Histoire et actualité de l'informatique

Évolution, problèmes, perspectives

Sacha Krakowiak

Université de Grenoble

Séance 2
Naissance du logiciel
Nouvelles générations d'ordinateurs

1954-1965

Où en est-on au début des années 50 ?

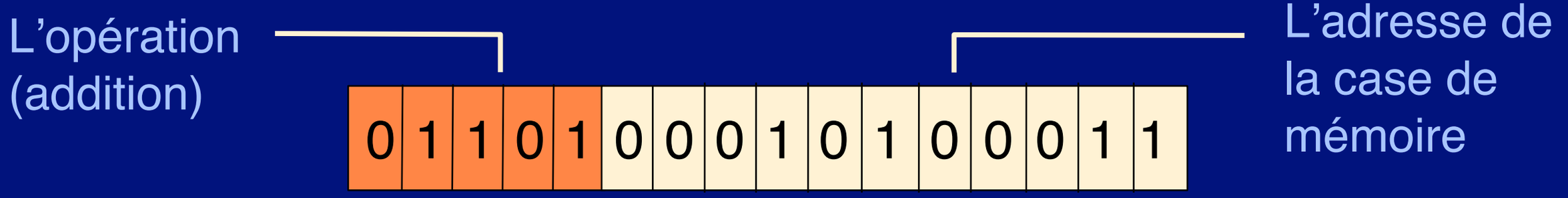
- Les avancées
  - Turing (et les autres) : définition et limites de l'algorithme, la machine universelle
  - von Neumann (et les autres): le modèle de base, toujours valable
  - les premiers ordinateurs commerciaux
- Les limites
  - une «technologie» déficiente, les tubes (peu fiables) ; les mémoires à lignes à retard (complexes, réglage délicat)
  - une programmation à très bas niveau, sans outils conceptuels, fastidieuse et sujette aux erreurs
  - un champ restreint d'applications
  - l'informatique est encore (pour longtemps) une affaire de professionnels

1954-1965 : une décennie féconde

- La naissance du logiciel
  - Les langages de programmation
  - Les systèmes d'exploitation
- Les nouvelles générations d'ordinateurs
  - Des tubes aux transistors, puis aux circuits intégrés
  - Du tambour magnétique aux tores de ferrite
- L'extension des domaines d'application
  - Calcul scientifique
  - Commande de procédés industriels
  - Gestion des entreprises
  - Recherche opérationnelle
- Un modèle d'organisation
  - Le centre de calcul

Du binaire à l'assembleur

- Qu'est-ce qu'une instruction pour un processeur ?
  - La description d'une action à exécuter
  - Représentée par une suite de bits dans la mémoire selon certaines conventions
    - Exemple de l'addition : ajouter le contenu d'une case de mémoire à celui de l'accumulateur



- Une notation plus commode …
  - Donner des noms aux opérations et aux cases de mémoire

répertoire de la machine → add toto ← nom choisi par le programmeur

L'assembleur est le programme qui traduit cette notation en binaire

Qu'est ce qu'un langage de programmation ?

- Motivation

  Un programme en assembleur décrit un algorithme en termes de *ce que sait faire la machine*

  On souhaite une expression en termes de *ce que veut l'utilisateur*

- Qu'attend-on d'un langage de programmation ?

  «Haut niveau» d'expression

  proche du domaine d'application

  indépendant de la machine d'exécution

  Puissance d'expression

  capable de décrire tous les traitements envisagés

  Facilité d'apprentissage et commodité d'utilisation

  Sûreté

  réduit les risques d'erreur

si Z > 0
  X[3] = N + 2

trier(Tableau)

Le premier langage de programmation

- Fortran (*Formula Translation*)
  - Développé chez IBM par l'équipe de John Backus (1954-57)
  - Langage orienté vers le calcul scientifique
    - Évaluation de formules
    - Définition de fonctions réutilisables
  - Toujours utilisé aujourd'hui (mais a beaucoup évolué)
- Une révolution dans la pratique de la programmation
  - Ouvre la programmation aux utilisateurs …
  - … sans sacrifier l'efficacité
- Les limites du premier Fortran
  - Manque de rigueur dans la définition
  - Manque de sûreté : mauvaise détection des erreurs

Exécuter un programme …

Problème : combler l'écart entre le programme en langage de haut niveau et le code binaire exécutable de la machine

```
…
DO i=1,10
  DO j=1,50
   A(i,j)=(Bi,j)+C(j,i)
  END DO
END DO
…
```

On "descend" le programme au niveau de la machine

Compilateur
(traduit le programme)

```
00101100011101010010110110101000011101011010011101010001
01000001101100111010110110101101011001111101011 …
```

Machine
exécute du code binaire

```
…
DO i=1,10
  DO j=1,50
   A(i,j)=(Bi,j)+C(j,i)
  END DO
END DO
…
```

Machine virtuelle

On "remonte" la machine au niveau du programme

Interprète
(exécute les instructions du programme)

Machine

Les langages influents des années 60

- Fortran (1954) - John Backus
  Le premier langage de haut niveau, toujours utilisé

- Algol 60 (1958-61) - comité de scientifiques (Peter Naur, rapporteur)
  Définition d'un langage sur une base rigoureuse
  objectif atteint, malgré définition par un comité …
  Peu utilisé mais très forte influence sur les langages futurs

- Lisp (1958) - John Mc Carthy, MIT
  Premier langage «fonctionnel»
  Structure de base, pour programmes et données : la *liste*
  Le langage favori pour l'intelligence artificielle

- Cobol (1959) - comité d'industriels
  Langage pour applications de «gestion»
  Toujours utilisé, malgré son manque d'élégance

- Basic (1963) - John Kemeny
  Langage simple (dérivé de Fortran, interactif)
  Adapté au temps partagé

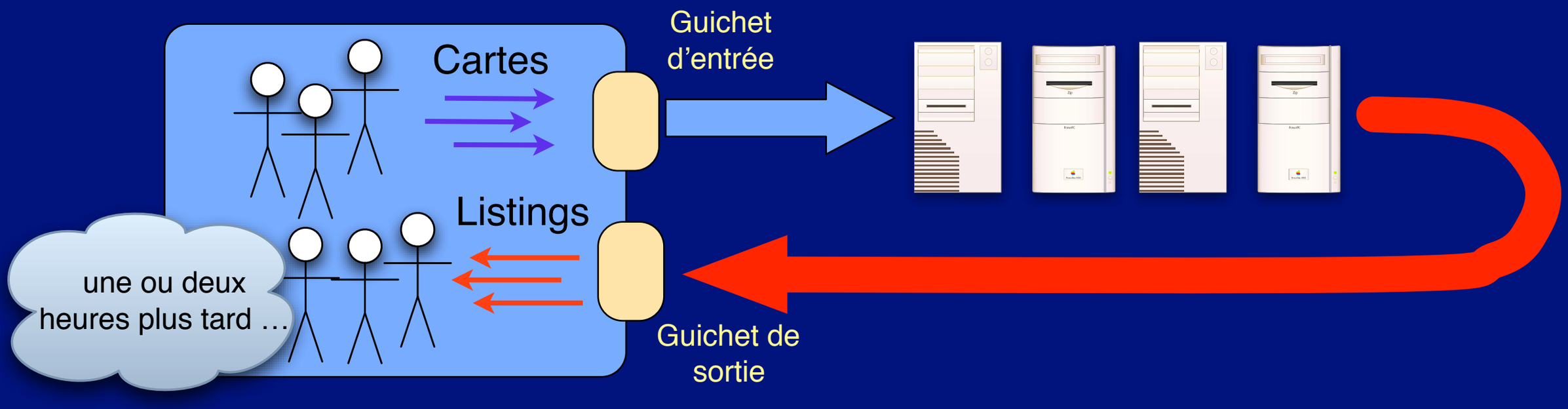
Naissance des systèmes d'exploitation

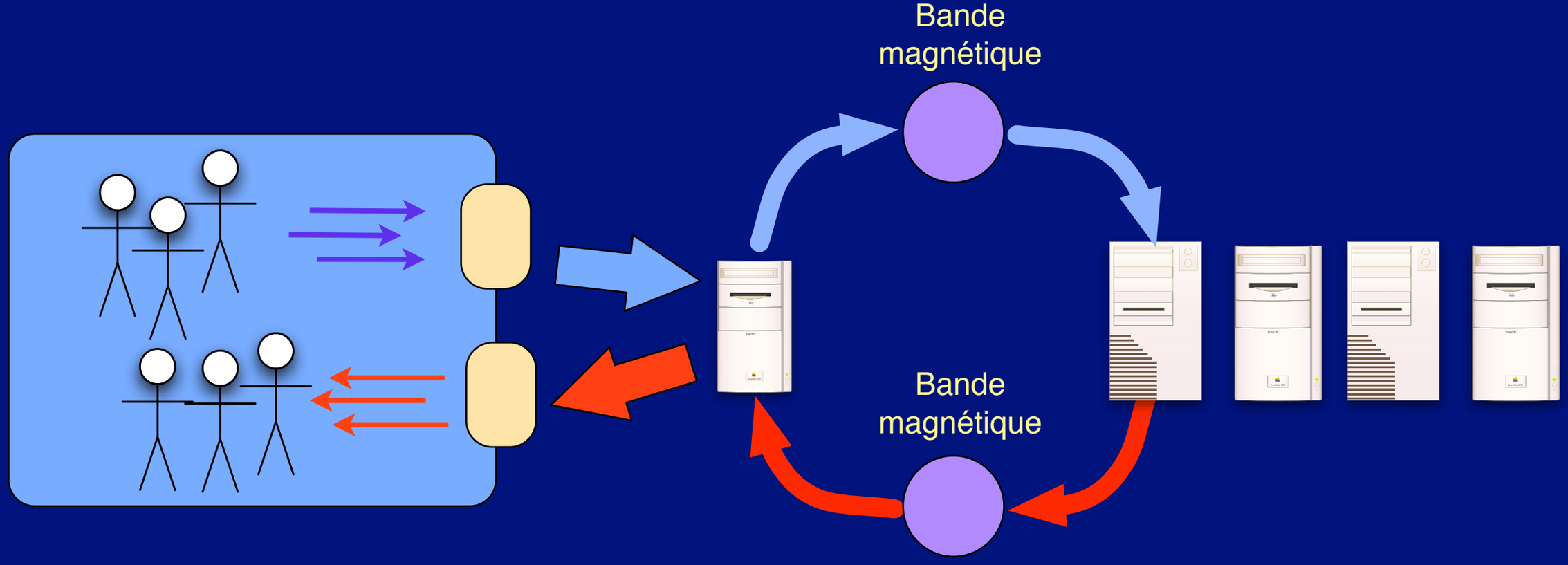
- Le problème
  - Gérer l'accès des utilisateurs à la machine
  - Assurer la bonne exécution des programmes
- Les origines
  - Utilisation individuelle sur réservation
  - Usage de «sous-programmes» pour les entrées-sorties
  - Traitement par lots
    - La file d'attente physique devient virtuelle
    - Le «moniteur» gère les ressources et les programmes
  - Les premiers systèmes d'exploitation viennent des clients !
- De nouveaux métiers pour l'exploitation
  - Opérateur, pupitreur, perfo-vérif.

Deux exigences qui s'opposent …

- l'utilisation optimale du matériel
- le confort (et l'efficacité) des utilisateurs

L’exploitation par lots (*batch processing*)

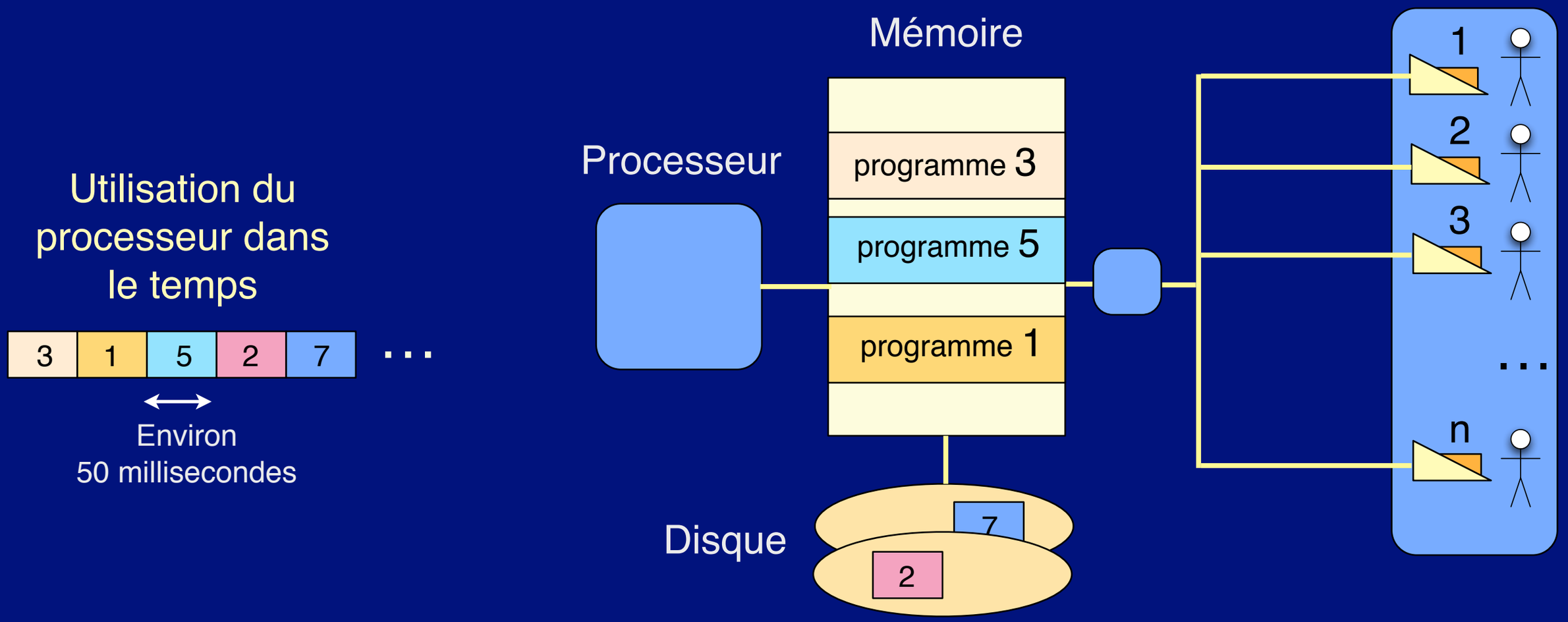




Partage des ressources de l'ordinateur

- Partager la mémoire
  - Multiprogrammation : plusieurs programmes partagent la mémoire
  - Intérêt : utiliser les temps morts des différents programmes
    - Applications : OS 360 MFT, MVT
  - Extensions : la pagination et la mémoire virtuelle
    - Expériences : Atlas (Manchester, 1962), IBM 360/67 (1966)
- Partager le processeur
  - Restaurer le confort des usagers : le mode conversationnel
  - Exploiter la différence des temps de réaction
    - Usagers : quelques secondes
    - Processeur : quelques millisecondes (à l'époque)
  - Premières expériences
    - CTSS (Fernando Corbató, MIT,1961) : montre que c'est faisable

Un système en temps partagé



Grâce au partage du processeur :

Chaque utilisateur a l'impression qu'il dispose seul de l'ordinateur

Grâce à l'utilisation du disque :

Chaque utilisateur a l'impression qu'il dispose d'une mémoire pratiquement illimitée (mémoire virtuelle)

Multics, un jalon dans l'histoire des systèmes d'exploitation

- Un projet ambitieux
  - General Electric (1964-69), Bell Labs (1964-70), MIT
  - Un service (centralisé) pour des centaines d'utilisateurs
  - Un accent fort sur la sécurité
- Des innovations techniques
  - Conception conjointe machine-système
  - Mémoire virtuelle, système de fichiers, protection, …
  - Écrit en langage de haut niveau (PL/1)
- Un bilan contrasté
  - Carrière commerciale tardive et limitée …
  - … mais influence forte et durable
    - Élaboration des concepts de base
    - Création d'Unix par des transfuges des Bell Labs

Un circuit du GE-645

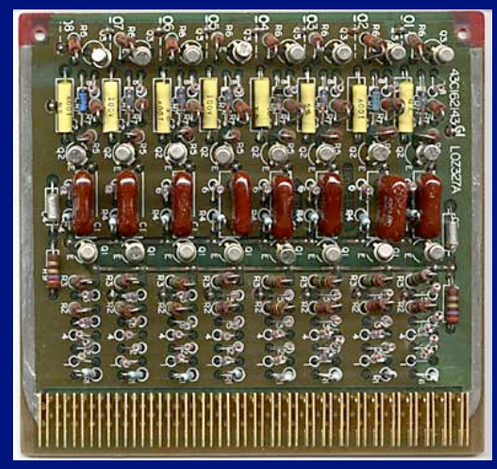
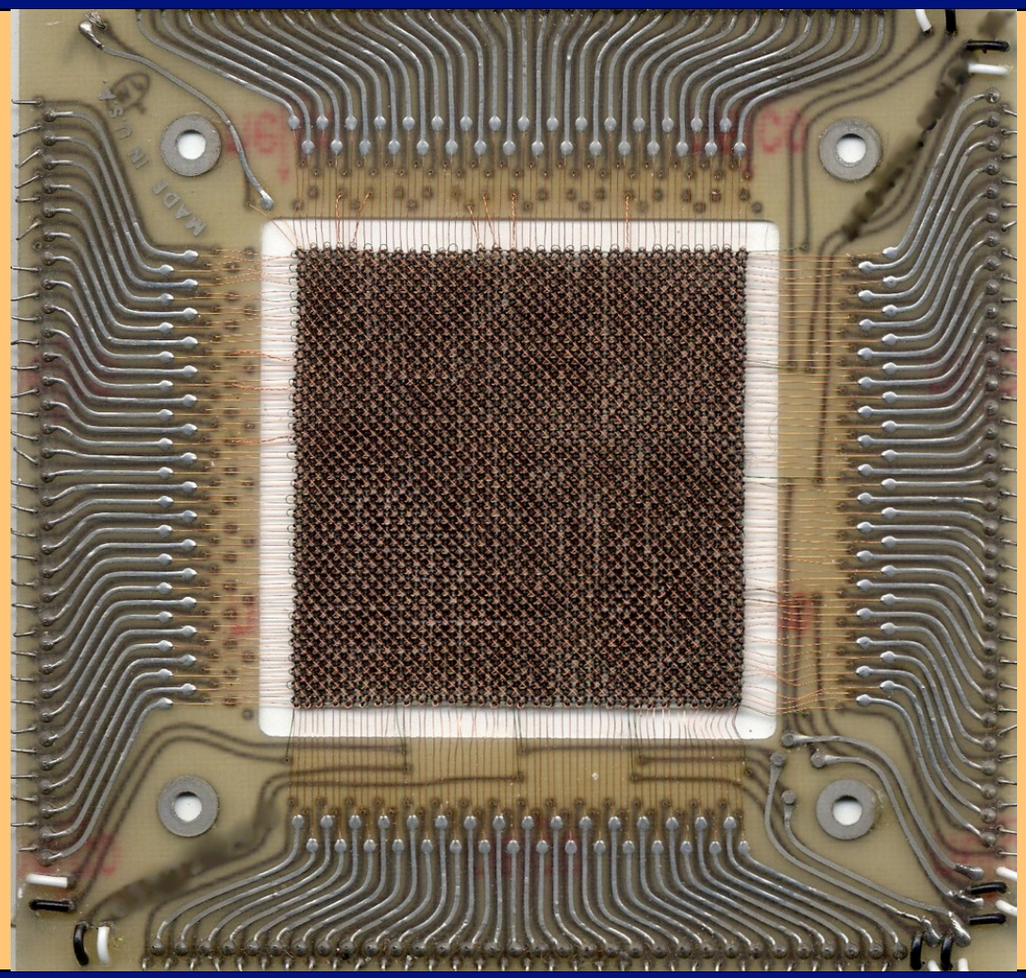


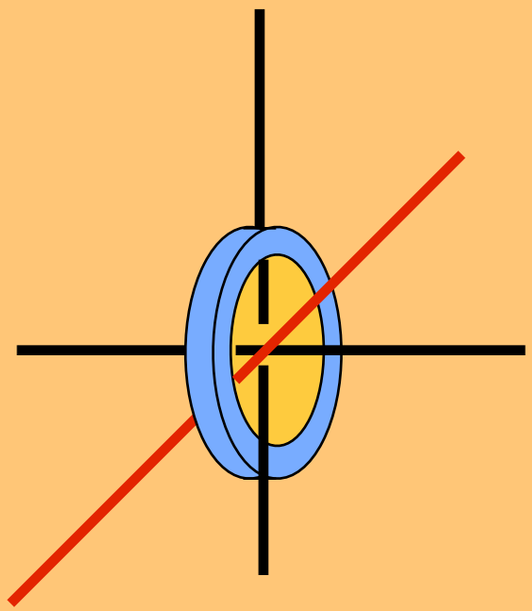
Photo Bill Eaton

Nouvelles générations d'ordinateurs (1)

- Des tubes aux transistors et aux circuits intégrés
  - Inventions : 1947, transistor ; fin années 50 : circuits intégrés
  - À partir de 1955
    - circuits : les transistors replacent les tubes
    - mémoires : les tores de ferrite remplacent les tambours magnétiques



Bloc de mémoire d'un CDC 6600
Source : Thierry46, Wikimedia Commons



Nouvelles générations d'ordinateurs (1)

- Des tubes aux transistors et aux circuits intégrés
  - Inventions : 1947, transistor ; fin années 50 : circuits intégrés
  - À partir de 1955
    - circuits : les transistors replacent les tubes
    - mémoires : les tores de ferrite remplacent les tambours magnétiques
  - À partir des années 60 : introduction des circuits intégrés
  - Avantages
    - Fiabilité, vitesse, consommation d'énergie, encombrement
- La microprogrammation
  - Inventée par Wilkes en 1951, utilisée dans les années 60
  - Idée : étendre la notion de programme à la conception interne des processeurs
    - Chaque instruction est une séquence de micro-instructions
  - Avantages : facilité de conception, adaptabilité, réutilisation

Nouvelles générations d'ordinateurs (2)

- La première «famille» : la série IBM 360 (1964)
  - Une ligne d'ordinateurs compatibles
    - grâce à la microprogrammation
  - Des avancées techniques
    - Le cache (IBM 360/85, 1968)
    - Les machines virtuelles (IBM 360/67, 1966)
  - Un système d'exploitation gros et complexe (OS/360)
    - Traitement par lots, premier système utilisant les disques
  - Un succès commercial

IBM 360/40 Aconit

- Le premier «super-calculateur» : CDC 6600
  - Seymour Cray (1964)
  - Processeurs spécialisés, traitement parallèle

CDC 6600

- Le premier mini-ordinateur : DEC PDP-8 (1965)

DEC PDP 8

Les premières applications (1)

- Le calcul scientifique
  - L'objectif : trouver des solutions numériques à des problèmes de nature mathématique
  - Les bases : calcul numérique, puis analyse numérique
    - Une discipline en très fort développement
  - Les domaines d'application
    - Recherche : physique, chimie, mécanique, astrophysique, …
      - Médecine et biologie peu impliquées au début
    - Sciences de l'ingénieur : électronique, électrotechnique, génie civil, nucléaire, spatial …
      - Premier outil graphique : Sketchpad (Ivan Sutherland, 1961)
- La commande de procédés industriels
  - L'objectif : piloter un processus évolutif pour atteindre un but fixé
  - Les bases : l'automatique
  - Les applications : processus de fabrication, transports

Les premières applications (2)

- Les applications de gestion

  Objectif : automatiser les opérations de comptabilité, gestion des stocks, gestion de personnel, …

  Bases :

  analyse fonctionnelle (le «quoi ?» : besoins et contraintes)

  analyse organique (le «comment ?» : modèle de réalisation)

  Limites

  méthodes encore peu évoluées, difficulté sous-estimée

  pas de notion globale de «système d'information»

- La recherche opérationnelle

  Objectif : aide à la décision, notamment en environnement incertain

  Bases : mathématiques «discrètes» (combinatoire, …)

  Applications : initialement militaires, puis approvisionnement, implantation, logistique, …

- Une tentative prématurée : la traduction automatique

Où en est-on vers la fin des années 60 ?

- Les avancées
  - Les langages de programmation de haut niveau
  - Les systèmes d'exploitation
  - Les nouvelles générations d'ordinateurs
  - Le développement d'une industrie informatique
    - Constructeurs de machines
    - Sociétés de service
- Les limites
  - Le défi de la production de logiciel
    - Programmes incorrects, délais non respectés, budgets dépassés …
  - Des domaines d'application encore restreints
    - Encore peu d'impact sociétal
  - Une organisation centralisée