



CentraleSupélec

université  
PARIS-SACLAY



CentraleSupélec

# SYSTÈMES D'EXPLOITATION

## INTRODUCTION AUX SYSTÈMES D'EXPLOITATION

🎓 3A - Cursus Ingénieurs - Dominante Informatique et Numérique

🏛️ CentraleSupélec - Université Paris-Saclay - 2024/2025



**Idir AIT SADOUNE**

[idir.aitsadoune@centralesupelec.fr](mailto:idir.aitsadoune@centralesupelec.fr)

# PLAN

- Architecture des ordinateurs
- Qu'est-ce qu'un système d'exploitation
- Rôles du système d'exploitation
- Structure d'un Système d'exploitation
- Synthèse

[Retour au plan](#) - [Retour à l'accueil](#)

# PLAN

- > Architecture des ordinateurs
- > Qu'est-ce qu'un système d'exploitation
- > Rôles du système d'exploitation
- > Structure d'un Système d'exploitation
- > Synthèse

[Retour au plan](#) - [Retour à l'accueil](#)

# L'INFORMATIQUE

- L'informatique est la science du **traitement automatique de l'information**.
- Le traitement automatique de l'information s'effectue avec des **programmes informatiques** exécutés par des **machines**
  - **les programmes** (software) décrivent le traitement à réaliser,
  - **les machines** (hardware) exécutent **les programmes**.



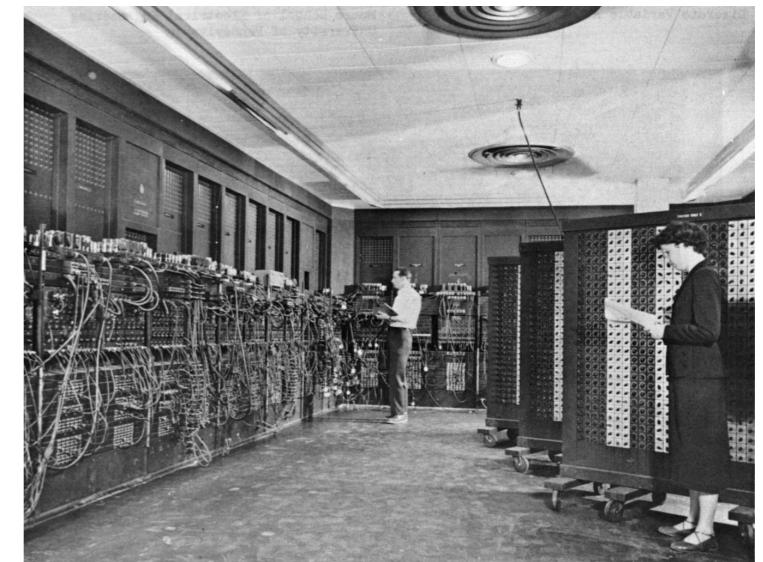
# LA NOTION D'ORDINATEUR



- L'ordinateur désigne **un équipement informatique** permettant de traiter des informations en **exécutant des instructions**.
  - ➡ On lui donne **des instructions** (programme/logiciel)
  - ➡ On lui donne **des données** (information)
  - ➡ Il **transforme** les données

# ENIAC - 1946

- Construit de 1943 à 1946 par John Mauchley et John Eckert à l'université de Pennsylvanie
- Premier ordinateur entièrement électronique (utilise des tubes à vide).
- Programmé pour résoudre tous les problèmes calculatoires.



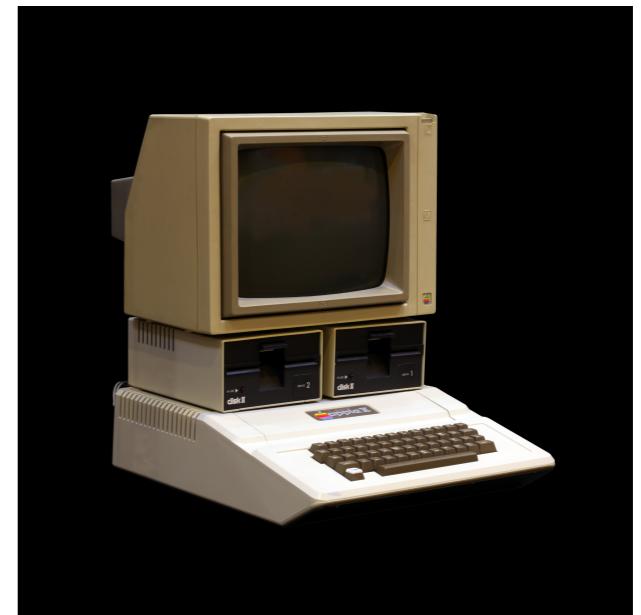
## HP 3000 - 1972

- Le **mini-ordinateur** a été une innovation des années 1970.
- L'intégration de **circuits intégrés à grande échelle** conduit au développement des **micro-processeurs**.



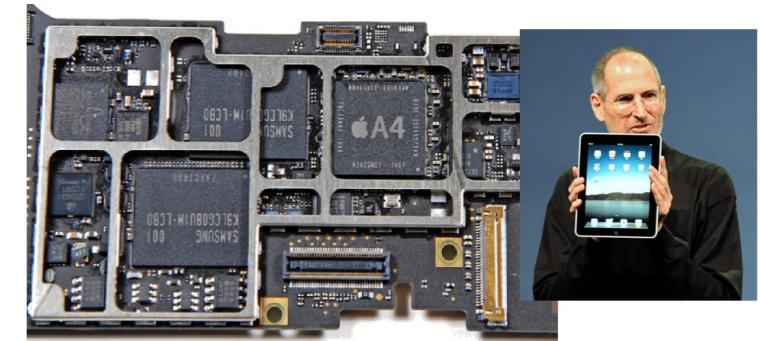
## APPLE II - 1977

- Un des premiers **ordinateurs personnels** à **micro-processeur** fabriqué à grande échelle
- Conçu par **Steve Wozniak**, commercialisé le **10 juin 1977** par **Apple**



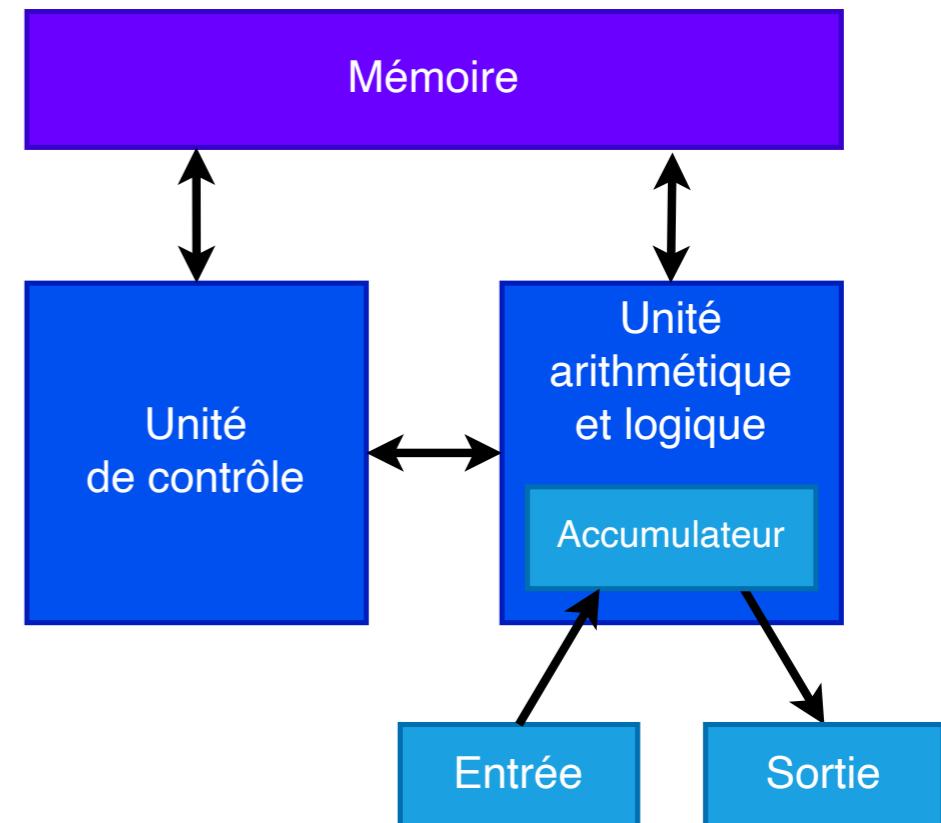
# LES ORDINATEURS D'AUJOURD'HUI

- System on a Chip (**SOC**) : un système complet embarqué dans une puce (**circuit intégré**).
- Un **circuit intégré** peut comprendre :
  - un ou plusieurs microprocesseurs
  - de la mémoire
  - des périphériques d'interface
  - ou tout autre composant

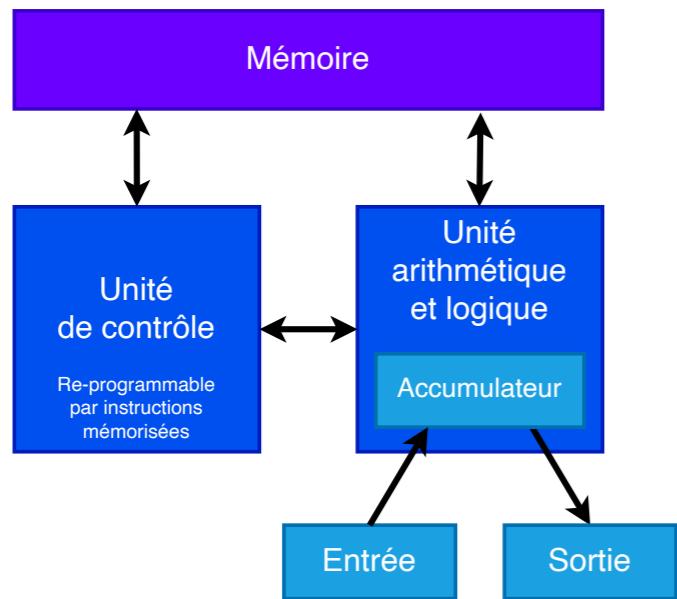


# L'ARCHITECTURE DE VON NEUMANN

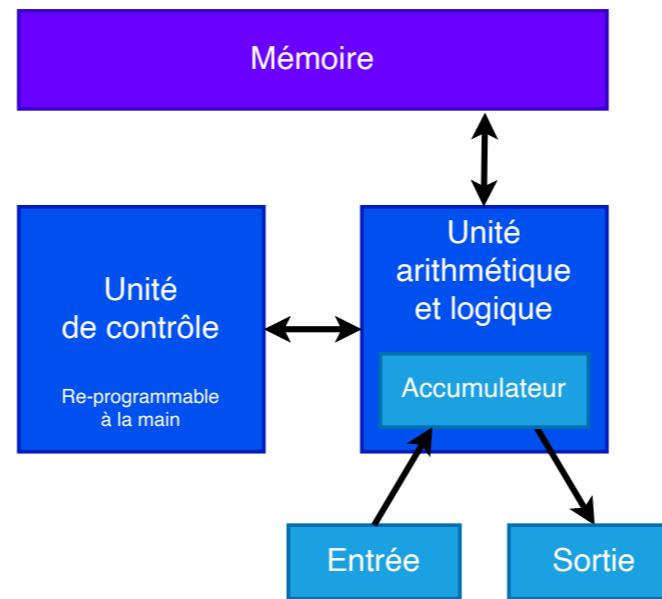
- L'architecture de von Neumann : un **modèle** pour un ordinateur avec une **mémoire unique** pour conserver
  - les instructions
  - et les données



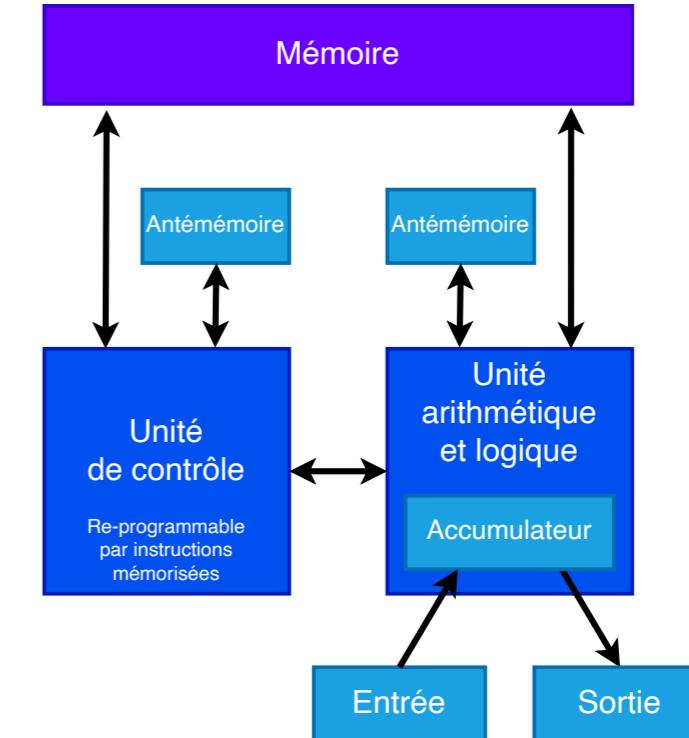
# VON NEUMANN / L'ORDINATEUR MODERNE



Von Neumann



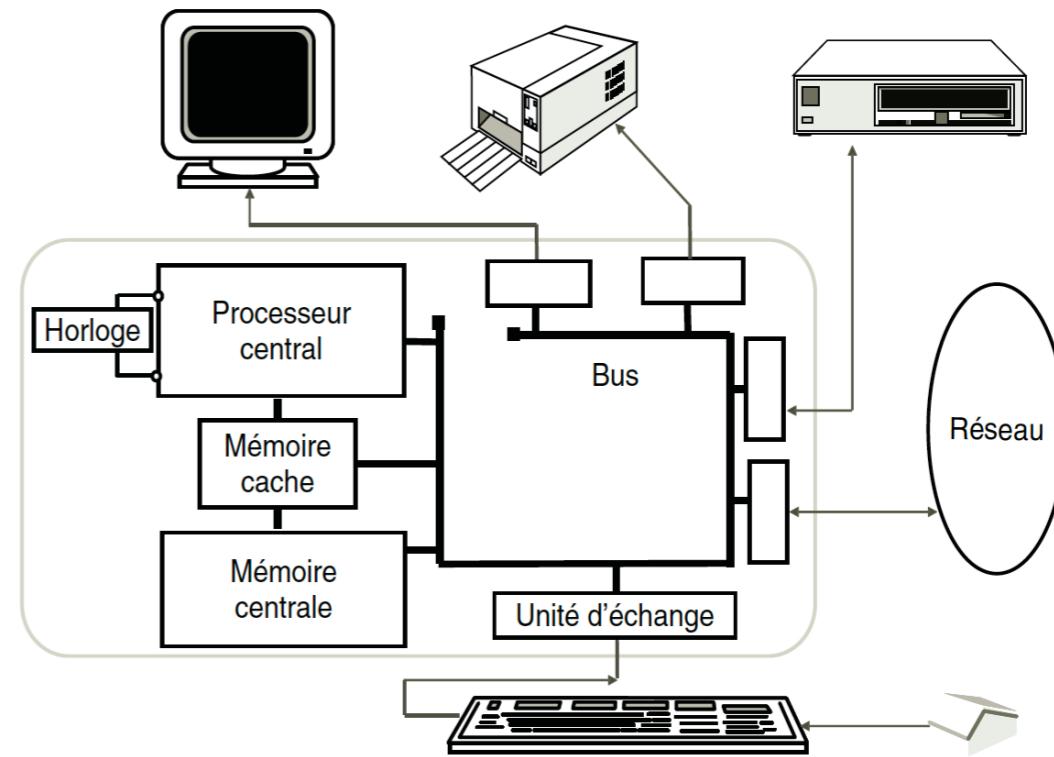
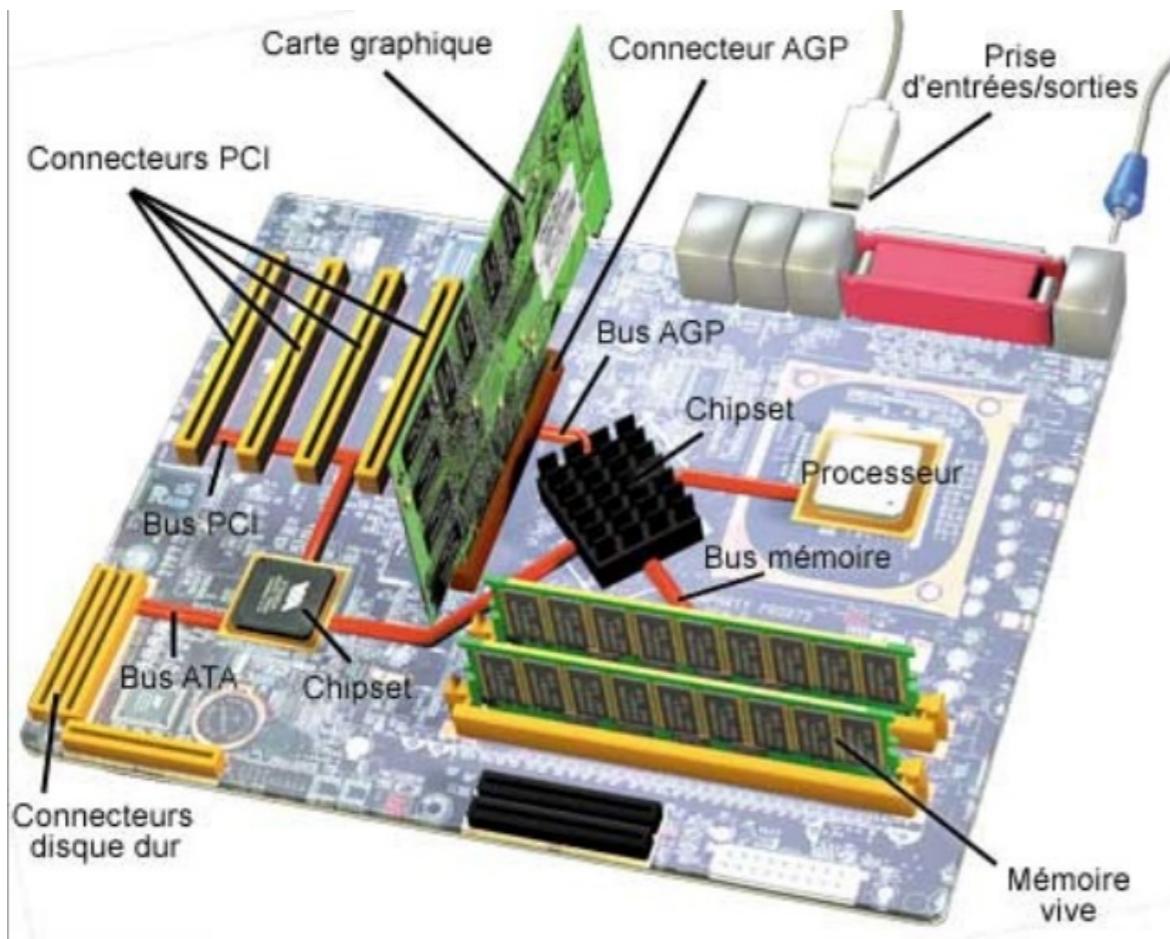
ENIAC



Ordinateur personnel

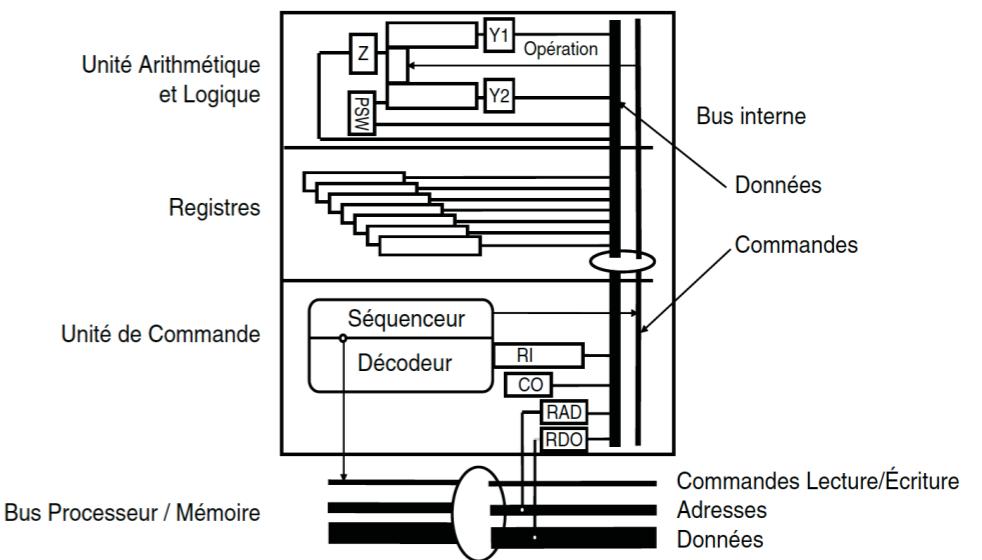
source : [la thèse d'Alexandre Brunet](#)

# STRUCTURE GÉNÉRALE D'UN ORDINATEUR



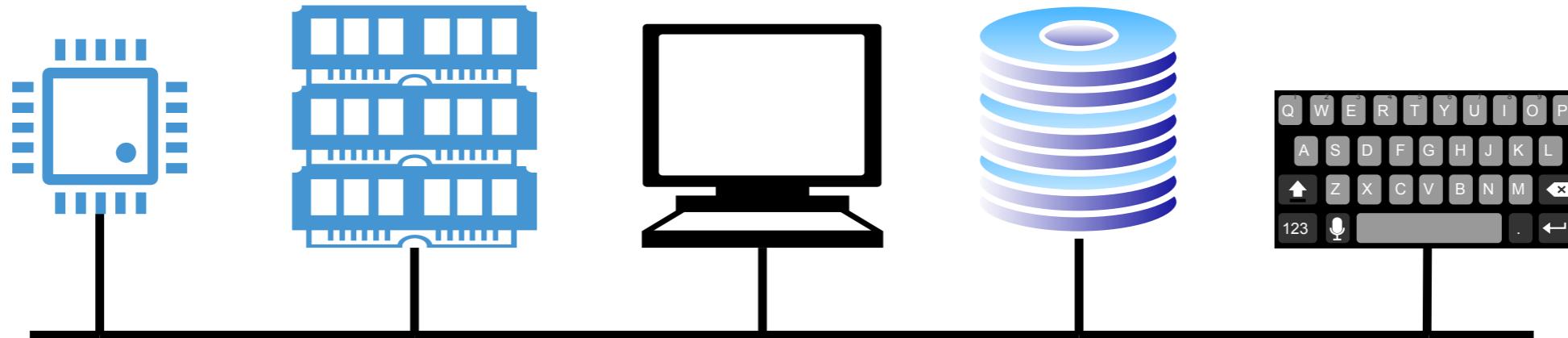
# L'ARCHITECTURE D'UN MICROPROCESSEUR

- Le microprocesseur (**CPU**) exécute les instructions machines placées en mémoire centrale.
- Le **CPU** est constitué de quatre parties
  1. l'unité arithmétique et logique (**UAL**),
  2. les registres,
  3. l'unité de commande,
  4. le bus de communication interne.



# LE FONCTIONNEMENT DE L'ORDINATEUR

Comment fonctionne un ordinateur ?



Tout cela n'est que des fils électriques ...  
... qu'on allume et qu'on éteint.

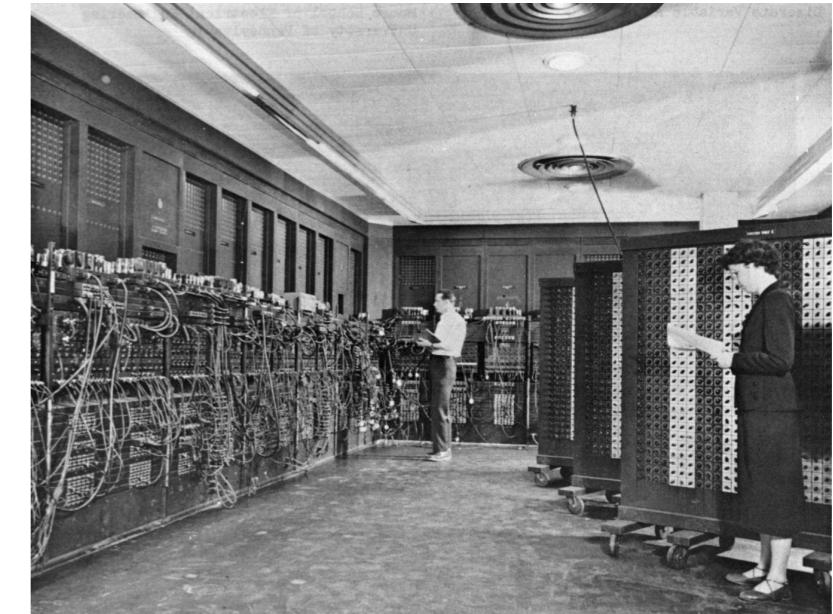
# PLAN

- Architecture des ordinateurs
- Qu'est-ce qu'un système d'exploitation
- Rôles du système d'exploitation
- Structure d'un Système d'exploitation
- Synthèse

[Retour au plan](#) - [Retour à l'accueil](#)

# AUTREFOIS : ENIAC

- Premier ordinateur **entièlement électronique** :
  - 18 000 tubes à vide
  - 1 500 relais
  - 20 registres de 10 chiffres décimaux
  - programmé à l'aide de 6 000 commutateurs
- **La programmation** se faisait directement **en langage machine**
- **Un seul programme** à la fois pouvait s'exécuté.
- L'absence d'un OS obligeait le programmeur à **charger manuellement le programme**

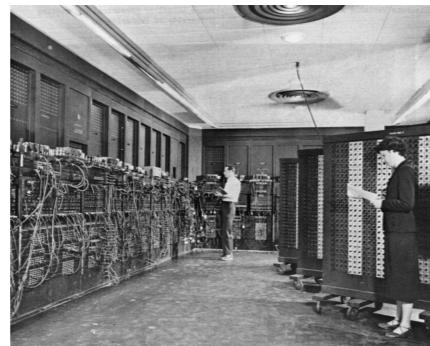


# AUTREFOIS : IBM RAMAC 305



- Premier ordinateur à disque dur (l'**IBM 350**) commercialisé en septembre 1956 par **IBM**.
- Composé des éléments suivants : unité de traitement, imprimante, console, alimentation, disque dur, mémoire 5Mo.
- L'**unité de traitement** est basée sur un tambour magnétique sur lequel est stocké le programme.
- Un opérateur programme à l'aide de **cartes perforées** et inscrit les données sur le tambour.

# AUTOMATISER LES TÂCHES



- Comment **automatiser les tâches** des opérateurs et des programmeurs ?
- Écrire un **programme informatique** qui:
  - ➡ décide qui fait quoi et à quel moment
  - ➡ fait le lien entre les applications et le matériel

# DÉFINITION

*“Un système d'exploitation est un ensemble de programmes réalisant l'interface entre le matériel et les utilisateurs.”*

- gère la partie **matérielle**
- sert de socle pour les **applications**

Applications



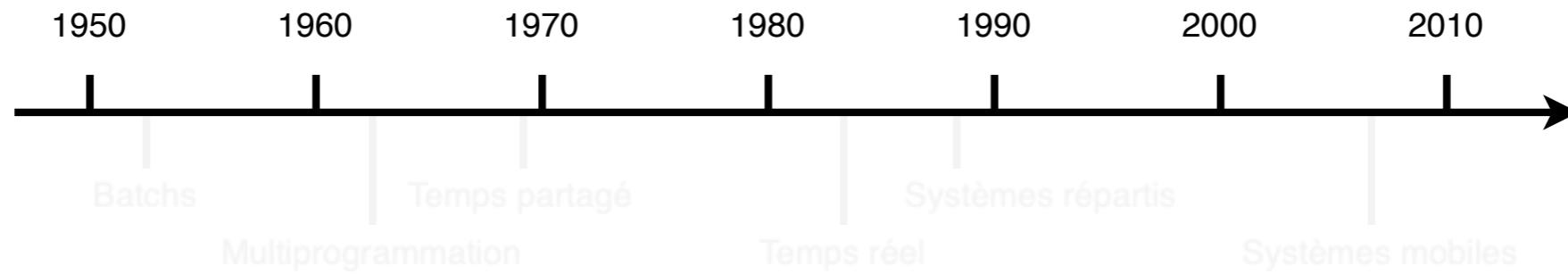
Système d'exploitation



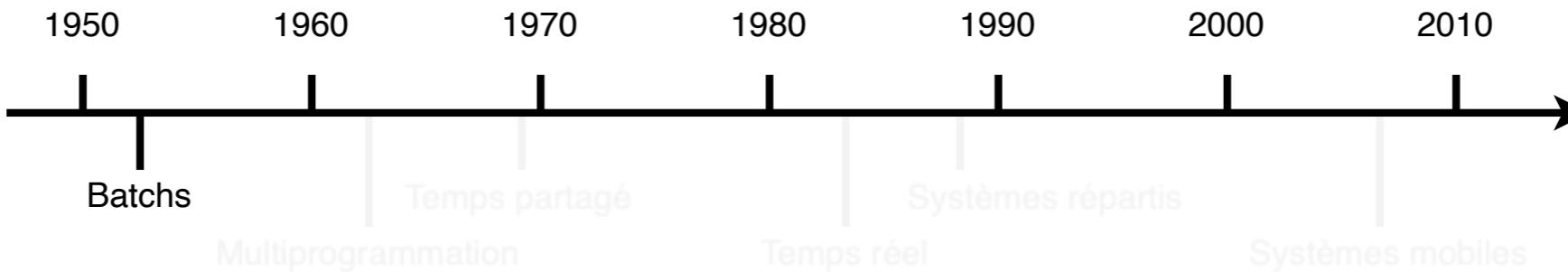
Matériel



# HISTORIQUE/TYPES DES OS

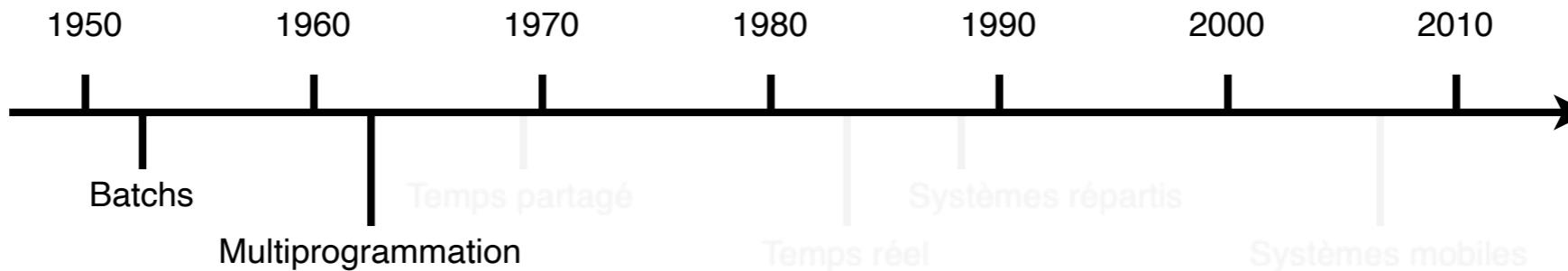


# HISTORIQUE/TYPES DES OS



- **Les systèmes batch** sont basés sur deux programmes :
  1. **le chargeur** : charger les programmes dans la mémoire centrale depuis les cartes perforées ou le dérouleur de bandes.
  2. **le moniteur d'enchaînement de traitements** : permettre l'enchaînement des travaux soumis à la place de l'opérateur.
- **Les systèmes batch** automatisent les tâches de préparation des travaux et exploitent efficacement le processeur.

# HISTORIQUE/TYPES DES OS

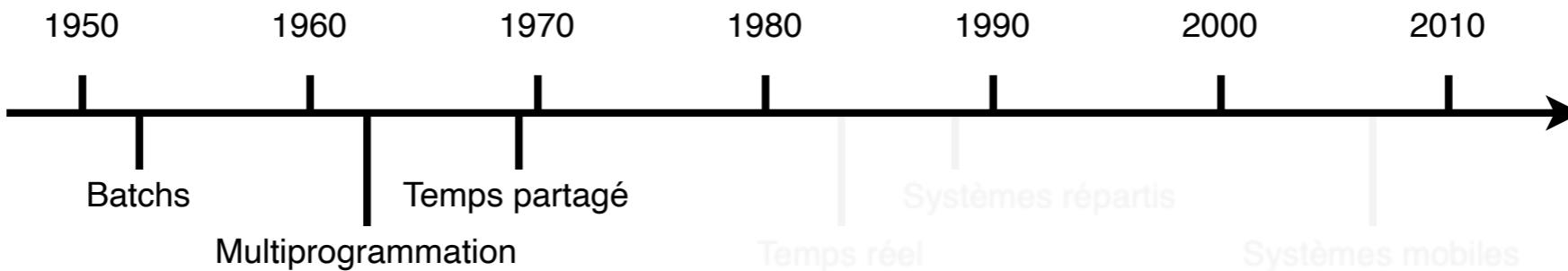


Utiliser plusieurs composants en parallèle, ce qui nécessite:

- **Gestion de la priorité** (*quel processus peut accéder à la ressource*)  
➡ ordonnancement
- **Mémoire partagée** (*gérer des informations de plusieurs processus*)  
➡ adressage et mémoire

**Exemple : MULTICS**

# HISTORIQUE/TYPES DES OS

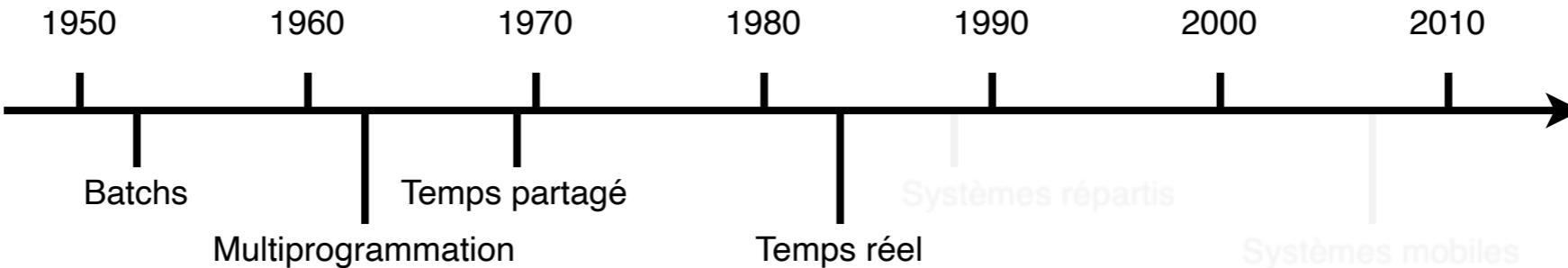


**Plusieurs processus actifs** alternant sur le processeur

- Gestion des interruptions
- Cycle de vie du processus
- Synchronisation de processus et programmation concurrente

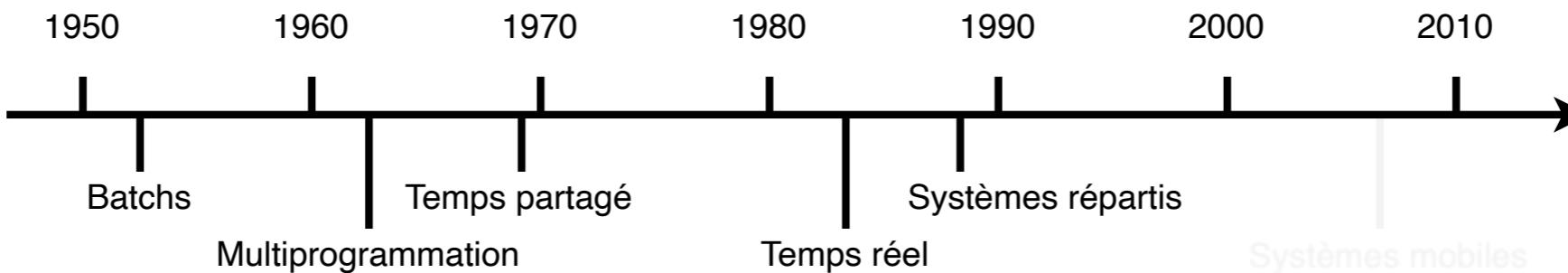
**Exemple : UNICS ou UNIX**

# HISTORIQUE/TYPES DES OS



- **Gestion des délais:** contrainte de **temps de réponse**
  - ➡ les processus doivent répondre vite
- Apparition des **micro-ordinateurs**
  - CP/M → IBM PC (MSDOS)
- Apparition des **interfaces graphiques**
  - Xerox → Apple Macintosh 1984, Windows 95, Linux 1991

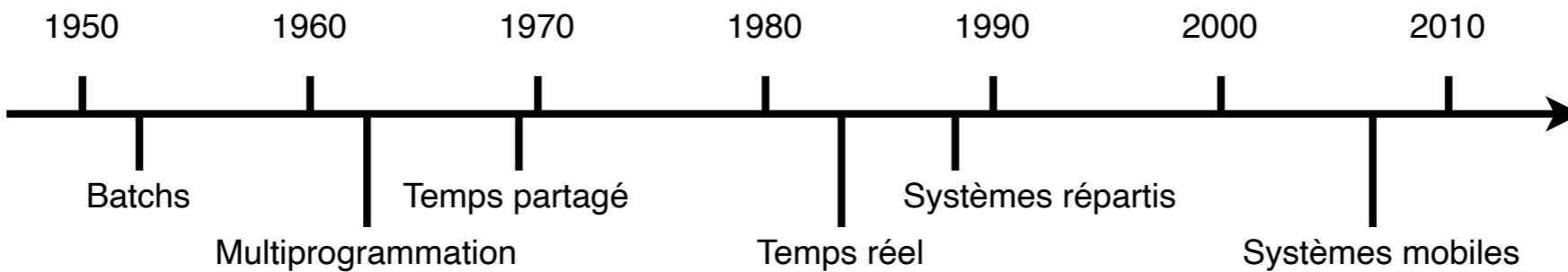
# HISTORIQUE/TYPES DES OS



- **Les ordinateurs communiquent** pour échanger des données !

- Arpanet (1967) conçu par la DARPA
- E-mail (1972) avec Ray Tomlinson
- TCP/IP(1972)
- Clients-Serveur années 80 → NFS - Network File System (Sun, 1984)
- Arpanet ouvert fin 80 → Web début 90 (CERN , Tim Berners-Lee)

# HISTORIQUE/TYPES DES OS



- **Les ordinateurs de poche** existent depuis les années 80
  - 1986 : sortie des PDA → PalmOS
  - 2007 : sortie des smartphones → android OS
  - 2007 : sortie de l'iPhone → iOS

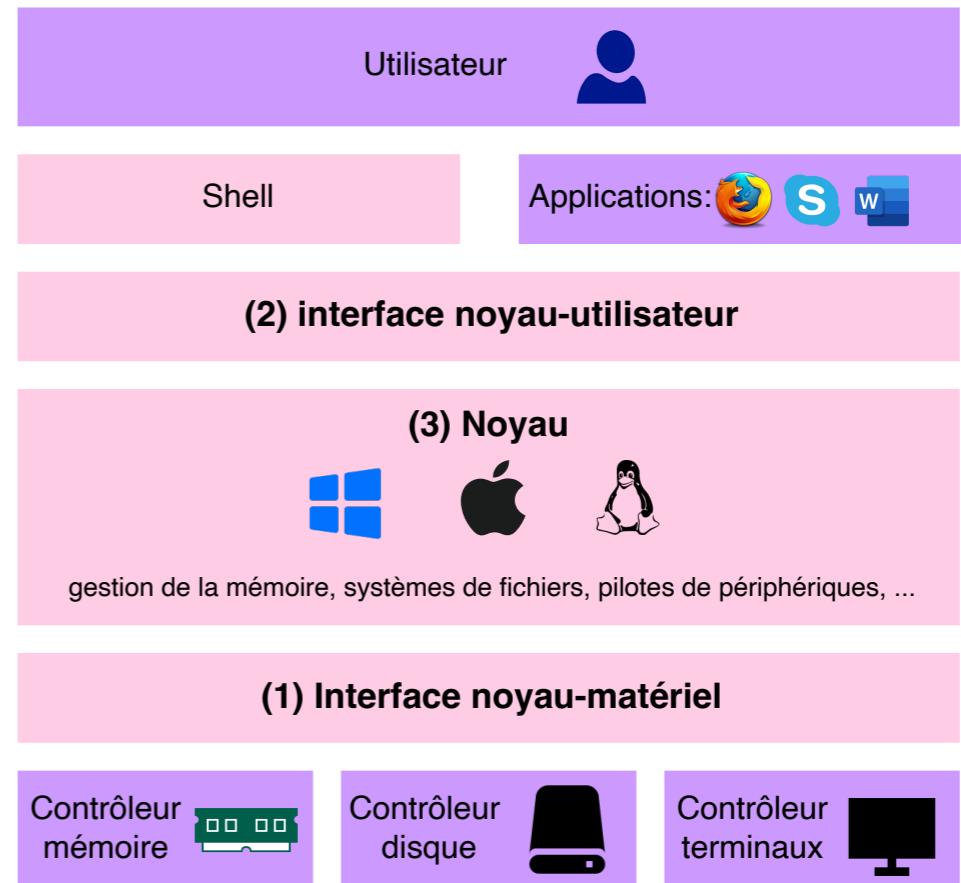
# PLAN

- Architecture des ordinateurs
- Qu'est-ce qu'un système d'exploitation
  - Rôles du système d'exploitation
- Structure d'un Système d'exploitation
- Synthèse

[Retour au plan](#) - [Retour à l'accueil](#)

# RÔLES DU SYSTÈME D'EXPLOITATION

1. **L'interface noyau-matériel** prend en charge la gestion et le partage des ressources de la machine.
2. **L'interface noyau-utilisateur** construit une machine virtuelle plus facile d'emploi et plus conviviale.
3. **Le noyau** assure plusieurs grandes fonctionnalités.



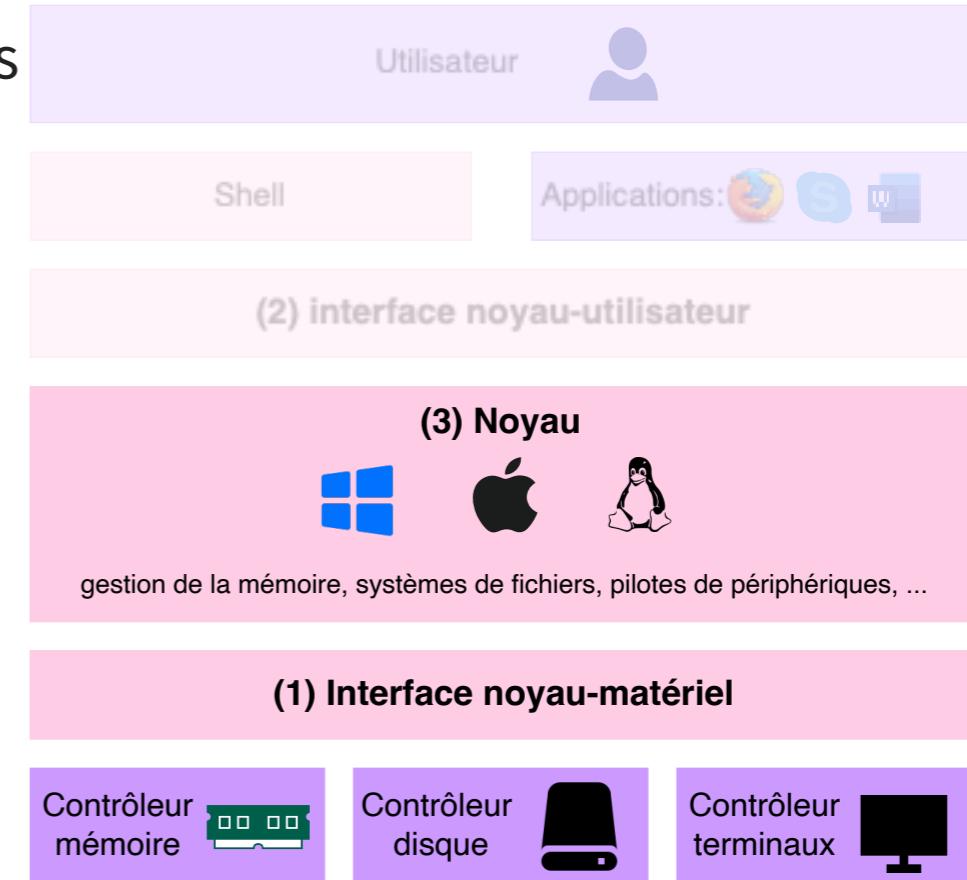
# INTERFACE NOYAU-MATÉRIEL

- Gérer l'accès et le partage des ressources matérielles (arbitrage).

- processeur
- mémoire centrale
- périphériques
- ...

- Cet arbitrage doit assurer:

- l'équité d'accès aux ressources
- la protection de l'accès aux ressources
- la cohérence des états des ressources

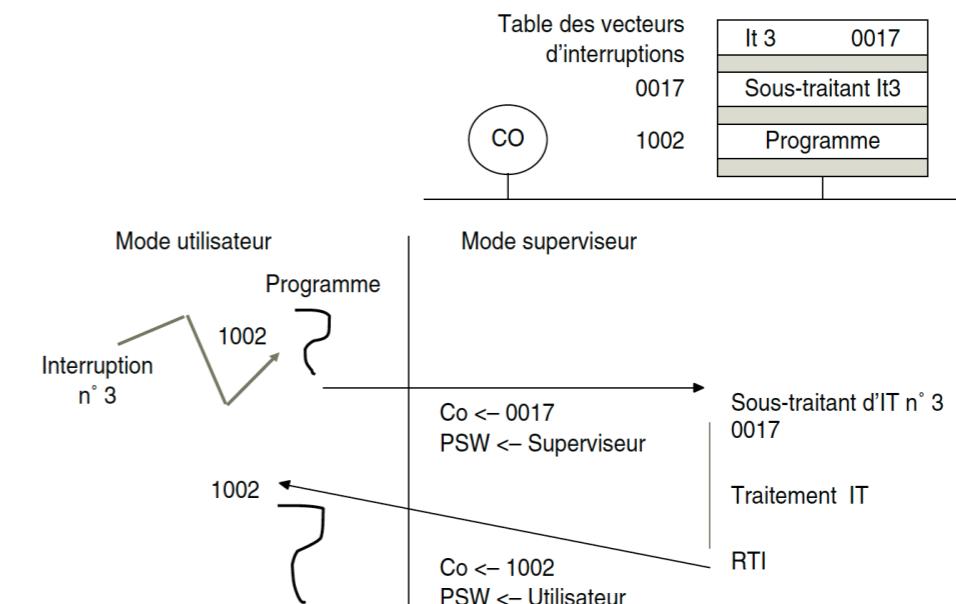


# INTERRUPTION - IRQ

- L'OS s'interface avec la couche matérielle, par le biais du mécanisme des interruptions (Interrupt ReQuest ou IRQ).
  - ➡ prendre connaissance des événements survenant sur le matérielle
- L'IRQ est un signal (code) permettant à un dispositif externe d'interrompre le processeur pour lancer un traitement particulier.
  - à chaque code correspond une routine de traitement de l'OS.
  - les adresses des routines sont dans une table placée en mémoire (la table des vecteurs d'interruptions).
  - les routines d'interruptions sont chargées en mémoire au moment du chargement de l'OS et exécutées en mode superviseur.

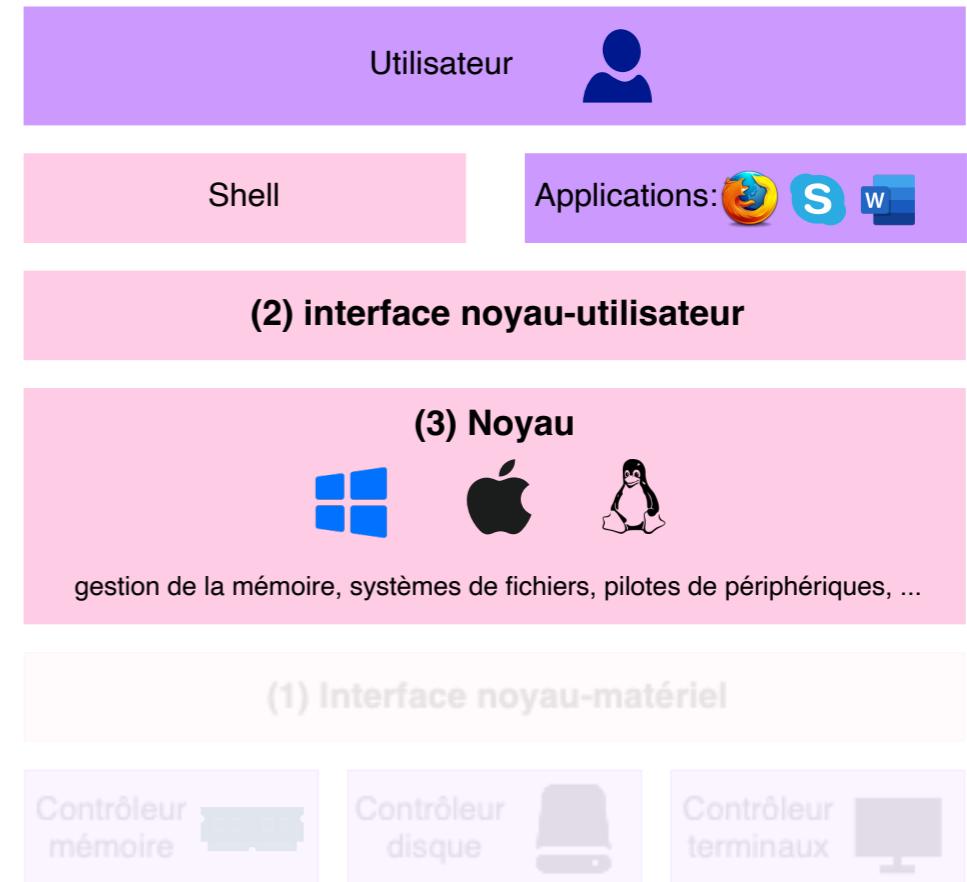
# PRISE EN COMPTE D'UNE IRQ

- Enregistrer → **pile de l'OS**
  - l'adresse d'**instruction interrompue**
  - l'**état du processeur** (registres)
- Passer en **mode superviseur**
- Charger la **routine** correspondant à **l'interruption**



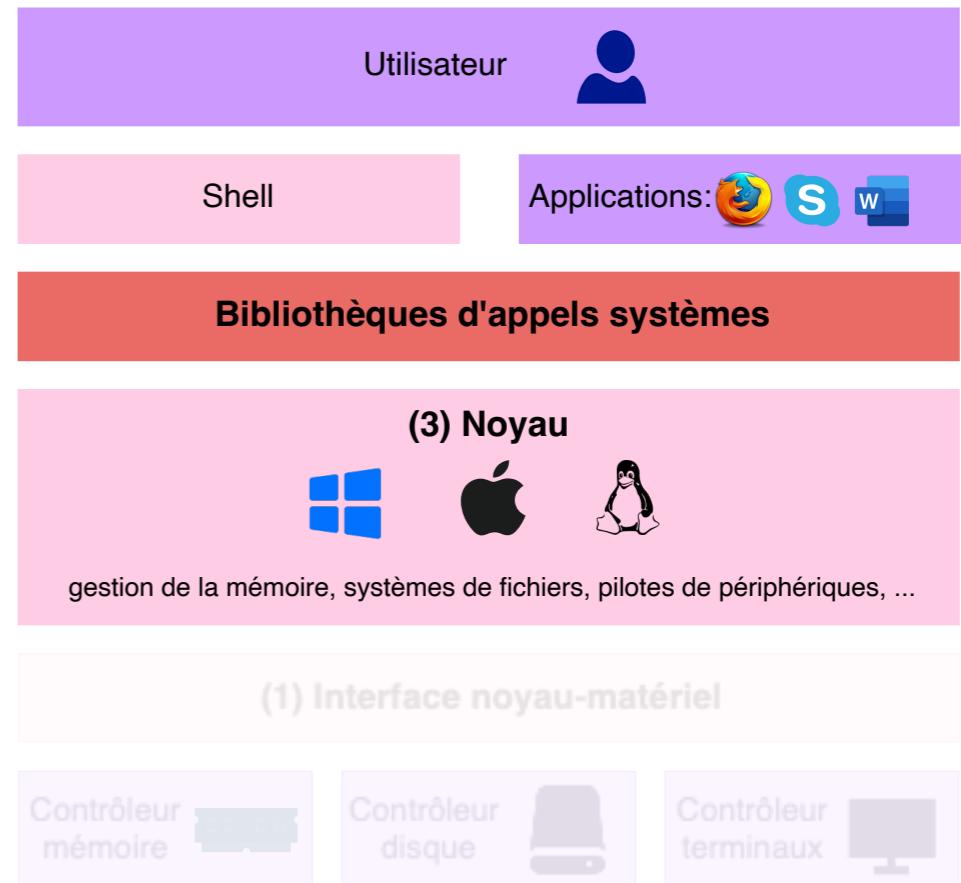
# INTERFACE NOYAU-UTILISATEUR

- Présenter une **interface** entre le hardware et les applications.  
➡ une **interface simplifiée et unifiée**.
- Présenter au-dessus de la machine physique, **une machine virtuelle** plus simple et plus conviviale.
- Créer **l'illusion de vrais ressources physiques** (processeur, mémoire, périphérique ...).



# LES APPELS SYSTÈMES

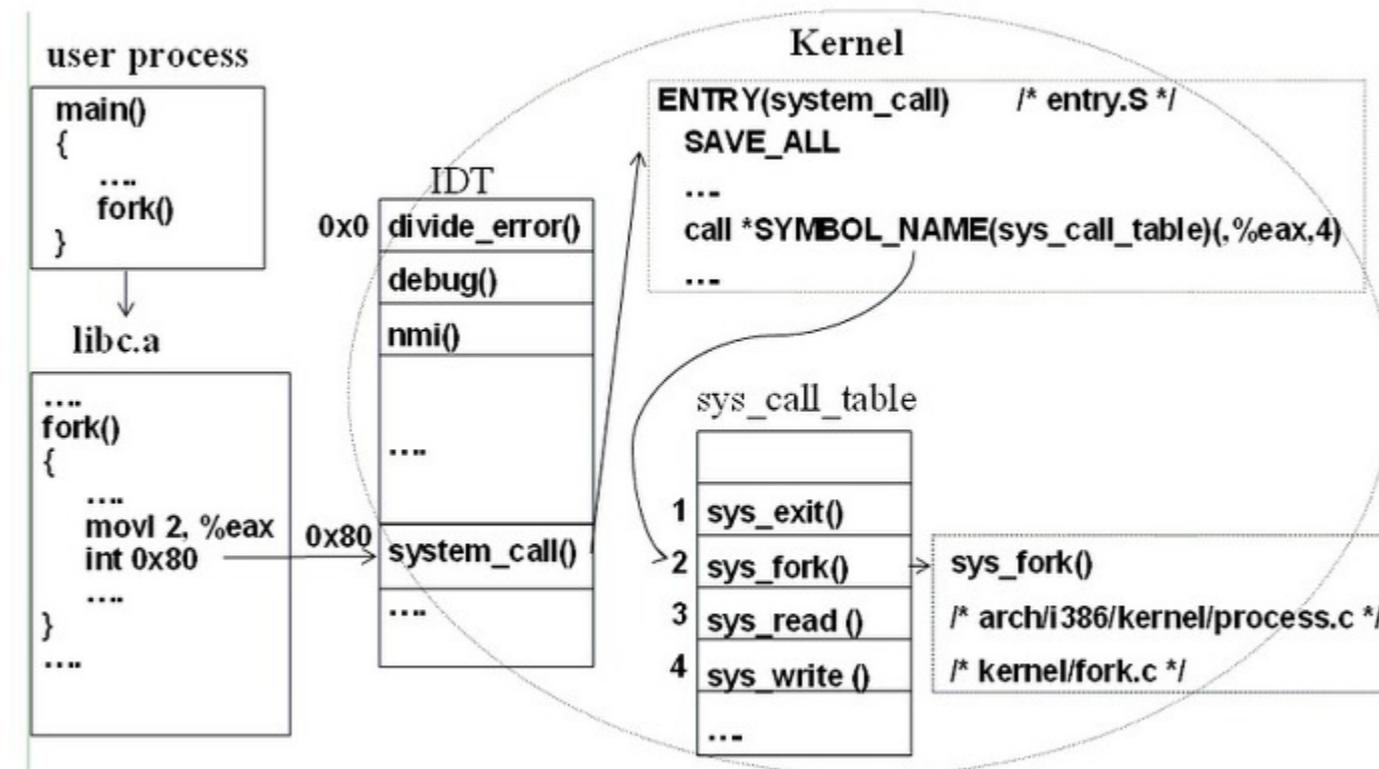
- Fournir une **interface d'accès** aux ressources matérielles.
  - ➡ par le biais de **fonctions prédéfinies (appels/routines systèmes)**.
  - ➡ les points d'entrées aux **fonctionnalités de l'OS**.



# EXEMPLES D'APPELS SYSTÈMES

- **Contrôle de processus**
  - `sys_fork` : créer un processus
  - `sys_wait` : attendre la terminaison d'un processus
  - `sys_exit` : terminer l'exécution d'un processus
  - `sys_kill` : Envoyer un signal à un processus
- **Gestion des fichiers**
  - `sys_open/sys_close` : ouvrir/fermer un fichier
  - `sys_read/sys_write` : lire/écrire des données dans un fichier
  - `sys_mkdir/sys_rmdir` : créer/supprimer un répertoire

# L'APPEL SYSTÈME `fork()`

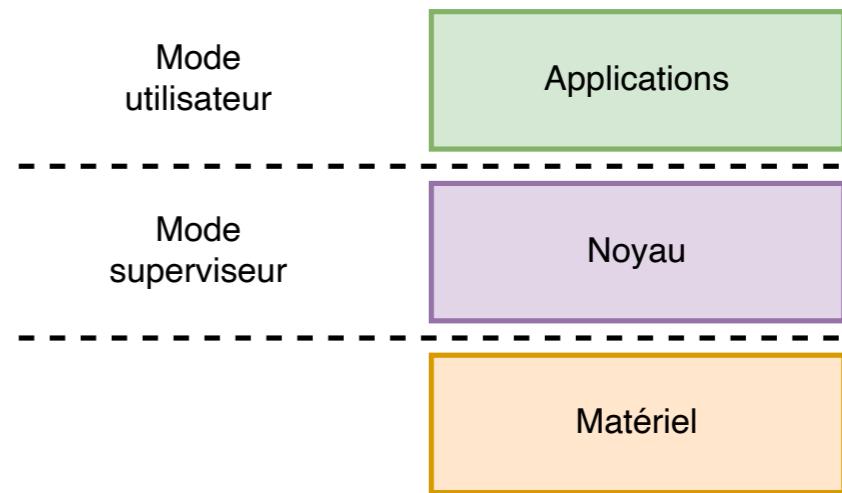


# EXEMPLE SOUS UNIX

- L'instruction `os.chdir(path)` permet de changer le répertoire courant d'un programme **Python** en cours d'exécution.
- La commande `cd path` permet de changer le répertoire courant depuis l'**interpréteur de commandes (Shell)**.
- Les deux exécutent la routine système `sys_chdir`.

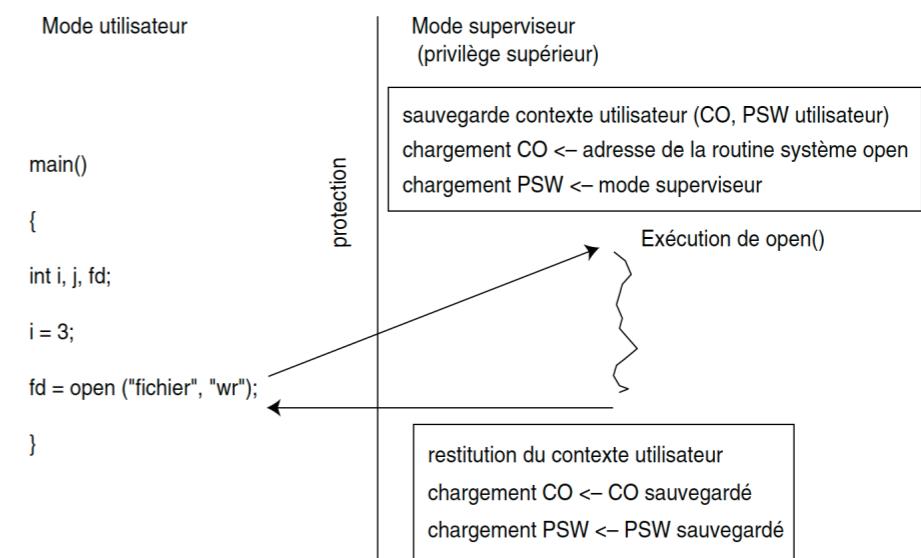
# MODES D'EXÉCUTIONS

- Un programme utilisateur s'exécute dans un mode utilisateur :
  - un jeu d'instructions restreint pour protéger la machine.
    - ex. manipulation des IRQs interdite.
- L'OS s'exécute dans un mode privilégié (mode superviseur) :
  - aucune restriction de droits n'existe.



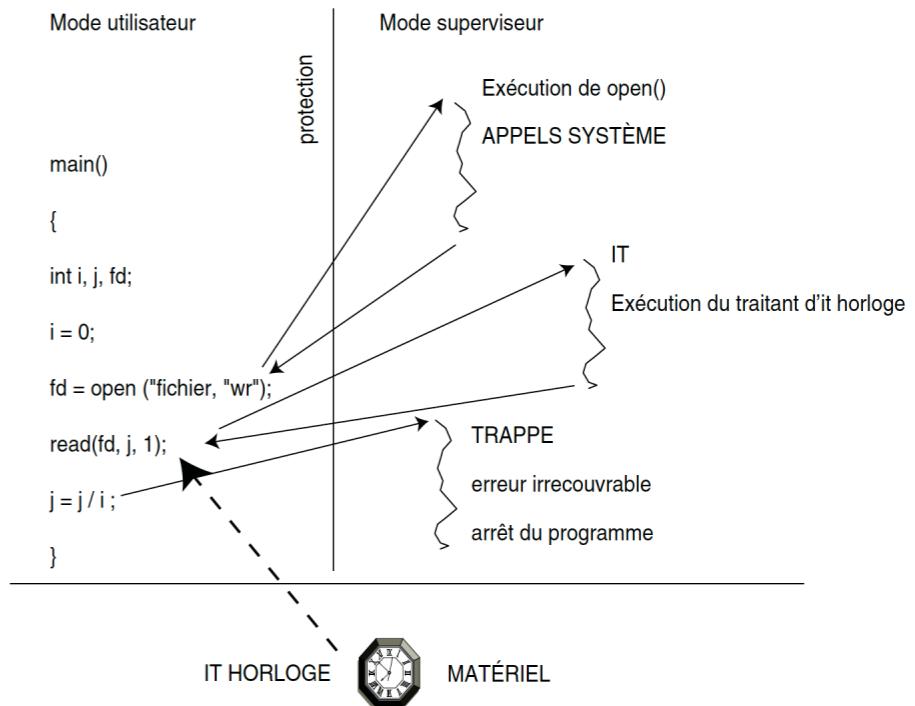
# COMMUTATIONS DE CONTEXTE

- A l'appel d'une fonction du noyau, il y a passage au **mode superviseur** (**commutation de contexte**).
- A la fin de l'exécution de la fonction du noyau, le programme repasse au **mode utilisateur**.
  - commutation de contexte avec **restauration du contexte utilisateur**.
  - reprise de l'exécution du programme utilisateur



# LES CAUSES DE COMMUTATIONS DE CONTEXTE

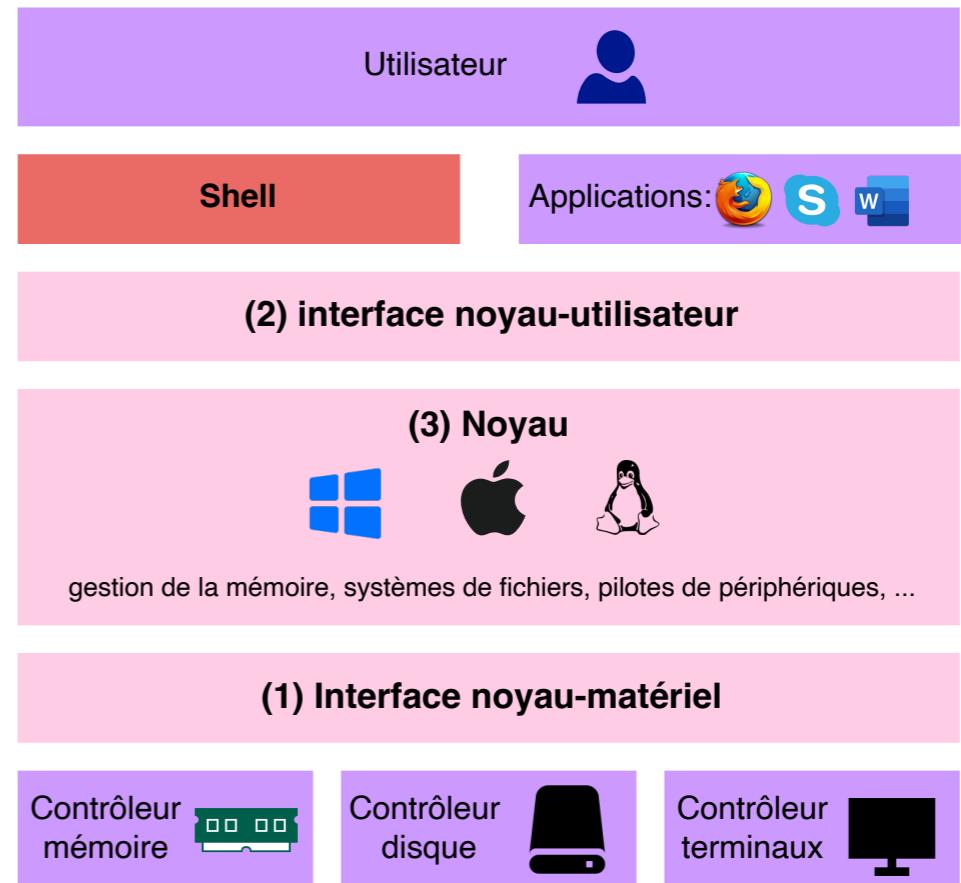
1. appelle d'une **fonction système**.
2. exécute une opération illicite (**trappe** ou **exception**).
3. prise en compte d'une **interruption matérielle**.



Trappes et appels systèmes sont parfois qualifiés d'**interruptions logicielles** par opposition aux interruptions matérielles.

# INTERPRÉTEUR DE COMMANDE (SHELL)

- **Langage de commandes** :  
l'interface de niveau utilisateur  
avec le système d'exploitation.
- **Interpréteur de commandes** :  
exécuter **des commandes de l'utilisateur**  
en appellant **la routine système** appropriée.



# INTERPRÉTEUR DE COMMANDE (SHELL)

- Chaque système d'exploitation a son propre **langage de commandes**:
  - **MSDOS/Unix** : console + clavier
  - **Mac/Windows** : souris + clavier
  - **iOS/Android** : boutons + écran tactile

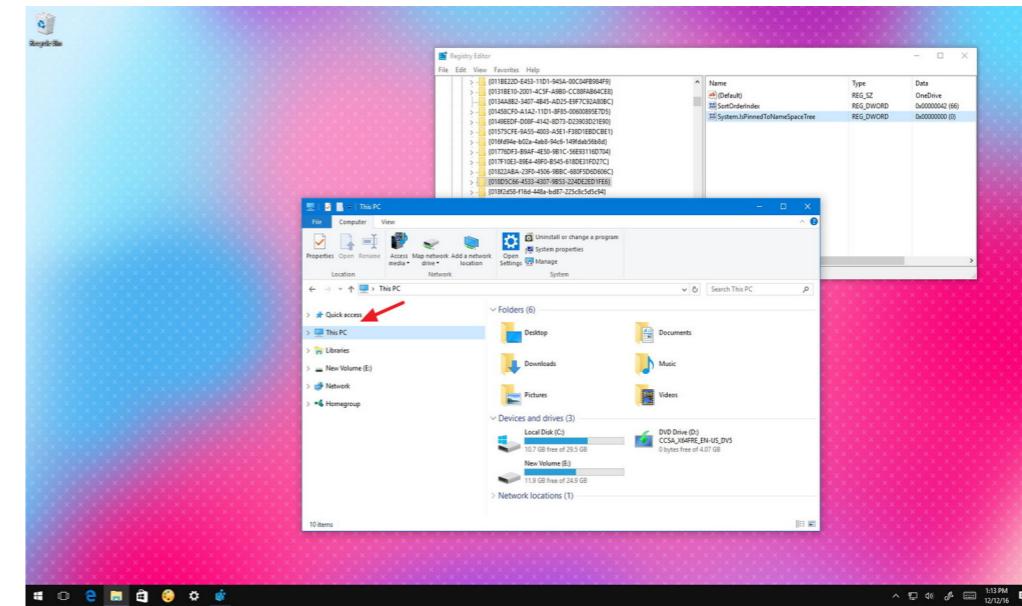
```
C:\>unformat /?
Récupère un disque détruit par la commande FORMAT
ou par la commande RECOVER.

UNFORMAT lecteur: [/J]
UNFORMAT lecteur: [/U] [/L] [/TEST] [/P]
UNFORMAT /PARTN [/L]

lecteur: Lecteur à récupérer.
/J      Vérifie que les fichiers MIRROR correspondent à l'information
       système sur le disque.
/U      Restaure sans utiliser les fichiers MIRROR.
/L      Affiche les noms de tous les fichiers et répertoires trouvés,
       ou, en conjonction avec /PARTN, affiche la table des partitions.
/TEST   Affiche les infos mais n'écrit pas les modifications sur disque.
/P      Envoie les messages sur l'imprimante connectée au port LPT1.
/PARTN  Restaure la table des partitions du disque.

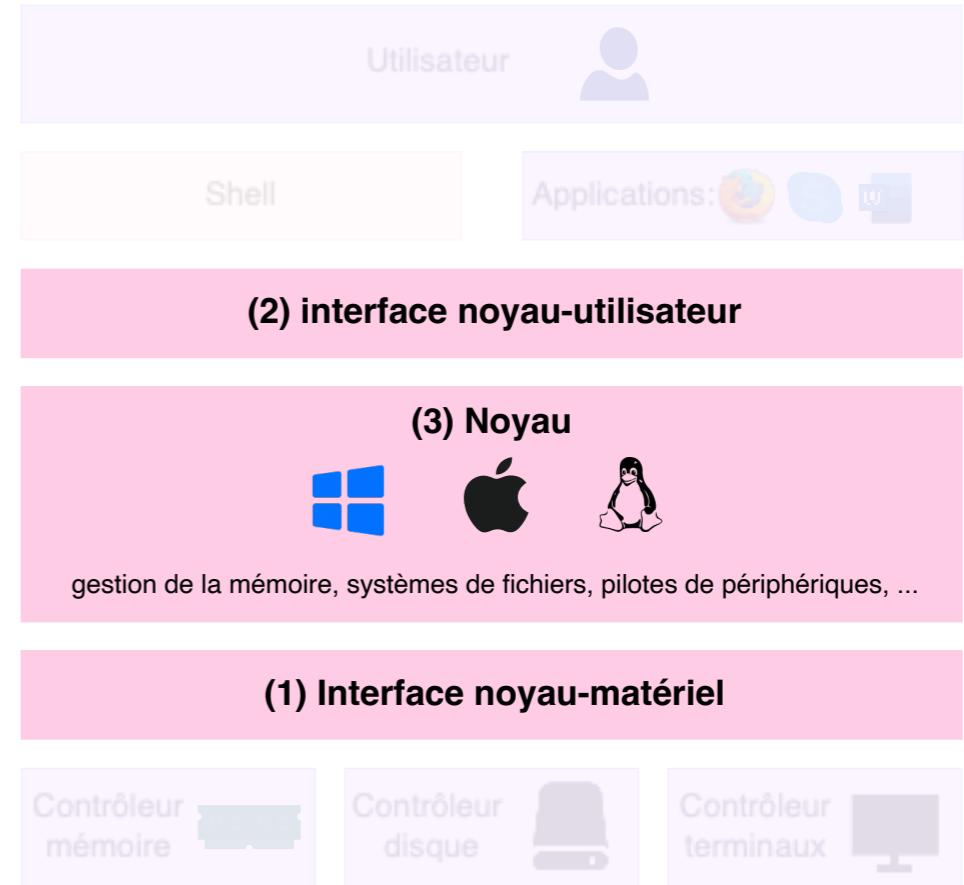
MIRROR, UNDELETE et UNFORMAT Copyright (C) 1987-1993 Central Point Software,
Inc.

C:\>_
```



# NOYAU D'UN SYSTÈME D'EXPLOITATION

- **Gestion des entrées/sorties (I/O)**
  - contrôleurs, pilotes, ...
- **Gestion des processus**
  - ordonnancement, synchronisation, ...
- **Gestion mémoire**
  - allocation, gestion des espaces, ...
- **Gestion du stockage secondaire**
  - système de fichiers, ...
- **Gestion de la sécurité**



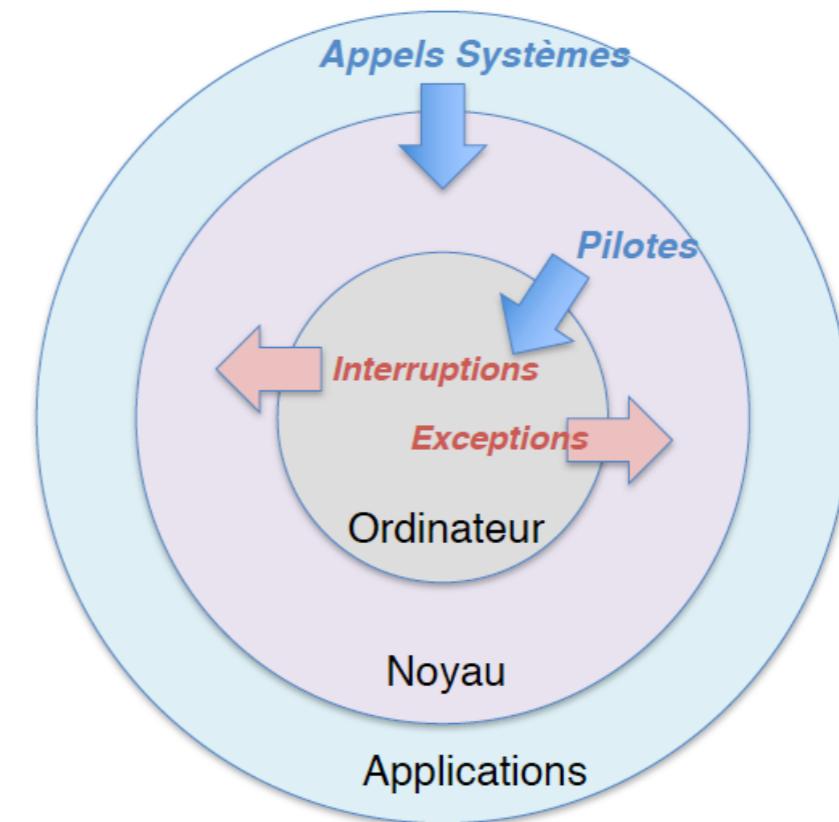
# PLAN

- Architecture des ordinateurs
- Qu'est-ce qu'un système d'exploitation
- Rôles du système d'exploitation
- Structure d'un Système d'exploitation
- Synthèse

[Retour au plan](#) - [Retour à l'accueil](#)

# ORGANISATION GÉNÉRALE DE L'OS

- **Interruptions** : évènements produits par le matériel.
- **Exceptions** : événements générés par le processeur.
- **Pilotes (drivers)** : applications contrôlant les périphériques.
- **Noyau (kernel)** : application rendant des services généraux.
- **Appels Systèmes** : demandes de services.

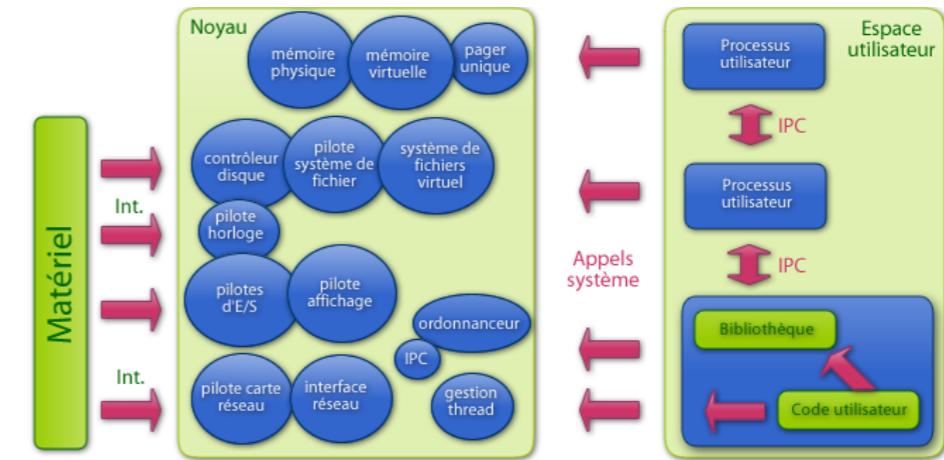


# STRUCTURE DES OS

- Comment organiser les différentes fonctions d'un **OS** ?
  - ➡ Qu'est-ce qui est dans le **noyau** (en **mode Superviseur**) ?
  - ➡ Comment interagissent les différents composants ?

# NOYAUX MONOLITHIQUES

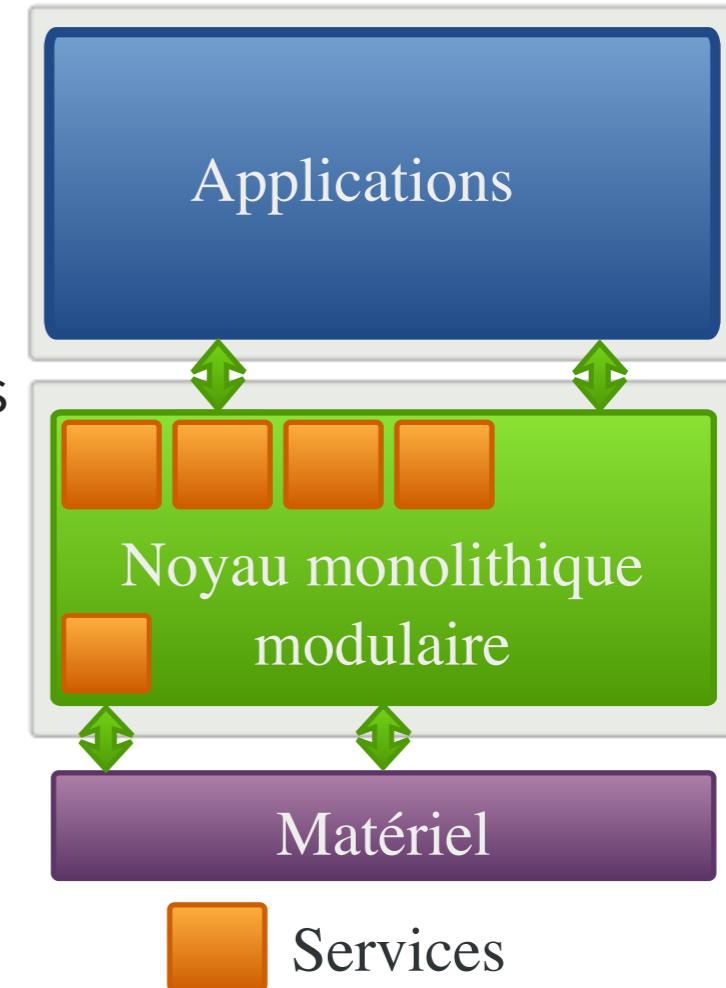
- L'ensemble des fonctions/pilotes sont regroupés dans **un seul bloc**.
- Ex. anciennes versions de **Linux** ou certains **vieux Unix**.
- Les OS **monolithiques** sont rapides mais délicats à maintenir.



source : <https://fr.wikipedia.org>

# NOYAUX MONOLITHIQUES MODULAIRES

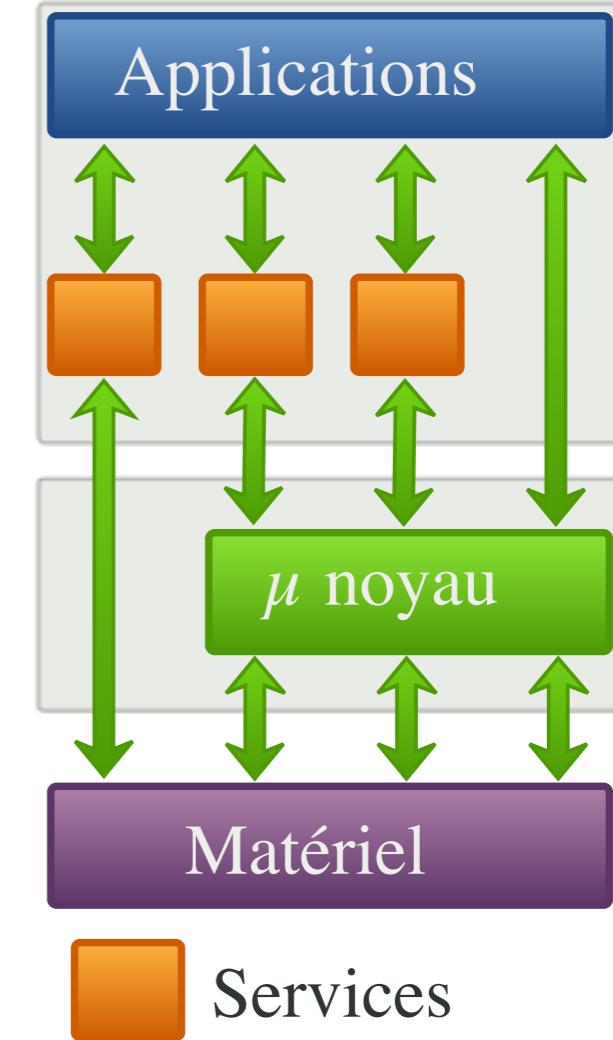
- Seules **les parties fondamentales** de l'OS sont regroupées dans **un bloc unique**.
- Les autres fonctions (**ex.** les pilotes) sont regroupées dans des **modules séparés**.
- **Ex.** Linux ou Solaris.
- Les OS **monolithiques modulaires** ne sont pas faciles à concevoir (dépendances multiples).



source : <https://fr.wikipedia.org>

# SYSTÈMES À MICRO-NOYAUX

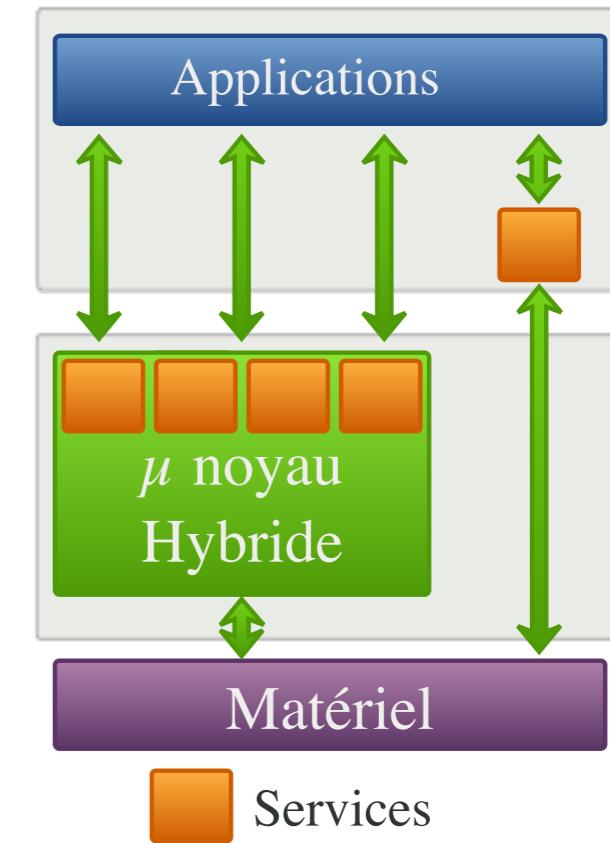
- **Minimiser les fonctionnalités dépendantes** du noyau en plaçant des services l'extérieur.
- **Éloigner les services « à risque »** des parties critiques de l'OS regroupées dans le noyau.
- **Ex. Mach de Mac OS X.**
- Les OS à **micro-noyaux** pur sont trop lents.



source : <https://fr.wikipedia.org>

# SYSTÈMES À NOYAUX HYBRIDES

- Combiner des noyaux **monolithiques** et des **micro-noyaux** pour avoir les avantages des deux.
- Ex. XNU de **Mac OS X**.



source : <https://fr.wikipedia.org>

Les OS avec un micro-noyau étendus en fonctionnalités par d'autres composants sont les plus utilisés.

# CHARGEMENT D'UN OS

- L'**OS** est le premier programme exécuté lors de la mise en marche de l'ordinateur, après l'amorçage (**boot**).
- Le **boot (bootstrap)** désigne les étapes successives du démarrage.

# LES ÉTAPES DU BOOT

## 1. le **POST** test - **Power On Self Test**

- après un start ou un reset, le processeur charge **les premières instructions** à partir de la **ROM** du **BIOS** situées à l'adresse **FFFF0**.
- des instructions de **branchement vers un programme** du **BIOS** qui **initialise et teste les fonctions vitales** du hardware

## 2. le chargement du **MBR** - **Master Boot Record**

- si le **POST** réussit, il consultera la **RAM CMOS** pour identifier le **disque système** dont le premier secteur est appelé **MBR**.
- le code du **MBR** teste la table de partition pour charger la partition contenant le secteur d'amorçage avec l'**IPL** - **Initial Program Load**.
  - ➡ l'**IPL** charge l'**OS** ou le **bootmanager** en RAM.
  - ➡ l'**OS** est lancé

# PLAN

- Architecture des ordinateurs
- Qu'est-ce qu'un système d'exploitation
- Rôles du système d'exploitation
- Structure d'un Système d'exploitation
- Synthèse

[Retour au plan](#) - [Retour à l'accueil](#)

# SYNTHÈSE

- Un système d'exploitation est un ensemble de programmes réalisant l'interface entre le matériel et les utilisateurs.
- Les deux objectifs principaux de cette interface sont :
  1. construire au-dessus du matériel d'une machine virtuelle plus facile d'emploi et plus conviviale (accessible par des **appels système**);
  2. prendre en charge de la gestion de plus en plus complexe des ressources et le partage de celles-ci (gestion basée sur les **interruptions**).
- Les fonctionnalités du système d'exploitation sont accessibles par le biais des commandes ou des appels système.

# SYNTHÈSE

- Le **mode superviseur** est le mode d'exécution du noyau du système d'exploitation.
- Le passage du **mode utilisateur** vers le mode superviseur peut être provoqué par un appel système, une trappe, ou par une **IRQ**.
- Il s'accompagne d'une commutation de contexte qui consiste à :
  - sauvegarder le contexte utilisateur
  - changer le mode d'exécution
  - restituer le contexte utilisateur

# MERCI

[Version PDF des slides](#)

[Retour à l'accueil - Retour au plan](#)