
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



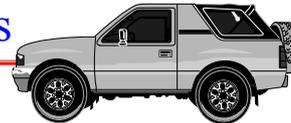
« Systèmes informatiques »



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

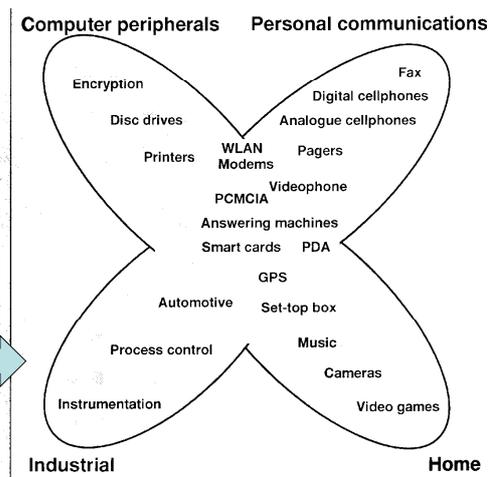
Gammes de processeurs

- 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

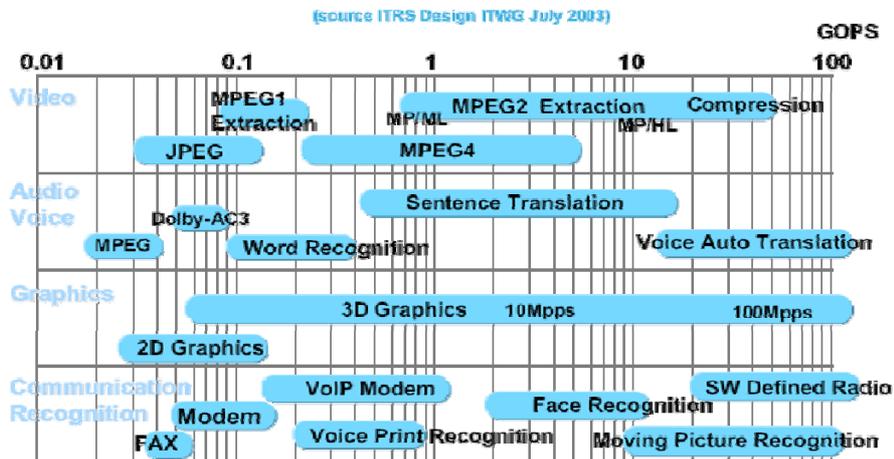
Les applications

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

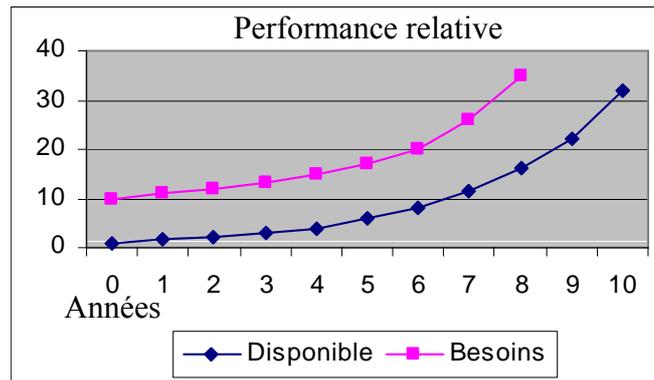
Intel, Microsoft

Apple, Samsung

M1 Informatique 2012-2013

Le modèle économique Intel

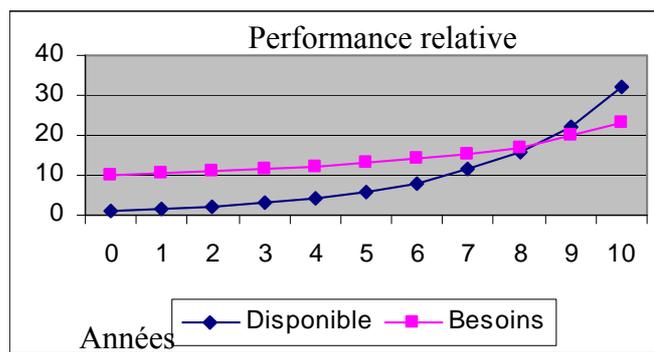
Nouveau modèle plus performant tous les x années



M1 Informatique 2012-2013

Un autre modèle économique

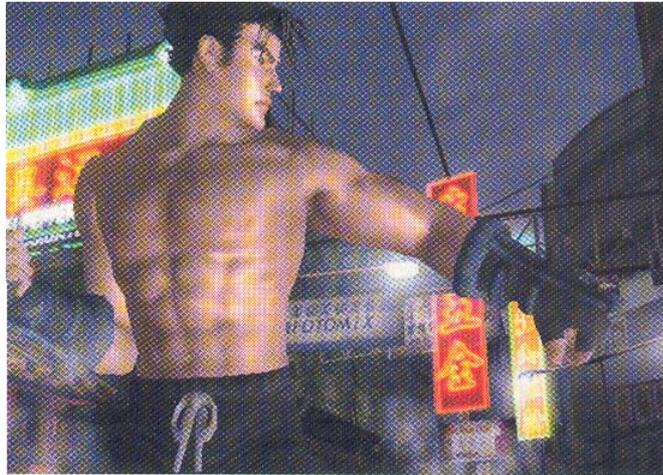
Performance supérieure aux besoins de « masse »



Recherche des “killer applications”

M1 Informatique 2012-2013

Killer Application



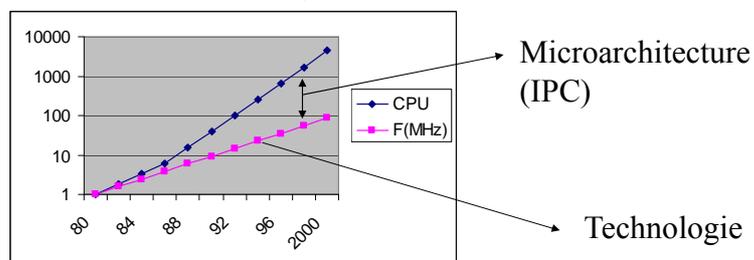
M1 Informatique 2012-2013

Performance : Microprocesseur

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

↓
↓
↓

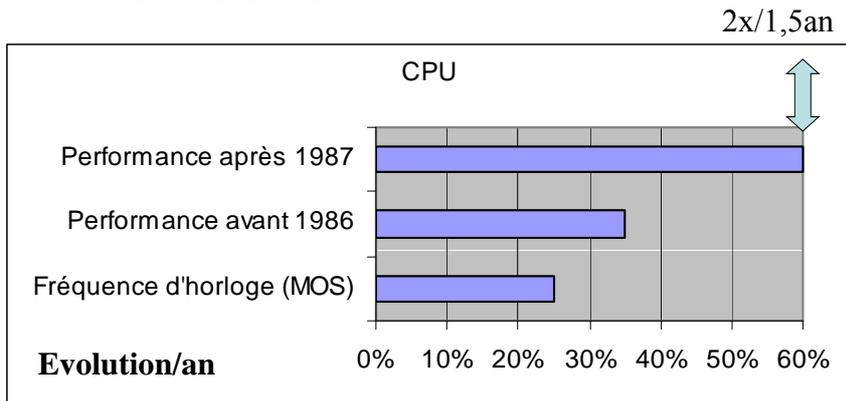
Temps de cycle
 Nombre de cycles/Instruction



M1 Informatique 2012-2013

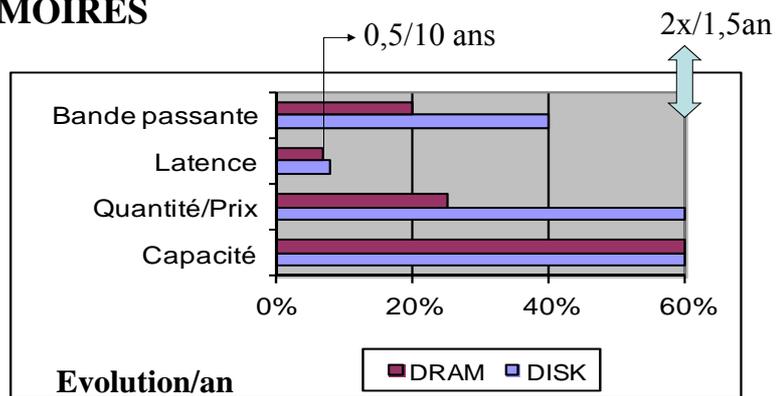
DES EXPONENTIELLES

MICROPROCESSEURS



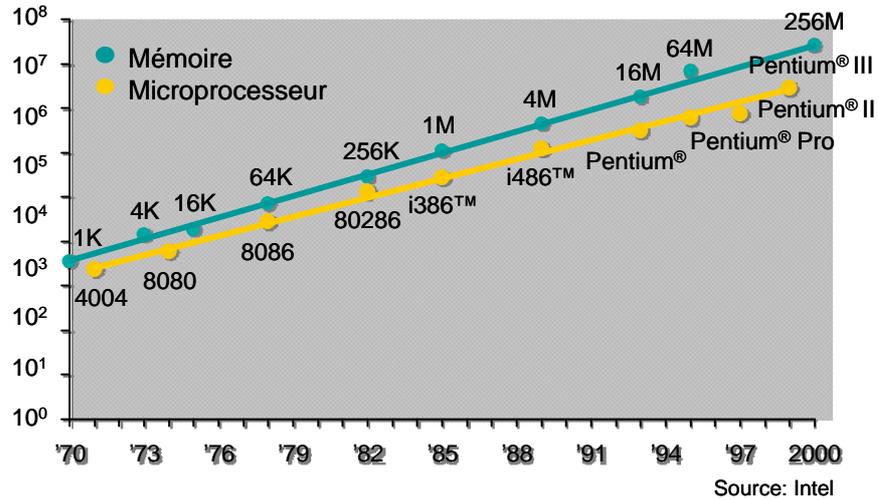
DES EXPONENTIELLES

MEMOIRES



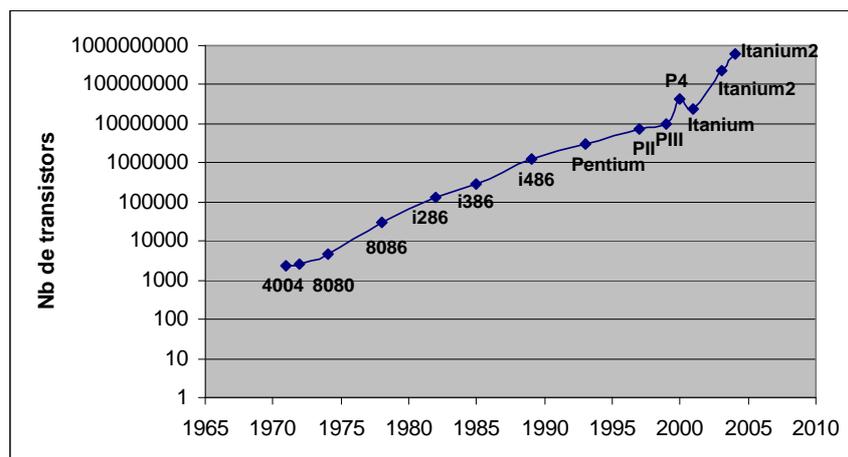
La loi de Moore

Transistors
par puce



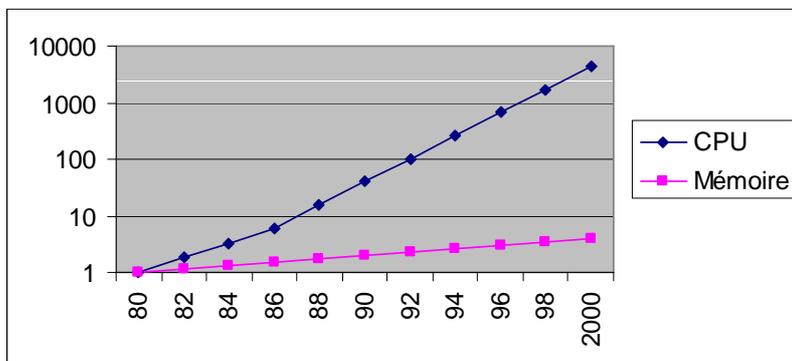
M1 Informatique 2012-2013

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



M1 Informatique 2012-2013

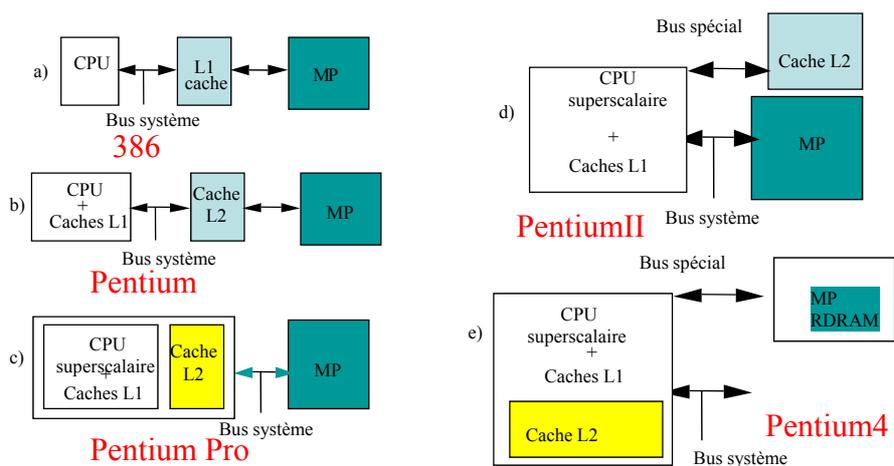
LES DIFFERENTIELS



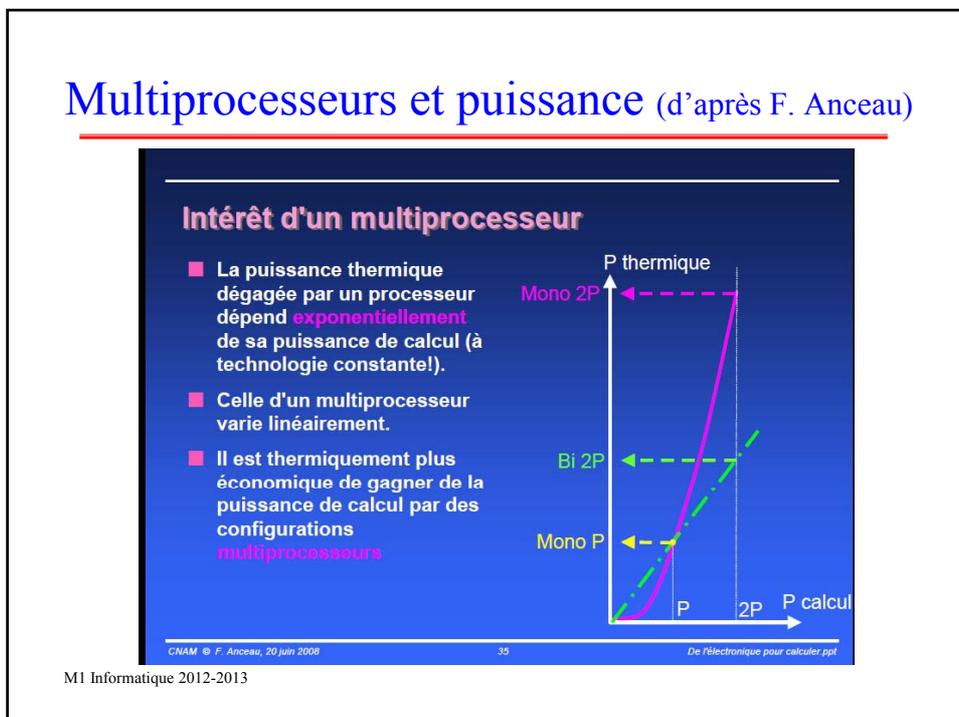
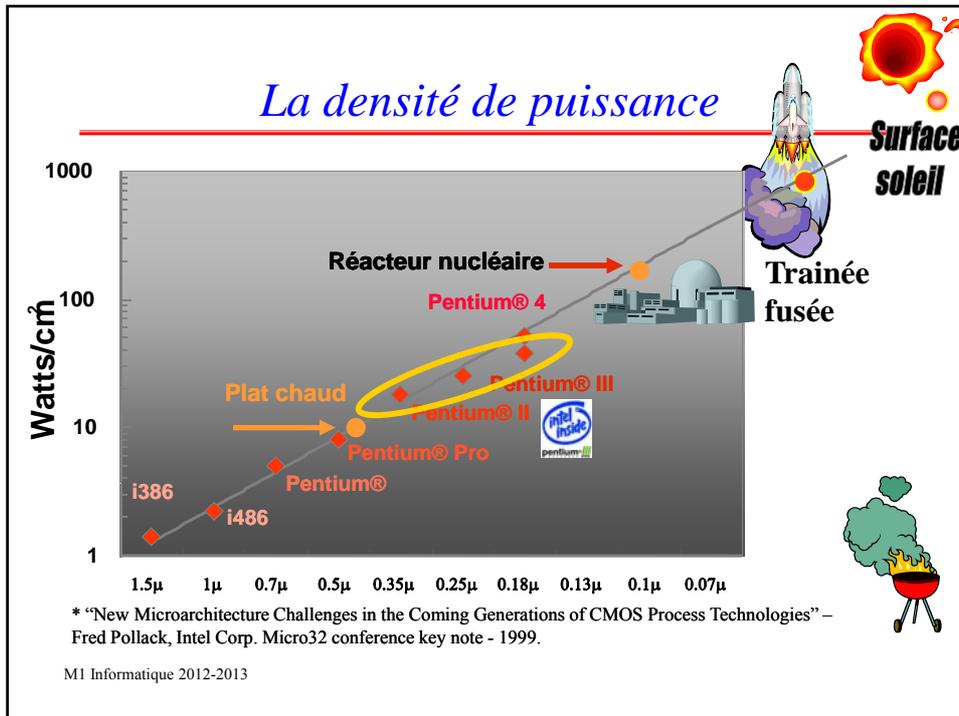
Complexité croissante de la hiérarchie mémoire : L1, L2, L3, MP

M1 Informatique 2012-2013

Evolution des hiérarchies mémoire (1985-2000)



M1 Informatique 2012-2013

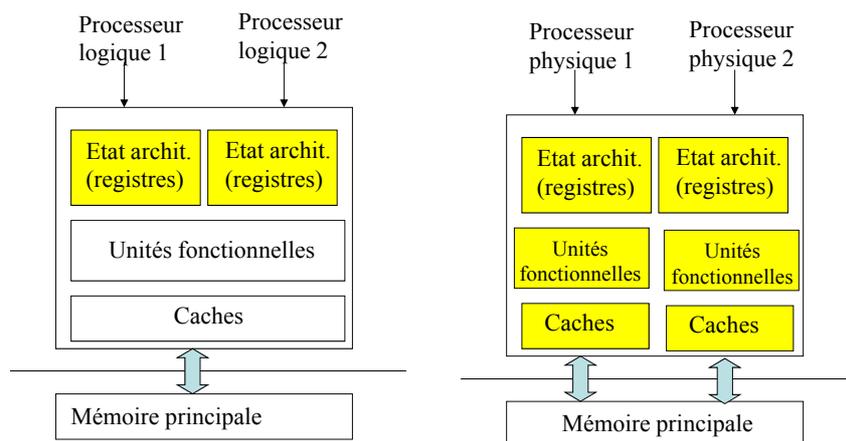


Le grand virage...

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

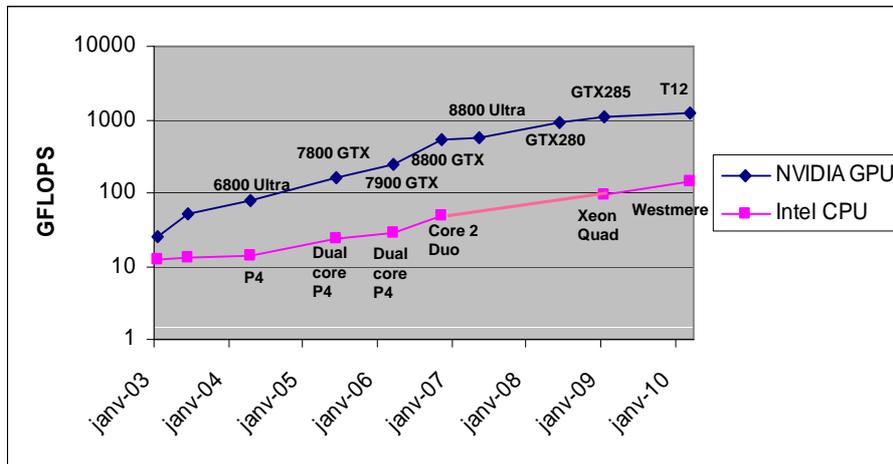
M1 Informatique 2012-2013

Processeurs Intel et AMD : Multithread et Multiprocesseurs



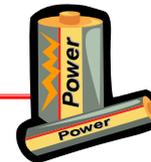
M1 Informatique 2012-2013

CPU et GPU



M1 Informatique 2012-2013

Puissance et énergie

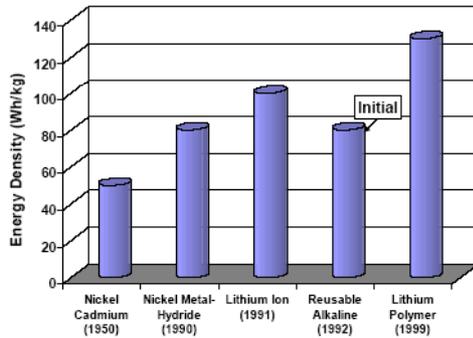


Energie

- “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 :

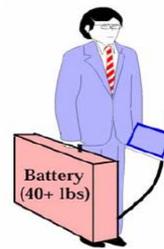
1992 : 90 Wh/kg,

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



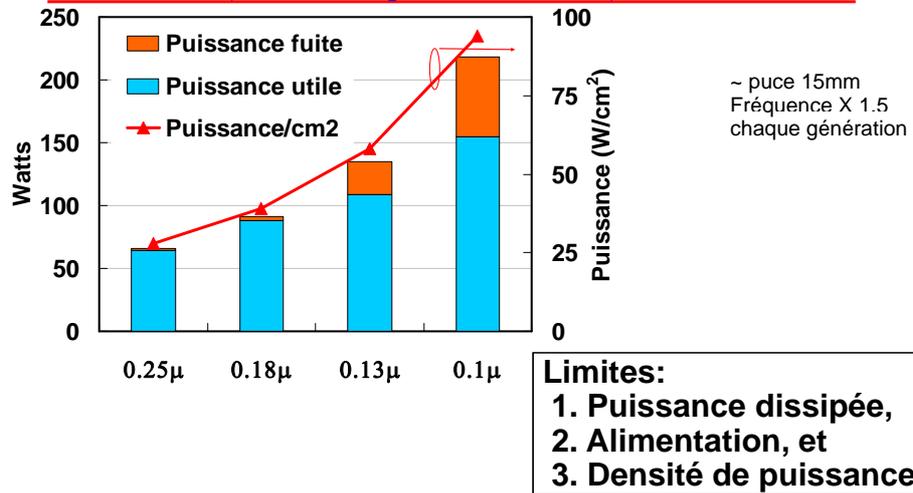
Puissance et énergie



Puissance

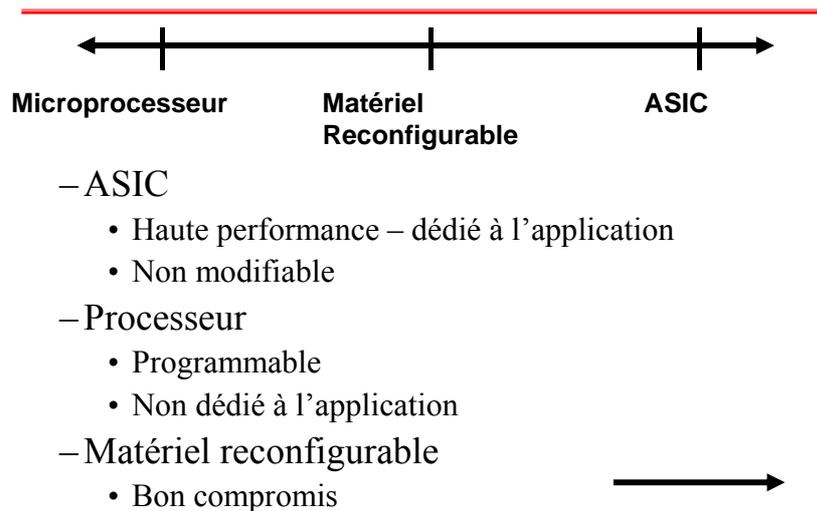
- *Travail* effectué par unité de temps
 - Mesuré en Watts
- $P = \alpha CV^2f$
(α : activité, C: capacités, V: tension, f : fréquence)
- “Mesurée” à sa valeur maximale
- Plus de puissance → Plus de courant
 - Ne peut dépasser les contraintes de puissance maximale disponible
- Plus de puissance → Température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

Evolution de la puissance (à taille de puce constante)

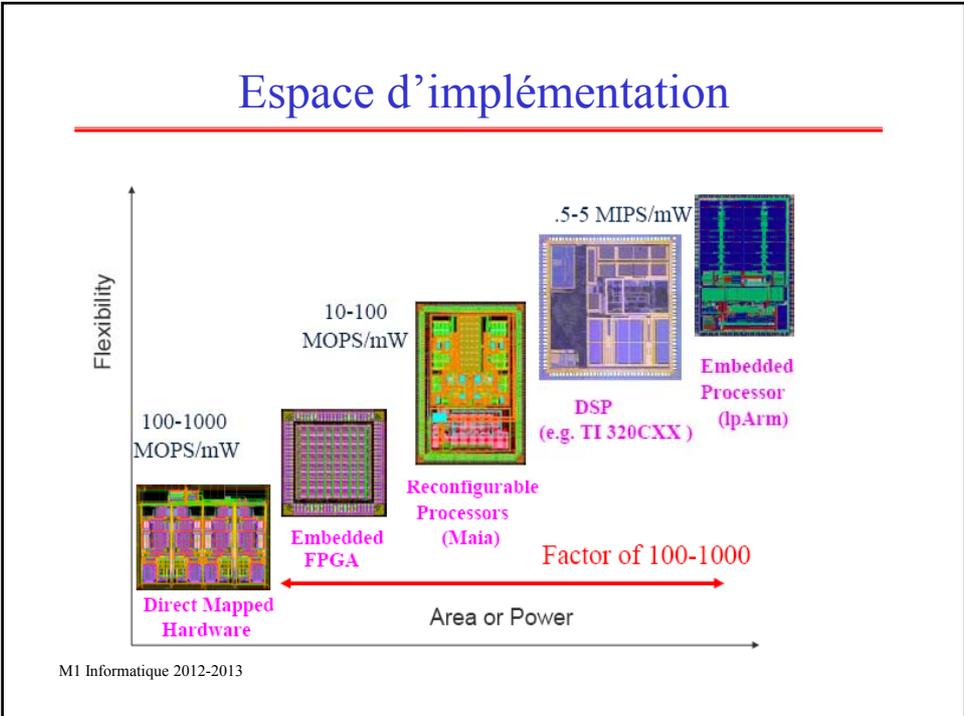
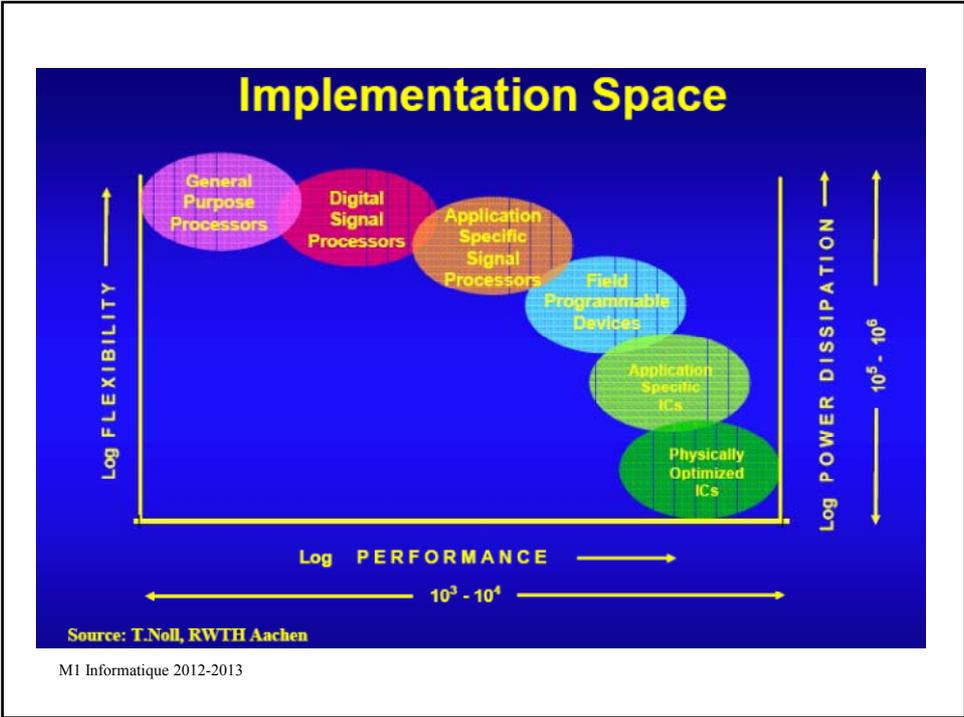


M1 Informatique 2012-2013

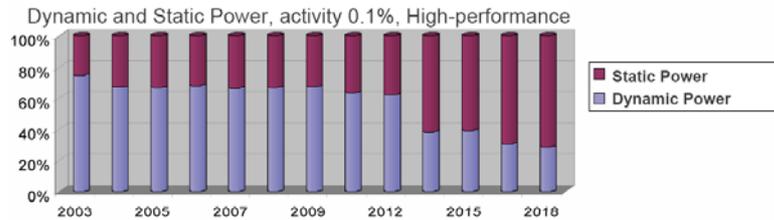
Le spectre d'implémentation



M1 Informatique 2012-2013



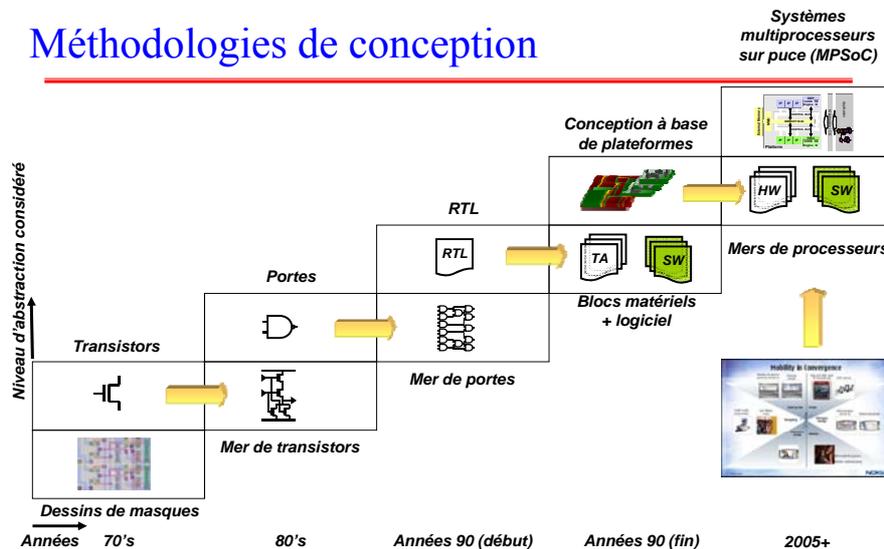
Un grand défi : la réduction de l'énergie consommée et de la puissance dissipée



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

M1 Informatique 2012-2013

Méthodologies de conception

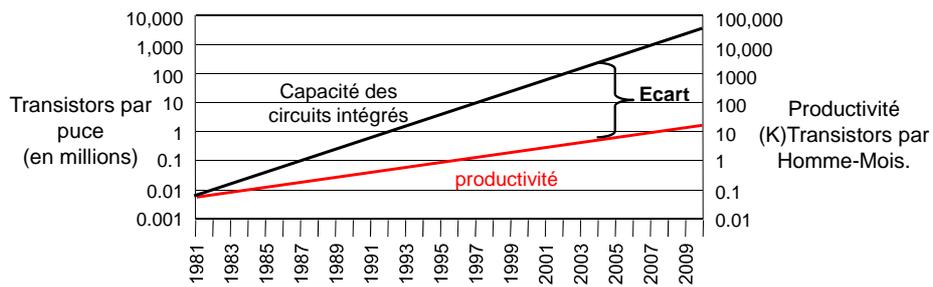


M1 Informatique 2012-2013

Les écarts de productivité

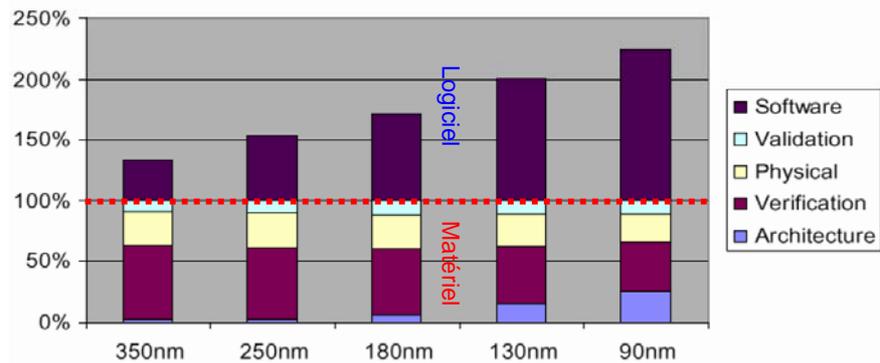
- Évolution comparée du temps de conception d'un circuit et du nombre de portes disponibles

Écart de productivité de conception



M1 Informatique 2012-2013

Où va l'effort de conception ?

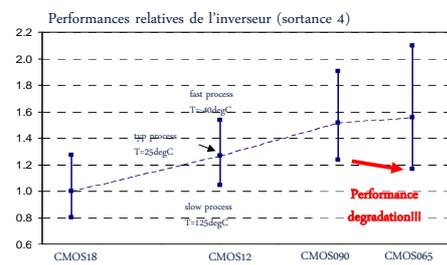


Source : IBS 2002

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