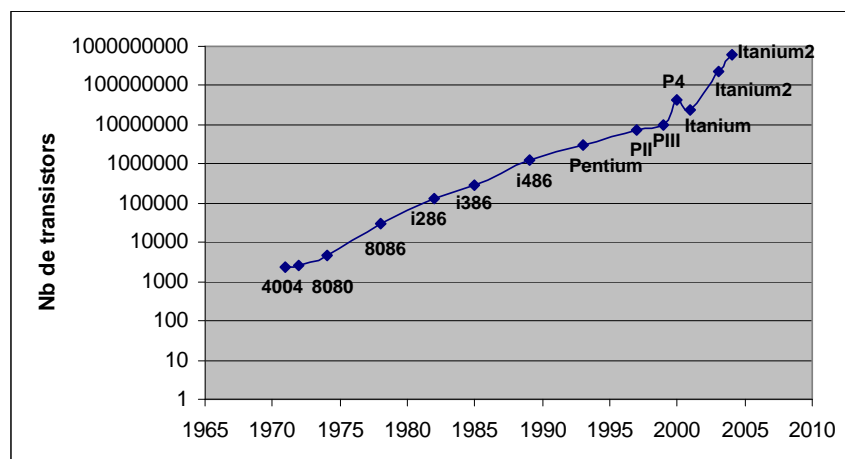
La loi de Moore

Transistors
par puce



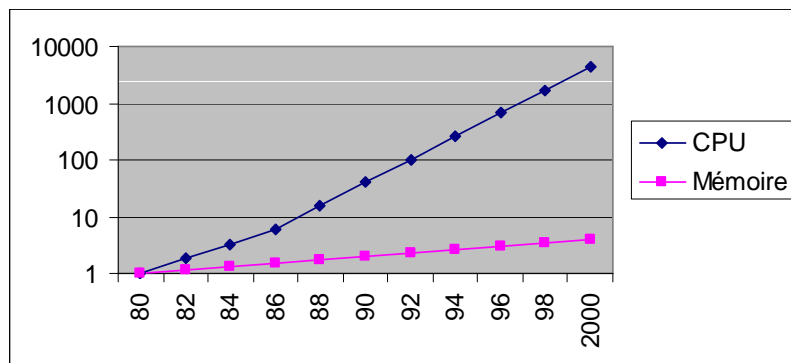
M1 Informatique 2012-2013

Processeurs Intel : nombre de transistors l'année d'introduction



M1 Informatique 2012-2013

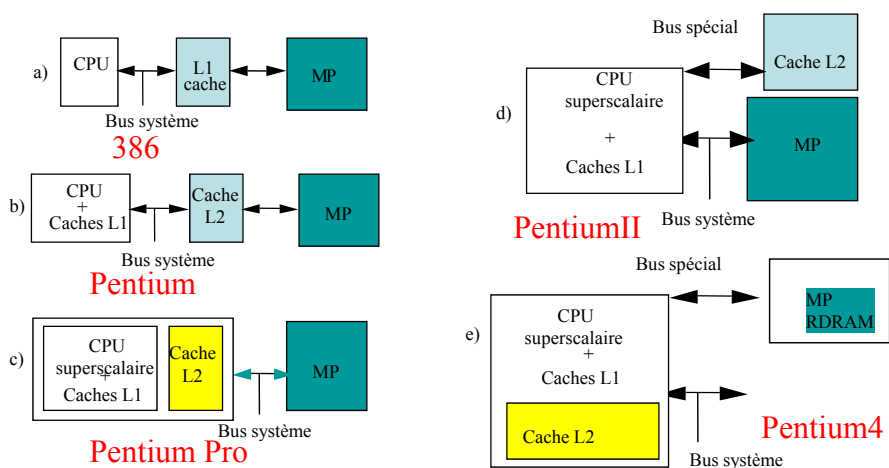
LES DIFFERENTIELS



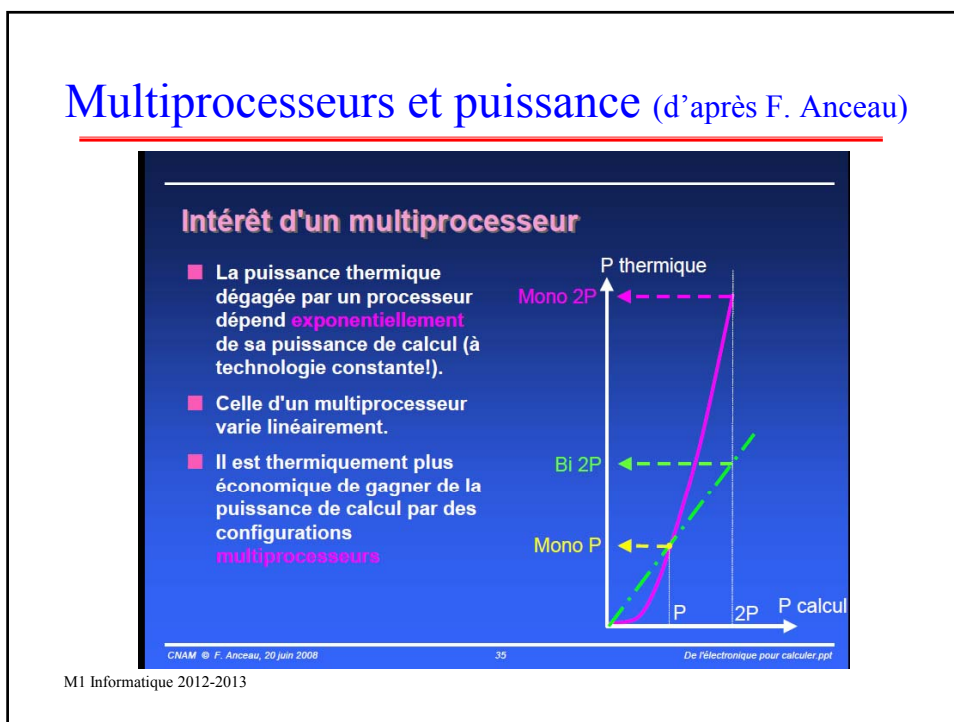
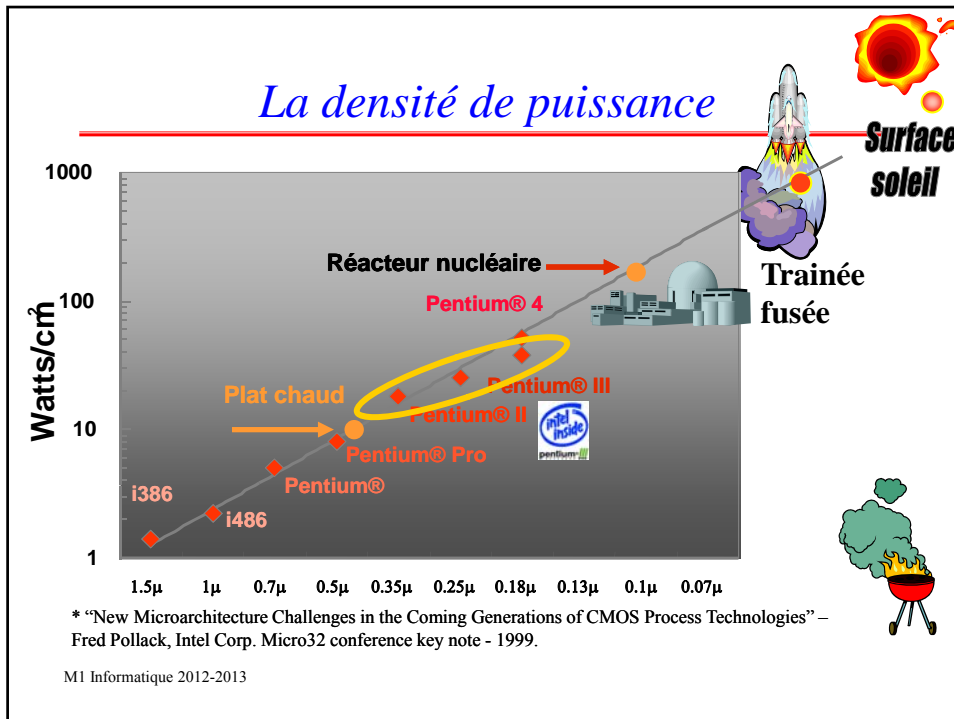
Complexité croissante de la hiérarchie mémoire : L1, L2, L3, MP

M1 Informatique 2012-2013

Evolution des hiérarchies mémoire (1985-2000)



M1 Informatique 2012-2013

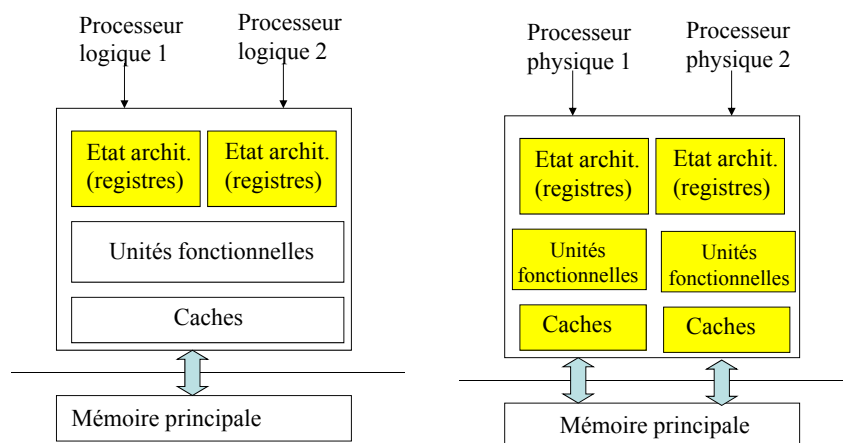


Le grand virage...

- Evolution des processeurs pour PC (Intel, AMD)
 - De l'augmentation de la fréquence d'horloge...
 - Au parallélisme
 - Hyperthread
 - Multi-cœurs

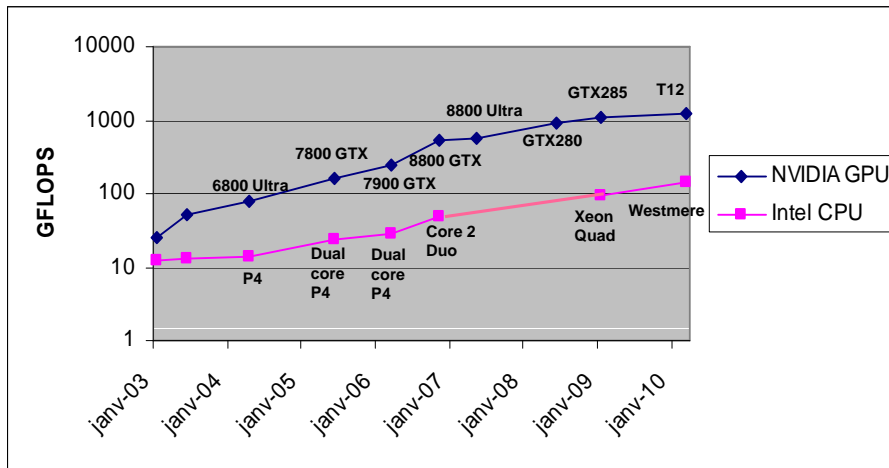
M1 Informatique 2012-2013

Processeurs Intel et AMD : Multithread et Multiprocesseurs



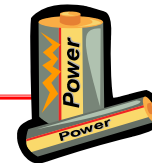
M1 Informatique 2012-2013

CPU et GPU



M1 Informatique 2012-2013

Puissance et énergie

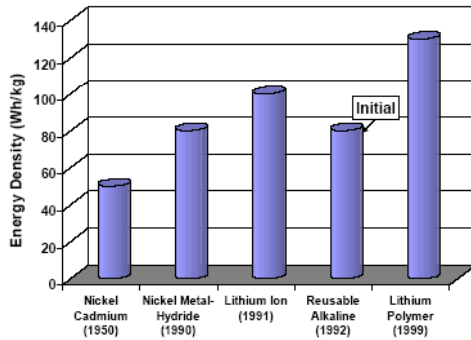


Energie

- “Capacité à faire quelque chose d’utile”
- Important pour
 - Durée de vie des piles et batteries
 - Facture d’électricité
- Mesurée au cours du temps
- Proportionnelle à la somme des capacités et au carré de la tension (CV^2)

M1 Informatique 2012-2013

Les batteries



Batteries au lithium :

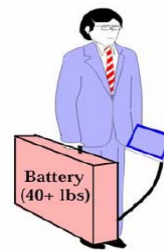
1992 : 90 Wh/kg,

2000 : 140 à 160 Wh/kg .

2007 : de 190 à 200 Wh/kg.

Source : CEA

| Energy density of material | KWH/kg |
|----------------------------|--------|
| Gasoline | 14 |
| Lead-Acid | 0.04 |
| Li polymer | 0.15 |



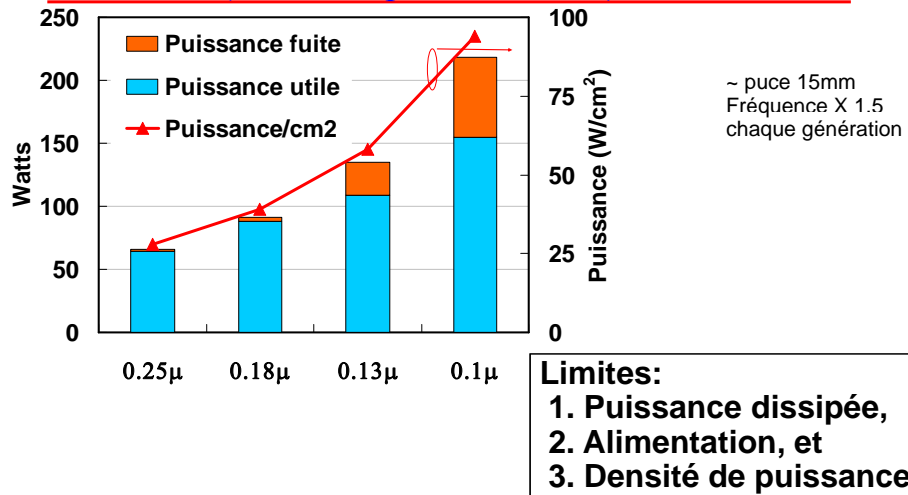
Puissance et énergie



Puissance

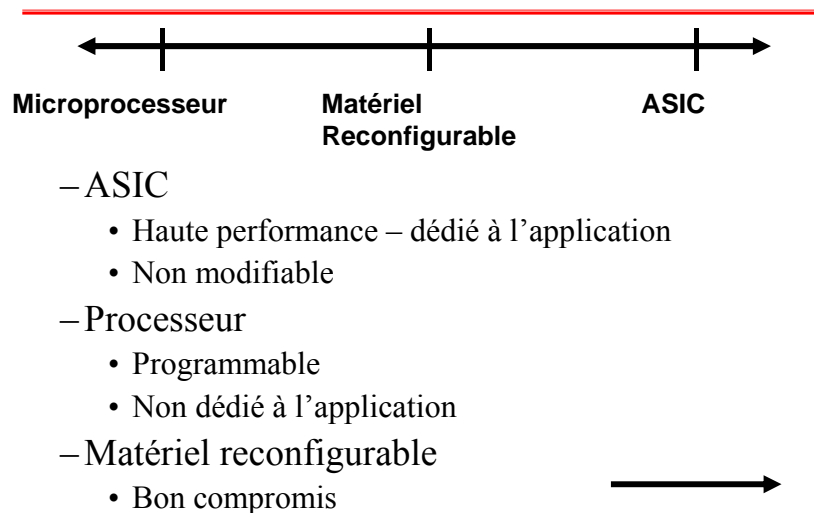
- *Travail* effectué par unité de temps
 - Mesuré en Watts
- $P = \alpha CV^2f$
(α : activité, C: capacités, V: tension, f : fréquence)
- “Mesurée” à sa valeur maximale
- Plus de puissance → Plus de courant
 - Ne peut dépasser les contraintes de puissance maximale disponible
- Plus de puissance → Température plus élevée
 - Ne peut dépasser les contraintes thermiques

Evolution de la puissance (à taille de puce constante)

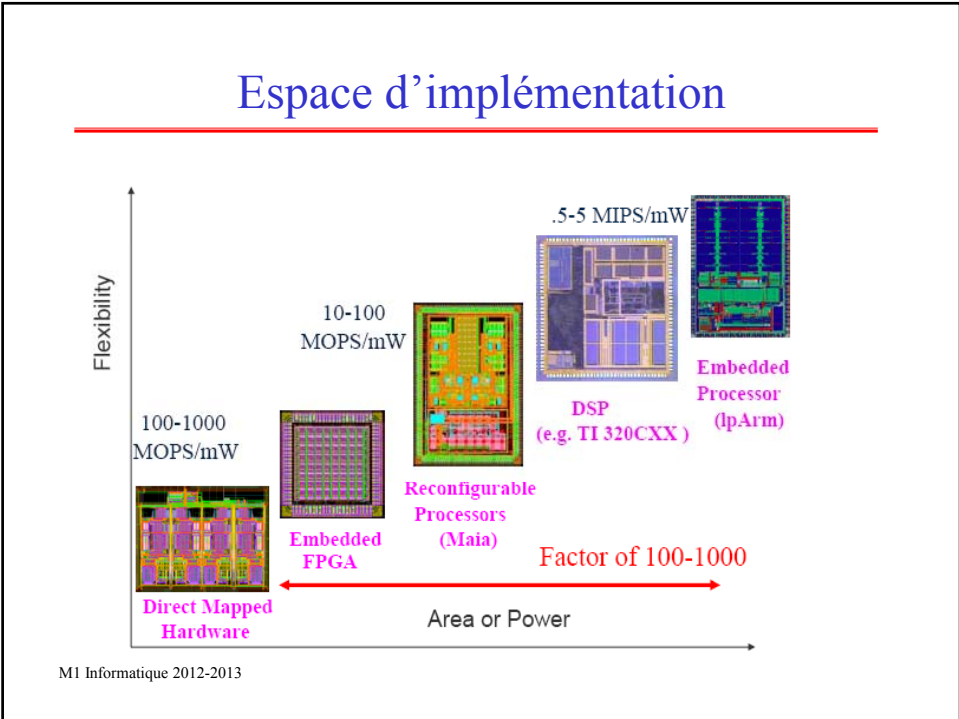
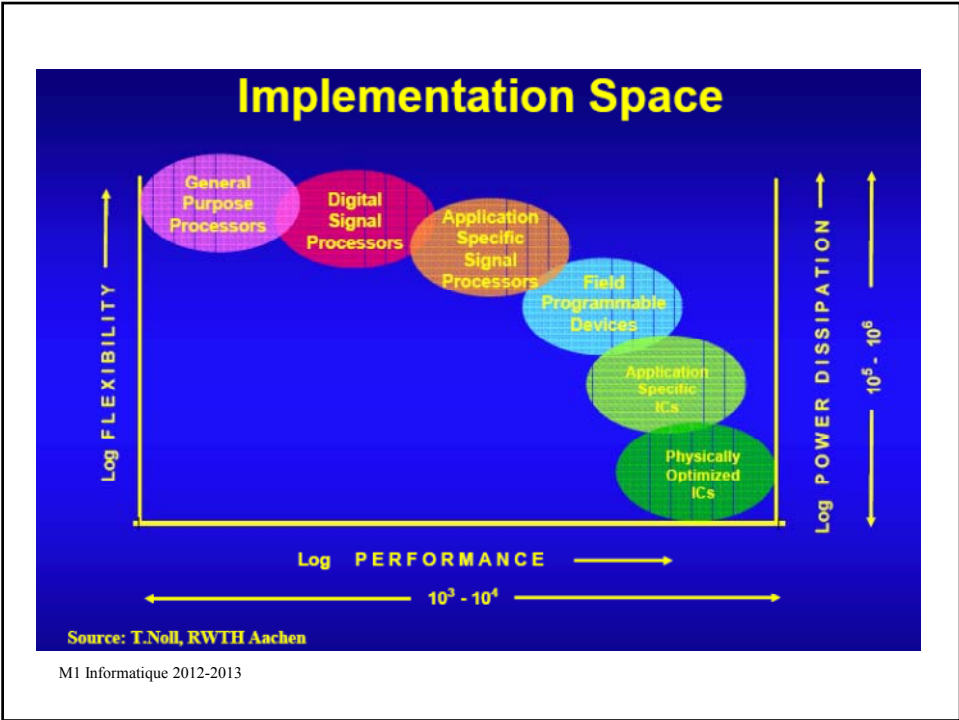


M1 Informatique 2012-2013

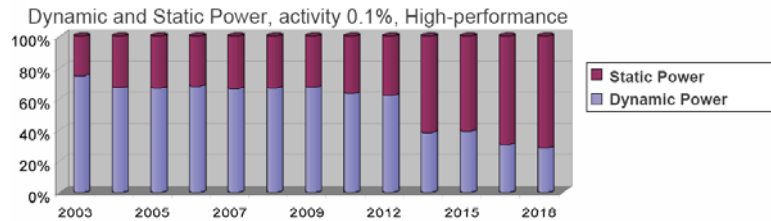
Le spectre d'implémentation



M1 Informatique 2012-2013



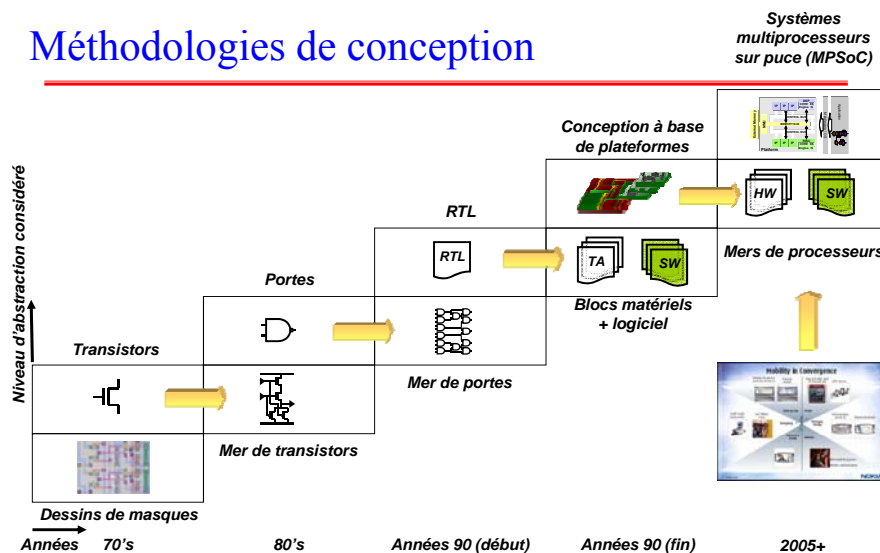
Un grand défi : la réduction de l'énergie consommée et de la puissance dissipée



- Effort à tous les niveaux
 - Niveau technologique
 - Niveau circuit/logique
 - Niveau architectural
 - Niveau algorithmique
 - Niveau système

M1 Informatique 2012-2013

Méthodologies de conception

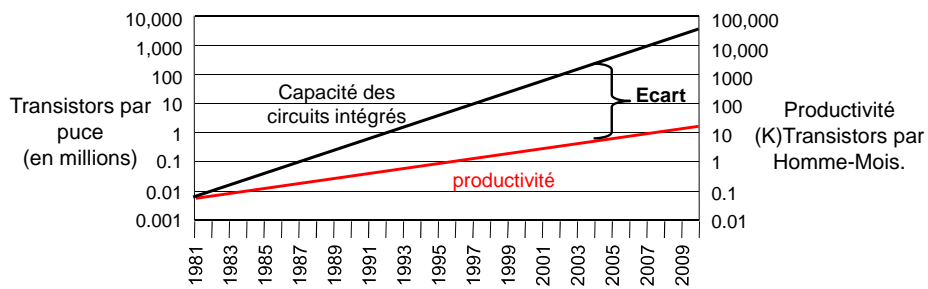


M1 Informatique 2012-2013

Les écarts de productivité

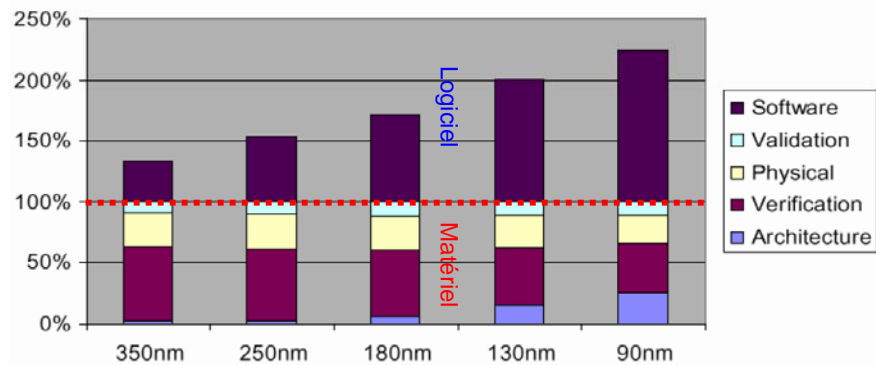
- Évolution comparée du temps de conception d'un circuit et du nombre de portes disponibles

Écart de productivité de conception



M1 Informatique 2012-2013

Où va l'effort de conception ?

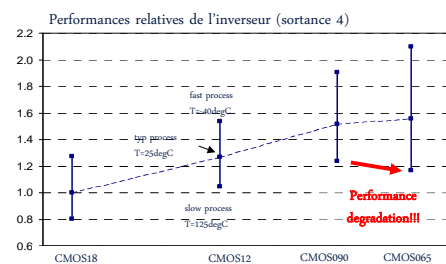


Source : IBS 2002

M1 Informatique 2012-2013

Les technologies du futur

- Les interconnexions devenant prédominante, jouer sur la fréquence d'horloge n'est plus efficace
- La puissance de fuite devient plus importante que la puissance active
- La dispersion des composants augmentent (problèmes de conception, de rendement)
- La conception traditionnelle "pire cas" devient trop pessimiste.



M1 Informatique 2012-2013