

Les systèmes d'exploitation

INF34207 – Séance du

17 janvier 2024

Le fonctionnement de l'ordinateur, circuits logiques, semi-conducteurs et microinformatique

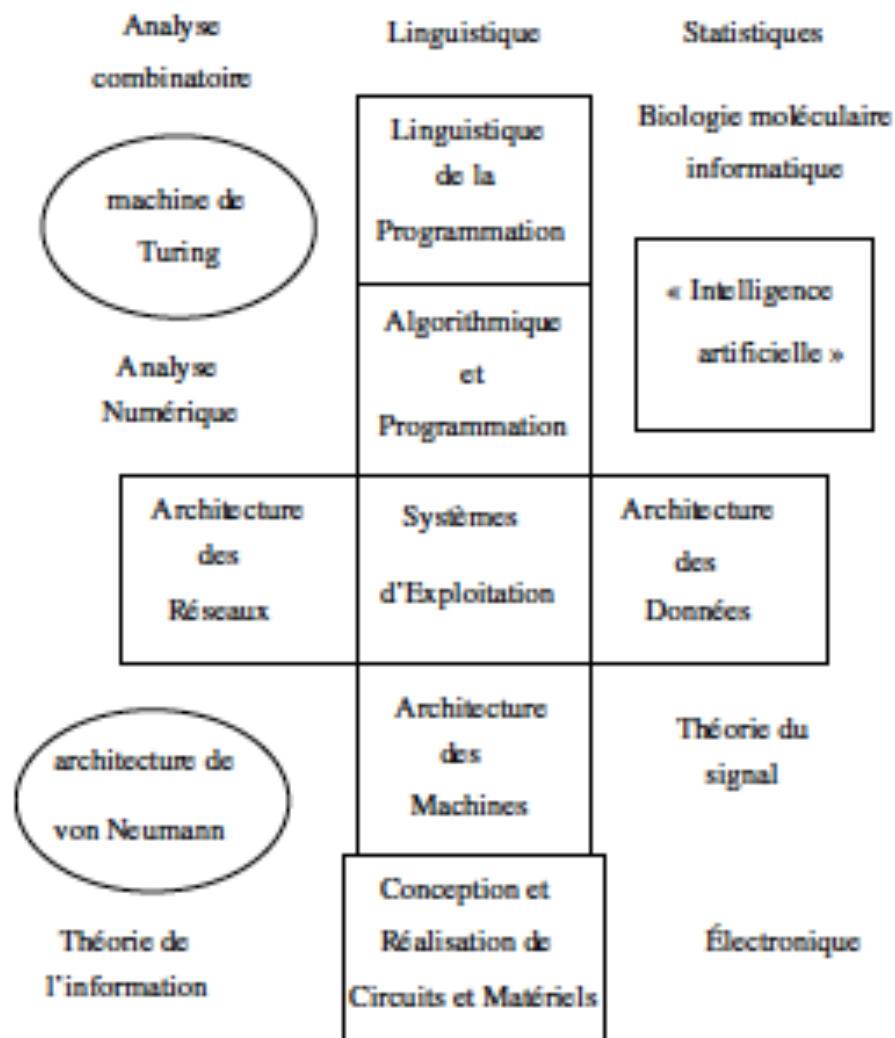
Lise Boudreault, chargée de cours

Plan du cours:

Le fonctionnement de l'ordinateur, circuits logiques, semi-conducteurs et microinformatique

1. Les fondements des sciences informatiques
2. La machine de Turing
3. Le modèle des ordinateurs de von Neumann
4. Transistors, circuits intégrés et processeurs/microprocesseurs
5. Les microprocesseurs en 2024
6. L'industrie des microprocesseurs
7. Énoncé du travail 1 (individuel)

1. Les fondements des sciences informatiques



L'informatique est une science composée de plusieurs domaines d'études regroupés en trois catégories:

L'analyse combinatoire, la linguistique et les statistiques. Chacune de ces catégories contient des disciplines fondamentales.

Analyse combinatoire: architecture des réseaux,

Linguistique: linguistique et programmation, algorithmique et programmation, **systèmes d'exploitation**, architecture des machines, **conception et réalisation de circuits et matériels**

Statistiques: **intelligence artificielle**, , architecture des données.

1. Les fondements de l'informatique

L'analyse combinatoire est l'ensemble des techniques qui servent, en mathématiques, à *compter* (ou *dénombrer*) certaines structures *finies*, ou à les *énumérer* (établir des listes exhaustives de structures considérées), enfin à démontrer leur *existence* pour certaines valeurs des paramètres dont elles dépendent. Ces structures sont très variées ; leur seul trait commun c'est d'être *finies*.

Par exemple, en informatique, comment calculer le nombre de combinaison possible de 2 bits (0 et 1) lorsque le bus d'adresse du microprocesseur a 32 bits?

Réponse: $2^{30} \times 2^2 = ?$

Source: <https://www.universalis.fr/encyclopedie/analyse-combinatoire/>

1. Les fondements de l'informatique: Turing et von Neumann

Alan Turing (1912-1954) et John von Neumann (1903-1957) sont considérés comme les fondateurs des sciences informatiques. Turing pour avoir formalisé l'idée de l'algorithme et de l'intelligence artificielle. Von Neumann pour ses travaux sur le fonctionnement des ordinateurs et la théorie des jeux (probabilités d'occurrence des événements).

Leur expertise en mathématiques et leurs connaissances pratiques en conception des premiers ordinateurs ont été stratégiques pendant la 2^e guerre mondiale. Turing pour la cryptographie (codage/décodage) des informations et von Neumann pour le développement d'armes militaires.

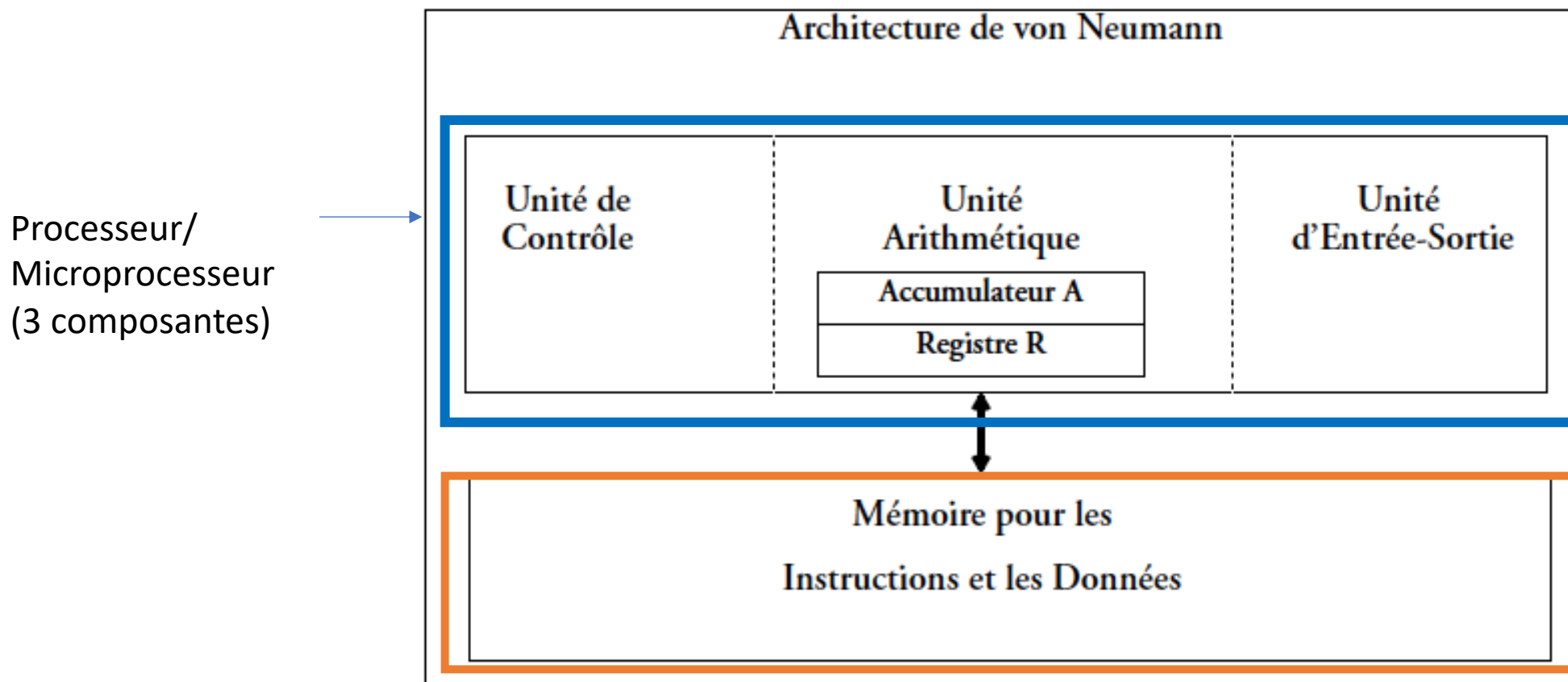
2. La machine de Turing

La *machine de Turing* est un modèle de machine abstraite introduit en **1936** par le **chercheur anglais Alan Turing** dans un article fondateur intitulé *On Computable Numbers, With An Application To The Entscheidungsproblem* dans lequel il propose une réponse à une question posée 8 ans plus tôt par le célèbre mathématicien David Hilbert. Il s'agit du *problème de la décidabilité* (en allemand "*Entscheidungsproblem*") soit en substance: **existe-t-il un algorithme** qui décide si une proposition énoncée dans un système logique est valide ou non ? Ses travaux sur les algorithmes ont ouvert la voie à l'analyse prédictive et à l'intelligence artificielle...

Source: <http://zanotti.univ-tln.fr/turing/>

Note (https://fr.wikipedia.org/wiki/Imitation_Game): **Imitation Game** ou **Le Jeu de l'Imitation** au Québec (*The Imitation Game*) est un **film biographique américain** réalisé par **Morten Tyldum**, sorti en **2014**. Il s'agit de l'**adaptation cinématographique** de la **biographie Alan Turing ou l'énigme de l'intelligence** (*Alan Turing: The Enigma*) d'**Andrew Hodges**. Le film est inspiré de la vie du **mathématicien** et **cryptanalyste** britannique **Alan Turing**, notamment pendant la **Seconde Guerre mondiale** où il a réussi à décoder les messages transmis parmi les officiers de l'armée allemande.

3. Le modèle des ordinateurs: architecture de von Neumann



3. Modèle de l'ordinateur: architecture de von Neumann

- Le microprocesseur contient un ensemble d'instructions câblées qui constitue son jeu d'instructions (ou actions primitives).
- Le jeu d'instructions est un langage élémentaire appelé langage machine. À chaque instruction identifiée par du code correspond un circuit particulier.

3. Modèle de l'ordinateur: architecture de von Neumann

À ce jour, les architectures qui remettent en cause l'architecture de von Neumann : « une seule instruction à la fois » sont dans les laboratoires de recherche...

Bien que les microprocesseurs les plus performants soient dotés de plusieurs cœurs, le principe d'une seule instruction à la fois par cœur d'un processeur continu de s'appliquer ...

3. Modèle de l'ordinateur: architecture de von Neumann

Ce sont les **codes d'un programme** enregistrés dans **la mémoire** qui indiquent à **l'unité de contrôle** de déclencher une action « au moment voulu ».

C'est **l'innovation principale de von Neumann**, d'avoir séparé la mémoire de l'ordinateur pour enregistrer les programmes et les données du processeur (ou microprocesseur).

3. Modèle de l'ordinateur: le microprocesseur

- [Le microprocesseur](#)
- [Les bus d'adresse, de données et de contrôle \(commande\)](#)

Source:

https://www.google.com/search?q=youtube+microprocesseurs&rlz=1C5CHFA_enCA981CA981&oq=youtu&aqs=chrome.0.69i59j69i57j69i59j46i199i465i512j69i65j69i60l3.1510j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8#fpstate=ive&vld=cid:d35e81cf,vid:h22PdL8jpL0

https://www.google.com/search?q=youtube+microprocesseurs&rlz=1C5CHFA_enCA981CA981&oq=youtu&aqs=chrome.0.69i59j69i57j69i59j46i199i465i512j69i65j69i60l3.1510j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8#fpstate=ive&vld=cid:08994145,vid:bvDEIRtlGPK

3. Modèle de l'ordinateur: bus d'adresse, de données et de contrôle (commande)

D'une façon générale, on appelle **bus** en informatique un ensemble de N lignes en parallèle.

Le **bus d'adresse** est un bus informatique **unidirectionnel** permettant l'adressage de la mémoire dans des systèmes à base de processeur, de [microprocesseur](#) ou de [microcontrôleur](#). Il ne faut pas le confondre avec le [bus de données](#) ou le bus de [contrôle](#).

La taille (càd. le [nombre](#) de lignes) du bus d'[adresse](#) dépend directement du [processeur](#) choisi ; elle détermine l'espace adressable selon la relation : $M = 2^N$, où M est la [quantité](#) de mots de la [mémoire](#) et N le nombre de lignes d'adresse.

3. Modèle de l'ordinateur: bus de données



Un **bus de données** est un bus informatique **bidirectionnel** dédié au transfert des données au sein de l'ordinateur.

Typiquement, il interconnecte le processeur, la mémoire centrale et les contrôleurs de périphériques. Il est bidirectionnel, contrairement au bus d'adresse. La largeur du bus de données dépend directement du processeur.

Source: <https://www.techno-science.net/>

3. Modèle de l'ordinateur: bus de commande (ou de contrôle)

Un bus de commande est un bus informatique **bidirectionnel** utilisé par l'unité centrale pour communiquer avec les périphériques contenus dans l'ordinateur. Cela se produit via des connexions physiques telles que des circuits imprimés.



3. Modèle de l'ordinateur: codage par deux états binaires

En informatique, les deux états binaires qui activent les circuits électroniques sont des bits composés d'une séquence de 0 ou 1.

En mathématique, cela correspond à la base 2.

La convention est 1 octet = 1 groupe de 8 bits.

Par analogie avec le système métrique, 1 024 octets \sim 1 000

$2^{10} = 1\,024$ octets = 1 000 octets = 1 Kilooctet = 1Ko

$2^{20} = 1\,048\,576$ octets = 1 Mégaoctet = 1Mo

$2^{30} = 1\,073\,741\,824$ octets = 1 Gigaoctet = 1Go

2^{40} = Téraoctets (To)

2^{50} = Pétaoctets (Po)

2^{60} = Exaoctets (Eo)

2^{70} = Zettaoctets (Zo)

2^{80} = Yottaoctets (Yo)

....

3. Modèle de l'ordinateur: le codage binaire



QUIZZ puissance de 2

Source: <https://www.courstechinfo.be/MathInfo/Puiss2.html>

3. Modèle de l'ordinateur: codage par deux états binaires et transistors

Les opérations élémentaires réalisées par des ordinateurs dépendent de circuits logiques qui autorisent 2 états par le passage du courant ou pas. L'invention du transistor est basé sur ce principe.

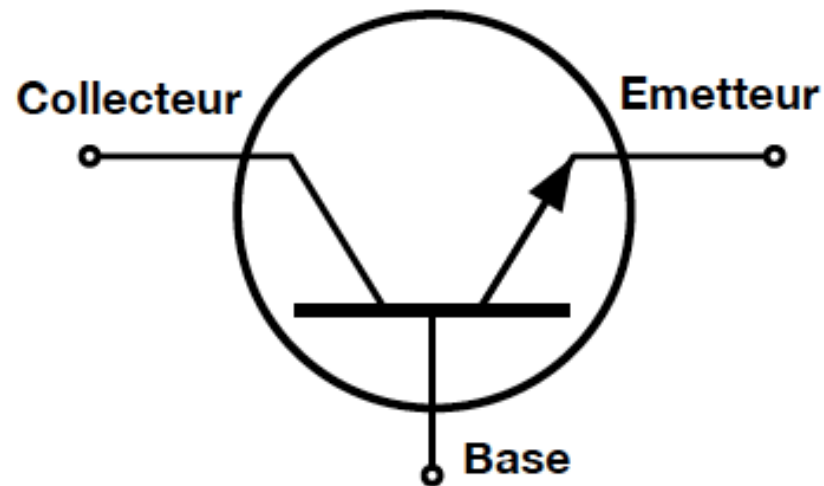


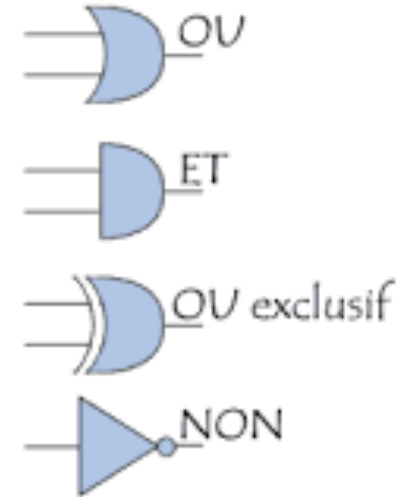
Figure B.1: Modèle du transistor bipolaire NPN: quand la base est mise à une tension positive, le courant passe du collecteur à l'émetteur; quand la base est mise à une tension négative ou nulle, le courant ne passe pas.

4. Le transistor

Le **transistor** produit en **1947** chez *Bell Laboratories* est reconnu comme une invention radicale qui a révolutionné la manière de fabriquer des ordinateurs. Ses trois inventeurs ont obtenu un prix Nobel en 1956.

4. Transistors et codage par l'algèbre de Boole

C'est l'algèbre de Boole qui a servi à coder la logique des transistors contenus dans les premiers processeurs (ENIAC 1945)



Une logique inspirée des travaux du mathématicien britannique Georges de Boole (1815-1864) à propos de l'algèbre d'évènements:

A et B

A ou B et non A

...

4. Transistors, circuits intégrés et microprocesseurs

Texas Instruments:

- En 1954, les premiers transistors sont fabriqués en silicium (un semi-conducteur).
- Puis en 1958, le premier circuit intégré est inventé par l'américain Jack Kilby qui travaillait chez *Texas Instruments*.

Cette innovation a servi d'amorce au développement fulgurant des technologies pour la fabrication des ordinateurs.



4. Transistors, circuits intégrés et microprocesseurs

À l'époque, l'invention consistait à relier entre eux différents [transistors](#) en les câblant à la main. Il ne faudra par la suite que quelques mois pour passer du stade de [prototype](#) à la [production de masse](#) de puces en [silicium](#) (un semi-conducteur) contenant plusieurs transistors. Ces ensembles de transistors interconnectés en circuits microscopiques dans un même bloc, permettaient la réalisation de [mémoires](#), ainsi que [d'unités logiques et arithmétiques](#). Ce concept révolutionnaire concentrait dans un volume incroyablement réduit, un maximum de [fonctions logiques](#), auxquelles l'extérieur accédait à travers des connexions réparties à la périphérie du circuit³. Le brevet est finalement accordé à Texas Instrument en 1964. Cette découverte a valu à son inventeur (Jack Kilby) un [prix Nobel](#) de [physique](#) en [2000](#).

4. Transistors, circuits intégrés et microprocesseurs

Années 1960 et + :

1) Origine et miniaturisation

2) La fabrication

Source:

¹ <https://www.youtube.com/watch?v=DN0OG67JaCU>

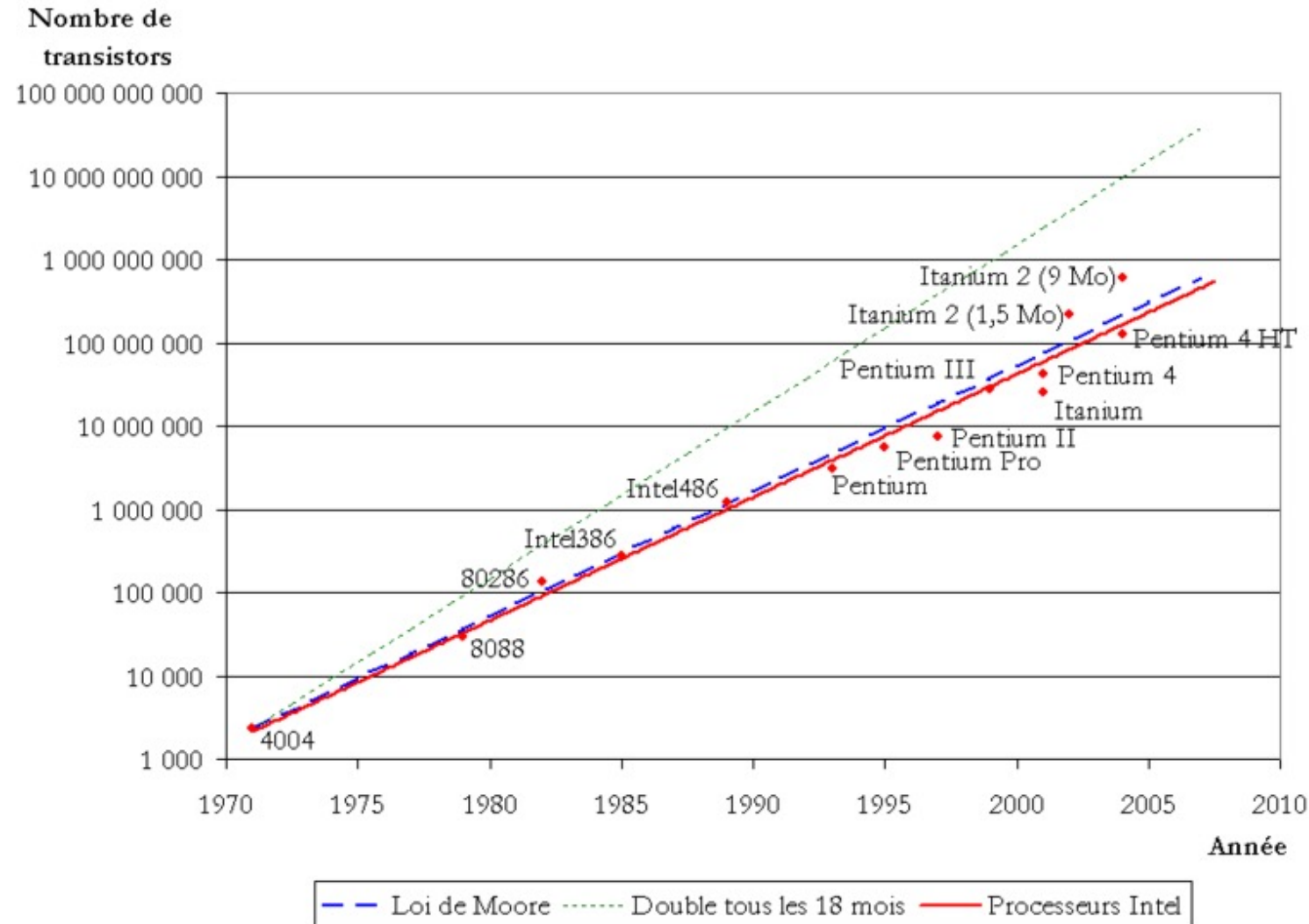
² https://www.google.com/search?q=youtube+microprocesseurs&rlz=1C5CHFA_enCA981CA981&oq=youtube+microprocesseurs&aqs=chrome..69i57j33i160l2.5207j0j9&sourceid=chrome&ie=UTF-8#fpstate=ive&vld=cid:072831c7,vid:GDqV2j0yG1w

4. Transistors, circuits intégrés et microprocesseurs

En 1968, Gordon E. Moore est un des cofondateurs avec Robert Noyce et Andrew Grove **de Intel**. Lors d'un congrès de 1965, il a « prédit » que le nombre de transistors dans les processeurs devrait doubler tous les 2 ans, et cela éternellement.

Le nombre a été ramené par la suite à 18 mois et c'est devenu une « règle » de base de l'informatique appelée la « loi de Moore ».

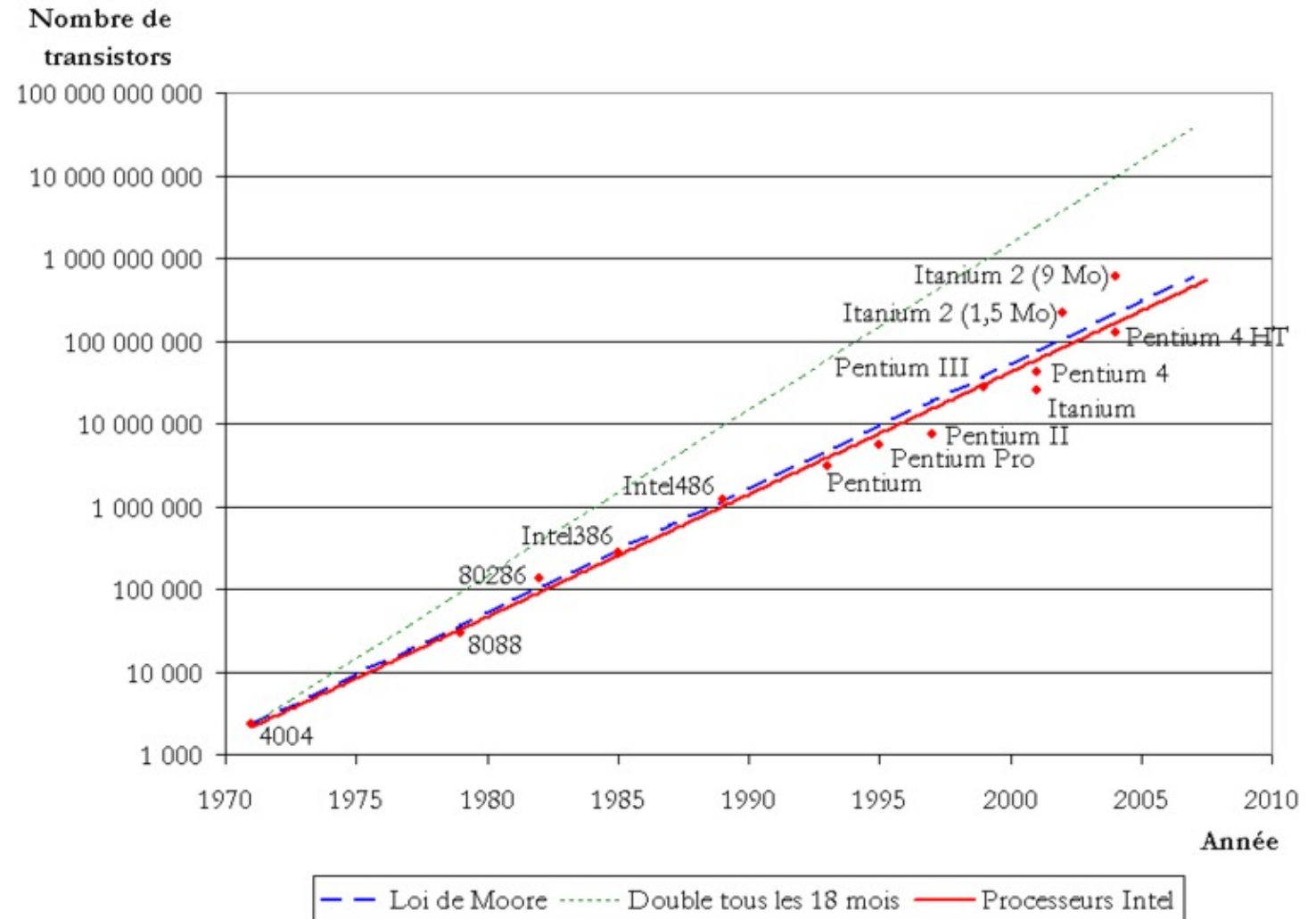
4. Transistors, circuits intégrés et microprocesseurs



Pendant plus de 40 ans, la miniaturisation des transistors et leur intégration dans des microprocesseurs à base de semi-conducteurs (silicium) a doublé à tous les 18 mois...

4. Transistors, circuits intégrés et microprocesseurs

En 2021 la **loi de Moore** est jugée comme approchant de sa **limite**. Jusque-là, le nombre de transistors des microprocesseurs a progressé parce qu'ils **sont** de plus en plus petits grâce à l'augmentation de la finesse de gravure, mais celle-ci ne pourra pas descendre en dessous d'une certaine valeur.



5. Les microprocesseurs en 2024

Les microprocesseurs les plus performants ont plus d'un « cœur ». Chaque cœur peut exécuter plusieurs instructions en même temps, ce qui augmente la vitesse globale des programmes compatibles avec le traitement parallèle.

Les cœurs (core, en anglais) des processeurs sont essentiellement des processeurs plus petits, entassés sur le processeur principal. Le nombre de cœurs fait référence au nombre de processeurs présents sur une unité centrale. Par exemple, le processeur quad core d'Intel possède quatre cœurs de traitement. Autrefois, les ordinateurs n'avaient qu'une seule unité centrale, mais aujourd'hui, les unités centrales sont dotées de plusieurs processeurs pour traiter différentes tâches en même temps.

5. Microprocesseurs en 2024

- Les *cœurs* (core, en anglais) des processeurs sont essentiellement des processeurs plus petits, entassés sur le processeur principal. Le nombre de cœurs fait référence au nombre de processeurs présents sur une unité centrale. Par exemple, le processeur quad core d'Intel possède quatre cœurs de traitement. Autrefois, les ordinateurs n'avaient qu'une seule unité centrale, mais aujourd'hui, les unités centrales sont dotées de plusieurs processeurs pour traiter différentes tâches en même temps.
- Un processeur multi-cœur peut être multitâche d'une manière dont un processeur monocœur en est incapable. De nos jours, les ordinateurs de bureau possèdent généralement entre deux et 18 cœurs, chacun étant responsable de différentes tâches.

5. Les microprocesseurs en 2024

Un processeur multicœur peut être multitâche d'une manière dont un processeur monocœur en est incapable. De nos jours, les ordinateurs de bureau possèdent généralement entre deux et 18 cœurs, chacun étant responsable de différentes tâches.

Mais pour déterminer quel processeur est le meilleur pour votre ordinateur, il y a d'autres caractéristiques à prendre en compte. Outre le nombre de cœurs, vous devez aussi tenir compte du [threading](#). Toutes ces caractéristiques contribuent à la manière dont votre processeur gère les ressources et les tâches.

5. Les microprocesseurs en 2024

L'hyperthreading est la technologie propriétaire d'Intel pour le multithreading, qui consiste à diviser les ressources d'un processeur en deux ou plusieurs fils d'instructions. L'hyperthreading (ou multithreading) fait croire à votre ordinateur qu'il possède deux fois plus de cœurs et l'aide à gérer plusieurs tâches ou fils d'instructions simultanément.

Le multithreading et l'hyperthreading peuvent améliorer les performances de l'appareil, en particulier pour les activités nécessitant un multitâche important, comme l'édition multimédia ou le rendu vidéo.

5. Les microprocesseurs en 2024


Les fabricants qui se disputent le sommet de la performance sont Intel et AMD. Toutefois, la comparaison de la performance entre les microprocesseurs Intel Core i5/i7/i9 et AMD Ryzen est pertinente uniquement si l'on réalise des tâches complexes comme le jeu, le montage vidéo et les images 3D.

5. Microprocesseurs en 2024

Pour des applications bureautiques, l'usage des microprocesseurs les plus performants comme Intel i7 ou i9 ne fait pas de différence sur les résultats.

 Intel **Core i5**



 Intel **Core i7**



6. Industrie des microprocesseurs

L'industrie de la microélectronique, et en particulier la production de micropuces, occupe une position majeure dans les chaînes de valeur mondiales (\$).

Dans de nombreux secteurs de production, les microprocesseurs constituent en effet un composant essentiel. Il n'est donc pas surprenant que les gouvernements, comme le monde des affaires, lui accordent une attention croissante.

Source: <https://legrandcontinent.eu/fr/2022/06/21/lindustrie-des-microprocesseurs-et-lautonomie-strategique-europeenne/>

6. Industrie des microprocesseurs

On connaissait déjà depuis quelques années — et donc bien avant le 24 février 2022, date du début de la guerre déclenchée par la Russie en Ukraine — une situation de déséquilibre croissant sur le marché des composants microélectroniques et des micropuces en particulier, dans laquelle l'offre était largement insuffisante pour répondre à une demande en croissance exponentielle.

Source: <https://legrandcontinent.eu/fr/2022/06/21/lindustrie-des-microprocesseurs-et-lautonomie-strategique-europeenne/>

6. Industrie des microprocesseurs

Ces obstacles dans la chaîne d'approvisionnement des microprocesseurs se trouvent aujourd'hui aggravés de manière dramatique par la guerre en Ukraine.

Prenons l'exemple du gaz néon, une substance utilisée pour alimenter les lasers qui gravent des motifs dans les puces électroniques : jusqu'en février dernier, l'Ukraine était le leader mondial de la production de gaz néon ; environ la moitié de la production mondiale provenait de deux entreprises ukrainiennes, Cryoin et Ingas, qui avaient leurs principales installations de production dans la région d'Odessa.

Source: <https://legrandcontinent.eu/fr/2022/06/21/lindustrie-des-microprocesseurs-et-lautonomie-strategique-europeenne/>

6. L'industrie des microprocesseurs

Pour contrecarrer les facteurs qui ont conduit à la baisse de production des microprocesseurs, de puissants investissements ont d'ores et déjà été planifiés et décidés – et dans certains cas déjà déclenchés – pour encourager la recherche et le développement.

Il s'agit d'investissements publics, tels que ceux prévus, à hauteur de plusieurs centaines de milliards de dollars, par les États-Unis, la Chine, l'Union européenne, l'Inde, le Japon et Taïwan (50 milliards de dollars dans le cas des États-Unis, 50 milliards d'euros dans le cas de l'Union européenne) ; ou d'investissements privés, tels que ceux prévus dans les plans industriels des principales entreprises du secteur : parmi celles-ci, Intel (qui prévoit d'investir 80 milliards sur une décennie rien qu'en Europe) et la société taïwanaise TSMC (qui prévoit d'investir entre 40 et 44 milliards de dollars sur les cinq prochaines années, en partie en Europe).

6. L'industrie des microprocesseurs

Selon les analystes de TrendForce, **le fabricant taïwanais TSMC**, qui est connu pour produire des puces pour les iPhones et qui fabrique également des composants pour Intel, est **le leader incontesté du marché** de la fonderie des semi-conducteurs.

6. L'industrie des microprocesseurs

Pénurie de semi-conducteurs...pourquoi?

La pandémie de COVID-19 et les problèmes géopolitiques mondiaux ont bouleversé l'industrie mondiale des semi-conducteurs.

Ces événements ont contribué à créer une pénurie importante de puces qui touche l'industrie automobile, l'industrie informatique et d'autres industries partout dans le monde. Les producteurs de semi-conducteurs s'efforcent désormais d'accroître leur production. Le Canada s'implique de plus en plus...

Source:

<https://www.investircanada.ca/blog/pourquoi-le-canada-est-la-solution-la-penurie-mondiale-de-semi-conducteurs>

Travail #1 – remise 14 février 23h59

**Je vous remercie de votre attention,
Préparation pour la semaine prochaine:
Thème: système d'exploitation et processus**

-Lecture recommandée:

Laurent Bloch, chapitres 3 et 11 Micro-informatique

Bonne semaine!