



# Introduction aux systèmes distribués

## Master 2 Informatique - UFR S.A.T

Pr. Ousmane THIARE

`othiare@ugb.edu.sn`  
`[www.ousmanethiare.com]`

April 16, 2020

# Introduction aux systèmes distribués

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Eléments de base d'un système distribués

- 1 Systèmes distribués
- 2 Rôles d'un système distribué
- 3 Caractéristiques d'un système distribué
- 4 Modèles de système distribués
- 5 Eléments de base d'un système distribués



Systèmes  
distribués

Rôles d'un  
système  
distribué

Caractéristiques  
d'un système  
distribué

Modèles de  
système  
distribués

Eléments de  
base d'un  
système  
distribués

# Introduction aux systèmes distribués

## Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

## ■ Unités de traitements interconnectées



# Introduction aux systèmes distribués

## Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

- Unités de traitements interconnectées
- Coopération pour exécuter une tâche globale



# Introduction aux systèmes distribués

## Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

- Unités de traitements interconnectées
- Coopération pour exécuter une tâche globale
- Les échanges d'informations se font:



# Introduction aux systèmes distribués

## Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

- Unités de traitements interconnectées
- Coopération pour exécuter une tâche globale
- Les échanges d'informations se font:
  - soit par échanges de messages



# Introduction aux systèmes distribués

## Systèmes distribués

### Rôles d'un système distribué

### Caractéristiques d'un système distribué

### Modèles de système distribués

### Éléments de base d'un système distribués

- Unités de traitements interconnectées
- Coopération pour exécuter une tâche globale
- Les échanges d'informations se font:
  - soit par échanges de messages
  - soit par l'intermédiaire de mémoires partagées



# Introduction aux systèmes distribués

## Autre définition

### Systèmes distribués

#### Rôles d'un système distribué

#### Caractéristiques d'un système distribué

#### Modèles de système distribués

#### Éléments de base d'un système distribués

- Ensemble composé d'éléments reliés par un système de communication; les éléments ont des fonctions de traitement (processeurs), de stockage (mémoire), de relation avec le monde extérieur (capteurs, actionneurs)



# Introduction aux systèmes distribués

## Autre définition

### Systèmes distribués

#### Rôles d'un système distribué

#### Caractéristiques d'un système distribué

#### Modèles de système distribués

#### Éléments de base d'un système distribués

- Ensemble composé d'éléments reliés par un système de communication; les éléments ont des fonctions de traitement (processeurs), de stockage (mémoire), de relation avec le monde extérieur (capteurs, actionneurs)
- Les différents éléments du système ne fonctionnent pas indépendamment mais collaborent à une ou plusieurs tâches communes. **Conséquence:** une partie au moins de l'état global du système est partagé entre plusieurs éléments (sinon, on aurait un fonctionnement indépendant)



# Introduction aux systèmes distribués

## Problèmes classiques

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

- **La synchronisation** consiste à ordonnancer les processus d'un système réparti en phase. A tout instant, tous les processus ont au plus une phase d'écart. Ainsi, un processus ne peut pas commencer une nouvelle phase  $i$  si tous les processus ne sont pas synchronisés à la phase  $i-1$ . Simuler un système synchrone sur un système asynchrone peut se faire à l'aide d'un synchroniseur.



# Introduction aux systèmes distribués

## Problèmes classiques

### Systèmes distribués

### Rôles d'un système distribué

### Caractéristiques d'un système distribué

### Modèles de système distribués

### Éléments de base d'un système distribués

- **La synchronisation** consiste à ordonnancer les processus d'un système réparti en phase. A tout instant, tous les processus ont au plus une phase d'écart. Ainsi, un processus ne peut pas commencer une nouvelle phase  $i$  si tous les processus ne sont pas synchronisés à la phase  $i-1$ . Simuler un système synchrone sur un système asynchrone peut se faire à l'aide d'un synchroniseur.
- **L'élection de Leader** consiste à distinguer un unique processus parmi l'ensemble des processus du système. Ce processus privilégié est souvent utile dans les systèmes répartis pour effectuer une tâche particulière.



# Introduction aux systèmes distribués

## Problèmes classiques

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

- **Le calcul d'un état global** consiste à obtenir une vue globale et cohérente de l'ensemble du système. L'état d'un système est défini par l'état de chaque processus et des messages en transit dans les canaux de communication.



# Introduction aux systèmes distribués

## Problèmes classiques

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

- **Le calcul d'un état global** consiste à obtenir une vue globale et cohérente de l'ensemble du système. L'état d'un système est défini par l'état de chaque processus et des messages en transit dans les canaux de communication.
- **Un interblocage** est la situation dans laquelle se trouve en ensemble de plusieurs processus tel que chaque processus attend l'occurrence d'un événement qui ne peut être produite que par un autre processus de ce même ensemble. Deux méthodes permettent de traiter un interblocage. Soit en évitant son apparition, méthode pessimiste, soit en le détectant et en l'éliminant, méthode optimiste.



# Introduction aux systèmes distribués

## Problèmes classiques

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

- **Le calcul d'un état global** consiste à obtenir une vue globale et cohérente de l'ensemble du système. L'état d'un système est défini par l'état de chaque processus et des messages en transit dans les canaux de communication.
- **Un interblocage** est la situation dans laquelle se trouve en ensemble de plusieurs processus tel que chaque processus attend l'occurrence d'un événement qui ne peut être produite que par un autre processus de ce même ensemble. Deux méthodes permettent de traiter un interblocage. Soit en évitant son apparition, méthode pessimiste, soit en le détectant et en l'éliminant, méthode optimiste.
- **L'allocation de ressources** consiste à partager équitablement une ou plusieurs ressources parmi les processus du système qui en ont besoin. Le but est



# Introduction aux systèmes distribués

## Rôles d'un système distribué

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

Le terme système distribué désigne une collection de processus coopérant dans le but de réaliser une application spécifique. Les fonctions réalisées par ces différents processus peuvent être de différentes natures:

- de calcul



# Introduction aux systèmes distribués

## Rôles d'un système distribué

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

Le terme système distribué désigne une collection de processus coopérant dans le but de réaliser une application spécifique. Les fonctions réalisées par ces différents processus peuvent être de différentes natures:

- de calcul
- de base: exclusion mutuelle, ...



# Introduction aux systèmes distribués

## Rôles d'un système distribué

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

Le terme système distribué désigne une collection de processus coopérant dans le but de réaliser une application spécifique. Les fonctions réalisées par ces différents processus peuvent être de différentes natures:

- de calcul
- de base: exclusion mutuelle, ...
- de contrôle (liées à la distribution): détection de la terminaison, cohérence, ...



# Introduction aux systèmes distribués

## Rôles d'un système distribué

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

Ainsi les systèmes d'exploitation distribués ou répartis offrent des moyens aux applications réparties et permettent:

- d'assurer la communication et le partage d'informations entre des applications



# Introduction aux systèmes distribués

## Rôles d'un système distribué

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

Ainsi les systèmes d'exploitation distribués ou répartis offrent des moyens aux applications réparties et permettent:

- d'assurer la communication et le partage d'informations entre des applications
- d'assurer l'exécution parallèle de programmes sur des processeurs différents



# Introduction aux systèmes distribués

## Rôles d'un système distribué

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

Ainsi les systèmes d'exploitation distribués ou répartis offrent des moyens aux applications réparties et permettent:

- d'assurer la communication et le partage d'informations entre des applications
- d'assurer l'exécution parallèle de programmes sur des processeurs différents
- et de partager des ressources physiques et logiques sur un ensemble d'utilisateurs.



# Introduction aux systèmes distribués

## Rôles d'un système distribué

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de systèmes distribués

Éléments de base d'un système distribués

D'où la nécessité de mécanismes:

- de désignation, de transfert et de partages d'informations



# Introduction aux systèmes distribués

## Rôles d'un système distribué

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

D'où la nécessité de mécanismes:

- de désignation, de transfert et de partages d'informations
- de contrôle de la cohérence de ces informations



# Introduction aux systèmes distribués

## Rôles d'un système distribué

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

D'où la nécessité de mécanismes:

- de désignation, de transfert et de partages d'informations
- de contrôle de la cohérence de ces informations
- de diffusion d'informations



# Introduction aux systèmes distribués

## Rôles d'un système distribué

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de systèmes distribués

Éléments de base d'un système distribués

D'où la nécessité de mécanismes:

- de désignation, de transfert et de partages d'informations
- de contrôle de la cohérence de ces informations
- de diffusion d'informations
- de synchronisation, de placement de processus et de détection de leur terminaison



# Introduction aux systèmes distribués

## Rôles d'un système distribué

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de systèmes distribués

Éléments de base d'un système distribués

D'où la nécessité de mécanismes:

- de désignation, de transfert et de partages d'informations
- de contrôle de la cohérence de ces informations
- de diffusion d'informations
- de synchronisation, de placement de processus et de détection de leur terminaison
- de contrôle global du système et d'élection



# Introduction aux systèmes distribués

## Rôles d'un système distribué

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de systèmes distribués

Éléments de base d'un système distribués

D'où la nécessité de mécanismes:

- de désignation, de transfert et de partages d'informations
- de contrôle de la cohérence de ces informations
- de diffusion d'informations
- de synchronisation, de placement de processus et de détection de leur terminaison
- de contrôle global du système et d'élection
- d'ordonnancement de processus



# Introduction aux systèmes distribués

## Rôles d'un système distribué

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de systèmes distribués

Éléments de base d'un système distribués

D'où la nécessité de mécanismes:

- de désignation, de transfert et de partages d'informations
- de contrôle de la cohérence de ces informations
- de diffusion d'informations
- de synchronisation, de placement de processus et de détection de leur terminaison
- de contrôle global du système et d'élection
- d'ordonnancement de processus
- d'exclusion mutuelle



# Introduction aux systèmes distribués

## Rôles d'un système distribué

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de systèmes distribués

Éléments de base d'un système distribués

D'où la nécessité de mécanismes:

- de désignation, de transfert et de partages d'informations
- de contrôle de la cohérence de ces informations
- de diffusion d'informations
- de synchronisation, de placement de processus et de détection de leur terminaison
- de contrôle global du système et d'élection
- d'ordonnancement de processus
- d'exclusion mutuelle
- de reprise sur panne



# Introduction aux systèmes distribués

## Rôles d'un système distribué

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de systèmes distribués

Éléments de base d'un système distribués

D'où la nécessité de mécanismes:

- de désignation, de transfert et de partages d'informations
- de contrôle de la cohérence de ces informations
- de diffusion d'informations
- de synchronisation, de placement de processus et de détection de leur terminaison
- de contrôle global du système et d'élection
- d'ordonnancement de processus
- d'exclusion mutuelle
- de reprise sur panne
- de transaction



# Introduction aux systèmes distribués

## Rôles d'un système distribué

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de systèmes distribués

Éléments de base d'un système distribués

D'où la nécessité de mécanismes:

- de désignation, de transfert et de partages d'informations
- de contrôle de la cohérence de ces informations
- de diffusion d'informations
- de synchronisation, de placement de processus et de détection de leur terminaison
- de contrôle global du système et d'élection
- d'ordonnancement de processus
- d'exclusion mutuelle
- de reprise sur panne
- de transaction
- d'administration ...



# Introduction aux systèmes distribués

## Caractéristiques d'un système distribué

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Eléments de base d'un système distribués

**Etat global:** Une des caractéristiques essentielles d'un système distribué est l'absence d'**état global** perceptible à un instant donné par un observateur.

- les processus ne "connaissent" que les événements qu'ils ont générés



# Introduction aux systèmes distribués

## Caractéristiques d'un système distribué

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

**Etat global:** Une des caractéristiques essentielles d'un système distribué est l'absence d'**état global** perceptible à un instant donné par un observateur.

- les processus ne "connaissent" que les événements qu'ils ont générés
- les processus ne connaissent que les messages qu'ils ont reçus ou envoyés  $\implies$  ils ne connaissent pas "l'état" du réseau (ce qui y circule)



# Introduction aux systèmes distribués

## Caractéristiques d'un système distribué

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

**Etat global:** Une des caractéristiques essentielles d'un système distribué est l'absence d'**état global** perceptible à un instant donné par un observateur.

- les processus ne "connaissent" que les événements qu'ils ont générés
- les processus ne connaissent que les messages qu'ils ont reçus ou envoyés  $\implies$  ils ne connaissent pas "l'état" du réseau (ce qui y circule)
- il n'y a pas de relation naturelle d'ordre strict sur des événements ayant lieu sur des machines différentes



# Introduction aux systèmes distribués

## Caractéristiques d'un système distribué

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

**Etat global:** Une des caractéristiques essentielles d'un système distribué est l'absence d'**état global** perceptible à un instant donné par un observateur.

- les processus ne "connaissent" que les événements qu'ils ont générés
- les processus ne connaissent que les messages qu'ils ont reçus ou envoyés  $\implies$  ils ne connaissent pas "l'état" du réseau (ce qui y circule)
- il n'y a pas de relation naturelle d'ordre strict sur des événements ayant lieu sur des machines différentes
- $\implies$  l'état des processus à un instant donné n'est pas suffisant.



## Etat global

L'absence de mémoire commune et le caractère aléatoire des délais d'acheminement des messages échangés entre les sites rendent impossible le calcul d'un état global du système dans un système réparti.

L'absence d'un état global accessible directement constitue incontestablement une caractéristique de la répartition et est source de difficultés dans le développement d'applications. **Quelques définitions**

- Un site se caractérise par son **histoire locale**, à savoir la suite (ordonnée) des événements (locaux, envoi ou réception de messages) qui s'y produisent. Ainsi au site  $S_i$ , on associe la suite  $h_i = \langle e_i^1, e_i^2, \dots, e_i^k, \dots \rangle$ .  
L'**histoire globale** d'un système de  $n$  sites  $S_1, \dots, S_n$  est  $H = \langle h_1, \dots, h_n \rangle$ .



### Quelques définitions (Suite)

- On désigne symboliquement par  $s_i^k$  l'état du site  $S_i$  avant que l'événement  $e_i^k$  ne s'y produise ( $s_i^0$  est l'état initial du site  $S_i$ )

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués



Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de systèmes distribués

Éléments de base d'un système distribués

### Quelques définitions (Suite)

- On désigne symboliquement par  $s_j^k$  l'état du site  $S_j$  avant que l'événement  $e_j^k$  ne s'y produise ( $s_j^0$  est l'état initial du site  $S_j$ )
- Une **coupure C** de l'histoire globale d'un système est un N-uple dont chaque composante est un préfixe de l'histoire locale du site correspondant:

$$C = \langle c_1, \dots, c_j, \dots, c_n \rangle \text{ où } c_j = \langle e_j^1, e_j^2, \dots, e_j^{m_j} \rangle$$



## Quelques définitions (Suite)

- On désigne symboliquement par  $s_i^k$  l'état du site  $S_i$  avant que l'événement  $e_i^k$  ne s'y produise ( $s_i^0$  est l'état initial du site  $S_i$ )
- Une **coupure C** de l'histoire globale d'un système est un N-uple dont chaque composante est un préfixe de l'histoire locale du site correspondant:

$$C = \langle c_1, \dots, c_j, \dots, c_n \rangle \text{ où } c_j = \langle e_j^1, e_j^2, \dots, e_j^{m_j} \rangle$$

- Autrement si on considère un ensemble E d'éléments constituant une répartie. Une coupure est un sous-ensemble fini C de E tel que pour a et b appartenant à E, si a appartient à C et b précède localement a, alors b appartient à E.



Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

## Quelques définitions (Suite)

- Une coupure est la photographie instantanée d'un système, obtenue en prenant un événement par site et tous les événements du site qui le précèdent. C'est un sous-ensemble de l'histoire de l'application qui contient toute l'histoire qui le précède. Cela permet de définir un passé et un futur.



Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

## Quelques définitions (Suite)

- Une coupure est la photographie instantanée d'un système, obtenue en prenant un événement par site et tous les événements du site qui le précèdent. C'est un sous-ensemble de l'histoire de l'application qui contient toute l'histoire qui le précède. Cela permet de définir un passé et un futur.
- Une coupure  $C$  est dite **cohérente (ou consistante)** si elle est fermée vis-à-vis du passé de ses éléments (tout élément dans le passé d'un événement de la coupure appartient lui-même à la coupure).



# Introduction aux systèmes distribués

## Caractéristiques d'un système distribué

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

### Quelques définitions (Suite)

En d'autres termes:

Soient  $C$  une coupure et  $e$  un événement dans  $C = \langle c_1, \dots, c_j, \dots, c_n \rangle$ , i.e. tel qu'il existe un numéro  $j$  de site tel que  $e$  appartient à  $c_j$ .

Pour tout  $f$  dans **Passé(e)**,  $f$  appartient à  $C$ , i.e. qu'il existe un numéro  $k$  de site tel que  $f$  appartient à  $c_k$ .



Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

## Quelques définitions (Suite)

- Un état global d'un système réparti est constitué d'une part d'un état local de chacun des sites et d'autre part d'un état de chacun des canaux de communication.



Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

## Quelques définitions (Suite)

- Un état global d'un système réparti est constitué d'une part d'un état local de chacun des sites et d'autre part d'un état de chacun des canaux de communication.
- Un état global cohérent (ou consistant) est un état correspondant à une coupure cohérente.



Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

## Quelques définitions (Suite)

- Un état global d'un système réparti est constitué d'une part d'un état local de chacun des sites et d'autre part d'un état de chacun des canaux de communication.
- Un état global cohérent (ou consistant) est un état correspondant à une coupure cohérente.
- **Autre définition:** Une coupure cohérente est une coupure qui respecte la causalité (un message ne peut pas venir du futur). C'est une coupure fermée par la relation de dépendance causale suivante : Si  $a$  appartient à  $C$  et  $b \rightarrow a$ , alors  $b$  appartient à  $C$ .



# Introduction aux systèmes distribués

## Caractéristiques d'un système distribué

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

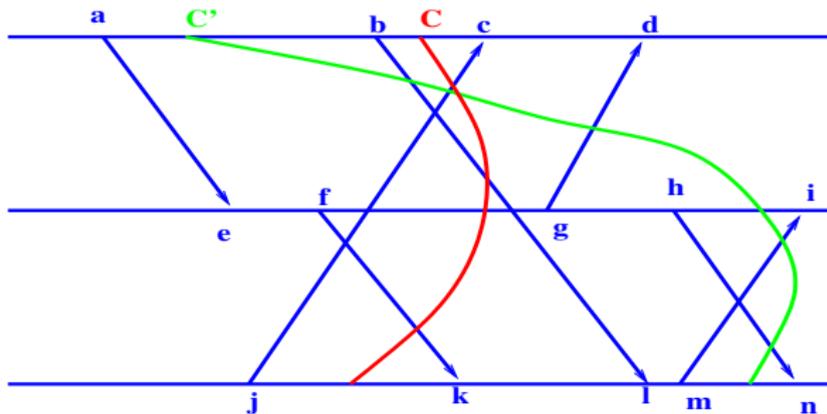
Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

### Exemple

Dans l'exemple correspondant à la figure suivante, la coupure C est cohérente alors que C' ne l'est pas.



# Introduction aux systèmes distribués

## Caractéristiques d'un système distribué

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

### Exemple

Pour C:

$$\blacksquare c_1 = \langle a, b \rangle, c_2 = \langle e, f \rangle, c_3 = \langle j \rangle$$

Ainsi qu'on peut le constater, chacun des éléments du passé d'un événement de la coupure (il suffit de considérer sur chaque site l'événement le plus récent qui est dans la coupure) appartient à l'un des  $c_j$ ;

Pour C':

Pour cette coupure, on constate que m lui appartient et b appartient à  $\text{Passé}(m)$  mais que b n'appartient pas à la coupure.



# Introduction aux systèmes distribués

## Caractéristiques d'un système distribué

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

### Exemple

Pour C:

- $c_1 = \langle a, b \rangle, c_2 = \langle e, f \rangle, c_3 = \langle j \rangle$
- $\text{Passé}(b) = \{a, b\}$   $\text{Passé}(f) = \{a, e, f\}$   $\text{Passé}(j) = \{j\}$

Ainsi qu'on peut le constater, chacun des éléments du passé d'un événement de la coupure (il suffit de considérer sur chaque site l'événement le plus récent qui est dans la coupure) appartient à l'un des  $c_j$ ;

Pour C':

Pour cette coupure, on constate que m lui appartient et b appartient à  $\text{Passé}(m)$  mais que b n'appartient pas à la coupure.



# Introduction aux systèmes distribués

## Caractéristiques d'un système distribué

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

### Exemple

Pour C:

- $c_1 = \langle a, b \rangle, c_2 = \langle e, f \rangle, c_3 = \langle j \rangle$
- $\text{Passé}(b) = \{a, b\}$   $\text{Passé}(f) = \{a, e, f\}$   $\text{Passé}(j) = \{j\}$

Ainsi qu'on peut le constater, chacun des éléments du passé d'un événement de la coupure (il suffit de considérer sur chaque site l'événement le plus récent qui est dans la coupure) appartient à l'un des  $c_j$ ;

Pour C':

- $c'_1 = \langle a \rangle, c'_2 = \langle e, f, g, h \rangle, c'_3 = \langle j, k, l, m \rangle$

Pour cette coupure, on constate que m lui appartient et b appartient à  $\text{Passé}(m)$  mais que b n'appartient pas à la coupure.



# Introduction aux systèmes distribués

## Caractéristiques d'un système distribué

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

### Exemple

Pour C:

- $c_1 = \langle a, b \rangle$ ,  $c_2 = \langle e, f \rangle$ ,  $c_3 = \langle j \rangle$
- $\text{Passé}(b) = \{a, b\}$   $\text{Passé}(f) = \{a, e, f\}$   $\text{Passé}(j) = \{j\}$

Ainsi qu'on peut le constater, chacun des éléments du passé d'un événement de la coupure (il suffit de considérer sur chaque site l'événement le plus récent qui est dans la coupure) appartient à l'un des  $c_j$ ;

Pour C':

- $c'_1 = \langle a \rangle$ ,  $c'_2 = \langle e, f, g, h \rangle$ ,  $c'_3 = \langle j, k, l, m \rangle$
- $\text{Passé}(a) = \{a\}$   $\text{Passé}(h) = \{a, e, f, g, h\}$   
 $\text{Passé}(m) = \{a, b, e, f, j, k, l, m\}$

Pour cette coupure, on constate que  $m$  lui appartient et  $b$  appartient à  $\text{Passé}(m)$  mais que  $b$  n'appartient pas à la coupure.



Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

## Quelques définitions (Suite)

- La frontière  $F$  d'une coupure  $C$  est l'ensemble des événements les plus récents de la coupure, un sur chaque site.



Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

## Quelques définitions (Suite)

- La frontière  $F$  d'une coupure  $C$  est l'ensemble des événements les plus récents de la coupure, un sur chaque site.
- Un événement  $a$  appartient à  $F$  si et seulement si  $a$  appartient à  $C$  et qu'il n'existe aucun événement  $b$  appartenant à  $C$  tel que  $a \rightarrow b$ .



# Introduction aux systèmes distribués

## Modèles de système distribués

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

Les modèles sont représentés avec les conventions suivantes:

- =: Exécution normale



# Introduction aux systèmes distribués

## Modèles de système distribués

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

Les modèles sont représentés avec les conventions suivantes:

- =: Exécution normale
- -: Attente



# Introduction aux systèmes distribués

## Modèles de système distribués

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

Les modèles sont représentés avec les conventions suivantes:

- =: Exécution normale
- -: Attente
- o: Envoi de message



# Introduction aux systèmes distribués

## Modèles de système distribués

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

Les modèles sont représentés avec les conventions suivantes:

- =: Exécution normale
- -: Attente
- o: Envoi de message
- x: Réception de message



# Introduction aux systèmes distribués

## Modèles de système distribués

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

Les modèles sont représentés avec les conventions suivantes:

- =: Exécution normale
- -: Attente
- o: Envoi de message
- x: Réception de message
- +: Prise en compte du message



# Introduction aux systèmes distribués

## Modèles de système distribués

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

Les modèles sont représentés avec les conventions suivantes:

- =: Exécution normale
- -: Attente
- o: Envoi de message
- x: Réception de message
- +: Prise en compte du message
- \*: Réception et prise en compte du message



# Introduction aux systèmes distribués

## Modèles de système distribués

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

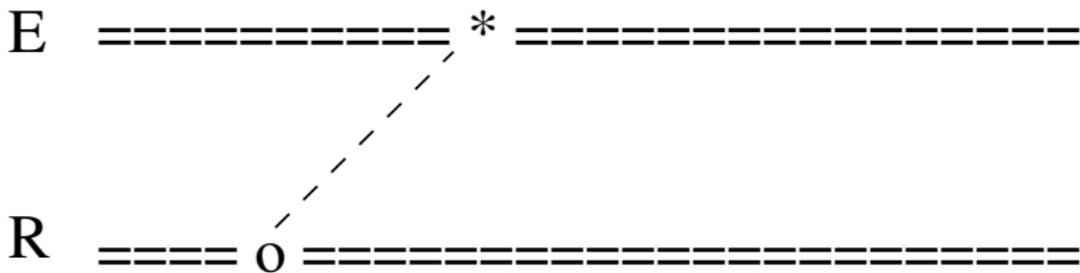
Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

### Modèle message

On est ici dans un mode d'exécution asynchrone dans lequel l'émetteur cède le contrôle des informations à 1 récepteur tout en continuant sa propre exécution. On a donc exécution en parallèle de 2 processus. Ceci pose un problème car l'émetteur n'a pas de compte rendu de fin de traitement de l'information par le récepteur.



# Introduction aux systèmes distribués

## Modèles de système distribués

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

### Modèle Client/Serveur

Les applications sont vues comme un ensemble de procédures. Une entité d'application peut donc faire appel à une procédure qui s'exécute soit dans le même contexte que l'entité appelante, soit dans une entité qui se trouve sur la même machine, soit dans une entité qui se trouve sur une autre machine. On a un mode d'exécution synchrone, l'appelant restant bloqué pendant le déroulement de la procédure par l'entité chargée de son exécution. On n'a donc pas de parallélisme.



# Introduction aux systèmes distribués

## Modèles de système distribués

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

### **Modèle à base d'objets**

Le système distribué est vu comme un ensemble d'objets. Un objet propose des méthodes qui peuvent être appelées par d'autres objets. Ces objets peuvent être transparents pour l'utilisateur. Ce modèle peut être considéré comme une extension du modèle client/serveur. Le mode d'exécution est également synchrone.



# Introduction aux systèmes distribués

## Modèles de système distribués

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

### **Modèle à base de diffusion**

Une application est vue comme un ensemble d'entités structurées en groupes. Le mode de communication entre entités d'une même application est alors la communication de groupe ou diffusion vers des groupes. Un message destiné à un groupe est reçu par chacune des entités du groupe. On peut avoir deux modes d'exécution:



# Introduction aux systèmes distribués

## Modèles de système distribués

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

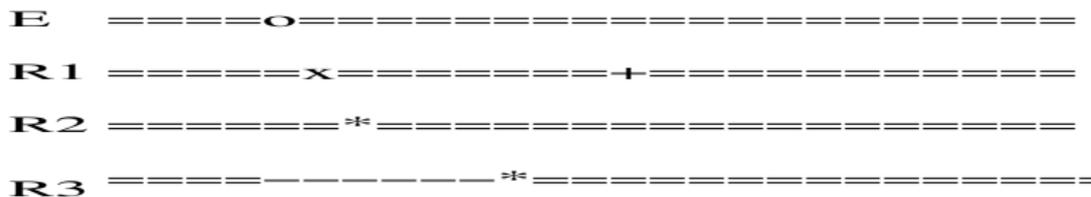
Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

### Modèle à base de diffusion (Suite)

- Asynchrone : L'émetteur transmet le message à diffuser et poursuit son traitement. On utilise des FIFO au niveau des récepteurs pour stocker les messages jusqu'au moment de leur traitement. Chaque récepteur attend au moment souhaité un message diffusé, le traite, puis continue ensuite son exécution. On a ici un risque de non-réception d'un message par un récepteur.



# Introduction aux systèmes distribués

## Modèles de système distribués

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

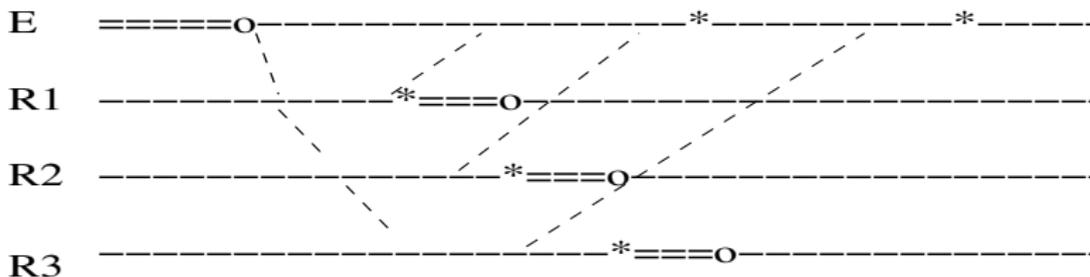
Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

### Modèle à base de diffusion (Suite)

- Synchrone : Le demandeur émet un message à tous les accepteurs, et reste bloqué pendant le déroulement d'une procédure sur chacun de ces accepteurs. Il reprend son exécution lorsque chaque accepteur a retourné sa réponse. Un problème se pose, puisqu'on risque une attente infinie si un seul des accepteurs tombe en panne.



# Introduction aux systèmes distribués

## Éléments de base d'un système distribué

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

## Protocole

Un **protocole** définit le comportement d'un processus vis-à-vis d'autres processus. On s'intéressera aux réactions du processus à la réalisation d'événements:

- réception d'un message



# Introduction aux systèmes distribués

## Éléments de base d'un système distribué

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

## Protocole

Un **protocole** définit le comportement d'un processus vis-à-vis d'autres processus. On s'intéressera aux réactions du processus à la réalisation d'événements:

- réception d'un message
- réalisation d'une condition



# Introduction aux systèmes distribués

## Éléments de base d'un système distribué

Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

## Protocole

Un **protocole** définit le comportement d'un processus vis-à-vis d'autres processus. On s'intéressera aux réactions du processus à la réalisation d'événements:

- réception d'un message
- réalisation d'une condition
- émission d'un message.



Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

## Exemple

Par exemple, on peut définir (succinctement) la réservation d'une imprimante par le protocole suivant:

Pour un processus  $P_i$

- Etat initial: Libre



Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de systèmes distribués

Eléments de base d'un système distribués

## Exemple

Par exemple, on peut définir (succinctement) la réservation d'une imprimante par le protocole suivant:

Pour un processus  $P_i$

- Etat initial: Libre
- Pour utiliser l'imprimante, passer à l'état Demande
  - Demande
    - émettre la demande vers tous les autres processus
    - mettre un compteur à zéro
    - passer à l'état Attente
  - Attente
    - a la réception d'un message "OK"
    - incrémenter compteur
    - si compteur==N, passer à l'état Utilisation



Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Eléments de base d'un système distribués

## Exemple (Suite)

### ■ Utilisation

Lancer impression

Sur réception de "Demande" venant de  $P_j$ , mémoriser  $j$ .

A la fin d'impression, passer à l'état Libération

**Processus:** Un processus est l'activité résultant de l'exécution d'un programme séquentiel, avec ses données, par un processeur.



Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

### Exemple (Suite)

#### ■ Utilisation

Lancer impression

Sur réception de "Demande" venant de  $P_j$ , mémoriser  $j$ .

A la fin d'impression, passer à l'état Libération

#### ■ Libération

Envoyer "OK" à tous les  $P_j$  tels que  $j$  ait été mémorisé

effacer les  $j$  mémorisés

passer à l'état Libre

**Processus:** Un processus est l'activité résultant de l'exécution d'un programme séquentiel, avec ses données, par un processeur.



Systèmes distribués

Rôles d'un système distribué

Caractéristiques d'un système distribué

Modèles de système distribués

Éléments de base d'un système distribués

### Exemple (Suite)

#### ■ Utilisation

Lancer impression

Sur réception de "Demande" venant de  $P_j$ , mémoriser  $j$ .

A la fin d'impression, passer à l'état Libération

#### ■ Libération

Envoyer "OK" à tous les  $P_j$  tels que  $j$  ait été mémorisé  
effacer les  $j$  mémorisés

passer à l'état Libre

#### ■ Libre

sur réception de "Demande" venant de  $P_j$ , envoyer "OK" à  $P_j$ .

**Processus:** Un processus est l'activité résultant de l'exécution d'un programme séquentiel, avec ses données, par un processeur.

