Initiation à l'informatique

Raymond Namyst
Marc Zeitoun
Université de Bordeaux

Qui suis-je ?

Raymond NAMYST

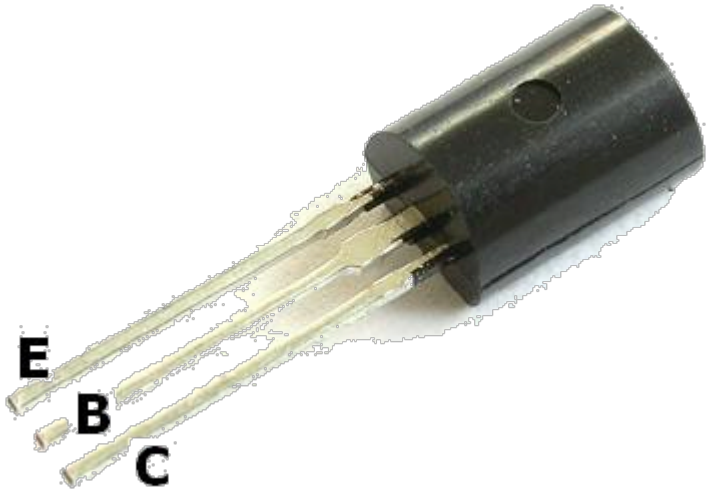
- Professeur en informatique à l'Université de Bordeaux
  - Enseignant + Chercheur
- Responsable d'une équipe de recherche à Inria
  - ~ 25 personnes
  - Inria = Institut National de Recherche en Informatique et Automatique
- Conseiller scientifique auprès de la direction du CEA
  - Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives

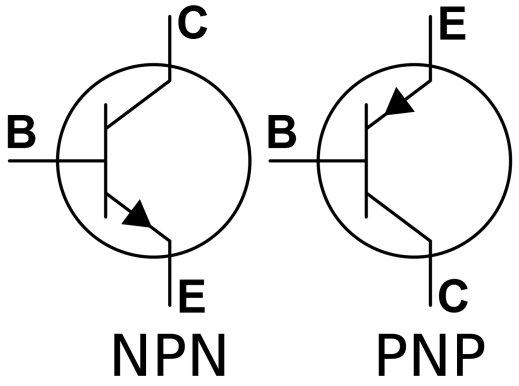
Principe de fonctionnement d'un ordinateur
(c'est quoi un ordinateur ?)

Au niveau électronique

Des transistors… beaucoup de transistors

- Transistor = télérupteur miniature
  - Sorte de robinet de courant électrique
    - On peut commander le passage du courant





Représentation de l'information

Des histoires de 0 et de 1

- Au niveau électrique, on distingue deux états
  - Courant qui passe / courant qui ne passe pas

- Représentation *binaire* de l'information
  - Deux chiffres seulement: 0 et 1
    - 0 : absence de courant
    - 1 : présence de courant
  - BIT = *Binary Digit*

- Un ordinateur
  - Stocke une grande quantité de 0 et de 1
    - Dont certains sont reçus depuis l'extérieur

      CDROM, clé USB, clavier, etc.
  - Effectuer des calculs sur des ensembles de bits

Représentation de l'information

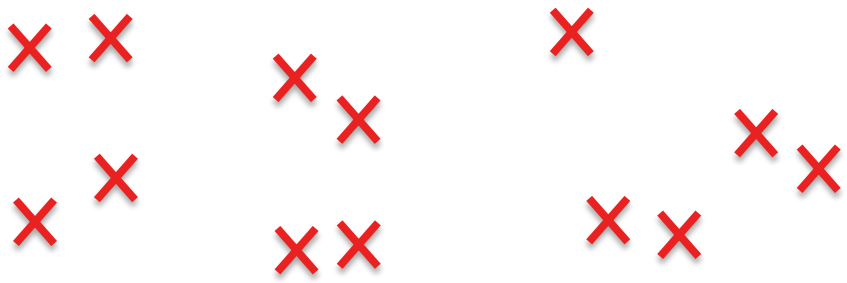
Du binaire au codage en base 2

- Pour manipuler des objets plus complexes, les ordinateurs *regroupent* les BITs par paquets indivisibles
  - Octet = paquet de 8 BITs
  - Mot = ensemble de plusieurs octets
    - Exemple : « un ordinateur 32 bits » est un ordinateur qui manipule des mots de 4 octets (4x8 = 32)
    - Aujourd'hui, la mode est plutôt aux ordinateurs « 64 bits »

- Représentation des entiers positifs
  - 0, 1, 10, 11, 100, 101, 110, 111, 1000, 1001, 1010, 1011, 1100, etc.
  - Exemple : le nombre décimal 13 est « codé » 1101 en binaire (donc 00000000 00000000 00000000 00001101 sur une machine 32 bits)

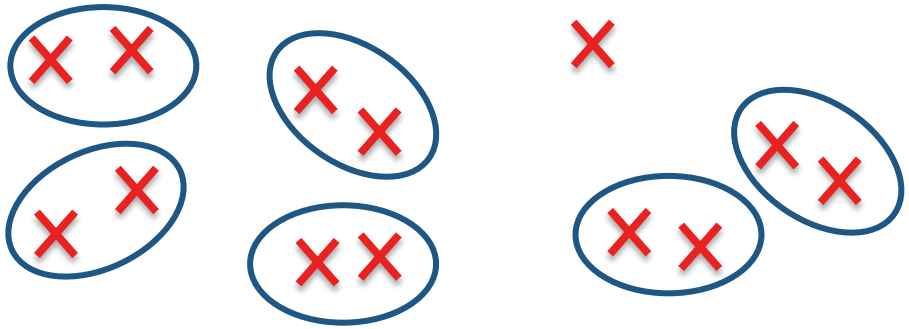
Représentation de l'information

À une époque, à l'école primaire…



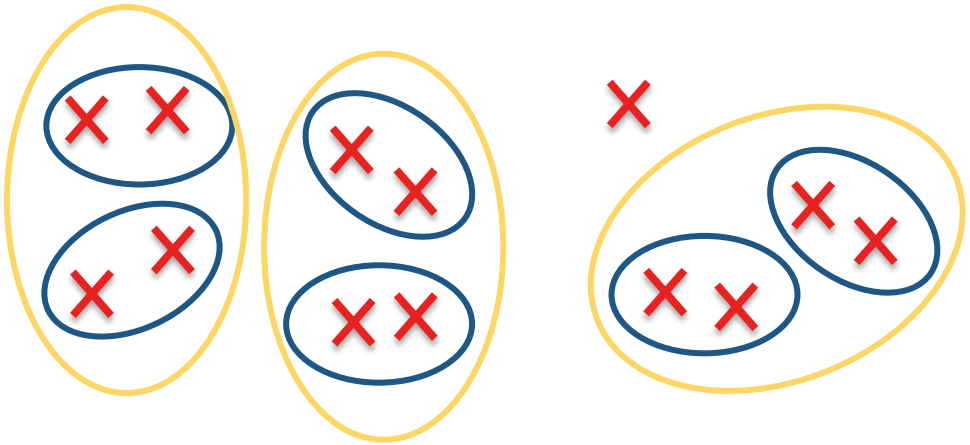
Représentation de l'information

À une époque, à l'école primaire…



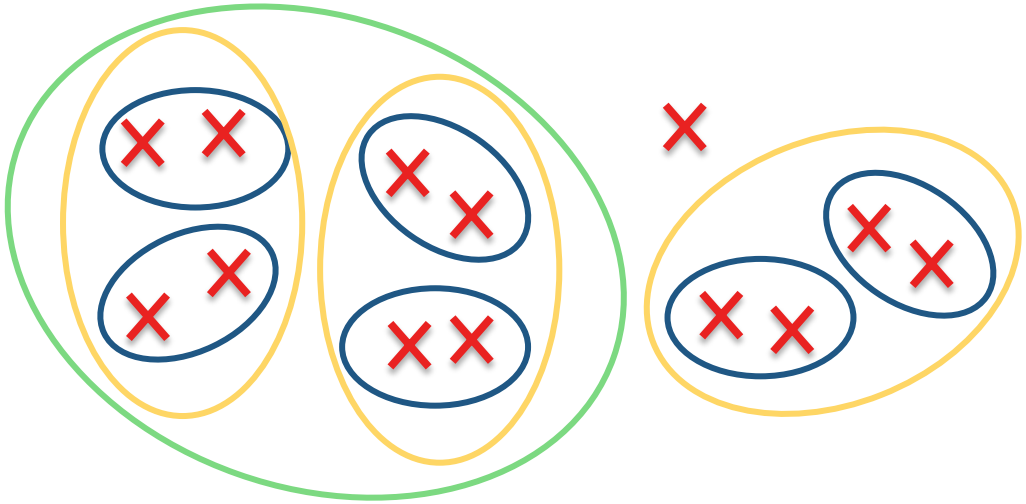
Représentation de l'information

À une époque, à l'école primaire…



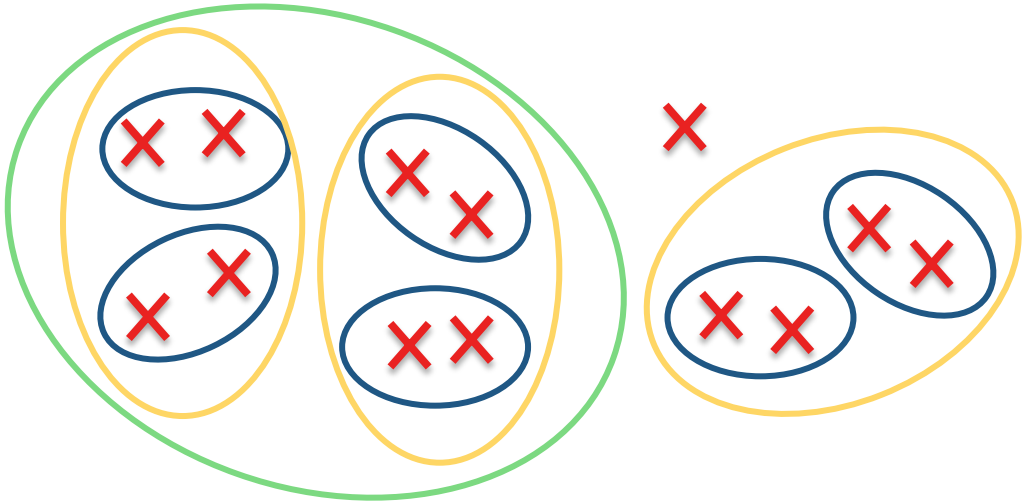
Représentation de l'information

À une époque, à l'école primaire…



Représentation de l'information

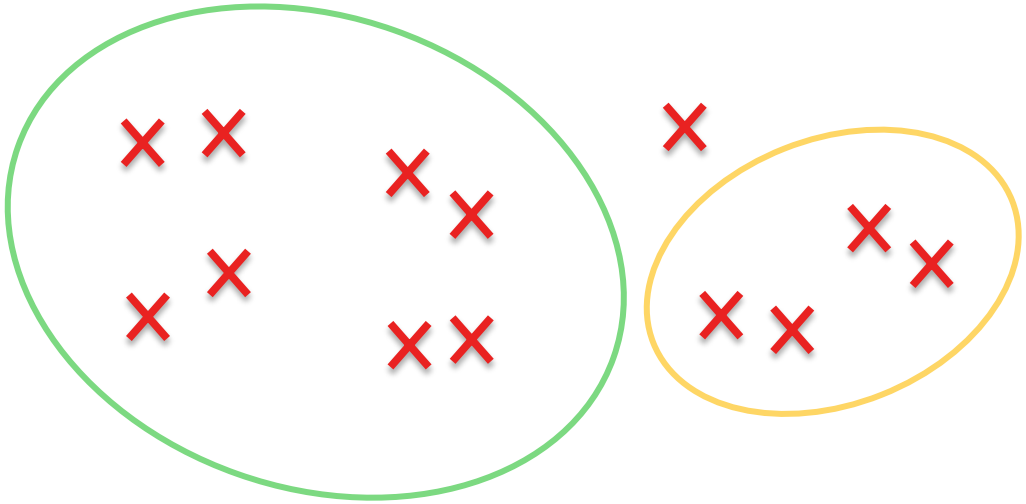
À une époque, à l'école primaire…



1101

Représentation de l'information

À une époque, à l'école primaire…



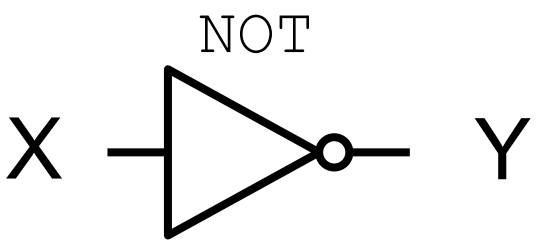
```
  1101
= 1000   (8)
+  100   (4)
+    1   (1)
```

Au niveau électronique (suite)

Des transistors… aux portes logiques

- En combinant plusieurs transistors, on peut former des circuits logiques élémentaires : les *portes* logiques

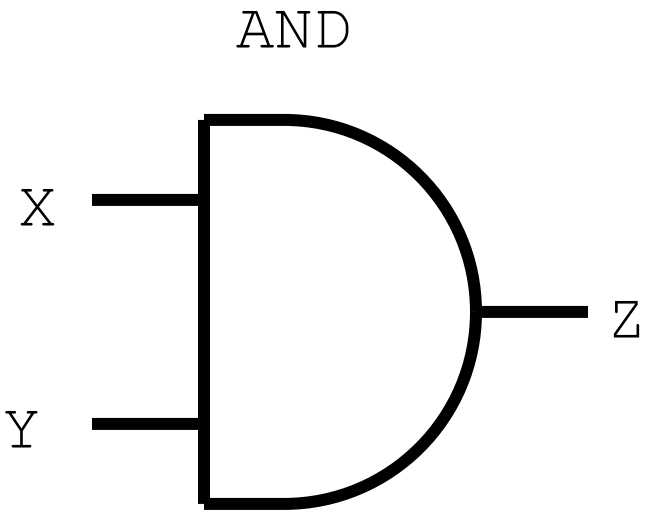
- Exemple : la porte « NON »
  - Inverseur



X	Y
0	1
1	0

Au niveau électronique (suite)

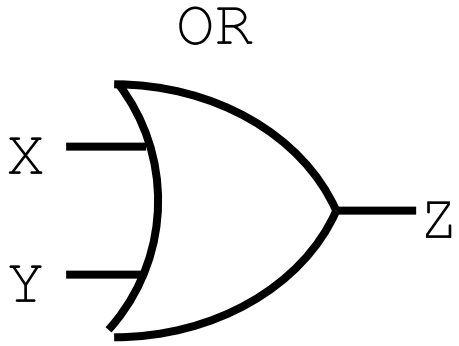
- La porte « ET »
  - La sortie vaut 1 *si et seulement si* les deux entrées valent 1



X	Y	Z
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Au niveau électronique (suite)

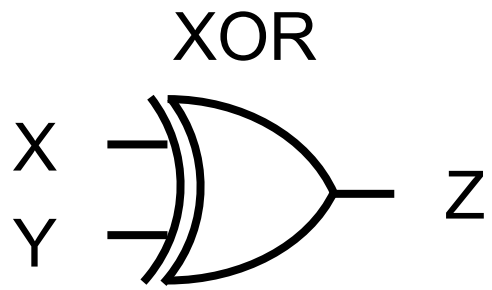
- La porte « OU »
  - La sortie vaut 1 si l'une des deux entrées vaut 1



X	Y	Z
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Au niveau électronique (suite)

- La porte « OU EXCLUSIF »
  - La sortie vaut 1 si et seulement si uniquement l'une des deux entrées vaut 1

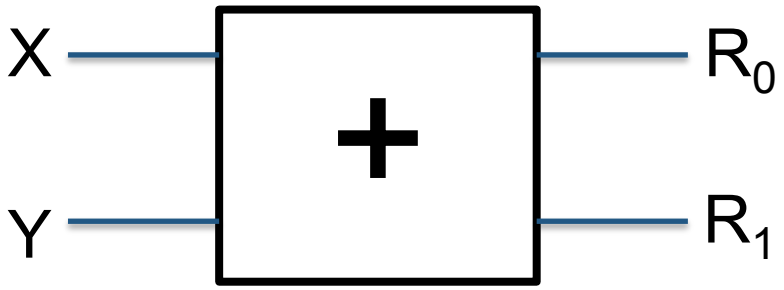


X	Y	Z
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Au niveau électronique (suite)

- En construisant des assemblages de portes logiques, on peut imaginer toutes sortes de circuits !

- Par exemple, un additionneur « 1 bit »
  - On veut un circuit à deux entrées (X et Y) et à deux sorties (les deux bits du résultat)

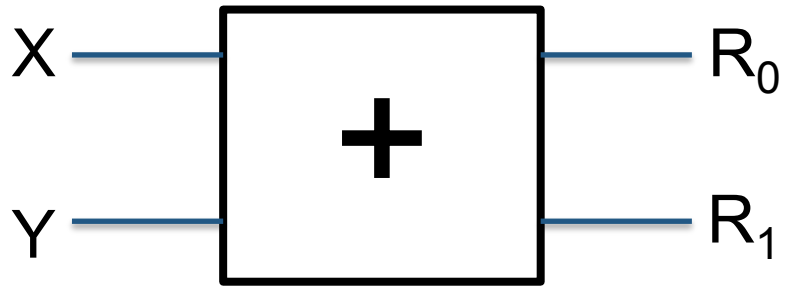


X	Y	R_1	R_0
0	0	0	0
0	1		
1	0		
1	1		

Au niveau électronique (suite)

- En construisant des assemblages de portes logiques, on peut imaginer toutes sortes de circuits !

- Par exemple, un additionneur de 2 bits X et Y
  - On veut un circuit à deux entrées (X et Y) et à deux sorties (les deux bits du résultat)

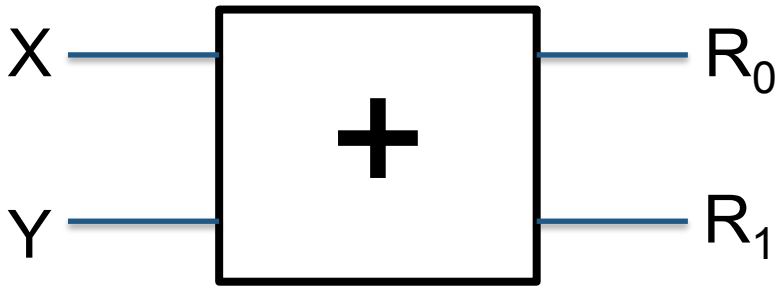


X	Y	R_1	R_0
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0		
1	1		

Au niveau électronique (suite)

- En construisant des assemblages de portes logiques, on peut imaginer toutes sortes de circuits !

- Par exemple, un additionneur « 1 bit »
  - On veut un circuit à deux entrées (X et Y) et à deux sorties (les deux bits du résultat)

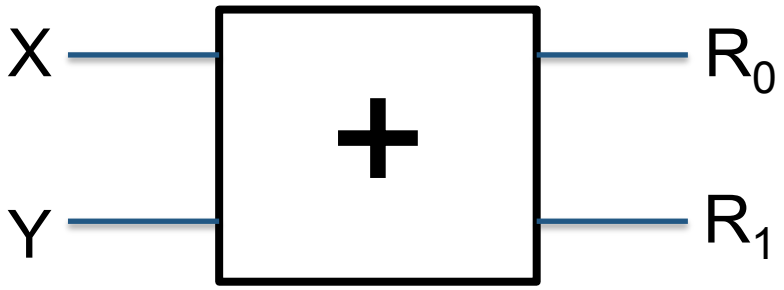


X	Y	R_1	R_0
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1		

Au niveau électronique (suite)

- En construisant des assemblages de portes logiques, on peut imaginer toutes sortes de circuits !

- Par exemple, un additionneur « 1 bit »
  - On veut un circuit à deux entrées (X et Y) et à deux sorties (les deux bits du résultat)



X	Y	R_1	R_0
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

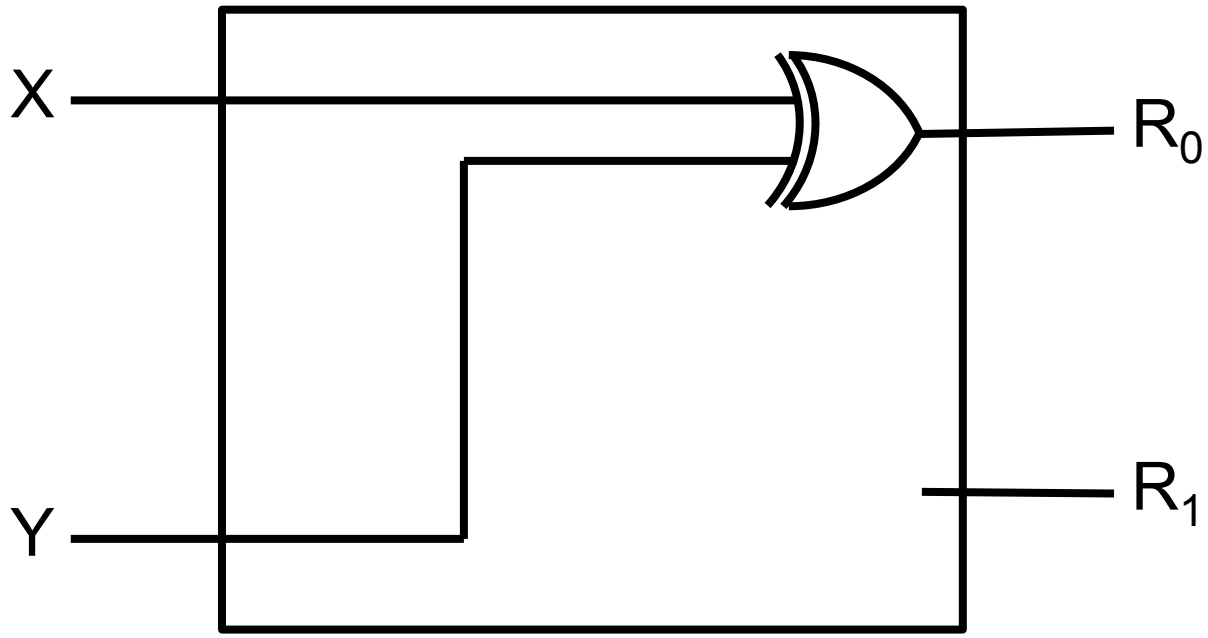
Au niveau électronique (suite)

- Un additionneur « 1 bit » = ?

X	Y	R_1	R_0
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

Au niveau électronique (suite)

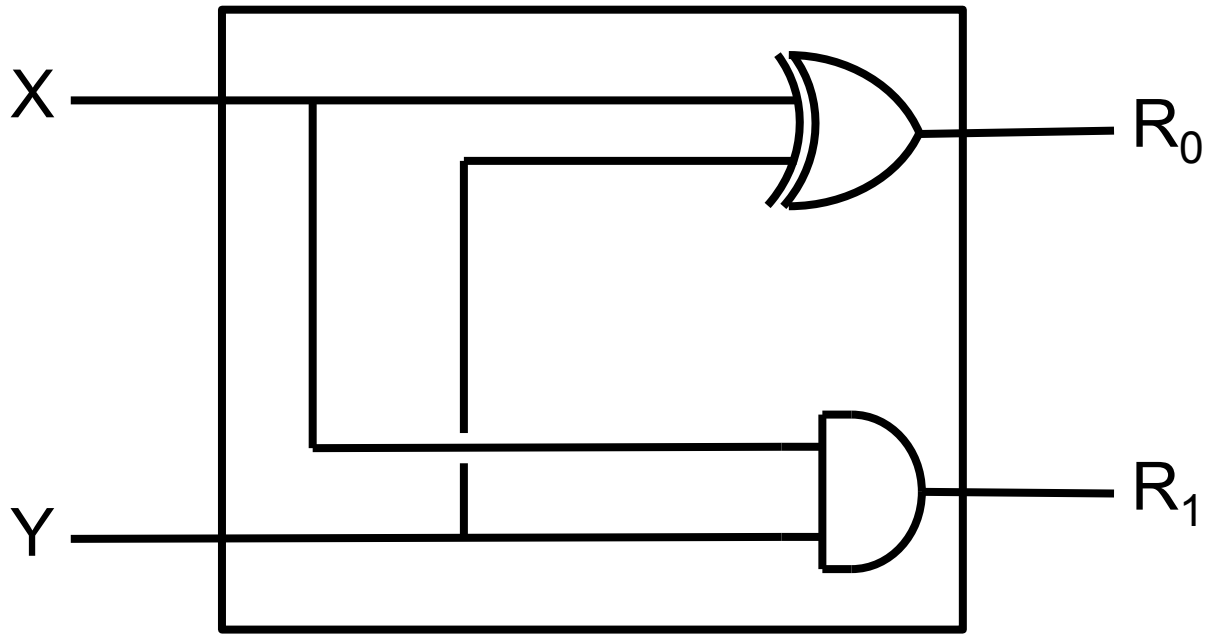
- Un additionneur « 1 bit » = une porte OU EXCLUSIF + ?



X	Y	R_1	R_0
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

Au niveau électronique (suite)

- Un additionneur « 1 bit » = une porte OU EXCLUSIF + une porte ET

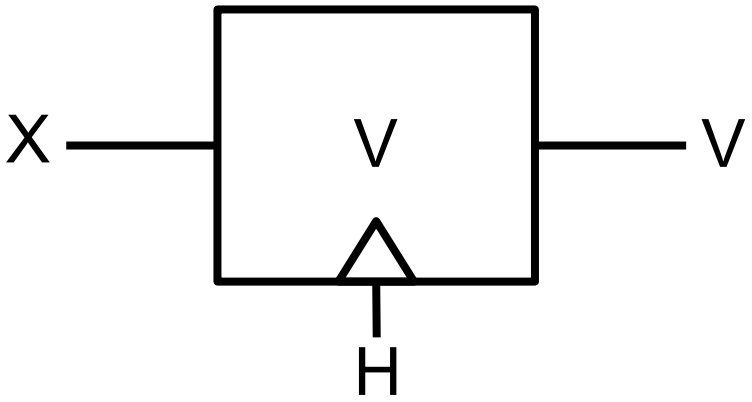


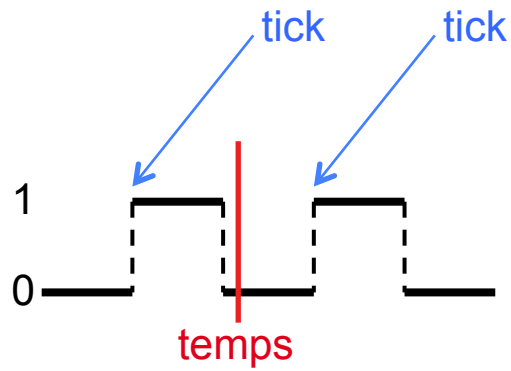
X	Y	R_1	R_0
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

Au niveau électronique (suite)

- Par assemblage de portes logiques et de circuits, on parvient à construire des circuits de plus en plus complexes
  - Unités arithmétiques et logiques (addition, soustraction, multiplication, division, etc.)
  - Multiplexeurs et démultiplexeurs (*aiguillage* de l'information)

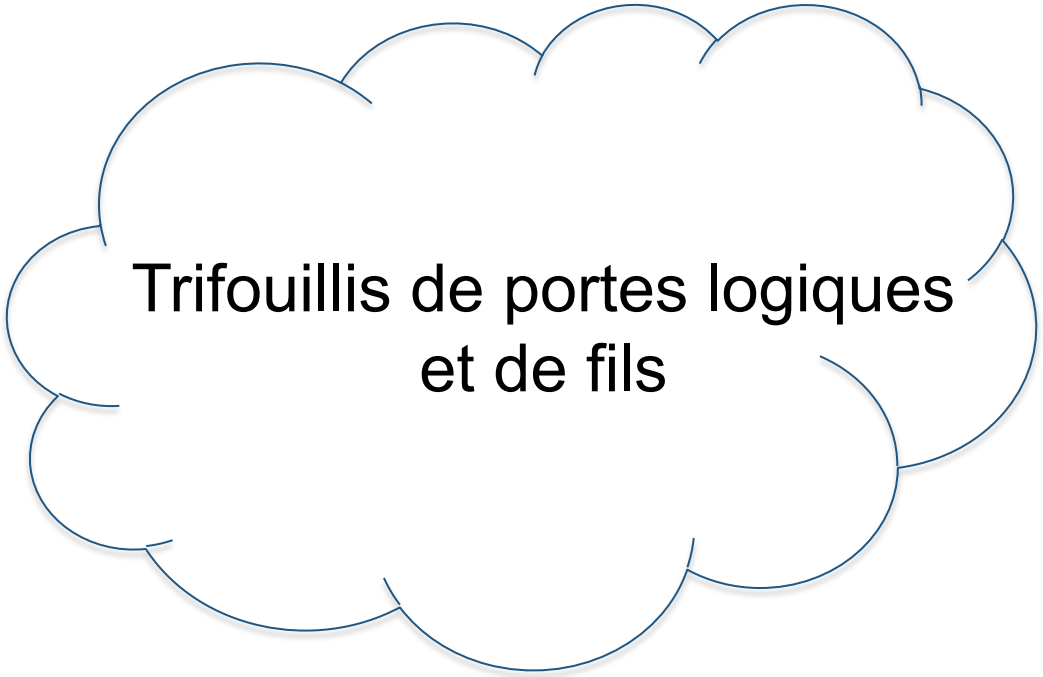
  - Y compris des « mémoires » qui ne changent d'état que lors d'un « tick d'horloge »





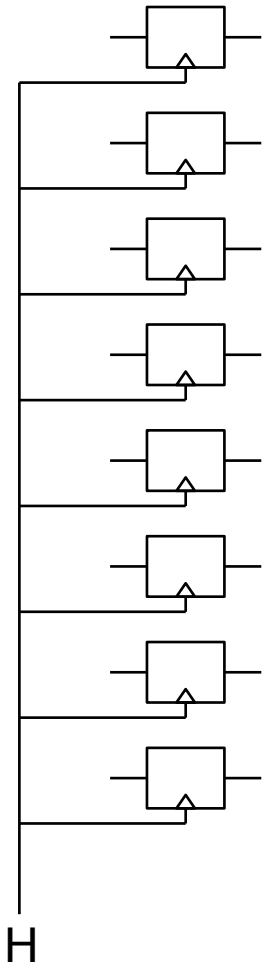
Au niveau électronique (suite)

Notion de cycle

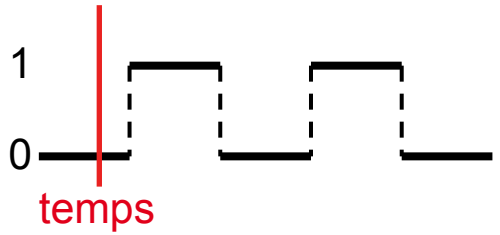


Au niveau électronique (suite)

Notion de cycle

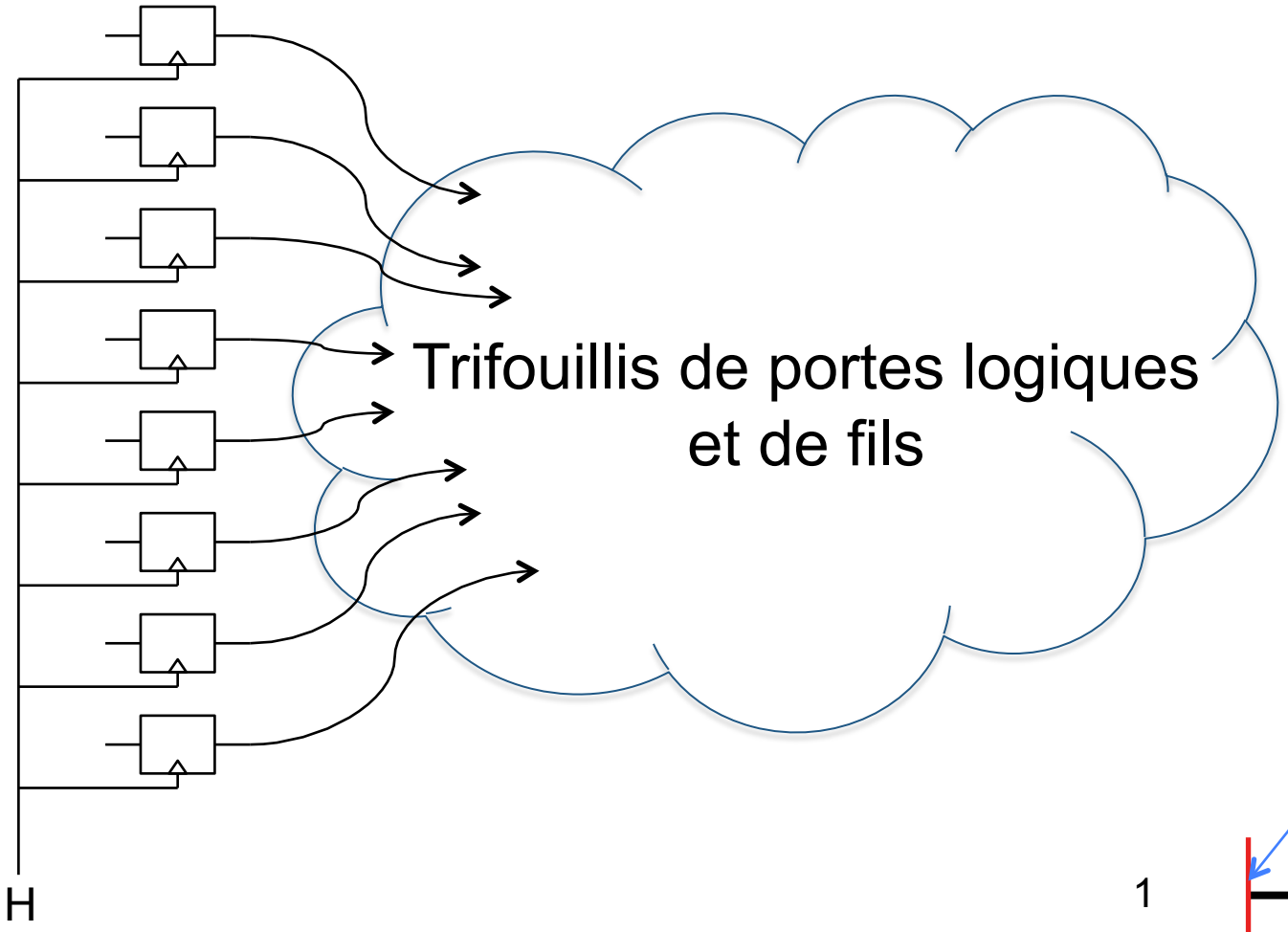


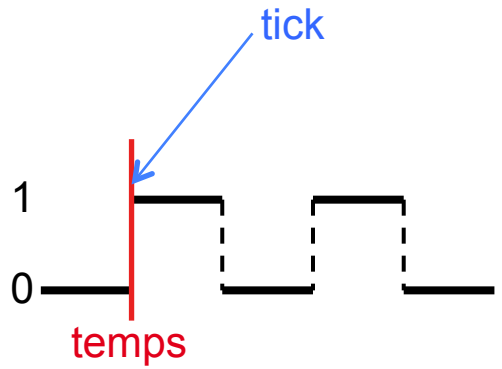
Trifouillis de portes logiques
et de fils



Au niveau électronique (suite)

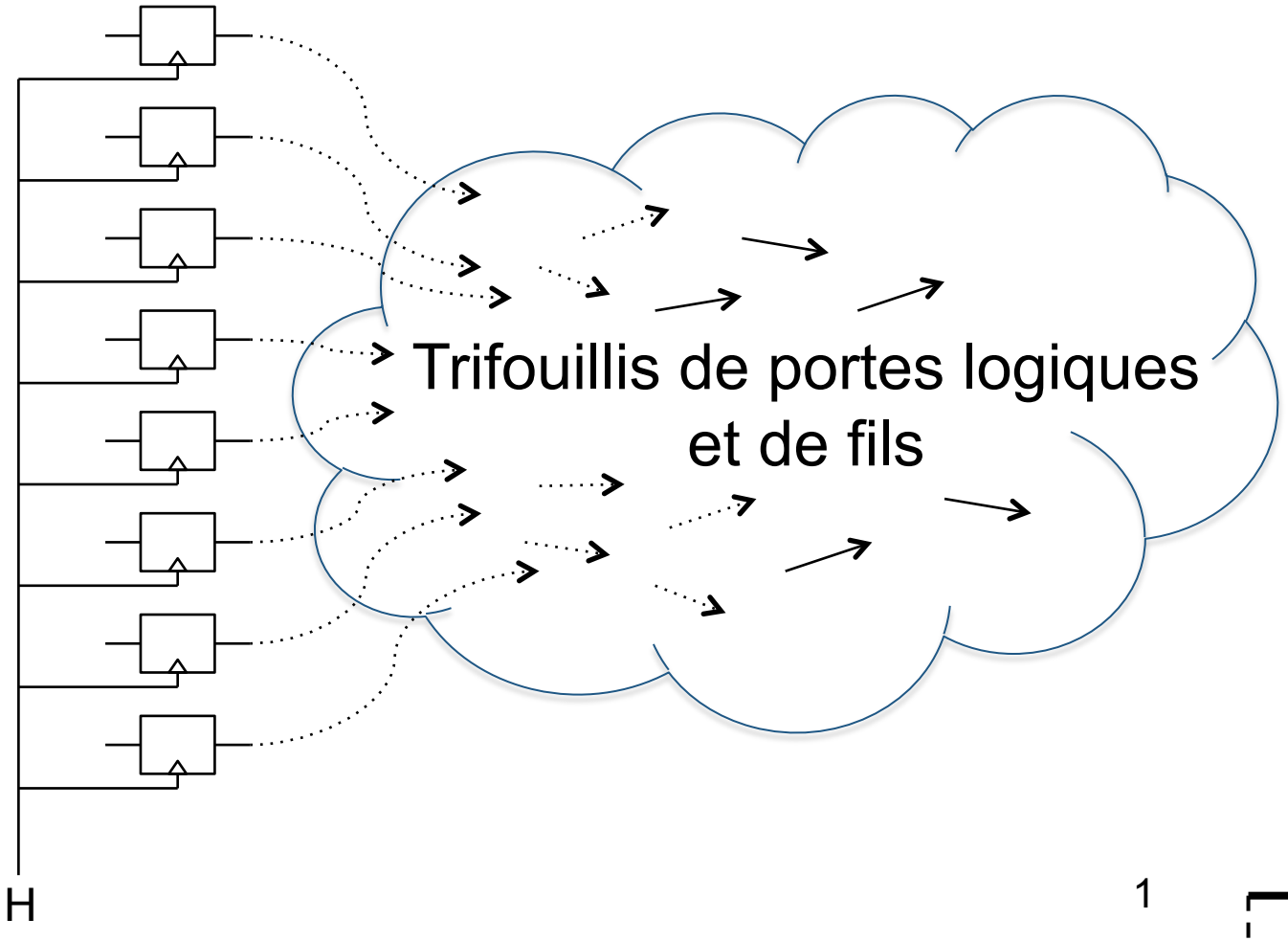
Notion de cycle

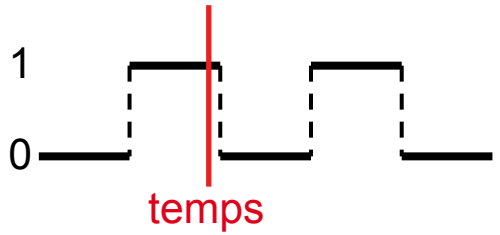




Au niveau électronique (suite)

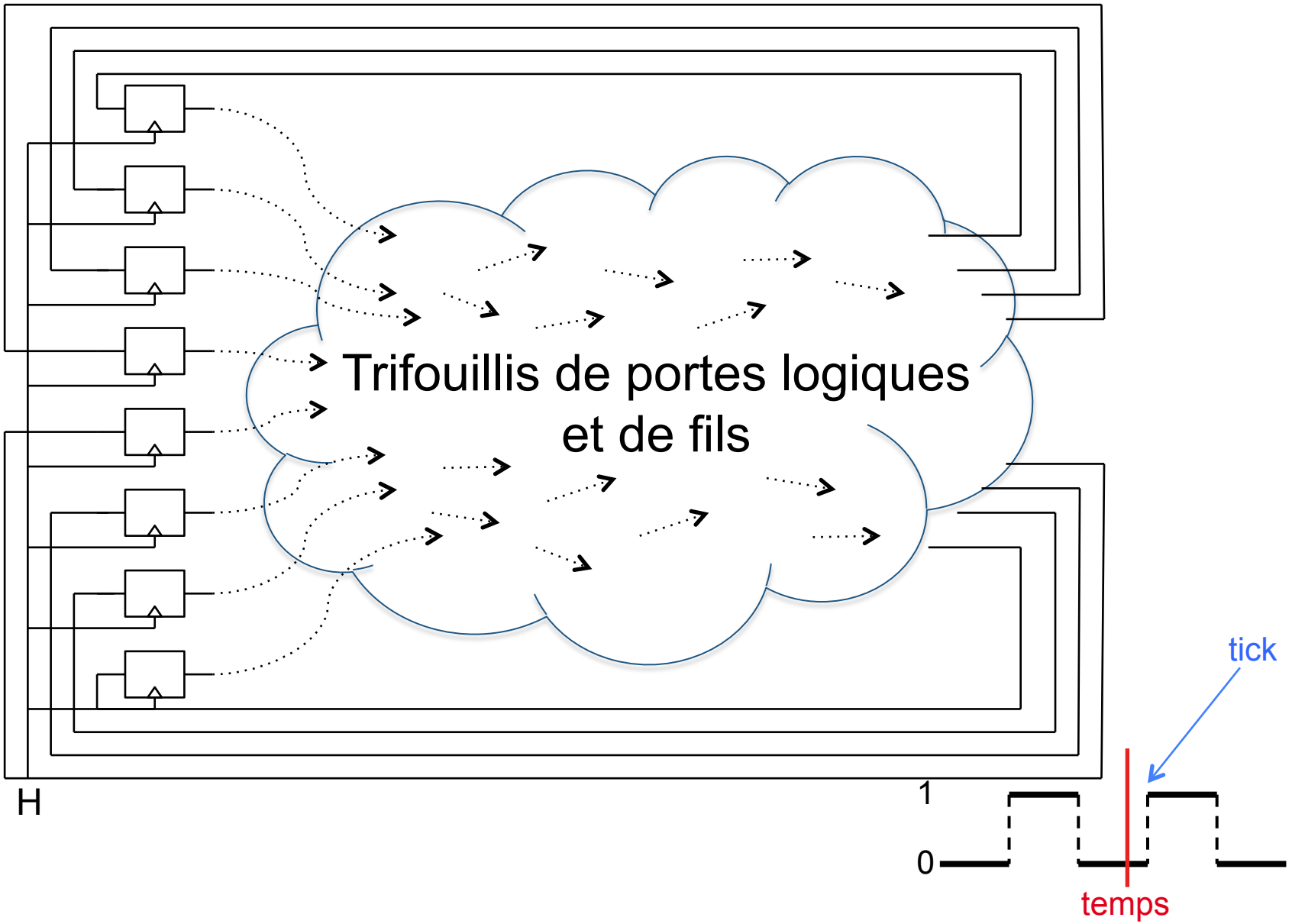
Notion de cycle





Au niveau électronique (suite)

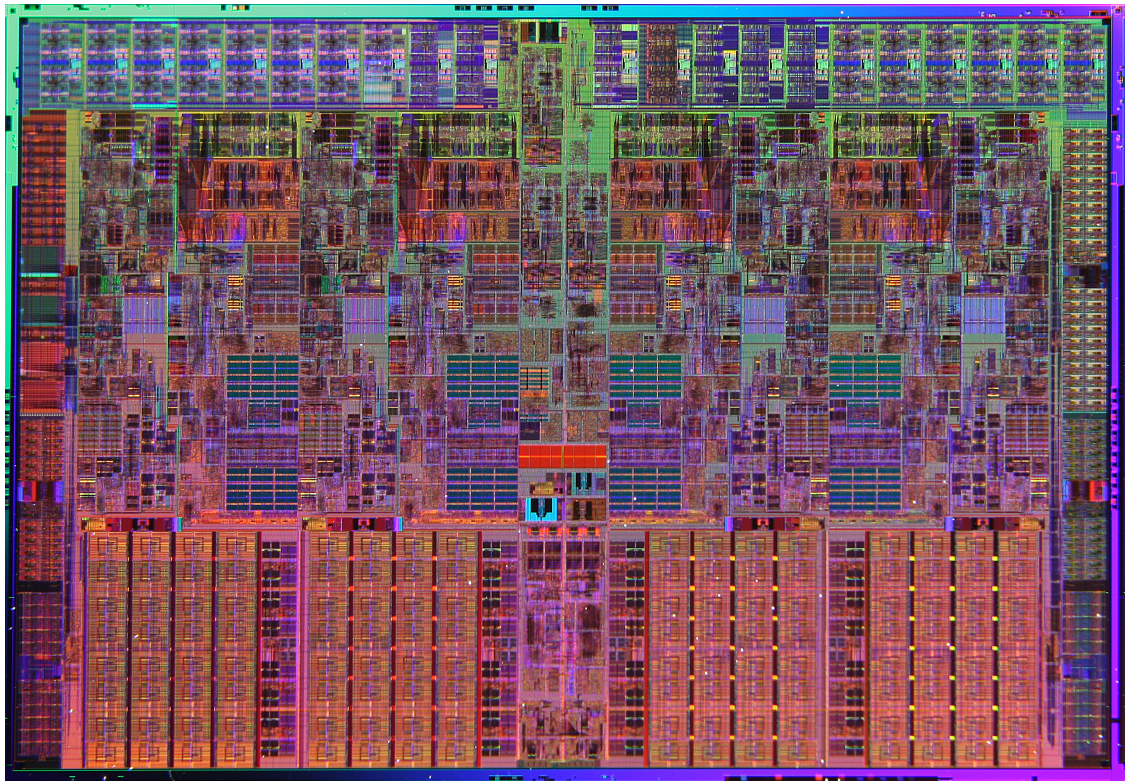
Notion de cycle



Au niveau électronique (suite)

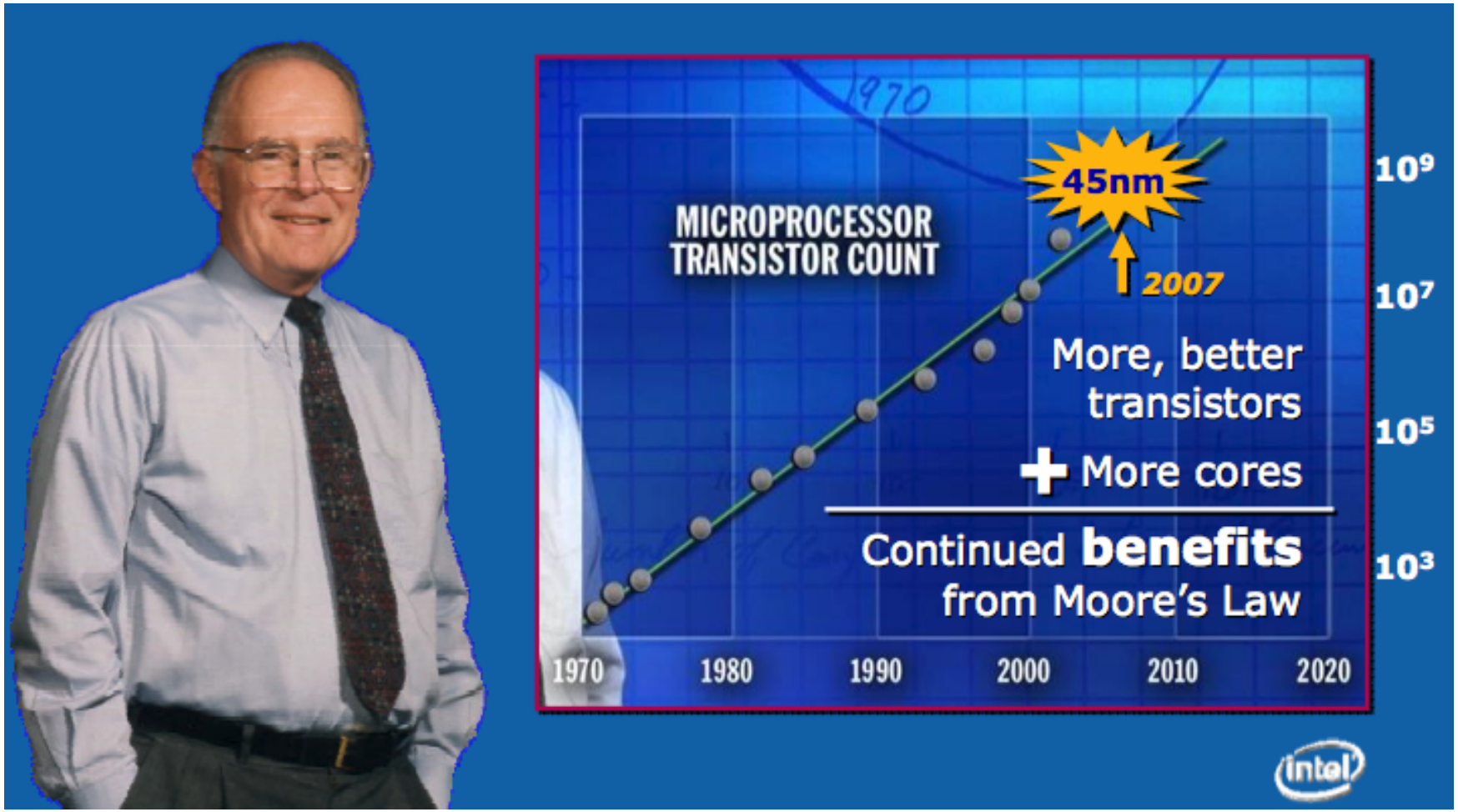
En définitive

- Aujourd'hui, les microprocesseurs sont constitués de plusieurs milliards de transistors
  - Plus personne n'est capable d'examiner leur architecture en détail ;)
    - Ça n'est pas grave : on procède par assemblage de boîtes !



Un prophète

Gordon Moore, co-fondateur d'Intel



« Le nombre de transistors par unité de surface double tous les deux ans »

Loi de moore

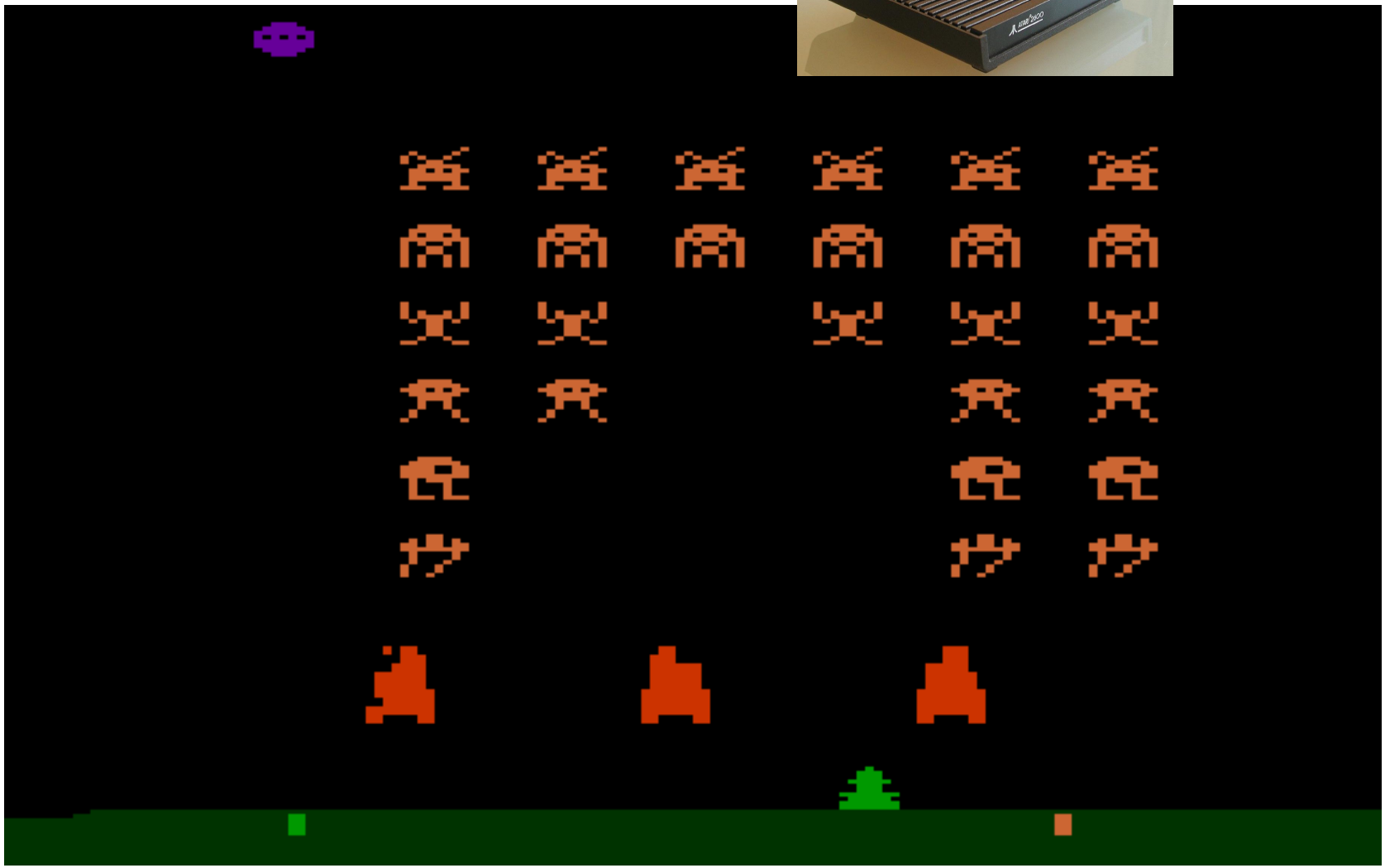
- Si les transistors étaient des personnes

2300	134000	32 millions	1,3 milliards
Opéra	Stade de foot	Pop. de Tokyo	Pop. Chine

Toujours sur la surface d'un opéra...

1977 : Console Atari 2600

1,19 MHz



2006 : Sony PS3

Processeur Cell 3.2 GHz

Processeur graphique Nvidia RSX

2006 : Sony PS3

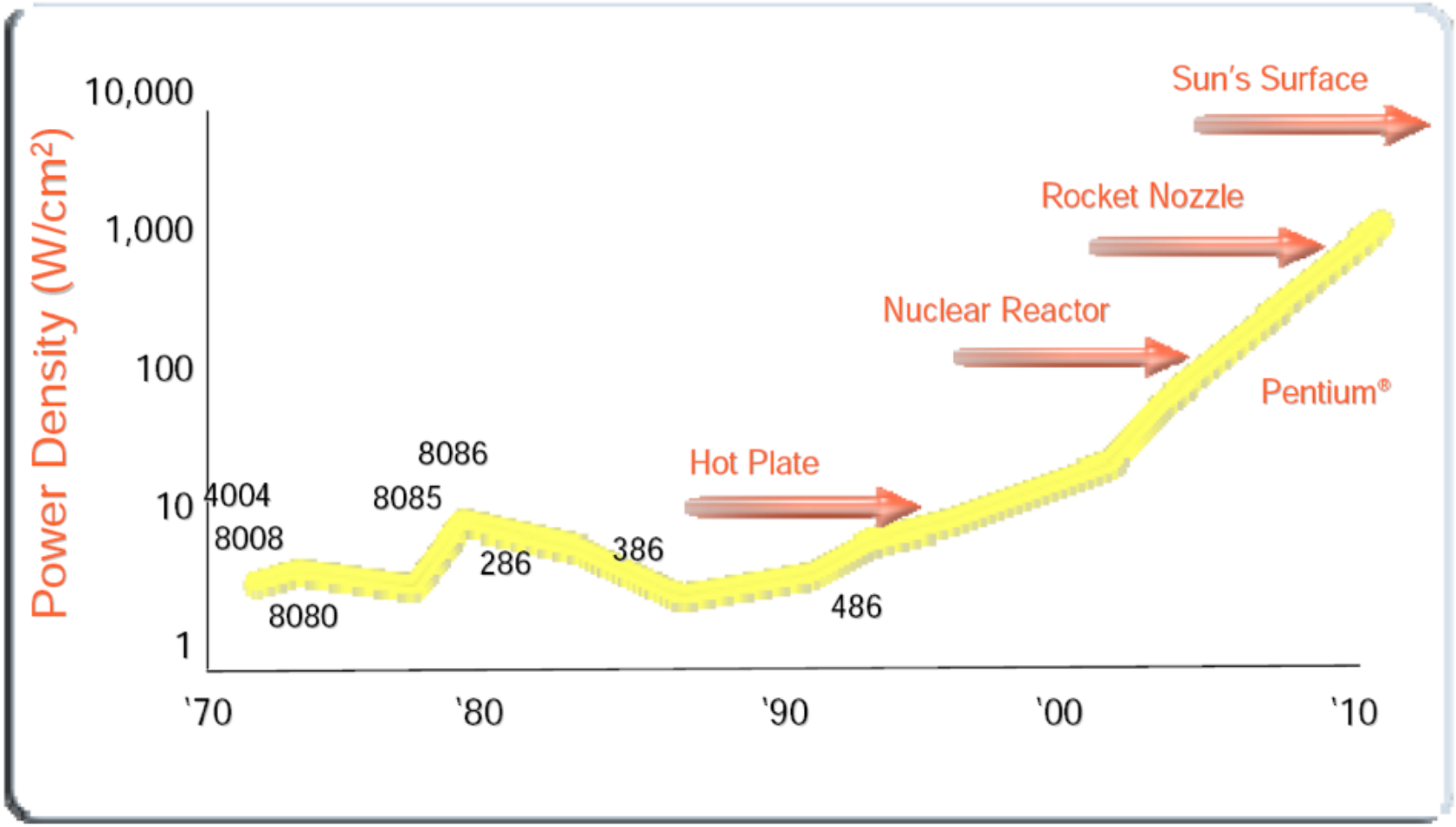
Processeur Cell 3.2 GHz

Processeur graphique Nvidia RSX

La PS3 calcule des millions de fois plus vite !

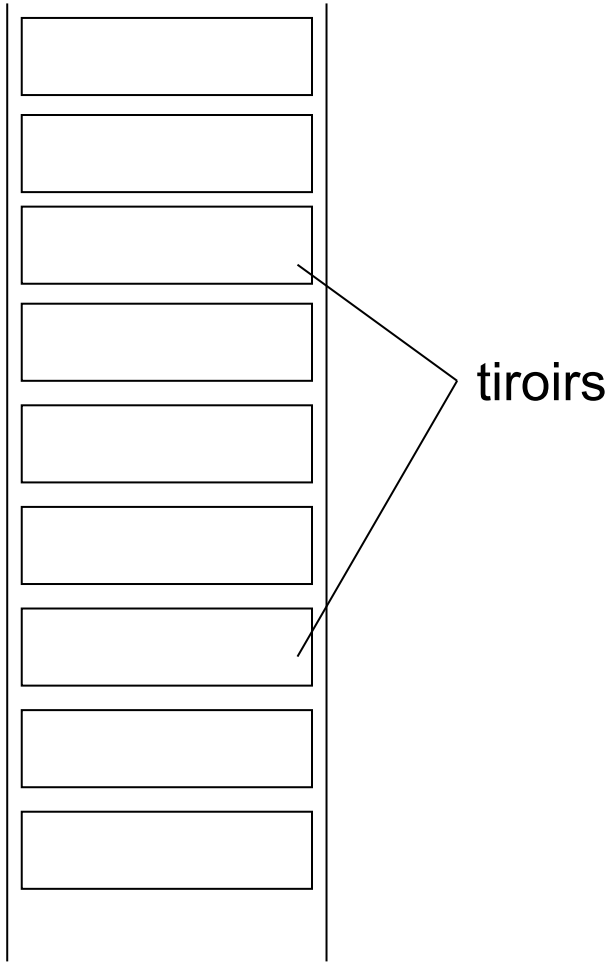
Limites de l'augmentation de la fréquence

Ces limites sont déjà atteintes



Principe de fonctionnement d'un ordinateur

microprocesseur

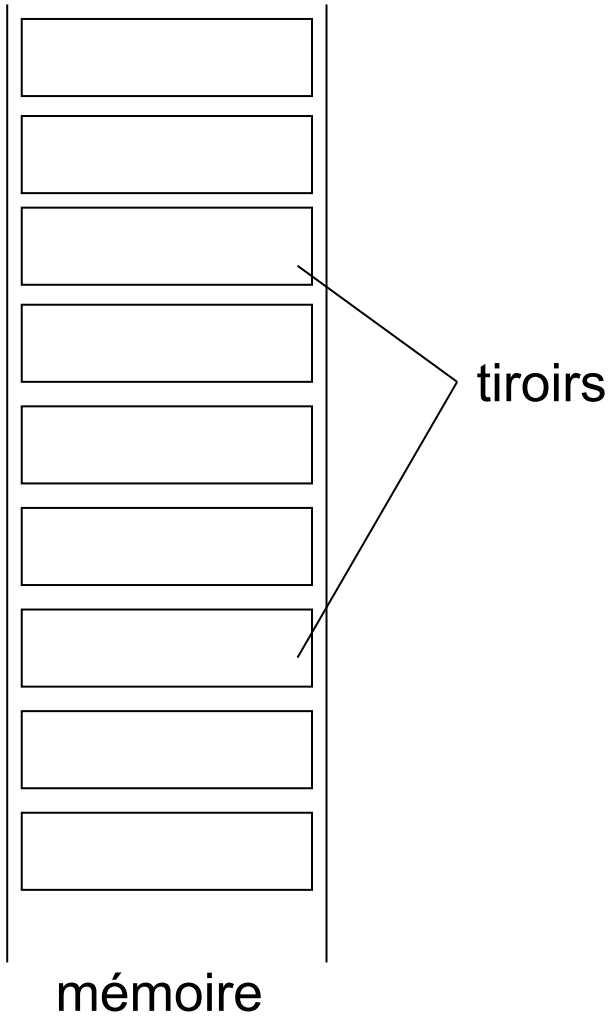


mémoire

Principe de fonctionnement d'un ordinateur

microprocesseur

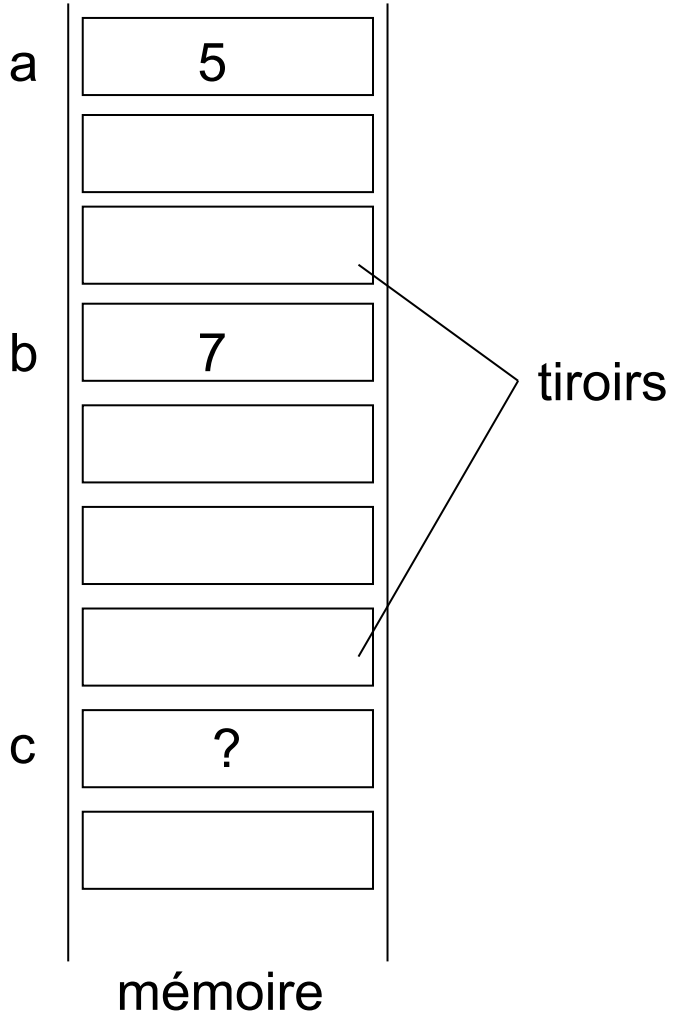
Il sait :
- aller chercher un nombre depuis la mémoire
- faire des opérations simples avec le contenu de ses *registres*
- ranger des nombres en mémoire



Principe de fonctionnement d'un ordinateur

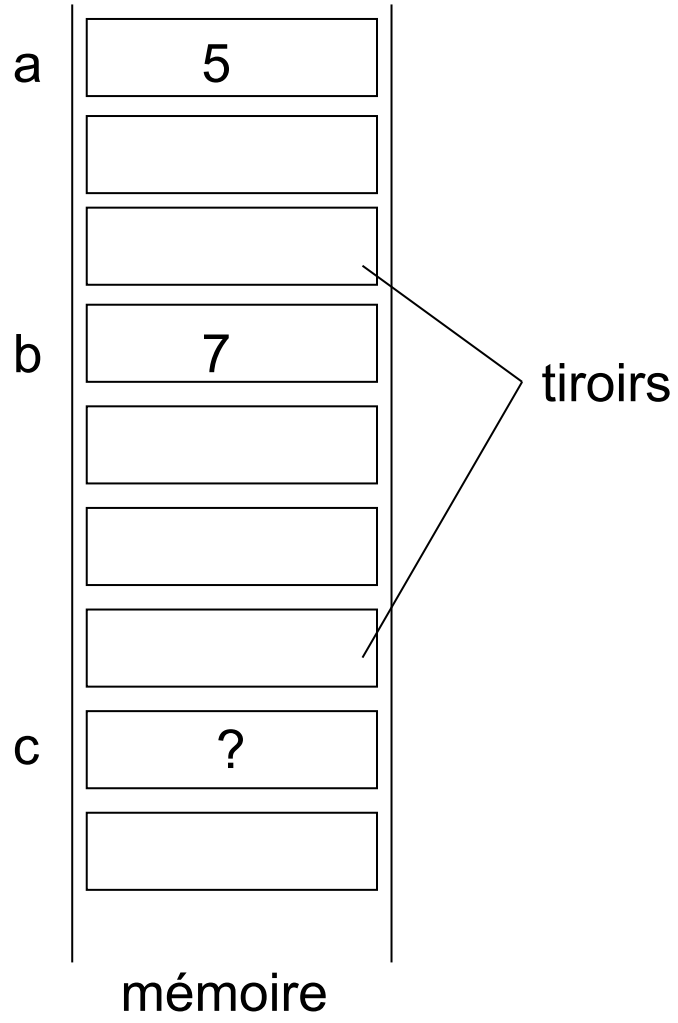
microprocesseur

Pour calculer l'opération c = 2 x a + b, il faut :



Principe de fonctionnement d'un ordinateur

microprocesseur



Pour calculer l'opération c = 2 x a + b, il faut :

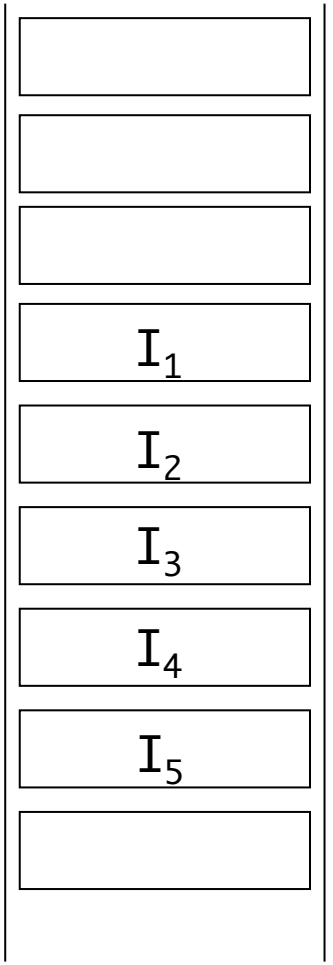
- charger a dans le registre r1
- calculer r1 = r1 * 2
- charger b dans le registre r2
- calculer r1 = r1 + r2
- ranger r1 dans c

Principe de fonctionnement d'un ordinateur

microprocesseur

Il s'agit d'un programme :

- charger a dans le registre r1 — Instruction 1
- calculer r1 = r1 * 2 — Instruction 2
- charger b dans le registre r2 — Instruction 3
- calculer r1 = r1 + r2 — Instruction 4
- ranger r1 dans c — Instruction 5

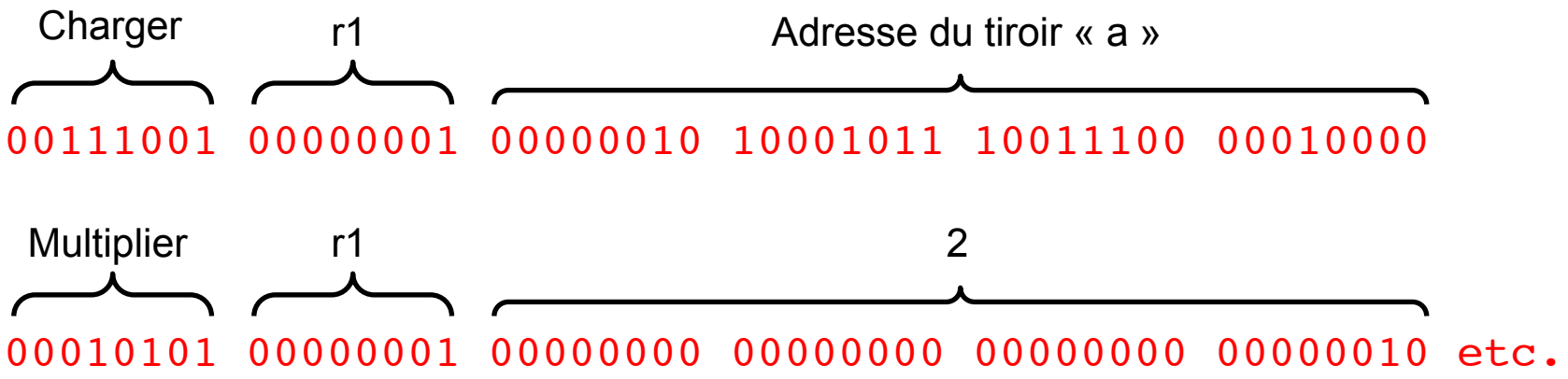


mémoire

Principe de fonctionnement d'un ordinateur

Notion de programme

- Vu que les instructions se trouvent en mémoire — qui ne contient de des nombres — chaque instruction est codée par un ou plusieurs nombres
  - Un programme est donc une suite de nombres binaires



  - Cela peut rapidement devenir rébarbatif pour un être humain
    - D'où l'invention de langages de programmation de « haut niveau »