

# Introduction aux Systèmes Distribués (Répartis)

## *Chapitre 1*

A decorative graphic consisting of several horizontal lines of varying lengths and colors (teal, white, and light blue) extending from the right side of the slide towards the center.

# Plan

- Définition
- Critères de Conception d'un S.E.D
- Logiciels?
- Caractéristiques des systèmes repartis
- Algorithmes repartis
- Qualités d'un algorithme reparti
- Critères d'un système distribué

# Définitions d'un SD

- Définition [Tanenbaum]: *Un ensemble d'ordinateurs indépendants qui apparaît à un utilisateur comme un système unique et Cohérent*
- Les machines sont autonomes
- Les utilisateurs ont l'impression d'utiliser un seul système.

# Définitions d'un SD

- Définition [Lamport]

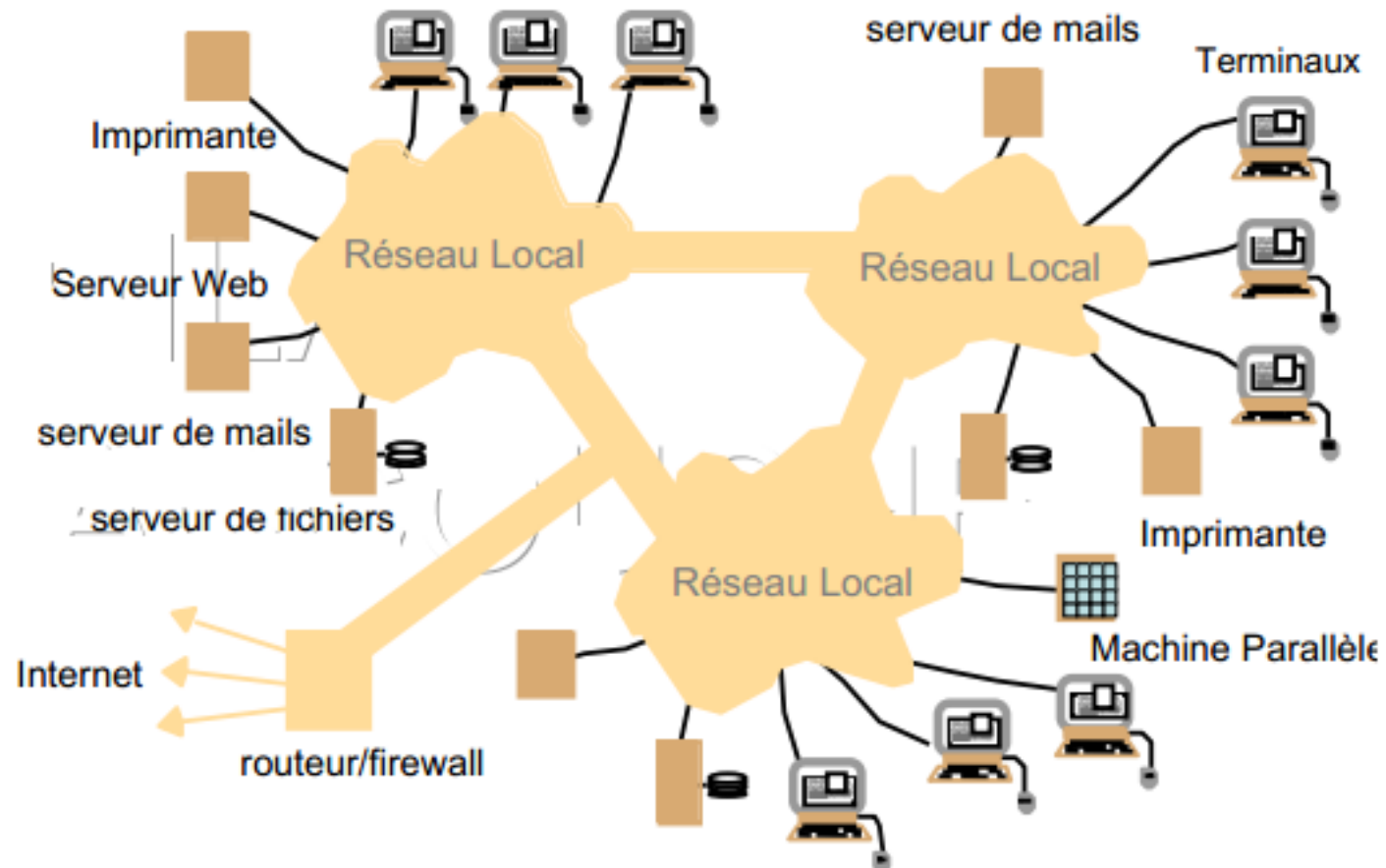
**A distributed system is one that stops you from getting any work done when a machine you've never heard of crashes.**

Un système réparti est un système qui vous empêche de travailler quand une machine dont vous n'avez jamais entendu parler tombe en panne.

➔ **Définition humoristique, mais qui met l'accent sur deux points essentiels :**

- **l'interdépendance entre les éléments d'un système réparti**
- **l'importance du traitement des défaillances.**

## Exemple de Système Réparti : Un intranet



Source : Coulouris, Dollimore and Kindberg Distributed Systems: Concepts and Design  
Edition 3, © Addison-Wesley 2001

# Définition

- Un système à plusieurs processeurs n'est pas forcément un système réparti.
- Qu'est ce qu'un système réparti, distribué, parallèle?

# Concepts matériels

- Taxonomie de Flynn (1972)

On différencie les systèmes sur la base du flux d'instructions et de données.

- SISD : PC monoprocesseur
- SIMD : machines vectorielles
- MISD : pipeline
- MIMD : machines multiprocesseurs faiblement et fortement couplées (systèmes parallèles, systèmes distribués, systèmes d'exploitation réseaux)

# Définition

Un **système réparti** est un ensemble de sites reliés par un réseau, comportant chacun une ou plusieurs machines.

Un **système d'exploitation réparti** fournit et contrôle l'accès aux ressources du système réparti.

Un **système d'exploitation parallèle** contrôle l'exécution de programmes sur une machine parallèle (multiprocesseurs).

Un **système d'exploitation de réseaux** fournit une plateforme de machines reliées par un réseau chacune exécutant son propre système d'exploitation.

parallèle  $\neq$  réparti  $\neq$  réseau ?



<b>Systemes parallèles</b>	<b>Systemes répartis</b>	<b>Systemes d'exploitation de réseaux</b>
processeurs	sites	ressources
homogènes	hétérogènes	hétérogènes
Partage ou non de mémoire	Mémoires individuelles	Mémoires individuelles
Couplage fort	Couplage faible	Couplage faible
Topologies du réseau d'interconnexion	Réseau local LAN + WAN	Réseau local
Les users sont au courant de la multiplicité des processeurs	Les users ont l'impression d'être dans un système centralisé	Les users sont au courant de la multiplicité des machines

# Objectifs

- Coût : plusieurs processeurs à bas prix
- Puissance de calcul et de stockage : aucune machine centralisée ne peut rivaliser
- Performance (accélération) : via du calcul parallèle
- Adaptation : à des classes d'applications réelles naturellement distribuées
- Fiabilité : résistance aux pannes logicielles ou matérielles
- Extensibilité : croissance progressive selon le besoin

# Avantages / Inconvénients

## **Avantages**

- partage de données
- partage de périphériques
- communication
- souplesse (politiques de placement)

## **Inconvénients**

- Très peu de logiciels existent sur le marché.
- Le réseau peut très vite saturer.
- La sécurisation des données sensibles est compliquée.
- La mise en œuvre est difficile.

# Critères de Conception d'un S.E.D. ou d'un Syst. Opérateur pour une architecture distribuée

- Transparence
- Souplesse
- Fiabilité
- Performances
- Dimensionnement

# Critères de Conception d'un S.E.D

## Transparence

- **Transparence à l'emplacement:** L'utilisateur ne connaît pas où sont situées les ressources
- **Transparence à la migration:** Les ressources peuvent être déplacées sans modification de leur nom
- **Transparence à la duplication:** L'utilisateur ne connaît pas le nombre de copies existantes
- **Transparence à la concurrence:** Plusieurs utilisateurs peuvent partager en même temps les mêmes ressources
- **Transparence au parallélisme:** Des tâches peuvent s'exécuter en parallèle sans que les utilisateurs le sachent

# Critères de Conception d'un S.E.D souplesse

- La facilité de modification, de configuration et d'extension

# Critères de Conception d'un S.E.D

## Fiabilité

- **Disponibilité**

La disponibilité est la fraction de temps pendant laquelle le système est utilisable :

- limiter le nombre des composants critiques
- dupliquer les parties clés des composants logiciels et matériels (redondance)
- mais implique de savoir maintenir la cohérence des copies

# Critères de Conception d'un S.E.D

## Fiabilité

- **Securité**

Les ressources doivent être protégées contre des utilisations abusives et malveillantes. En particulier le problème de piratage des données sur le réseau de communication



# Critères de Conception d'un S.E.D

## Fiabilité

- **Tolérance aux pannes**

Le système doit être conçu pour masquer les pannes aux utilisateurs. La panne de certains serveurs (ou leur réintégration dans le système après la réparation) ne doit pas perturber l'utilisation du système en terme de fonctionnalité

# Critères de Conception d'un S.E.D

## Performances

- **Critères**
  - temps de réponse
  - débit (nombre de travaux par heure)
  - taux d'utilisation du système
  - pourcentage utilisé de la bande passante du réseau

# Critères de Conception d'un S.E.D

## Performances

- **Problèmes**

- La communication est en général assez lente dans les systèmes distribués par rapport accès fichier
- Le mécanisme de tolérance aux pannes requiert beaucoup d'opérations "inutiles" si pas de panne

- **Solutions**

Minimiser les échanges de message

- réduire le champ d'application des mécanismes de reprises sur pannes

# Critères de Conception d'un S.E.D

## Performances: Dimensionnement

- Goulots d'étranglement potentiel si débit d'information très important

# Logiciel?

**Nous distinguons, historiquement, trois étapes dans la Conception des logiciels d'exploitation des réseaux d'ordinateurs.**

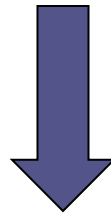
# Les systèmes client-serveur

- ❖ Chaque site dispose d'un système d'exploitation **propre**
  - Peut être **client** : demandeur de services aux autres sites
  - Ou **serveur** : offre des services aux autres sites

# Systemes homogènes

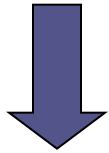
❖ Interconnexion de Systemes homogènes avec partage de ressources

➤ Répartition plus ou moins visible → Partage de ressources  
Réparties sur les différents sites



Possibilité de réaliser à distance la plupart des appels système

Les deux premières approches permettent à un utilisateur, à partir d'un site donné, d'accéder aux services offerts par un autre site par ajout des fonctions liées à la répartition à un système déjà existant.



- Sites parfaitement autonomes
- Architecture matérielle et localisation des différentes fonctions du système *visibles* à l'utilisateur.



# Systemes d'exploitation répartis

- Développement de la technologie des microprocesseurs
- Apparition des réseaux locaux à haut débit

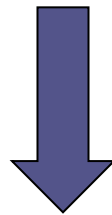


Concevoir un système unique mis en œuvre sur un ensemble  
De sites communiquant entre eux par échange de messages.



- Systèmes conçus au départ comme répartis
- Leurs fonctions de base prennent en compte la répartition.

- Ces fonctions sont assurées par un noyau réparti dont une copie est localisée sur chacun des sites.
- Les fonctions qui mettent en jeu plusieurs sites sont réalisées Par la coopération des noyaux de ces sites.



L'utilisation de plusieurs processeurs  
Est donc **transparente** aux usagers


# Caractéristiques des Systèmes répartis

- **Absence de mémoire commune**



Impossibilité de capter instantanément  
L'état global d'un système réparti au  
moyen d'un ensemble de variables partagées.

- **Absence d'une horloge physique commune**  
+
- **Variabilité des délais de transmission des messages**



Deux éléments distincts du système peuvent avoir une perception différente de l'état d'un troisième élément ou sous-système et de l'ordre des événements qui s'y produisent.

- ❑ Délai de transmission d'un message entre deux processus s'exécutant sur deux machines distinctes TRES GRAND par rapport au temps qui sépare deux points observables consécutifs sur une même machine.



A un instant donné, un processus s'exécutant sur une machine ne peut connaître que de manière approchée l'état d'une autre Machine.

# Adéquation architecture / logiciel

□ Recherche d'une adéquation entre l'architecture et la structure fonctionnelle des problèmes à résoudre



Faire coopérer plusieurs sites à la résolution d'un problème.

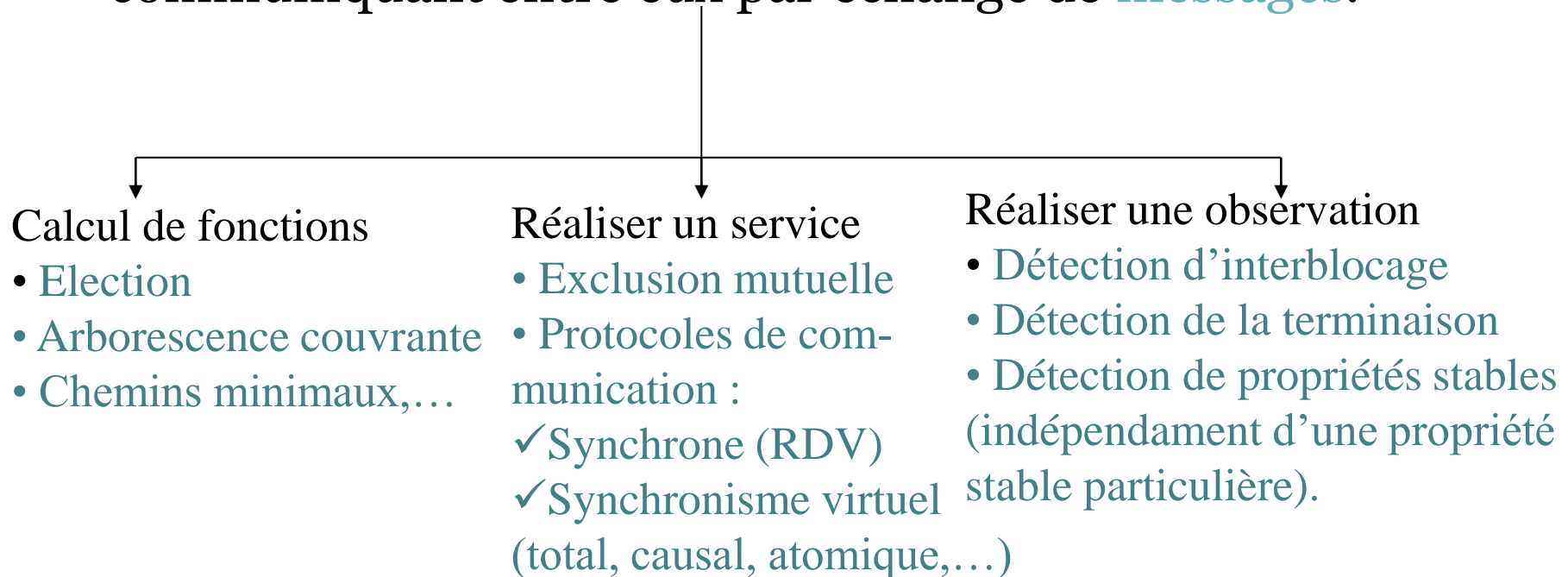


Construire un algorithme résolvant un problème comme un Ensemble d'unités fonctionnelles (ex: des processus) s'exécutant sur des sites distincts et communiquant par échange de messages.

# Algorithmes répartis

## Définition:

- Un algorithme réparti est un algorithme **parallèle** composé d'un ensemble fini de **processus séquentiels** communiquant entre eux par échange de **messages**.



# Quelques algorithmes de contrôle réparti

- Exclusion mutuelle:

Il s'agit d'attribuer **un privilège** équitablement à un ensemble de processus communicants qui coopèrent à la réalisation d'un but commun (le privilège ne peut être possédé indéfiniment par un même processus).

- Election:

Il y a élection d'un processus par l'ensemble des autres processus lorsque le privilège lui sera attribué une fois pour toute.

# Quelques algorithmes de contrôle réparti

- **Interblocage:**

C'est la situation dans laquelle se trouve un ensemble de processus (au moins deux) telle que chaque processus de l'ensemble attend l'occurrence d'un **événement** qui ne peut être produit que par un autre processus de ce même ensemble.

- **Evénement :**

- ✓ Libération d'une ressource
- ✓ Arrivée d'un message



Deux types d'interblocage

- **Interblocage de compétition (lié aux ressources)**
- **Interblocage lié à la communication : chaque processus attend un message d'un autre processus alors qu'aucun message n'est en transit.**

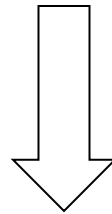


# Quelques algorithmes de contrôle réparti

- Terminaison:

Comment peut-on détecter la terminaison d'un algorithme réparti ?

Facile si l'on pouvait disposer d'un état global instantané décrivant l'état des processus et des voies de communication.



Un algorithme réparti sera dit terminé si tous les processus sont passifs et il n'y a aucun message en transit.

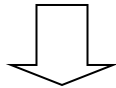
# Qualité d'un algorithme réparti

- Quelques critères
  - ❖ Réseau de communication
    - Duplication des messages
    - Altération des messages
    - Déséquence des messages
    - Délai de transmission fini
    - Délai de transmission borné
  - ❖ Trafic engendré
    - Nombre de messages engendrés pour produire un résultat
  - ❖ Temps de calcul

# Qualité d'un algorithme réparti

## ❖ Symétrie

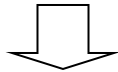
Un algorithme est dit symétrique si tous les processus exécute le même texte. Tous les processus jouent alors le même rôle.



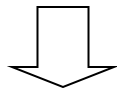
Meilleure résistance aux pannes des processus

## ❖ Etat local ou global

La connaissance d'un état local uniquement pour prendre une décision



- Réduction du nombre de messages échangés
- Chaque processus est plus autonome par rapport aux autres



Meilleure résistance aux pannes

# Caractéristiques des systèmes répartis

- Le système doit pouvoir fonctionner (au moins de façon dégradée) même en cas de défaillance de certains de ses éléments
- Le système doit pouvoir résister à des perturbations du système de communication (perte de messages, déconnexion temporaire, performances dégradées)
- Le système doit pouvoir résister à des attaques contre sa sécurité (tentatives de violation de la confidentialité et de l'intégrité, usage indu de ressources, déni de service)
- Le système doit pouvoir facilement s'adapter pour réagir à des changements d'environnement ou de conditions d'utilisation
- Le système doit préserver ses performances lorsque sa taille croît (nombre d'éléments, nombre d'utilisateurs, étendue géographique) → dimensionnement

# Caractéristiques des systèmes répartis

## ■ Difficultés

- Propriété d'asynchronisme du système de communication (pas de borne supérieure stricte pour le temps de transmission d'un message)
  - ✓ Conséquence : difficulté pour détecter les défaillances
- Dynamisme (la composition du système change en permanence)
  - ✓ Conséquences : difficulté pour définir un état global
  - ✓ Difficulté pour administrer le système
- Grande taille (nombre de composants, d'utilisateurs, dispersion géographique)
  - ✓ Conséquence : la capacité de croissance (scalability) est une propriété importante, mais difficile à réaliser

**Merci pour votre attention!**