De l'ordinateur au processus : rôle d'un système

Joachim Bruneau-Queyreix

ENSEIRB-MATMECA

Bordeaux-INP

jbruneauqueyreix@enseirb-matmeca.fr

D'après le cours d'introduction aux systèmes d'exploitation de Télécom SudParis

Présentation du cours

- Contexte du cours :
  - Introduire notre objet d'étude : les systèmes d'exploitation
- Objectifs :
  - Comprendre ce qu'est un ordinateur
  - Comprendre ce que sont un logiciel et un programme
  - Comprendre ce qu'est un système d'exploitation
  - Comprendre ce qu'est un processus
- Notions abordées :
  - Ordinateur, mémoire, processeur, périphérique, système d'exploitation, processus, communication, programme, logiciel

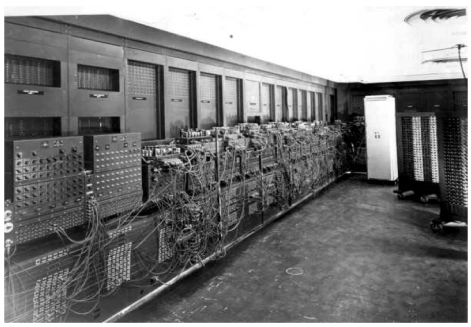
I. Qu'est ce qu'un ordinateur ?

IPB
ENSEIRB
MATMECA
BORDEAUX

IF 110
Introduction aux Systèmes d'Exploitation

Définition d'un ordinateur

- Machine électronique capable d'exécuter des instructions effectuant des opérations sur des nombres



1946 : ENIAC
- *calculateur à tubes*
- *30 tonnes, 72m²*
- *357 mult/s*
- *35 div/s*

En panne la moitié du temps

Définition d'un ordinateur

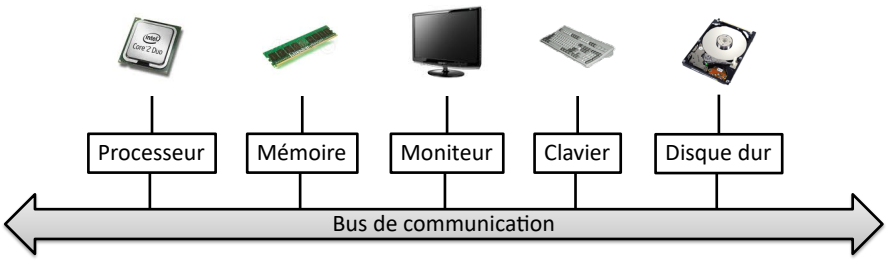
- Machine électronique capable d'exécuter des instructions effectuant des opérations sur des nombres

Janv 1948 : SSEC (premier ordinateur chez IBM) avec une capacité mémoire de 150 nombres

Définition d'un ordinateur

- Machine électronique capable d'exécuter des instructions effectuant des opérations sur des nombres

Structure matérielle d'un ordinateur



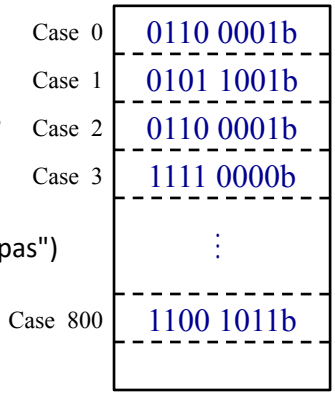
RAPPEL

Schéma de haut niveau d'un ordinateur

- **Processeur** : unité capable d'effectuer des calculs
- **Mémoire vive** : matériel stockant des données directement accessibles par le processeur
  - Accès rapide, données perdues en cas de coupure électrique.
- **Périphériques** : matériel fournissant ou stockant des données secondaires
  - Réseau, disque dur, souris, clavier, carte graphique, carte son…
- **Bus de communication** : bus interconnectant le processeur, la mémoire vive et les périphériques

Qu'est ce que la mémoire vive ?

- Mémoire vive : ensemble de cases numérotées contenant des octets
- Une case contient un octet (*byte* en anglais) = regroupe 8 bits
- Bit : valeur valant 0 ou 1
  - 0 : bit non chargé ("courant ne passe pas")
  - 1 : bit chargé ("courant passe")
- Un octet permet de représenter $2^8 = 256$ valeurs



Représentation des nombres

- Notation décimale : un chiffre peut prendre 10 valeurs de 0 à 9

$$276 = 2*10^2 + 7*10^1 + 6*10^0$$

- Notation binaire : un chiffre peut prendre 2 valeurs de 0 à 1

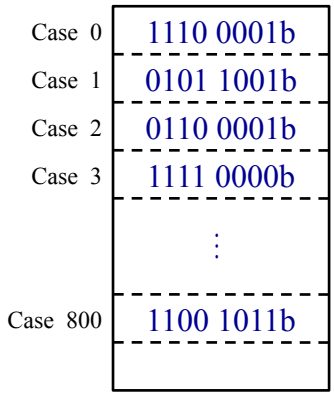
$$1101b = 1*2^3 + 1*2^2 + 0*2^1 + 1*2^0 = 13$$

- Notation hexadécimale : un chiffre peut prendre 16 valeurs de 0 à f

$$0x276 = 2*16^2 + 7*16^1 + 6*16^0 = 630$$
$$0xb6 = 11*16^1 + 6*16^0 = 182$$

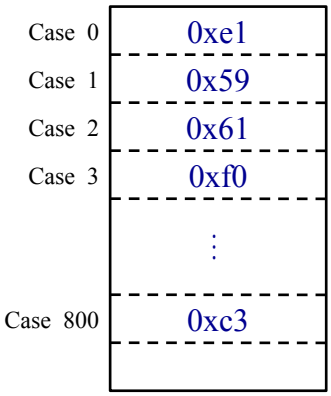
Hexadécimal en informatique

- Avec 4 bits, on encode 16 valeurs, soit 1 chiffre hexadécimal



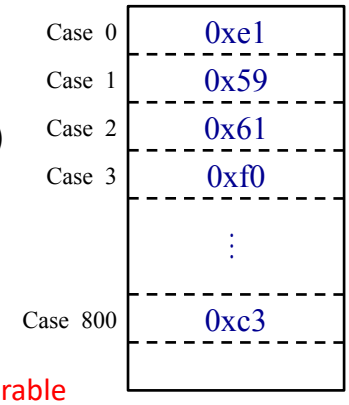
Hexadécimal en informatique

- Avec 4 bits, on encode 16 valeurs, soit 1 chiffre hexadécimal
- L'hexadécimal est donc plus concis pour représenter les valeurs des octets
- Un octet est représenté par 2 chiffres hexadécimaux



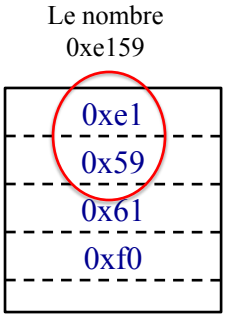
Que représentent les octets ?

- Une série d'octets peut représenter :
  - Un entier naturel
  - Un entier relatif
  - Une suite de caractères
  - Une valeur de vérité (vrai/ faux)
  - Un nombre flottant
  - Un nombre complexe
  - Une instruction machine
  - Ou tout autre ensemble énumérable



Représentation des entiers

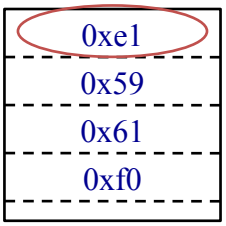
- Les octets sont regroupés pour former des valeurs entières
  (souvent par 1, 2, 4 ou 8 octets)
  - Peut être vu comme un naturel (dans N)
    0xe159 = $14*16^3 + 1*16^2 + 5*16 + 9$
    ⇒ 0xe159 représente 57689



Représentation des relatifs

- Codages possibles
  - Bit de signe
  - Complément à un
  - Complément à deux
  - Peut être vu comme un relatif (dans Z)
  - ➔ représente -7 847

Le nombre
-7 847



Représentation des réels

- Codage d'un nombre entier naturel en base B
  - $(N)_B = a_n\ a_{n-1}\ a_{n-2}\ ....\ a_1\ a_0$
- Pour coder un nombre réel non signé
  - On rajoute une partie fractionnaire après une virgule

  $(N)_B = a_n\ a_{n-1}\ a_{n-2}\ ....\ a_1\ a_0\ ,\ b_1\ b_2\ ...\ b_{m-1}\ b_m$
- Valeur en décimal
  - calcul du polynôme

  $a_nB^n + a_{n-1}B^{n-1} + ... + a_1B + a_0 + b_1B^{-1} + \ ... + b_{m-1}B^{-(m-1)} + \ b_mB^{-m}$

Conversion reel base B en décimal

- Exemples
  - $123,45 = 1 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 3 \times 10^0 + 4 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$
  - $(101,101)_2 = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3}$
    $= 4 + 1 + 0,5 + 0,125$
    $= 5,625$
  - $(AB,4E)_{16} = 10 \times 16^1 + 11 \times 16^0 + 4 \times 16^{-1} + 14 \times 16^{-2}$
    $= 160 + 11 + 4 \times 0,0625 + 14 \times 0,00390625$
    $= 171,3046875$

Conversion réel décimal en base B

- Conversion d'un nombre décimal réel en base B
  - Pour la partie entière
    - » Utiliser la méthode de la division entière comme pour les entiers
  - Pour la partie fractionnaire
    - » Multiplier la partie fractionnaire par B
    - » Noter la partie entière obtenue
    - » Recommencer cette opération avec la partie fractionnaire du résultat et ainsi de suite
    - » Arrêter quand la partie fractionnaire est nulle
      - Ou quand la précision souhaitée est atteinte
      - Car on ne peut pas toujours obtenir une conversion en un nombre fini de chiffres pour la partie fractionnaire
    - » La partie fractionnaire dans la base B est la concaténation des parties entières obtenues dans l'ordre de leur calcul

Conversion réel décimal en base B

- Exemple : conversion de 12,6875 en binaire
  - Conversion de 12 : donne $(1100)_2$
  - Conversion de 0,6875

```
0,6875 x 2 = 1,375 = 1 + 0,375
0,375  x 2 = 0,75  = 0 + 0,75
0,75   x 2 = 1,5   = 1 + 0,5
0,5    x 2 = 1     = 1 + 0
```

  - $(12,6875)_{10} = (1100,1011)_2$
- Exemple : conversion de 171,3046875 en hexadécimal
  - Conversion de 171 : donne $(AB)_{16}$
  - Conversion de 0,3046875

```
0,3046875 x 16 = 4,875 = 4  + 0,875
0,875     x 16 = 14,0  = 14 + 0
```

  - $(171,3046875)_{10} = (AB,4E)_{16}$

Nombre reels et précision

- Exemple : conversion de 25,3 en binaire
  - Conversion de 25 : donne $(11001)_2$
  - Conversion de 0,3

    … on boucle!
- Précédentes conversions vues
  - Peut toujours convertir avec un nombre fini de chiffres
  - Pas le cas pour la conversion de la partie fractionnaire
    - On remplit alors les chiffres disponibles selon la **précision**

Nombres réels en virgule flottante

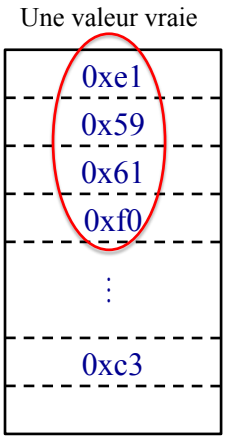
- Principe et intérêts
  - Avoir une virgule flottante et une précision limitée
  - Ne coder que des chiffres significatifs
  - N = +/- M x B^E
    - N = nombre codé
    - M = mantisse : nombre de X chiffres de la base B
    - E = exposant : nombre de Y chiffres de la base B
    - +/- = codage du signe : positif ou négatif
  - Le nombre est présenté sous forme normalisée pour déterminer la mantisse et l'exposant
  - Pas de chiffre avant la virgule : 0,XXXXX * B^E

Exemple de codage de réels

- Exemple : 1234,5 en base 10
  - On normalise pour n'avoir que des chiffres après la virgule $(1234,5)_{10} = 0,12345 \times 10^4$
  - Mantisse codée = 12345, exposant = 4, signe = +
- Standard IEEE 754 : codage binaire de réels en virgule flottante
  - Précision simple : 32 bits
    - 1 bit de signe, 8 bits exposant, 23 bits mantisse
  - Précision double : 64 bits
    - 1 bit de signe, 11 bits exposant, 52 bits mantisse
  - Précision étendue : sur 80 bits
    - 1 bit de signe, 15 bits exposant, 64 bits mantisse

Représentation des valeurs de vérités

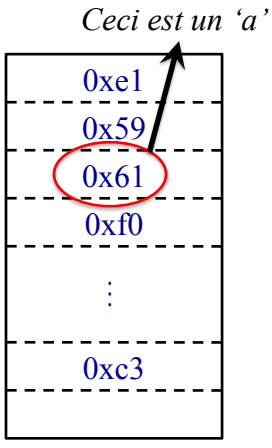
- Booléen : valeur pouvant valoir vrai ou faux
- Peut être stocké sur 1 bit, 1 octet, 2 octets, 4 octets, 8 octets…
- Convention :
  - 0 vaut faux
  - Toute autre valeur vaut vrai



Représentation des caractères

- Un octet peut être vu comme un caractère
- Table ascii

0x1f	↵	0x41	A	0x61	a
0x20	‘ ‘	0x42	B	0x62	b
…	…	0x43	C	0x63	c
0x30	0	0x44	D	0x64	d
0x31	1	0x45	E		e
0x32	2	0x46	F	0x66	f
0x33	3	0x47	G	0x67	g
…	…	…	…	…	…

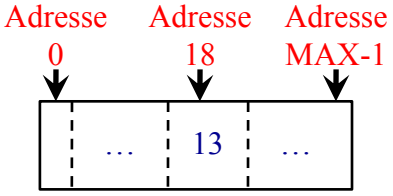


Fonctionnement d'un processeur

- Un processeur exécute des instructions qui peuvent
  - Effectuer des calculs
  - Accéder à la mémoire
  - Accéder aux autres périphériques
  - Sélectionner l'instruction suivante à exécuter (saut)
- Le processeur identifie une instruction par un numéro
  (Par exemple : 1 = additionne, 2 = soustrait, etc.)

Fonctionnement d'un ordinateur

- Mémoire : tableau d'octets, indexé à partir de 0



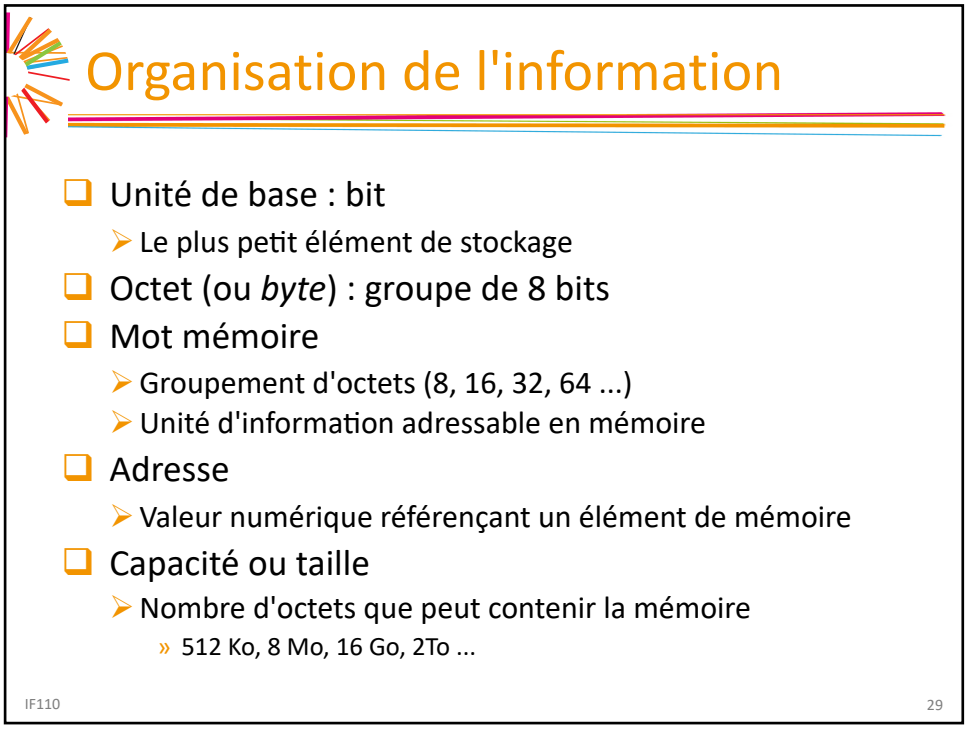
- Processeur : possède des variables internes appelées registres
  - PC (*Program Counter*) : adresse de l'instruction suivante
    Si PC == 18, alors l'instruction suivante à exécuter est l'instruction 13
  - Autres : registres sur lesquels le processeur effectue les calculs

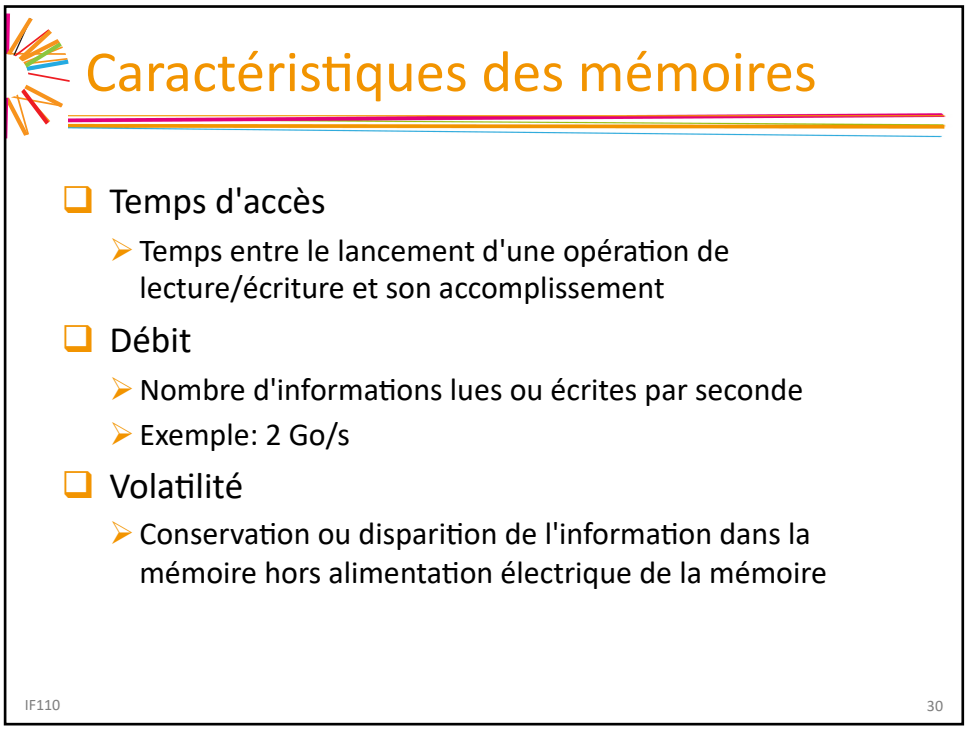
Fonctionnement d'un ordinateur

- À chaque cycle d'horloge, le processeur :
  - Charge l'instruction à l'adresse PC à partir de la mémoire
  - Place le PC sur l'instruction qui suit
  - Sélectionne le circuit à activer en fonction du numéro d'instruction
  - Exécute l'instruction
- Quelques exemples d'instructions
  - 0x10 0x4000 ⇒ charge l'octet à l'adresse 0x4000 dans le registre nommé R0 (lit une variable)
  - 0x12 0x89 ⇒ ajoute 0x89 à PC (saut)
  - 0x14 0x20 ⇒ ajoute 0x20 au registre R0 (calcul)
  - 0x17 0x70 0x12 ⇒ envoie 0x70 au périphérique 0x12

Mémoire

- Mémoire
  - Dispositif capable d'enregistrer, de conserver et de restituer des informations
  - Informations binaires pour un ordinateur
- On classe les mémoires selon
  - Caractéristiques : capacité, débit ...
  - Type d'accès : séquentiel, direct ...


Organisation de l'information
Unité de base : bit
Le plus petit élément de stockage
Octet (ou *byte*) : groupe de 8 bits
Mot mémoire
Groupement d'octets (8, 16, 32, 64 ...)
Unité d'information adressable en mémoire
Adresse
Valeur numérique référençant un élément de mémoire
Capacité ou taille
Nombre d'octets que peut contenir la mémoire
512 Ko, 8 Mo, 16 Go, 2To ...
IF110
29


Caractéristiques des mémoires
Temps d'accès
Temps entre le lancement d'une opération de lecture/écriture et son accomplissement
Débit
Nombre d'informations lues ou écrites par seconde
Exemple: 2 Go/s
Volatilité
Conservation ou disparition de l'information dans la mémoire hors alimentation électrique de la mémoire
IF110
30

Méthodes d'accès

- Accès séquentiel
  - Parcourir de toutes les informations précédentes
  - Exemple: bande magnétique
- Accès direct
  - Chaque information a une adresse propre accessible
  - Exemple: mémoire centrale
- Accès semi-séquentiel
  - Mixte des deux précédentes
  - Exemple disque dur magnétique
    - Accès direct au cylinder
    - Accès séquentiel au secteur sur un cylindre

Type de mémoire

- Mémoires non volatiles : ROM (Read Only Memory) dites mémoires mortes
  - Leur contenu est fixe (ou presque …)
  - Conservé en permanence
- Mémoires volatiles : RAM (Random Access Memory) dites mémoires vives
  - Leur contenu est modifiable
  - Perte des informations hors alimentation électrique
  - Random : à prendre dans le sens « accès sans contraintes » (et non pas aléatoire)

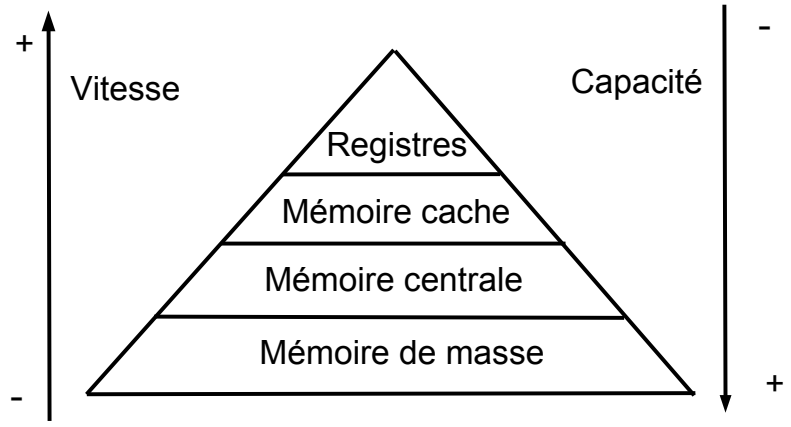
Mémoires non volatiles (ROM)

- ROM
  - « Câblage en dur » de l'information
  - Premier type de mémoire morte, on a gardé son nom pour toute cette famille
- PROM : mémoire programmable une seule fois
- EPROM : mémoire reprogrammable (via des ultra-violets)
- EEPROM : mémoire reprogrammable (électriquement)
  - Exemple : BIOS d'un ordinateur

Mémoires volatiles (RAM)

- DRAM : Dynamic RAM
  - Dynamique : nécessite un rafraîchissement périodique de l'information
  - Peu coûteuse
- SRAM : Static RAM
  - Statique : ne nécessite pas de rafraîchissement
  - Beaucoup plus rapide que la DRAM
  - Mais beaucoup plus chère

Hiérarchie mémoire



Registres

- Intégrés dans le CPU
- Servent à gérer l'exécution des opérations
  - Spécialisés, ex : adresse de la prochaine instruction en mémoire
  - Généraux : résultats intermédiaires des calculs
- Peu nombreux et de petites taille
  - Jusqu'à quelques dizaines/centaines
  - Quelques octets chacun
- Très rapides (vitesse du CPU)

Mémoire cache

- Mémoire SRAM
  - Intégrée dans le processeur et cadencée à la même fréquence
  - Très chère, petite taille
- Objectifs
  - Intermédiaire entre le processeur et la mémoire centrale
  - Accélérer les temps d'accès à la mémoire centrale
  - Éviter les accès inutiles en mémoire centrale (lectures multiples)

Mémoire centrale et de masse

- Mémoire centrale
  - Mémoire volatile de type DRAM à accès direct
  - Capacité jusqu'à plusieurs dizaines de Go
  - Vitesse relativement lente
- Mémoire de masse
  - Mémoire non volatile
  - Capacité de plusieurs To
  - Vitesse très lente

Fonctionnement des processeurs

- Unités de calculs
  - Un processeur intégre plusieurs unités de chaque type
- UAL (ALU : Arithmetic and Logic Unit)
  - Calculs logiques et arithmétiques sur les entiers
  - Calculs simples sur les entiers
  - Calculs logiques (comparaison, OR, NOT, ...)
- FPU (Floating Point Unit)
  - Calculs sur des flottants
  - Fonctions mathématiques avancées : sqrt, sin ...
- Unité multimédia
  - Calculs vectoriels
  - Exécution parallèle d'une même instruction sur plusieurs données

Exécution d'une commande

- 2 cycles se succèdent
- Cycle de recherche de l'instruction
  - Lecture en mémoire de l'instruction à exécuter
  - Décodage de son contenu
- Cycle d'exécution de l'instruction
  - Lecture en mémoire des registres pour envoyer les opérandes à l'unité de calcul ou d'accés en mémoire
  - Exécution du calcul ou de l'accès mémoire
  - Enregistrement du potentiel résultat en mémoire ou dans un registre

Unité de commande : horloge

- Horloge
  - Définit le cycle de base : cycle machine (clock cycle)
  - Utilisée pour synchroniser chaque étape des cycles de recherche et d'exécution
- Temps d'exécution d'un cycle de recherche ou d'exécution
  - Prend un certain nombre de cycles de base
- Cycle CPU = temps d'exécution minimal d'une instruction (recherche + exécution)

Registres

- Registre = mots mémoire internes au processeur
- Registres de fonctionnement
  - Compteur Ordinal (CO), Registre Instruction (RI), ...
  - Accumulateur
  - Registres internes à l'UAL
  - Stockent les opérandes et le résultat d'un calcul
- Registres généraux
  - Registres accessibles par le programme
  - Servent à stocker
    - Des valeurs souvent utilisées
    - Des résultats intermédiaires

Bus internes au CPU

- Au cœur du CPU, utilisation de bus
  - Pour envoi de données entre les éléments
    - » Contrôleur mémoire, unités de calculs, registres ...
  - Pour envoi d'adresse
    - » Lecture/écriture en mémoire ou dans un registre ...
  - Pour commander, coordonner les éléments

Architecture X bits

- Processeurs souvent différenciés selon leur architecture : 16, 32 ou 64 bits
- Historiquement : taille des registres (8, 16 bits...)
  - Mais dans processeurs récents : registres de toute taille (16, 32, 64, 80 ou 128 bits)
  - Selon que l'on manipule des entiers, des adresses, des flottants, des vecteurs ...
- Norme de fait de nos jours
  - Taille des registres généraux
    - » Un processeur 64 bits a des registres généraux de 64 bits

Architecture X bits

- Conséquences
  - Unités de calcul entier doivent gérer des nombres de même taille que les registres généraux
  - Bus internes doivent avoir aussi cette même taille
- Registre général peut contenir une adresse mémoire
  - Définit alors aussi la taille maximale de mémoire adressable par le processeur
    - 32 bits : 2^{32} octets = 4 Go
    - 64 bits : 2^{64} octets = 18 Millions de To
  - En pratique : codage d'adresses sur moins de bits
    - AMD Athlon 64 : 48 bits = 256 To théorique mais 1 To en pratique

Optimisation et augmentation des performances des processeurs

IPB
ENSEIRB
MATMECA
BORDEAUX

IF 110
Introduction aux Systèmes d'Exploitation

Fréquence

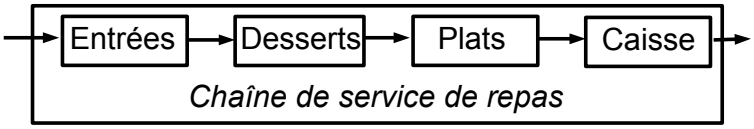
- Temps d'execution d'une instruction
  - Cycle CPU
  - Augmentation de la fréquence de fonctionnement
- Avantages
  - Plus d'instructions exécutées en moins de temps
- Problèmes technologiques et physiques
  - Dissipation thermique
  - Temps de propagation des signaux
- Solutions
  - Finesse de gravure des transistors

Mémoire cache

- Débit soutenu en lecture d'instructions et de données
  - Plusieurs niveaux de caches de taille raisonnable
  - Algorithmes de chargement prédictifs

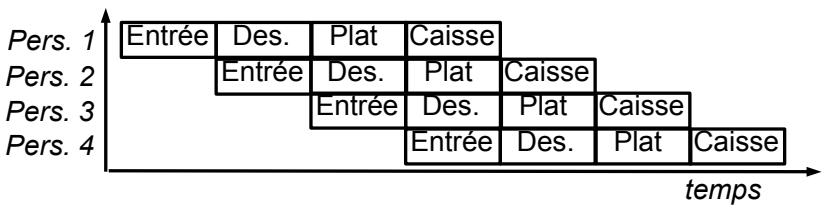
Pipeline

- Principe du pipeline par l'exemple Restaurant Universitaire
- On passe, dans l'ordre devant 4 éléments
  - Un présentoir pour les entrées
  - Un présentoir pour les desserts
  - Un présentoir pour les plats de résistance
  - Une caisse



Pipeline

- 2 modes d'utilisation pour se servir un repas
  - Une seule personne à la fois dans toute la chaîne de service
  - Plusieurs personnes à la fois, en décalé



Pipeline

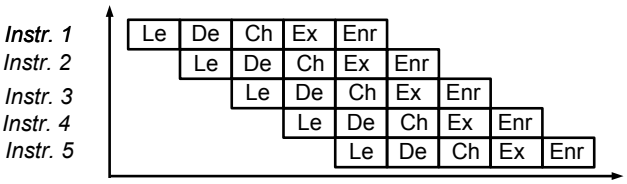
- Intérêts du deuxième mode
  - Plusieurs personnes se servent en même temps
  - Gain de temps : plus de personnes passent pendant une même durée
  - Meilleure gestion des éléments : toujours utilisés
- Inconvénients du deuxième mode
  - Plus difficile de faire « demi-tour » dans la chaîne d'éléments
  - Nécessite des synchronisations supplémentaires et des éléments dont le parcours prend un temps proche pour une bonne optimisation

Pipeline dans un processeur

- Une opération comporte plusieurs sous-opérations
  - Pipeline pour exécution de ces sous-opérations
  - Une sous-opération utilise une sous-unité du processeur qui n'est pas utilisée par d'autres sous-opérations (si possible...)
- Exemple de pipeline simple (fictif)
  - LE : Lecture de l'instruction en mémoire
  - DE : Décodage de l'instruction
  - CH : Chargement des registres sources dans l'unité de calcul
  - EX : Exécution du calcul
  - ENR : Enregistrement du résultat dans le registre destination

Pipeline processeur fictif

- Exécutions décalées de plusieurs instructions en même temps



- Gain important en utilisant le pipeline
  - Sans : exécution séquentielle de 2 instructions en 10 cycles
  - Avec : exécution parallèle de 5 instructions en 9 cycles
  - Gain théorique car nombreux problèmes en pratique

Profondeur de pipeline

- En pratique
  - Actuellement autour de 15 étages
  - Plus d'instructions en cours d'exécution simultanée
  - Permet une montée en fréquence du processeur
    - Plus d'unités plus petites
    - Temps de propagation plus courts entre les unités
    - Raccourcir le temps de réalisation d'un cycle
- Problème des grandes profondeurs
  - Aléas

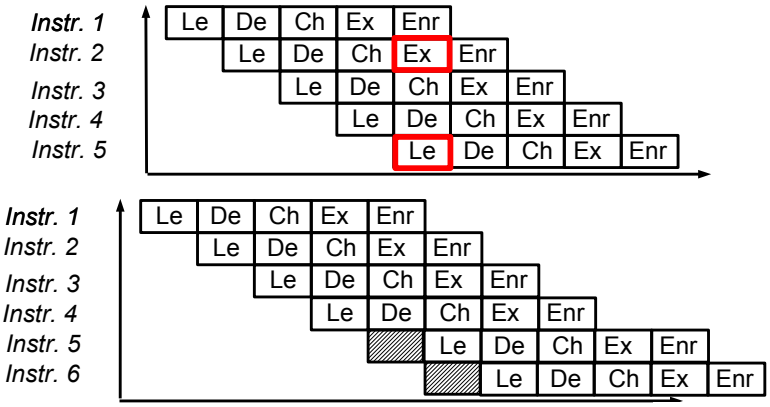
Pipeline et aléas

- Aléas
  - Problèmes rencontrés lors de l'exécution d'instructions par le pipeline
- Aléas structurels
  - Des sous-unités du CPU doivent être utilisées simultanément par plusieurs étages du pipeline
- Aléas de données
  - Une instruction de calcul en cours d'exécution dépend d'une valeur non encore calculée
- Aléas de contrôle
  - L'instruction suivante dépend du résultat d'une instruction pas encore connu (test)

Aléas structurels

- Exemple
  - Accès à la mémoire dans les étapes
    - LE : lecture de l'instruction suivante en mémoire
    - EX dans le cas d'une opération de lecture/écriture en mémoire
  - Utilise une même sous-unité (accès mémoire) du processeur
- Solutions
  - Attendre pour une instruction que l'unité soit disponible
  - Dupliquer dans le processeur ces sous-unités
    - Découper le cache L1 en deux parties : parties données et partie instructions

Aléas structurels (illustrations)

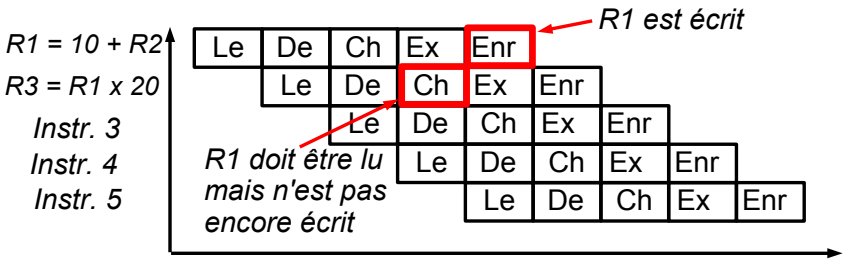


Aléas de données

- Exemple

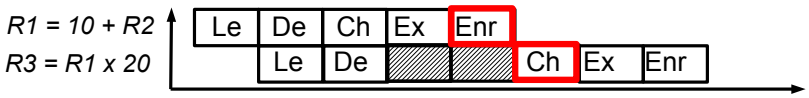
  R1 = 10 + R2

  R3 = R1 x 20

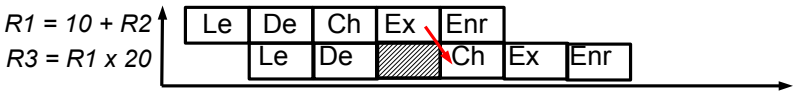


Aléas de données - solutions

- Suspension du pipeline
  - Deuxième instruction suspendue tant que R1 n'est pas écrit



- Court-circuit du pipeline
  - Réinjecter la valeur de R1 dans l'UAL sans attendre son écriture au niveau du banc de registre



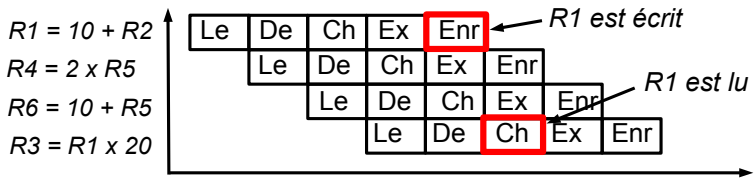
Aléas de données – solutions

- Réordonnancement des instructions
  - Logiciel : fait par le compilateur
  - Matériel : fait par le processeur en interne

R1 = 10 + R2
R3 = **R1** * 20
R4 = 2 * R5
R6 = 10 + R5

⇒

R1 = 10 + R2
R4 = 2 * R5
R6 = 10 + R5
R3 = **R1** * 20



Aléas de contrôle

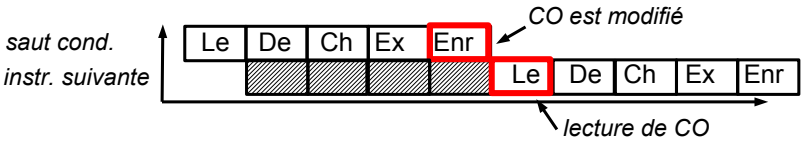
- Exemple des branchements

  If (R1 > 30)

  then R3 = 10 + R1

  else R3 = 20 + R1

- Solution avec attente



Aléas de contrôle

- Prédiction de branchement
  - Indispensable pour efficacité du pipeline
  - À l'aide de tables statistiques dynamiques
  - Prédit le résultat d'un test
  - On commence ensuite l'instruction suivante prédite
- Problème si prédiction erronée
  - On a commencé des calculs inutiles
  - Vidage du pipeline pour reprendre dans un état correct
    - Trés couteux en temps
    - Très pénalisant pour des pipelines profonds

Prédicton de branchement

- Principes de la prediction
  - Mémoriser les adresses des branches du programme et regarder celles qui sont souvent atteintes
- Exemple

```
1       R0 = R2 - 3
2       if R1 = 0 jump suite
3       R3 = 2 x R1
4       R4 = R3 + R1
        suite:
5       R3 = 0
```

- Deux branches : adresses 3 et 5
- Prédiction : lors du saut conditionnel à l'adresse 2, on prendra la branche la plus souvent atteinte

Parallélisation

- Système du pipeline
  - Parallélisation d'exécution d'instructions
- Approches complémentaires
- Ajouter des unités (approche superscalaire)
  - Unités de calculs, de commandes ou même pipeline complet
- Mettre plusieurs processeurs sur la même puce
  - Approche « multi-core »

Approche superscalaire

- Intérêts de l'ajout d'unités
  - Peut faire plusieurs calculs/traitements en même temps
- Problèmes de l'ajout d'unité
  - Nécessite plus de synchronisation entre unités
  - Sous-utilisation de certaines unités
  - Coût important en terme de transistors et de place
- Au final
  - Rarement plus de 2 ou 3 unités d'un type

Approche multi-core

- Plusieurs coeurs de processeurs sur la même puce
  - Couramment entre 2 et 8
  - Possiblement jusqu'à 32 ou 64 cœurs
- Utilité : faire du multi-processeur mais avec un seul
  - Possibilité du multi-processeur sur des cartes mères ayant un seul support physique de processeur
- Mise en œuvre et problèmes
  - Bus de communication entre cores
  - Mise en commun d'un niveau de cache (L3)
- Problème
  - Cohérence des données entre les caches et la mémoire centrale

2 grands types de jeux d'instructions

- CISC : Complex Instruction Set Computing
  - Exemples : processeurs Intel et AMD : familles x86
  - Fonctionne en modèle mémoire (3,3) généralement
    - 3 opérandes, toutes accessibles directement en mémoire
    - Exemple : `ADD @A, @B, @C`
- RISC : Reduced Instruction Set Computing
  - Exemples : Oracle Sparc et IBM PowerPC
  - Fonctionne en modèle mémoire (3,0) généralement
    - Aucun accès direct en mémoire pour une opération de calcul
    - Tout passe par des registres
    - Exemple:

```
LOAD R1, @B
LOAD R2, @C
ADD R3, R1, R2
STORE R3, @A
```


Jeux d'instructions

- Taille de codage des instructions
  - CISC : taille variable
    - Selon le nombre d'adresses mémoires codées dans l'instruction
  - RISC : taille fixe
    - 32 bits par exemple
- Parallélisation facilitée en RISC
  - On sait que tous les 32 bits (par exemple) il y a une instruction
  - Peut commencer à lire une nouvelle instruction sans avoir fini de décoder la précédente
- Parallélisation plus compliquée en CISC
  - Doit décoder les premiers 32 bits pour savoir si l'instruction est complète ou si on doit lire les 32 bits suivants pour l'avoir en entier
  - Durée d'exécution de l'instruction variable (selon nombre accès mémoire, registres ...)

Processeurs modernes

- Fonctionnent en RISC en interne
  - Pour un processeur avec un jeu d'instruction CISC
  - Traduction interne des instructions CISC en micro-opérations de type RISC
    - Exemple des processeurs AMD et Intel X86
  - Avantage de la traduction
    - Réordonnancement des micro-instructions

Fonctionnement d'un ordinateur

Et c'est tout!

Un ordinateur ne sait rien faire de mieux que des calculs

Ce qu'il faut retenir

- Une machine est constituée d'un processeur, d'une mémoire vive et de périphériques, le tout interconnecté par un bus
- Un processeur exécute de façon séquentielle des instructions qui se trouvent en mémoire
- Chaque instruction est identifiée par un numéro, elle peut
  - Effectuer une opération sur des variables internes (registres)
  - Lire ou écrire en mémoire ses registres
  - Accéder à un périphérique
  - Modifier la prochaine instruction à effectuer (saut)

II. Logiciels et programmes

Ordinateur vu par l'utilisateur

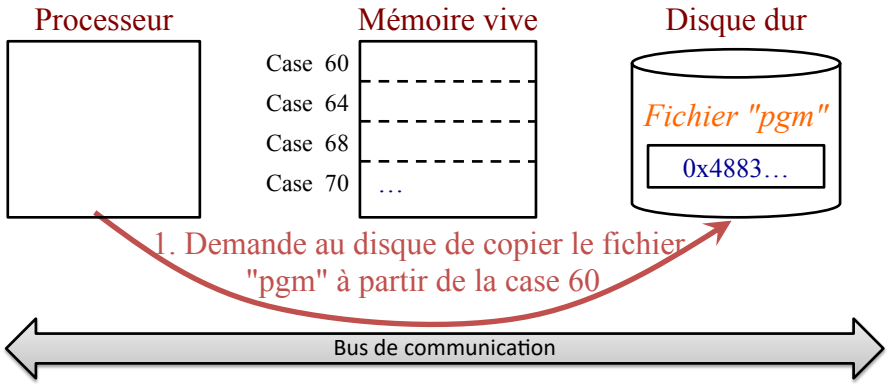
- L'utilisateur installe des **logiciels**
  Microsoft office, Chrome, Mario
- Logiciel = ensemble de fichiers
  - Fichiers ressources : images, vidéos, musiques…
  - Fichiers programmes : fichier contenant des données et des instructions destinées à être exécutées par un ordinateur
- *In fine*, l'utilisateur lance l'exécution de **programmes**
  Excel, Word, Chrome, Mario

Qu'est ce qu'un programme ?

- **Programme binaire** =
  Ensemble d'instructions exécutables par le processeur + des données manipulées par ces instructions
- **Programme source** =
  Ensemble d'opérations abstraites décrivant les actions à effectuer + des données manipulées par ces opérations

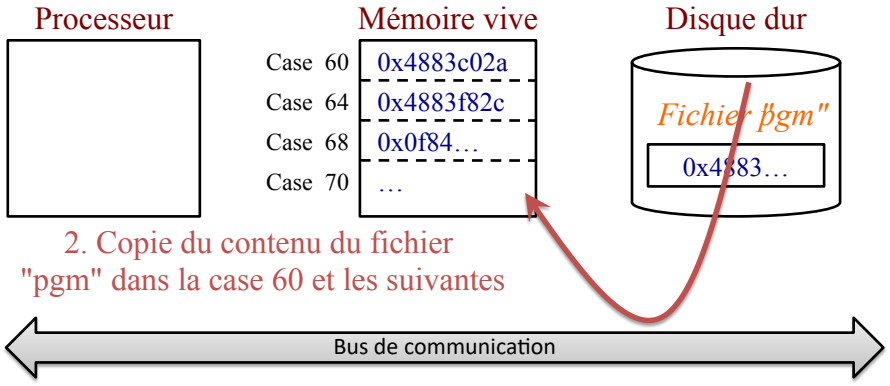
Exécution d'un programme binaire

- Un binaire doit être chargé en mémoire pour être exécuté (typiquement à partir du disque dur)



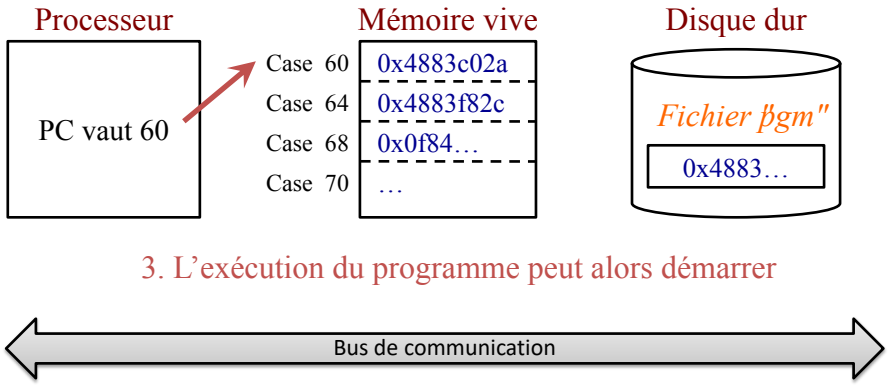
Exécution d'un programme binaire

- Un binaire doit être chargé en mémoire pour être exécuté



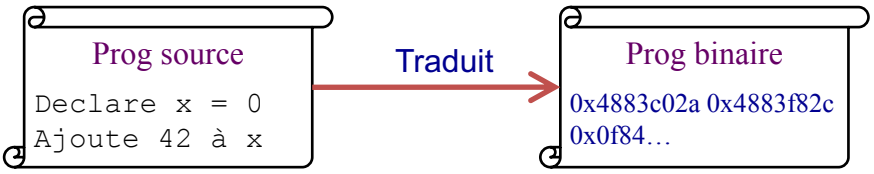
Exécution d'un programme binaire

- Exécution d'un programme à partir de la mémoire centrale



Exécution d'un programme source

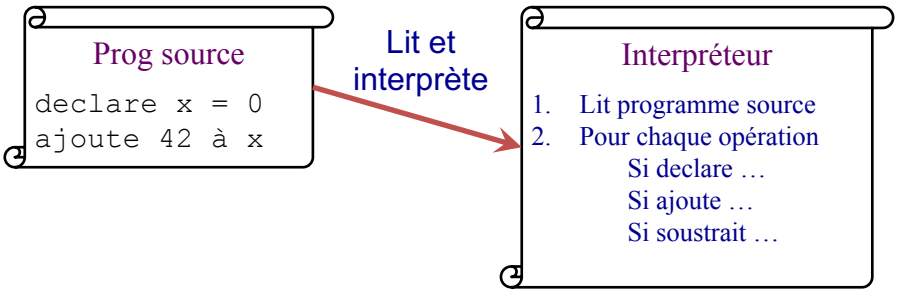
- Solution 1 : après une traduction vers un programme binaire



En informatique le traducteur s'appelle un compilateur

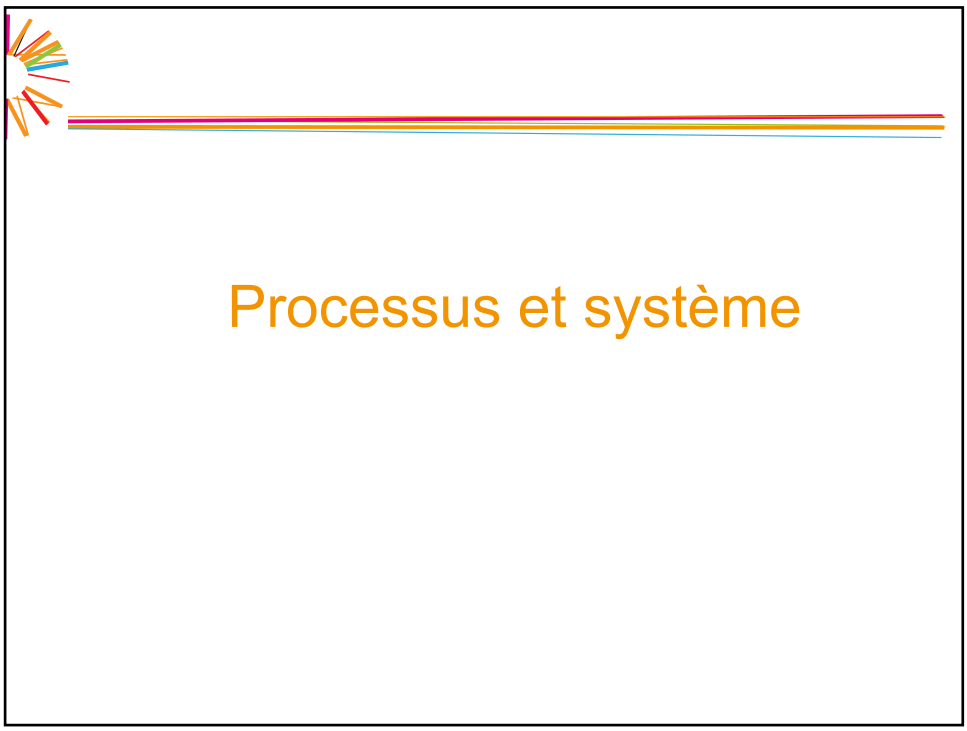
Exécution d'un programme source

- Solution 2 : en le faisant interpréter par un autre programme (appelé interpréteur)

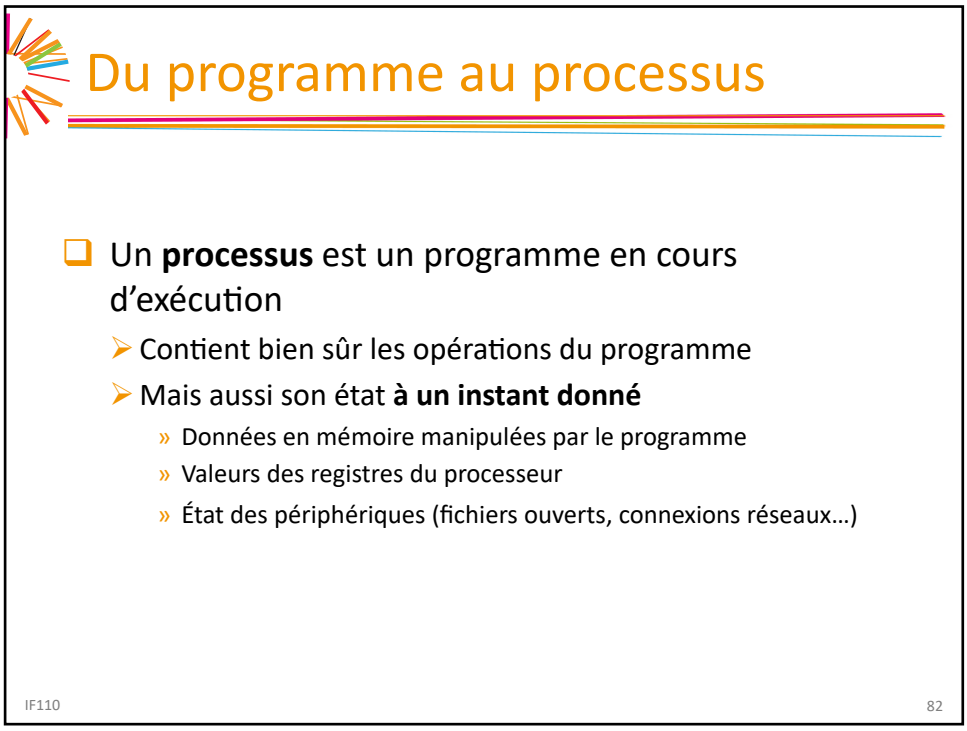


Quelques exemples de programmes

- Word, Excel ou Chrome sont des programmes binaires
- En général, dans un logiciel de jeux
  - Le jeu lui-même est un programme binaire
  - Capable d'interpréter les *mods* qui, eux, sont directement des programmes sources *(mod = extension du jeu)*
- Les applications Android sont
  - Interprétées avant Android KitKat (version 4.4)
  - Compilées dès qu'elles sont installées depuis Android KitKat
- Les pages Web dynamiques sont interprétées



Processus et système



Du programme au processus

- Un **processus** est un programme en cours d'exécution
  - Contient bien sûr les opérations du programme
  - Mais aussi son état **à un instant donné**
    - Données en mémoire manipulées par le programme
    - Valeurs des registres du processeur
    - État des périphériques (fichiers ouverts, connexions réseaux…)

Gestion des processus

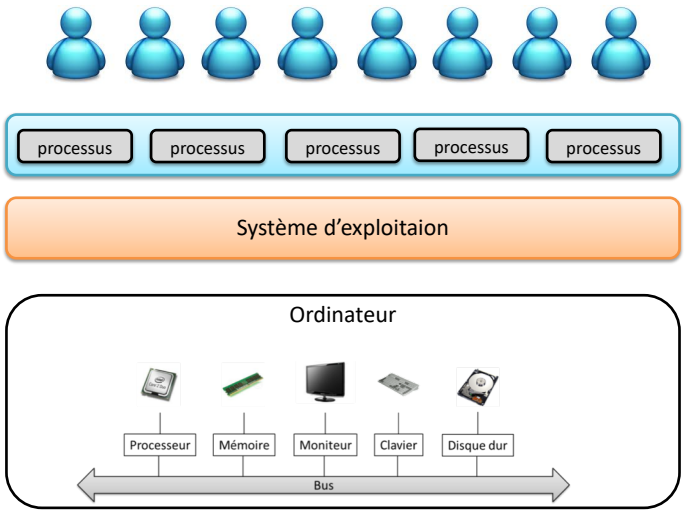
- Le **système d'exploitation** est un logiciel particulier qui gère les processus

  (Le système est le seul programme qu'on n'appelle pas processus quand il s'exécute)

- Rôle du système d'exploitation
  - Démarrer des processus

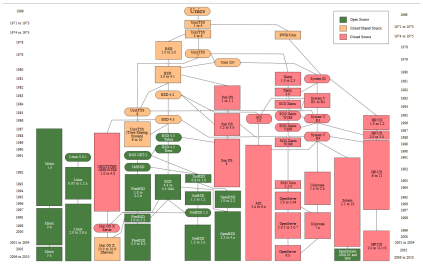
    (en chargeant le programme binaire ou l'interpréteur adéquat)
  - Arrêter des processus
  - Offrir une vision de haut niveau du matériel aux processus
  - Offrir des mécanismes de communication inter-processus (*IPC*)

Architecture globale à l'exécution



Naissance des premiers systèmes UNIX

- 1969 : première version d'UNIX en assembleur
- 1970 : le nom UNIX est créé
- 1971 : invention du langage de programmation C pour réécrire UNIX dans un langage de haut niveau
- 1991 : première version de Linux



Objectif du module

- Étude des systèmes Unix par l'exemple
- À l'aide du langage `bash`
  - Langage interprété par le programme `bash`
  - Langage spécialisé dans la gestion de processus
- Comprendre
  - La notion de fichier
  - La notion de processus
  - Quelques mécanismes de communication inter-processus

Notions clés du cours

- Un ordinateur
  - Est composé de : mémoire, processeur, périphérique et bus
  - Un processeur exécute des instructions se trouvant en mémoire
- Un logiciel contient des fichiers
  - Ressources (images, sons, textures…)
  - Programmes (source et/ou binaire)
- Un programme est une suite d'opérations + des données
- Un processus est un programme en cours d'exécution
  - Opérations + état à un instant donné
- Le système gère les processus et abstrait le matériel