

Énergie dans les puces électroniques

Arnaud Tisserand

CNRS, IRISA, équipe-projet CAIRN

Fête de la science, octobre 2012



ENSSAT
LANNION



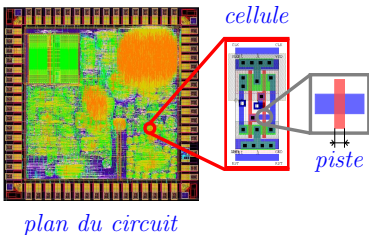
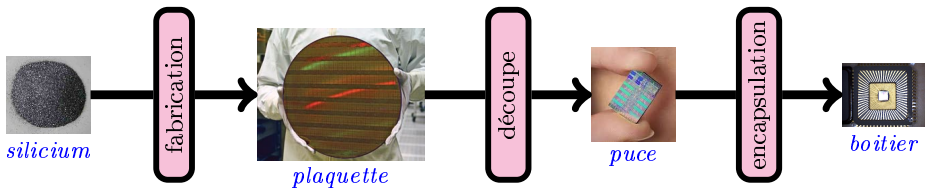
UMR IRISA



Plan de l'exposé

- Technologie des puces électroniques
- Grandeurs physiques
- Évolution des puces électroniques, exemples de processeurs actuels
- Problèmes liés aux grandes consommations d'énergie, cas des grands centres de calcul
- Techniques de réduction de l'énergie
- Nos activités de recherche autour de ce thème

Technologie des puces électroniques



Technologies actuelles : 250 à 22 nm

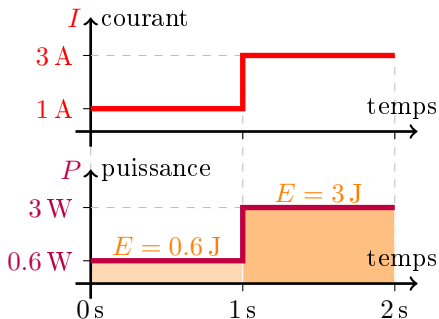
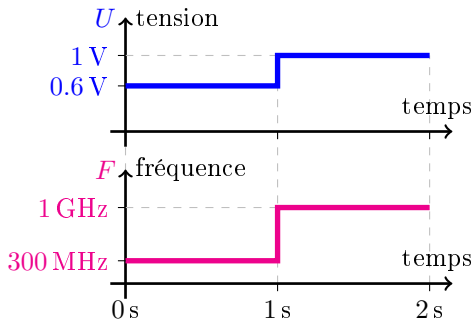
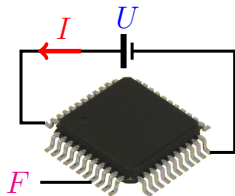
Transistor : élément de base

Épaisseur d'un cheveu : 40 à 100 μm

1 m	1 mm	1 μm	1 nm
1	0.001	0.000 001	0.000 000 001

Grandeurs physiques

- Temps/durée T (unité : seconde)
- Fréquence $F = 1/T$ (unité : Hertz)
- Tension U (unité : Volt)
- Courant I (unité : Ampère)
- Puissance $P = U \times I$ (unité : Watt)
- Énergie $E = P \times T$ (unité : Joule)



Évolution des puces électroniques

grandeurs	unités	1970	1980	1990
technologie	nm	6 000	1 500	800
nb. transistors	Tr	2 000	100 000	2 000 000
fréquence	Hz	100 kHz	20 MHz	200 MHz
vitesse	km/h	10	200	2000
longueur	m	1 m	25 cm	13.3 cm

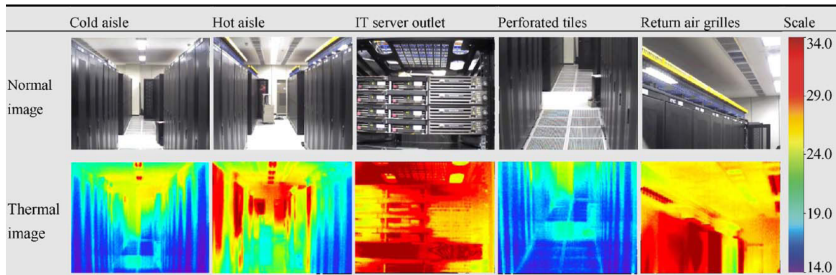
grandeurs	unités	2000	2010	2020
technologie	nm	180	32	15–10 ?
nb. transistors	Tr	200 000 000	1 000 000 000	???
fréquence	Hz	2 GHz	3 GHz	5–10 GHz ???
vitesse	km/h	20 000	30 000	?
longueur	m	3 cm	5.3 mm	?

Exemples de processeurs actuels

processeur	MSP 430	Xeon E7-8870
type	micro-contrôleur faible conso.	processeur haut de gamme
fabricant	Texas Instruments	Intel
données	16 bits	64 bits
instructions	1 / cycle	20 / cycle (avec 10 cœurs)
fréquence	4 – 24 MHz	2.4 – 2.8 GHz
tension	1.8 – 3.6 V	0.6 – 1.3 V
puissance	3.5 mW à 10 MHz	130 W
c. sommeil	0.5 – 50 μ A	n.c.
prix	1 – 7 €	$\approx$ 3 500 €
technologie	250 nm	32 nm

Problèmes dans les centres de calcul

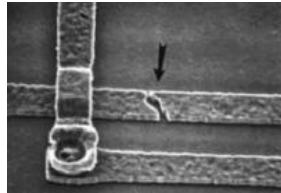
- **Moins de 50 %** de l'énergie pour les équipements électroniques
- **Climatisation**, humidification, **pertes de conversion**, ...
- Coût : en 1 an, l'énergie est plus chère que les serveurs (exemple pour Google : au moins 2 M\$ par mois)



Source image : J. Cho, T. Lim, B. S. Kim. Energy and Buildings, vol. 41, pp. 1107-1115, 2009

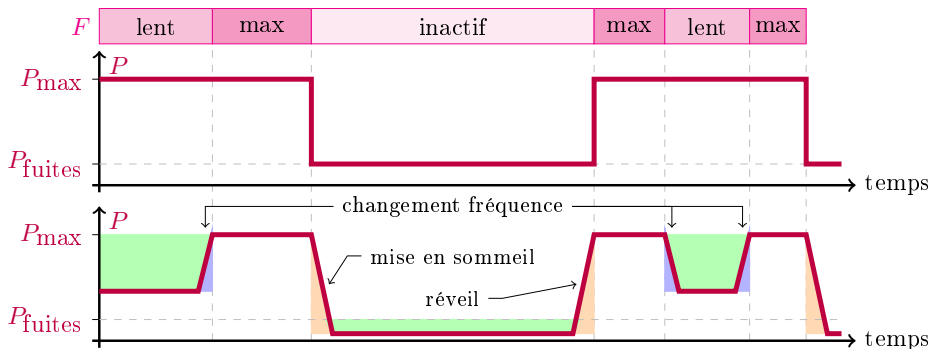
Problèmes liés aux grandes consommations d'énergie

- Évacuation de la chaleur
- Fiabilité des circuits
- Coût
- Écologie



Techniques de réduction de l'énergie (1/2)

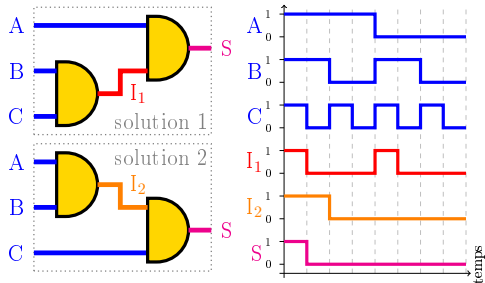
Modes de fonctionnement :



Techniques de réduction de l'énergie (2/2)

Les transitions, ou changements d'état, consomment de l'énergie

Calculs $\Rightarrow$ **transitions** $\Rightarrow$ **activité**



Transitions complètes : $0 \rightarrow 1$ / $1 \rightarrow 0$

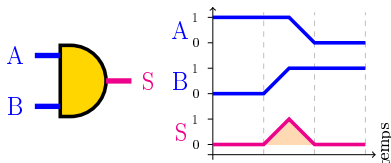
Réduction : utiliser des **bons algorithmes**

imperfections



activité parasite

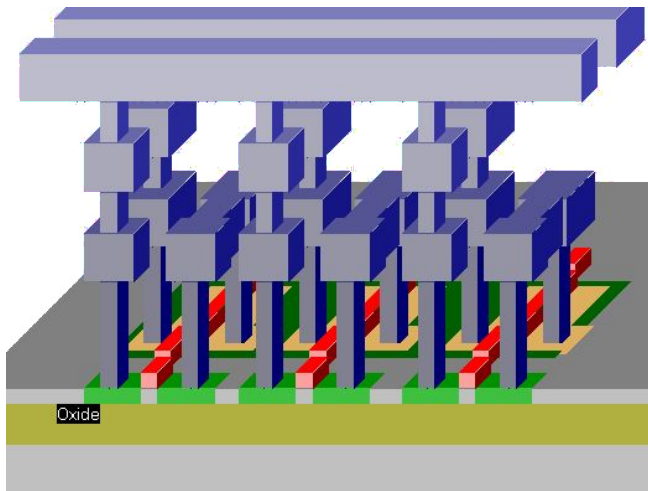
(transitions incomplètes)



Réduction : meilleure **conception**
au niveau électronique

Mais les puces actuelles sont très complexes !

Illustration 3D d'une portion de circuit (source <http://www.microwind.net/>) :



Il faut gérer des milliards de transistors, des fuites, des problèmes de synchronisation, des pannes, des défauts de sécurité. . .

Nos activités de recherche autour de ce thème

- circuits électroniques : processeurs, accélérateurs de calcul, ...
- communications sans fil
- réseaux de capteurs intelligents
- récupération d'énergie
- algorithmes de calcul et représentations des nombres

Fin, des questions ?

Contact:

- <mailto:arnaud.tisserand@irisa.fr>
- <http://people.irisa.fr/Arnaud.Tisserand/>
- Equipe-projet CAIRN <http://www.irisa.fr/cairn/>
- Laboratoire IRISA, CNRS–INRIA–Univ. Rennes 1
6 rue Kerampont, CS 80518, F-22305 Lannion cedex, France

Merci