Réseaux IP : IHM

Licence Informatique 3ème année

Introduction aux systèmes distribués

Eric Cariou

Université de Bretagne Occidentale
UFR Sciences & Techniques – Département Informatique

Eric.Cariou@univ-brest.fr

Plan général – Bloc « Réseaux IP »

- Réseaux IP : programmation des réseaux (3 ECTS)
  - Programmation des sockets UDP & TCP en C
- Réseaux IP : IHM (ce cours – 3 ECTS)
  - Rappel sur les systèmes distribués
  - Programmation des systèmes distribués
    - Techniques de communication à distance
      - Sockets UDP & TCP et leur mise en œuvre en Java
    - En complément : programmation Java
      - Entrées/sorties (flux) et concurrence en Java (threads)
  - Applications client/serveur avec une IHM graphique JavaFX
- Réseaux IP : RPC (2 ECTS)
  - Extension de l'appel de fonctions en C sur un élément distant
    - Utilise les sockets et gère les formats hétérogènes de données

Systèmes distribués

- Système distribué en opposition à système centralisé
- Système centralisé : tout est localisé sur la même machine et accessible par le programme
  - Système logiciel s'exécutant sur une seule machine
  - Accédant localement aux ressources nécessaires (données, code, périphériques, mémoire ...)
- Système distribué : une définition parmi d'autres (Andrew Tannenbaum)
  - Ensemble d'ordinateurs indépendants connectés en réseau et communiquant via ce réseau
  - Cet ensemble apparaît du point de vue de l'utilisateur comme une unique entité

Systèmes distribués

- Vision matérielle d'un système distribué : architecture matérielle
  - Machine multi-processeurs avec mémoire partagée, CPU multicore
  - Cluster d'ordinateurs dédiés au calcul/traitement massif parallèle
  - Ordinateurs standards connectés en réseau
- Vision logicielle d'un système distribué
  - Système logiciel composé de plusieurs entités logicielles s'exécutant indépendamment et en parallèle sur un ensemble d'ordinateurs connectés en réseau
- Dans ce cours
  - Conception logicielle des systèmes distribués
  - Par défaut sur une architecture matérielle de type ordinateurs standards connectés en réseau

Systèmes distribués

- Système distribué
  - Réalisation d'une certaine tâche globale par un ensemble d'entités logicielles distribuées
  - L'utilisateur a un point d'accès à ce système
  - L'utilisateur et/ou des entités n'ont pas besoin de connaître le détail de l'architecture du système (transparence)
  - « Un système distribué est un système qui m'empêche de travailler quand une machine dont je n'ai jamais entendu parler tombe en panne » *Leslie Lamport*
- Exemples de systèmes distribués
  - Serveur de fichier
  - Web
  - Calculs distribués

Exemples de systèmes distribués

- Serveur de fichiers
  - Accès aux fichiers de l'utilisateur quelque soit la machine utilisée
  - Machines des salles de PC
    - Clients : un PC
    - Un serveur de fichier qui se trouve quelque part
    - Sous Windows (similaire sous Linux) : disque virtuel H qui contient les données de l'utilisateur connecté
    - Physiquement : fichiers se trouvent uniquement sur le serveur
    - Virtuellement : accès à ces fichiers à partir de n'importe quelle machine cliente en faisant « croire » que ces fichiers sont stockés localement
    - Arborescence de fichiers Unix : arborescence unique avec
      - Répertoires physiquement locaux
      - Répertoires distants montés via le protocole NFS (Network File System)

Exemples de systèmes distribués

- Serveur de fichier (suite)
  - Intérêts
    - Accès aux fichiers à partir de n'importe quelle machine
    - Système de sauvegarde associé à ce serveur
    - Transparent pour l'utilisateur
  - Inconvénients
    - Si réseau ou le serveur plante : plus d'accès aux fichiers pour personne

Exemples de systèmes distribués

- Autre exemple de système distribué : Web
  - Un serveur web auquel se connecte un nombre quelconque de navigateurs web (clients)
  - Accès à distance à de l'information
    - Accès simple
      - Serveur renvoie une page HTML statique qu'il stocke localement
    - Traitement plus complexe
      - Serveur interroge une base de données pour générer dynamiquement le contenu de la page
    - Transparent pour l'utilisateur : les informations s'affichent dans son navigateur quelque soit la façon dont le serveur les génère

Exemples de systèmes distribués

- Calculs scientifiques
  - Plusieurs architectures matérielles généralement utilisées
    - Ensemble de machines identiques reliées entre elles par un réseau dédié et très rapide (cluster)
    - Ensemble de machines hétérogènes connectées dans un réseau local ou bien encore par Internet (grille)
  - Principe général
    - Un (ou des) serveur distribue des calculs aux machines clients
    - Un client exécute son calcul puis renvoie le résultat au serveur
  - Avantage
    - Utilisation d'un maximum de ressources de calcul
  - Inconvénient
    - Si réseau ou serveur plante, arrête le système

Intérêts des systèmes distribués

- Utiliser et partager des ressources distantes
  - Système de fichiers : utiliser ses fichiers à partir de n'importe quelle machine
  - Imprimante : partagée entre toutes les machines
- Optimiser l'utilisation des ressources disponibles
  - Calculs scientifiques distribués sur un ensemble de machines
- Système plus robuste
  - Duplication pour fiabilité : deux serveurs de fichiers dupliqués, avec sauvegarde
  - Plusieurs éléments identiques pour résister à la montée en charge ...

Inconvénients/points faibles

- Si problème au niveau du réseau
  - Le système marche mal ou plus du tout
- Bien souvent, un élément est central au fonctionnement du système : serveur
  - Si serveur plante : plus rien ne fonctionne
  - Goulet potentiel d'étranglement si débit d'information très important
  - Sans élément central
    - Gestion du système totalement décentralisée et distribuée
    - Nécessite la mise en place d'algorithmes +/- complexes

Particularités des systèmes distribués

- Système distribué = éclaté
  - Connaissance des éléments formant le système : besoin d'identification et de localisation
  - Gestion du déploiement et de la présence d'éléments essentiels
- Communication à distance est centrale
  - Techniques et protocoles de communication
  - Contraintes du réseau : fiabilité (perte de données) et temps de propagation (dépendant du type de réseau et de sa charge)
- Naturellement concurrent et parallèle
  - Chaque élément sur chaque machine est autonome
  - Besoin de synchronisation, coordination entre éléments distants et pour l'accès aux ressources (exclusion mutuelle ...)

Particularités des systèmes distribués

- Hétérogénéité
  - Des machines utilisées (puissance, architecture matérielle...)
  - Des systèmes d'exploitation tournant sur ces machines
  - Des langages de programmation des éléments logiciels formant le système
  - Des réseaux utilisés : impact sur performances, débit, disponibilité ...
    - Réseau local rapide
    - Internet
    - Réseaux sans fil

Particularités des systèmes distribués

- Exemple hétérogénéité des données : codage des entiers
  - Entier sur 32 bits (4 octets)
    - Ex : $(010AD3F2)_{16} = 17486834$
  - A partir de l'adresse de l'entier en mémoire, les 4 octets ne sont pas toujours placés dans le même ordre
    - *Little Endian* (ex : x86) : octet de poids faible d'abord
      `|01|0A|D3|F2|`
    - *Big Endian* (ex : SPARC ou Java) : octet de poids fort d'abord
      `|F2|D3|0A|01|`
    - Si un ordinateur à processeur x86 envoie un entier à un ordinateur à processeur SPARC, les nombres seront différents
      - $(010AD3F2)_{16}$ est interprété comme $(F2D30A01)_{16}$ soit la valeur (en non signé) de 4073916929

Particularités des systèmes distribués

- Exemple hétérogénéité des données : codage des chaînes de caractères
  - Principe courant : un tableau de char (octet) avec information sur la taille ou la fin de chaîne
    - En C : code ASCII de valeur 0 pour marquer la fin de la chaîne
      `|B|o|n|j|o|u|r|\0|`
    - En Pascal : le premier caractère est un nombre (codé via un code ASCII) précisant la longueur de la chaîne
      `|\7|B|o|n|j|o|u|r|`
  - Les deux tableaux ont la même taille (8 octets) mais problème en cas d'échange
    - De C vers Pascal : le code ASCII du premier caractère 'B' est considéré comme la taille de la chaîne soit 66 caractères au lieu de 7
    - De Pascal vers C : le premier caractère '\7' sera considéré comme faisant partie de la chaîne (ici le caractère de contrôle BELL) et la chaîne se terminera jusqu'à qu'un '\0' soit trouvé
    - Dans les deux cas, on considérera qu'une zone mémoire débordant du tableau de la chaîne en fait partie

Fiabilité des systèmes distribués

- Nombreux points de pannes ou de problèmes potentiels
  - Réseau
    - Une partie du réseau peut-être inaccessible
    - Les temps de communication peuvent varier considérablement selon la charge du réseau
    - Le réseau peut perdre des données transmises
  - Machine
    - Une ou plusieurs machines peut planter, engendrant une paralysie partielle ou totale du système
- Peut augmenter la fiabilité par redondance, duplication de certains éléments
  - Mais rend plus complexe la gestion du système
- Tolérance aux fautes
  - Capacité d'un système à gérer et résister à un ensemble de problèmes

Sécurité des systèmes distribués

- Nature d'un système distribué fait qu'il est beaucoup plus sujet à des attaques
  - Communication à travers le réseau peuvent être interceptées
  - On ne connaît pas toujours bien un élément distant avec qui on communique
- Solutions
  - Connexion sécurisée par authentification avec les éléments distants
  - Cryptage des messages circulant sur le réseau

Transparences

- Transparence
  - Fait pour une fonctionnalité, un élément d'être invisible ou caché à l'utilisateur ou un autre élément formant le système distribué
    - Devrait plutôt parler d'opacité dans certains cas ...
  - But est de cacher l'architecture, le fonctionnement de l'application ou du système distribué pour apparaître à l'utilisateur comme une application unique cohérente
- L'ISO définit plusieurs transparences (norme RM-ODP)
  - Accès, localisation, concurrence, réplication, mobilité, panne, performance, échelle

Transparences

- Transparence d'accès
  - Accès à des ressources distantes aussi facilement que localement
  - Accès aux données indépendamment de leur format de représentation
- Transparence de localisation
  - Accès aux éléments/ressources indépendamment de leur localisation
- Transparence de concurrence
  - Exécution possible de plusieurs processus en parallèle avec utilisation de ressources partagées
- Transparence de réplication
  - Possibilité de dupliquer certains éléments/ressources pour augmenter la fiabilité

Transparences

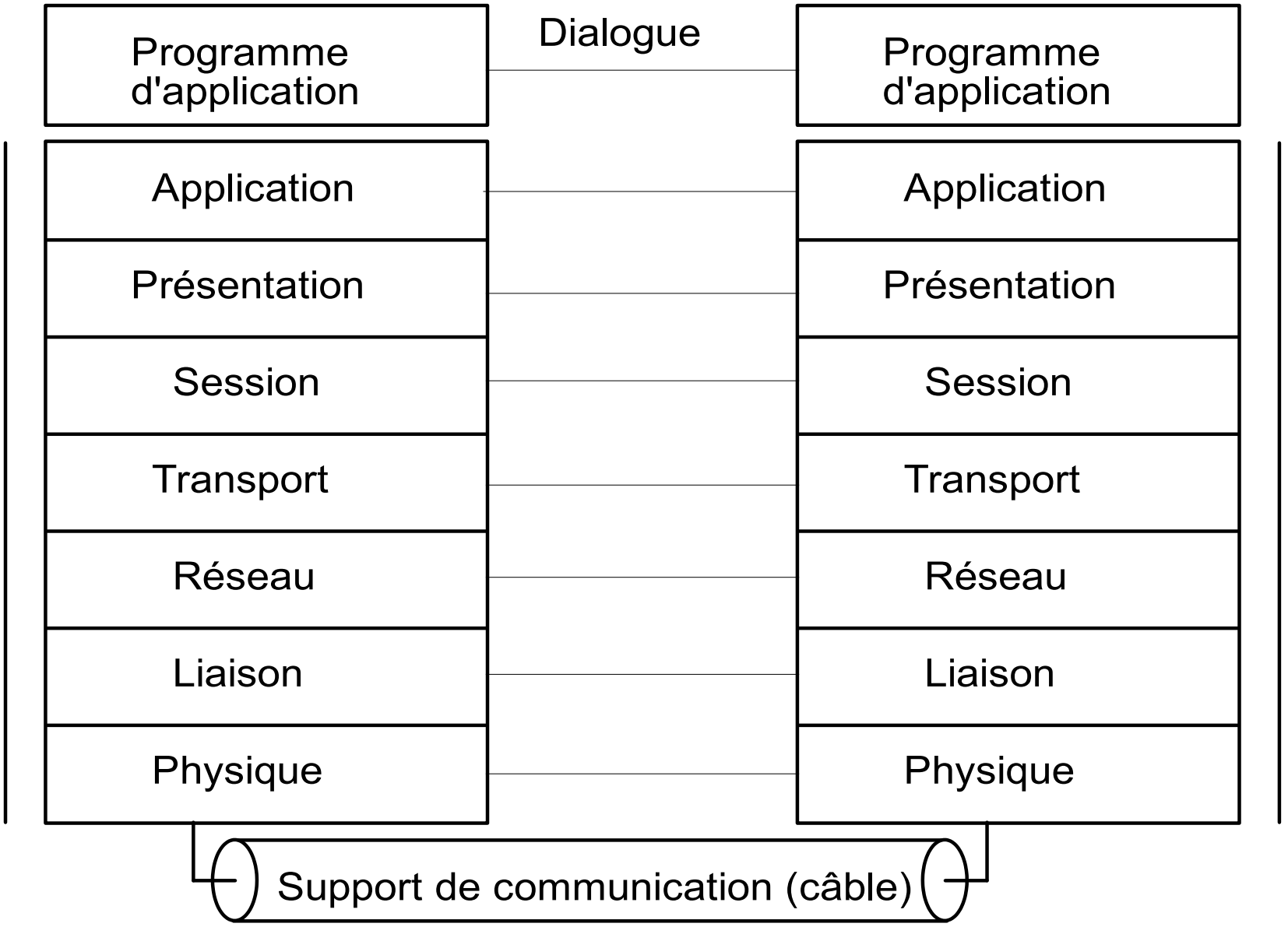
- Transparence de mobilité
  - Possibilité de déplacer des éléments/ressources
- Transparence de panne
  - Doit supporter qu'un ou plusieurs éléments tombe en panne
- Transparence de performance
  - Possibilité de reconfigurer le système pour en augmenter les performances
- Transparence d'échelle
  - Doit supporter l'augmentation de la taille du système (nombre d'éléments, de ressources ...)

Transparences

- Un système donné va offrir un certain nombre de transparences
  - Souvent au minimum transparences de localisation, d'accès et de concurrence
- Système distribué ouvert
  - Peut être étendu en nombre d'éléments matériels le constituant
  - Possibilité d'ajouts de nouveaux services ou de ré-implémentation de services existants au niveau logiciel
    - Fonctionnement se base sur des interfaces d'interactions clairement définies

Rappel sur les réseaux

- Norme OSI de l'ISO : architecture en 7 couches

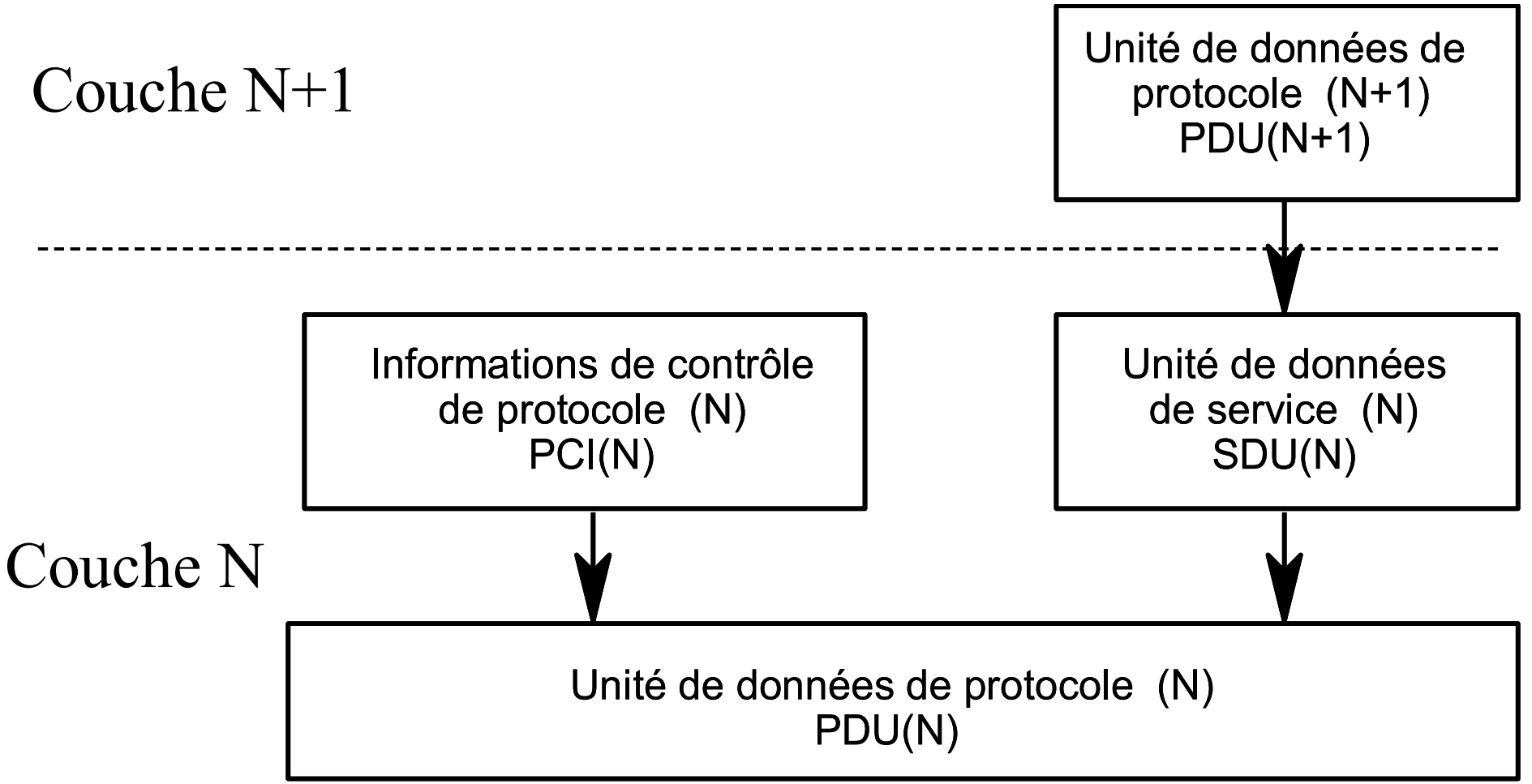


Rappel sur les réseaux

- Modèle de communication en couche
  - Une couche à un rôle particulier
  - Une couche d'une entité communique avec une couche de même niveau d'une autre entité en respectant un certain protocole de communication
  - Pour communiquer avec une autre entité, une couche utilise les services de sa couche locale inférieure
  - Données échangées entre 2 couches : trames ou paquets
    - Données structurées
    - Taille bornée
    - Deux parties
      - Données de la couche supérieure à transmettre
      - Données de contrôle de la communication entre couches

Rappel sur les réseaux

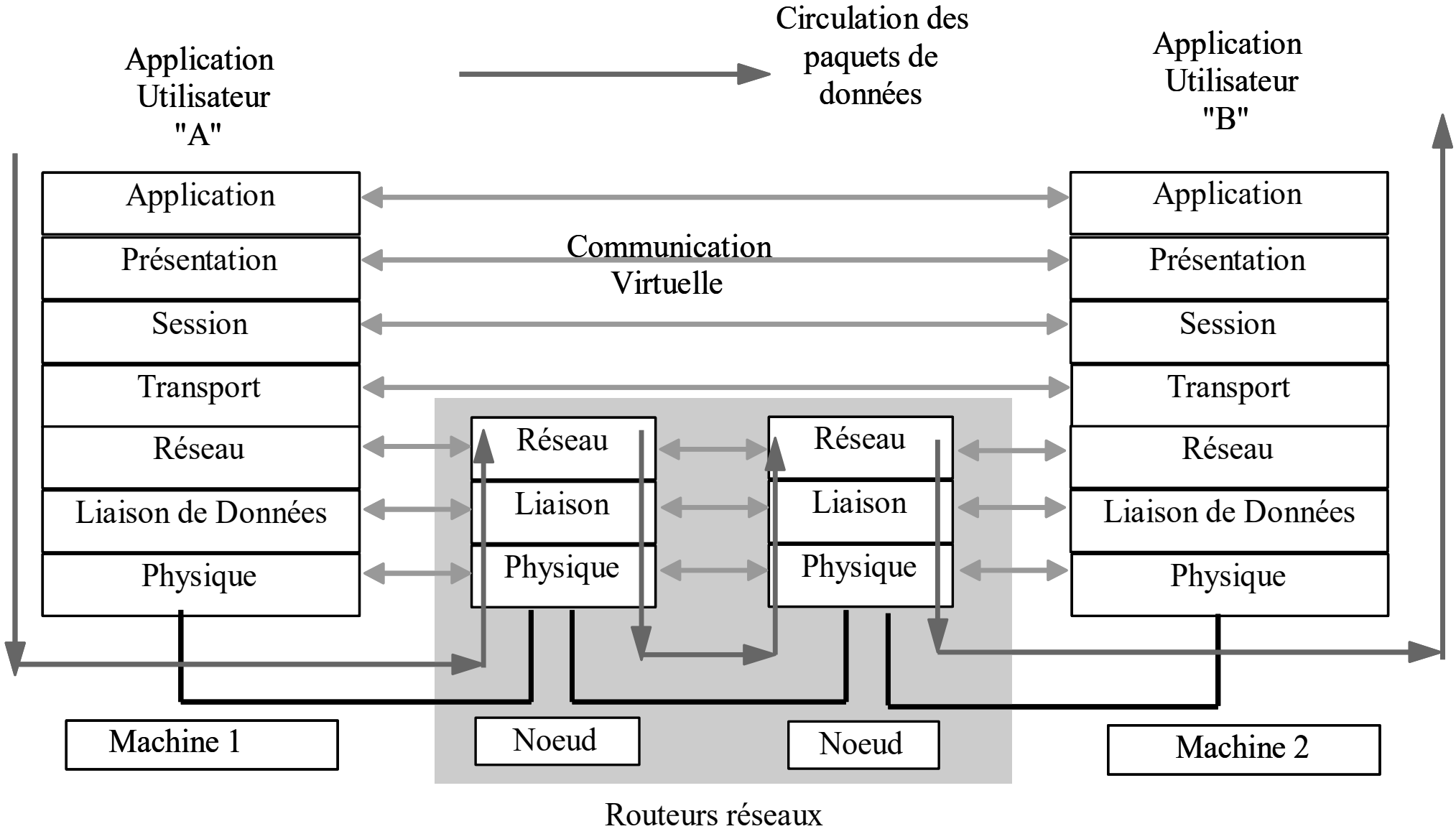
- Organisation des trames/paquets entre couches N et N+1



Rappel sur les réseaux

- Norme OSI de l'ISO : architecture en 7 couches
  - Physique : transmission des données binaires sur un support physique
  - Liaison : gestion d'accès au support physique, assure que les données envoyées sur le support physique sont bien reçues par le destinataire
  - Réseau : transmission de données sur le réseau, trouve les routes à travers un réseau pour accéder à une machine distante
  - Transport : transmission (fiable) entre 2 applications
  - Session : synchronisation entre applications, reprises sur pannes
  - Présentation : indépendance des formats de représentation des données (entiers, chaînes de caractères...)
  - Application : protocoles applicatifs (HTTP, FTP, SMTP ...)

Rappel sur les réseaux

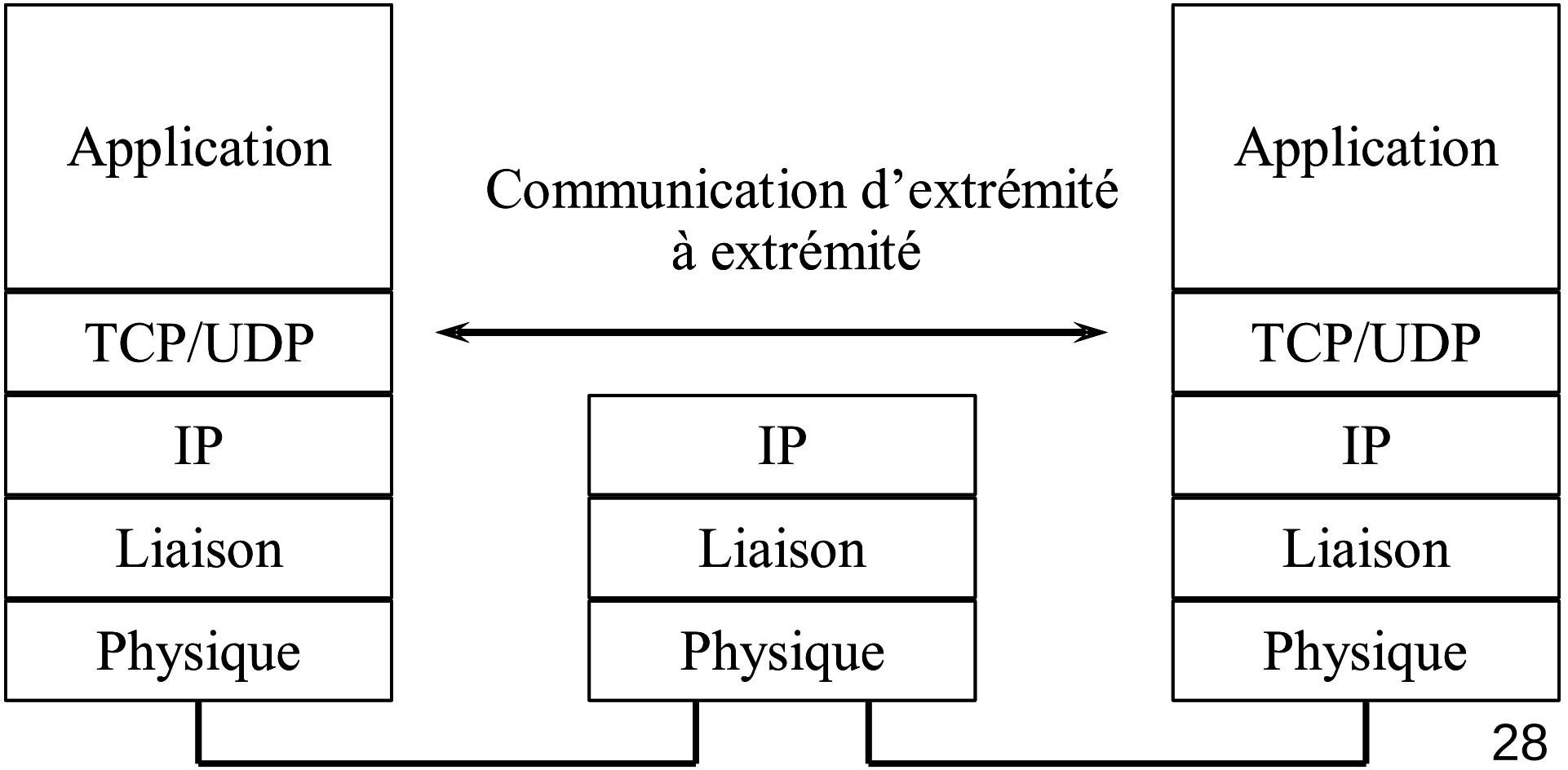


Rappel sur les réseaux

- Réseaux TCP/IP
  - Réseaux locaux, internet ...
  - Couche réseau : IP (Internet Protocol)
    - Gestion des communications et connexions entre les machines à travers le réseau
    - Recherche des routes à travers le réseau pour accéder à une machine
  - Couche transport
    - TCP : connexion virtuelle directe et fiable entre 2 applications
    - UDP : mode datagramme
      - Envoi de paquets de données
      - Pas de gestion de l'ordre d'arrivée, pas de gestion des paquets perdus

Rappel sur les réseaux

- TCP ou UDP
  - Communication entre systèmes aux extrémités
  - Pas de visibilité des systèmes intermédiaires

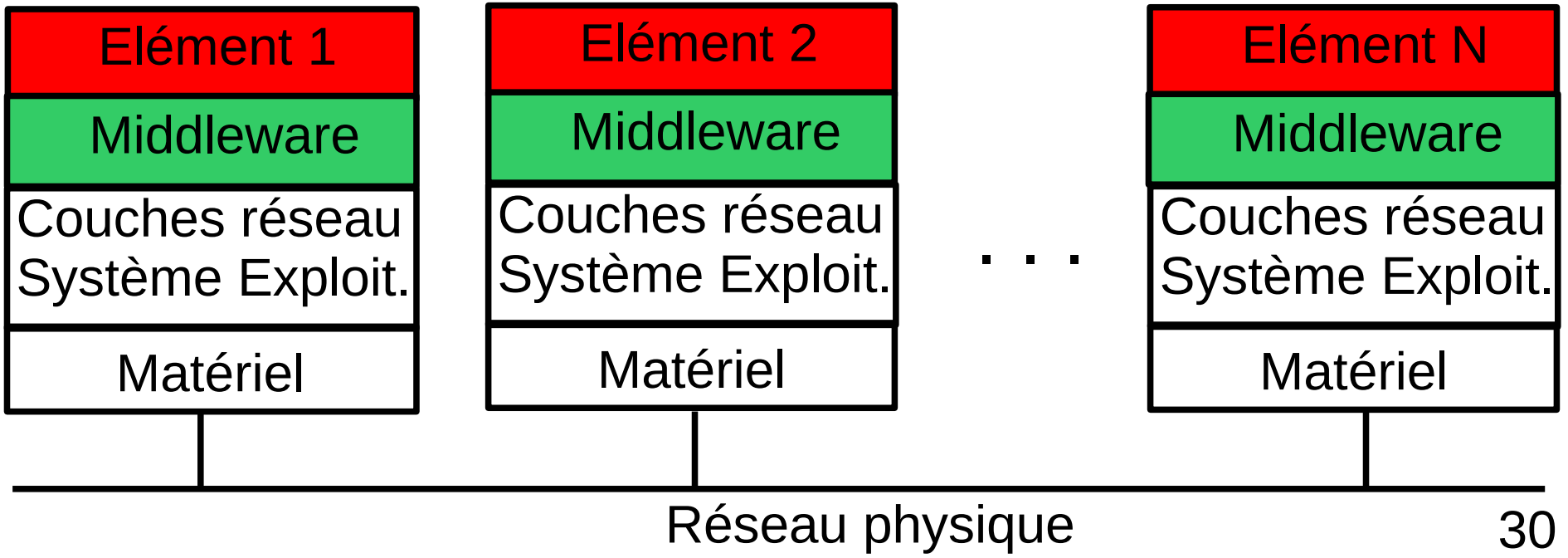


Communication

- Système distribué
  - Ensemble d'entités logicielles communiquant entre-elles
- Entités logicielles s'exécutent sur des machines reliées entre elles par un réseau
- Communication entre entités logicielles
  - Le plus basique : directement en appelant les services des couches TCP ou UDP
  - Plus haut niveau : définition de couches offrant des services plus complexes
    - Couche réalisée en s'appuyant sur les couches TCP/UDP
    - Exemple de service : appel d'une procédure chez une entité distante (RPC : Remote Procedure Call)
    - Notion de middleware (intergiciel)

Communication

- Middleware ou intergiciel : couche logiciel
  - S'intercale entre le système d'exploitation/réseau et les éléments de l'application distribuée
  - Offre un ou plusieurs services de communication entre les éléments formant l'application ou le système distribué



Communication

- But et fonctionnalités d'un middleware
  - Gestion de l'hétérogénéité
    - Langage de programmation, systèmes d'exploitation utilisés ...
  - Offrir des abstractions de communication de plus haut niveau
    - Appel d'une procédure à distance sur un élément
    - Communication via une mémoire partagée
    - Diffusion d'événements
    - ...
  - Offrir des services de configuration et de gestion du système
    - Service d'annuaire pour connaître les éléments présents
    - Services de persistance, de temps, de transaction, de sécurité ...

Communication

- Protocole de communication
  - Ensemble de règles et de contraintes gérant une communication entre plusieurs entités
- But du protocole
  - Se mettre d'accord sur la façon de communiquer pour bien se comprendre
  - S'assurer que les données envoyées sont bien reçues
- Plusieurs types d'informations circulent entre les entités
  - Les données à échanger
  - Les données de contrôle et de gestion du protocole

Communication

- Exemple basique de protocole
  - Une entité envoie des données à une deuxième entité
  - La deuxième entité envoie un acquittement pour prévenir qu'elle a bien reçue les données
  - Mais si utilise un réseau non fiable ou aux temps de transmission non bornés
    - Comment gérer la perte d'un paquet de données ?
    - Comment gérer la perte d'un acquittement ?
    - Comment gérer qu'un message peut arriver avant un autre alors qu'il a été émis après ?

Modèles d'interaction

- Les éléments distribués interagissent, communiquent entre eux selon plusieurs modèles possibles
  - Client/serveur
  - Diffusion de messages
  - Mémoire partagée
  - Pair à pair
  - ...
- Abstraction/primitive de communication basique
  - Envoi de message d'un élément vers un autre élément
  - A partir d'envois de messages, peut construire les protocoles de communication correspondant à un modèle d'interaction

Modèles d'interaction

- Rôle des messages
  - Données échangées entre les éléments
    - Demande de requête
    - Résultat d'une requête
    - Donnée de toute nature
    - ...
  - Gestion, contrôle des protocoles
    - Acquittement : message bien reçu
    - Synchronisation, coordination ...

Modèle client/serveur

- Deux rôles distincts
  - Client : demande que des requêtes ou des services lui soient rendus
  - Serveur : répond aux requêtes des clients
- Interaction
  - Message du client vers le serveur pour faire une requête
  - Exécution d'un traitement par le serveur pour répondre à la requête
  - Message du serveur vers le client avec le résultat de la requête
- Exemple : serveur Web
  - Client : navigateur Web de l'utilisateur
  - Requêtes : récupérer le contenu d'une page HTML gérée ou générée par le serveur

Modèle client/serveur

- Modèle le plus répandu
  - Fonctionnement simple
  - Abstraction de l'appel d'un service : proche de l'appel d'une opération sur un élément logiciel
    - Interaction de base en programmation
- Particularités du modèle
  - Liens forts entre le client et le serveur
  - Un client peut aussi jouer le rôle de serveur (et vice-versa) dans une autre interaction
  - Nécessité généralement pour le client de connaître précisément le serveur (sa localisation)
    - Ex : URL du site Web
  - Interaction de type « 1 vers 1 »
    - 1 client communique avec 1 serveur à un moment donné

Diffusion de messages

- Deux rôles distincts
  - Émetteur : envoie des messages (ou événements) à destination de plusieurs récepteurs
    - Diffusion (broadcast) : à tous ceux qui sont présents
    - A un sous-ensemble de récepteurs : multicast
  - Récepteurs : reçoivent les messages envoyés
  - Peut être à la fois émetteur et récepteur
- Interaction
  - Émetteur envoie un message
  - Le middleware s'occupe de transmettre ce message à chaque récepteur

Diffusion de messages

- Deux modes de réception
  - Le récepteur va vérifier lui-même qu'il a reçu un message (pull)
    - Boîte aux lettres
  - Le récepteur est prévenu que le message est disponible et il lui est transmis (push)
    - Le facteur sonne à la porte pour remettre en main propre le courrier
- Particularités du modèle
  - Dépendance plus faible entre les participants
    - Pas besoin pour l'émetteur d'être directement connecté aux récepteurs ni même de savoir combien ils sont
  - Interaction de type « 1 vers N »

Mémoire partagée

- Les éléments communiquent via une mémoire partagée à l'aide d'une interface d'accès à la mémoire
  - Ajout d'une donnée à la mémoire
  - Lecture d'une donnée dans la mémoire
  - Retrait d'une donnée de la mémoire
- Le middleware gère l'accès à la mémoire pour chacun des participants
- Particularité du modèle
  - Aucun lien, aucune interaction directe entre les participants

Mémoire partagée

- Complexité du modèle : dans la gestion de la mémoire
  - On est dans un système distribué
  - Comment gérer une mémoire dans ce contexte ?
  - Plusieurs solutions
    - Déployer toute la mémoire sur un seul site
      - Accès simple mais goulot potentiel d'étranglement et fiabilité faible
    - Éclater la mémoire sur plusieurs sites
      - Avec ou sans duplication des données
      - Il faut mettre en place des algorithmes +/- complexes de gestion de mémoire distribuée

Modèle pair à pair (peer to peer)

- Un seul rôle : pas de distinction entre les participants
  - Chaque participant est connecté avec tous les participants d'un groupe et tout le monde effectue les mêmes types d'actions
  - Pour partager des données, effectuer un calcul commun ...
- Exemples
  - Modèles d'échanges de fichiers (bittorrent...)
    - Avec parfois un mode hybride client/serveur – P2P
    - Serveur sert à connaître qui possède un fichier ou faire des recherches
    - Le mode P2P est utilisé ensuite pour les transferts
      - Chacun envoie une partie du fichier à d'autres participants
  - Algorithme de consensus : choix d'une valeur parmi plusieurs
    - Chacun mesure une valeur (la même en théorie) puis l'envoie aux autres
    - Une fois reçues les valeurs de chacun, localement, chacun exécute le même algorithme sur ces valeurs pour élire la bonne valeur