

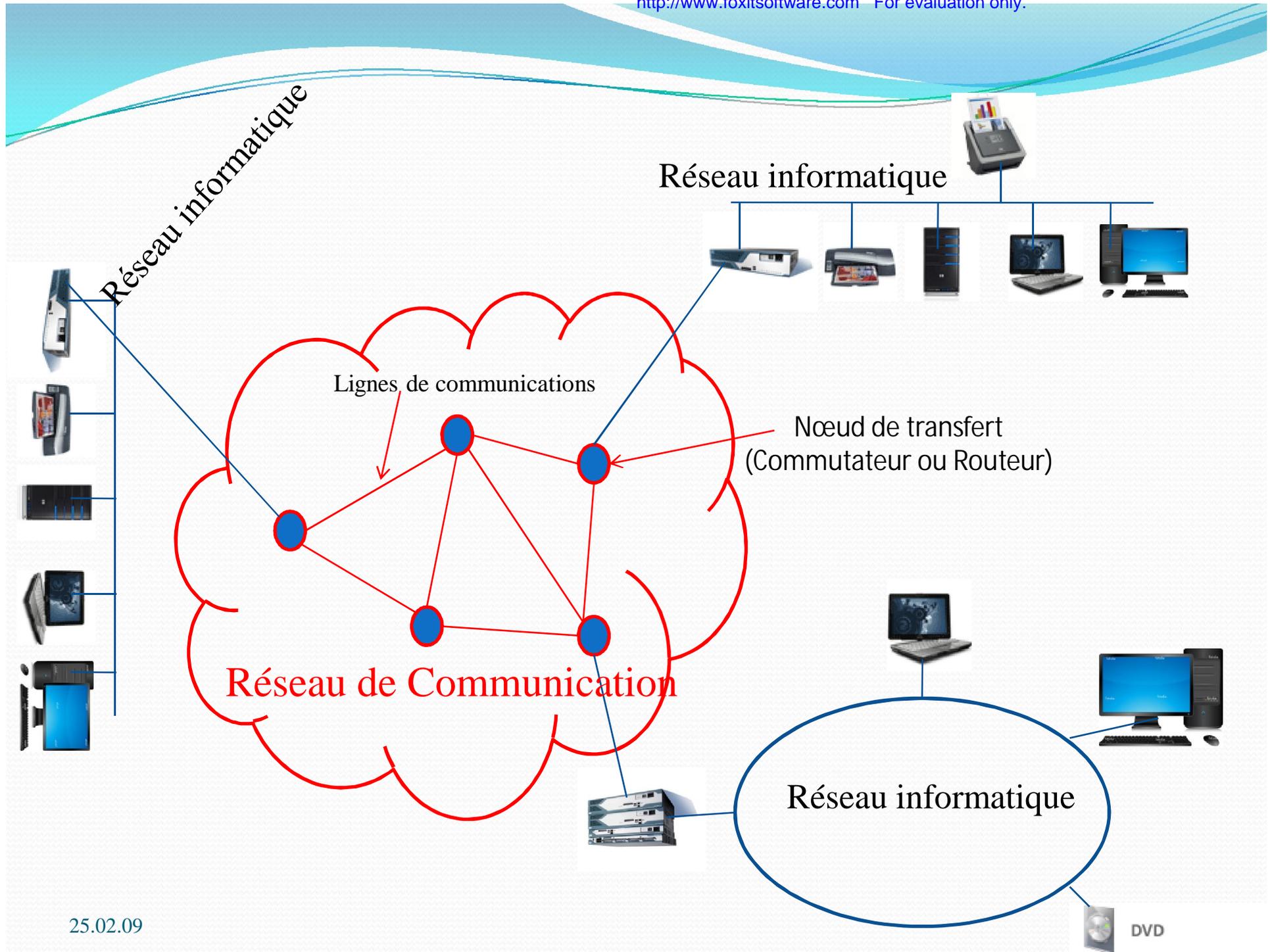
Les réseaux : principe fondamentaux

Licence Informatique SMI
Université Mohammed-V Agdal
Faculté des Sciences Rabat
Département informatique

Bouabid El Ouahidi
Bouabid.Ouahidi@telecom-bretagne.eu

Un réseau informatique permet de relier entre eux divers équipements (PC, imprimantes, ...) informatiques

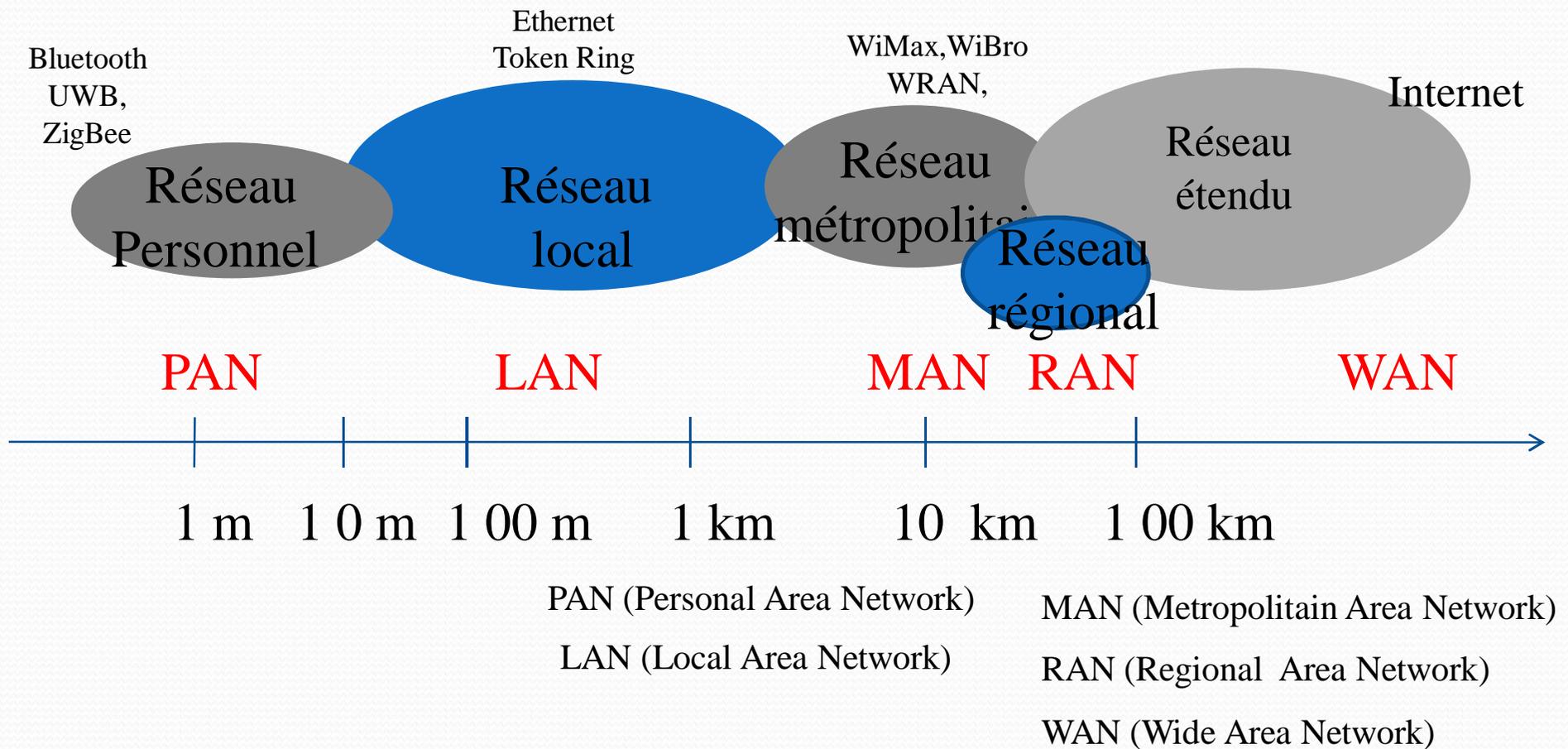
Un réseau de transport (communication) est un ensemble de lignes de communications (câble, onde radio, fibre optique) et des nœuds de transferts (routeurs ou commutateurs).



Classifications des réseaux

- q Selon leur taille (LAN, MAN, ...)
- q Selon le mode de transmission (one way, half duplex, full duplex)
- q Selon leur topologie physique (bus, anneau, maillé...)
- q Selon le mode de communication (unicast, multicast, broadcast)
- q Selon le mode de fonctionnement (Connecté (stream), ou non connecté (datagramme))
- q Selon leur type de réseau (commuté, routé)

Appellations selon la taille



Ethernet Partagé

Voir Chapitre réseaux locaux

Ethernet standard

Bus partagé



Fonctionnement

Bus passif

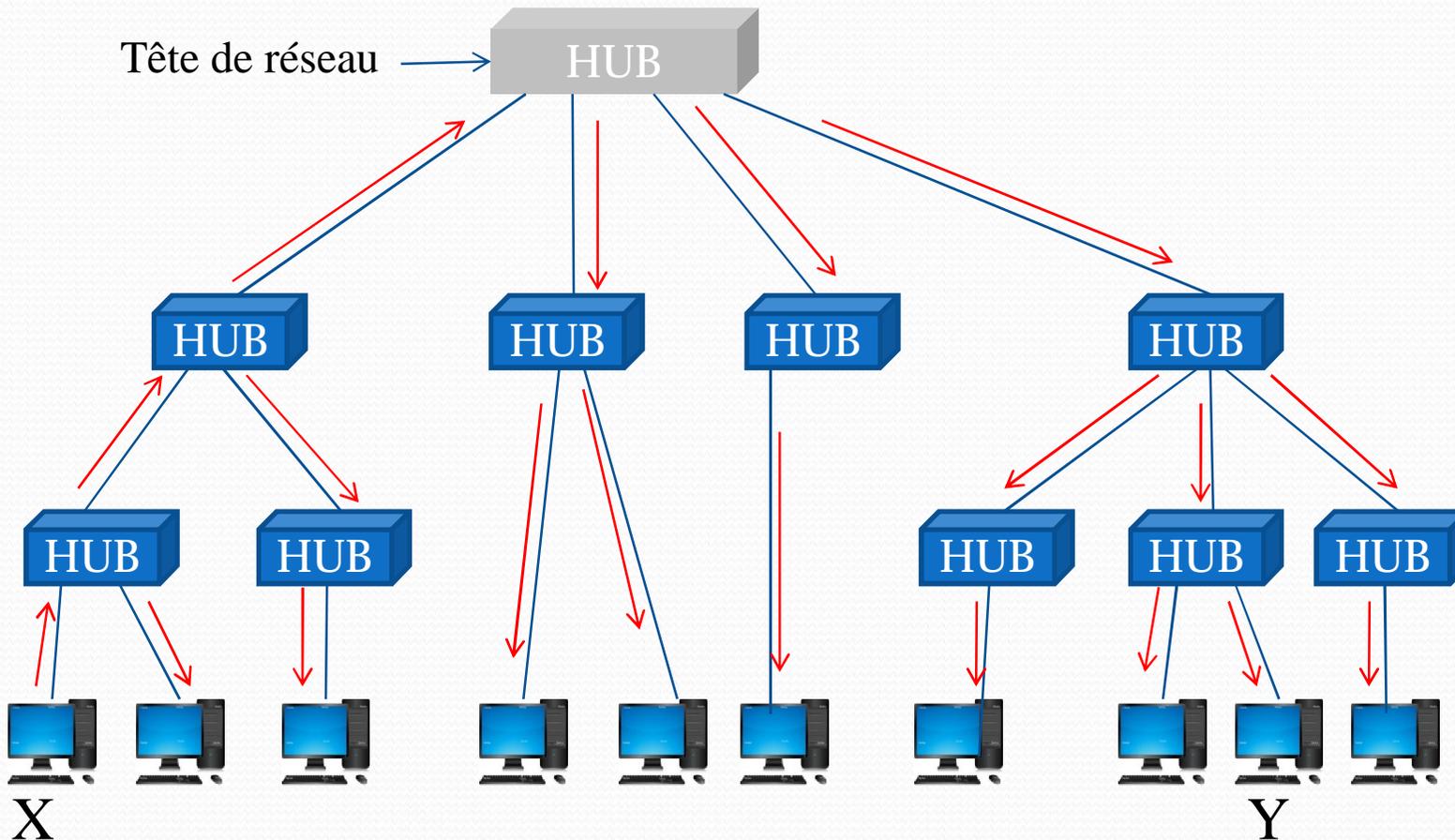
Diffusion MAC

CSMA/CD

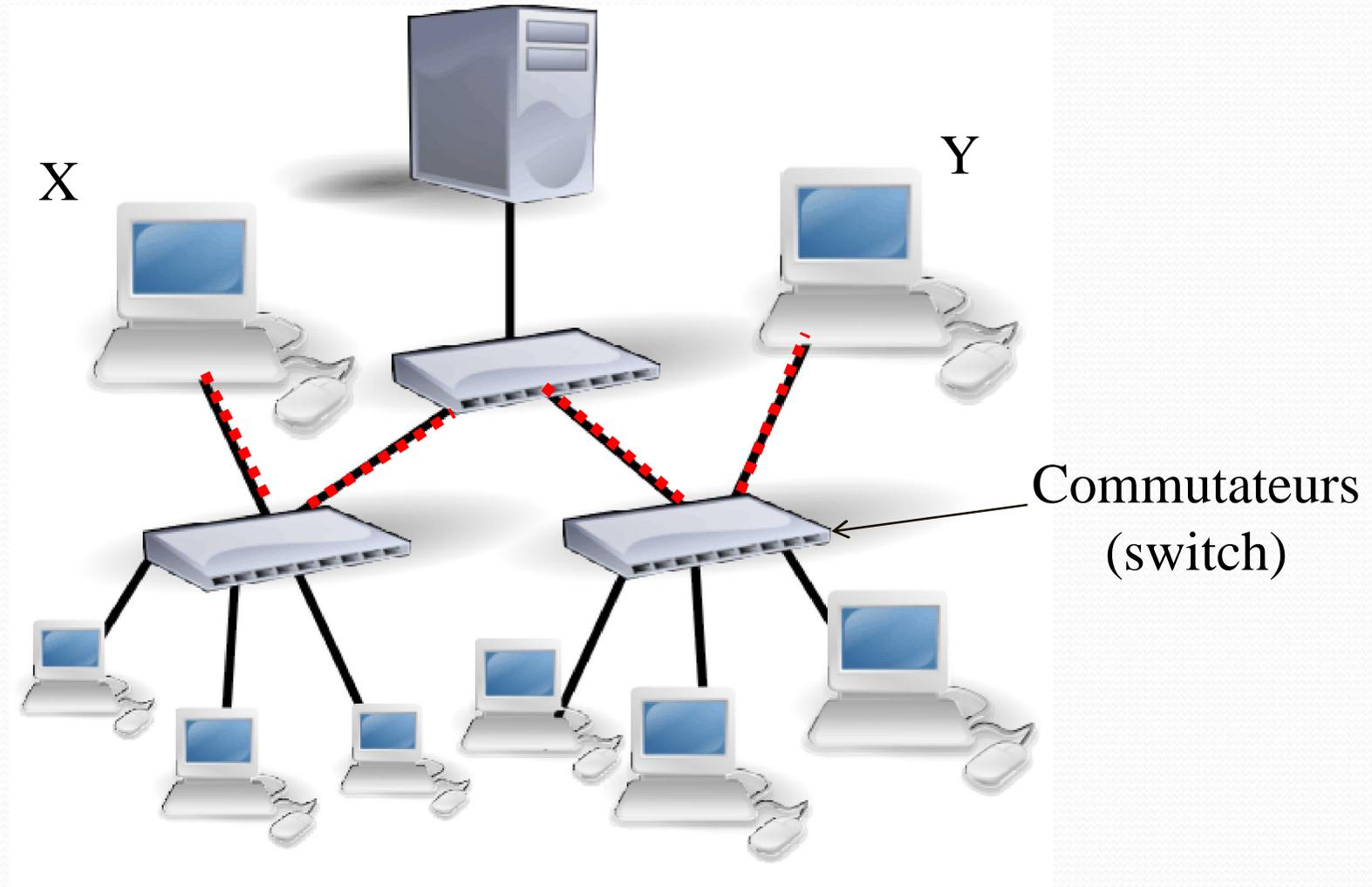
Partage et Gestion de Collision

Statut Egalitaire

Ethernet Partagé



Ethernet Commuté

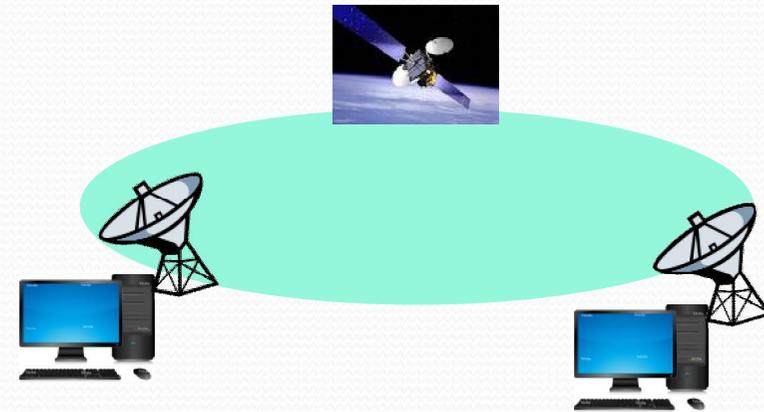
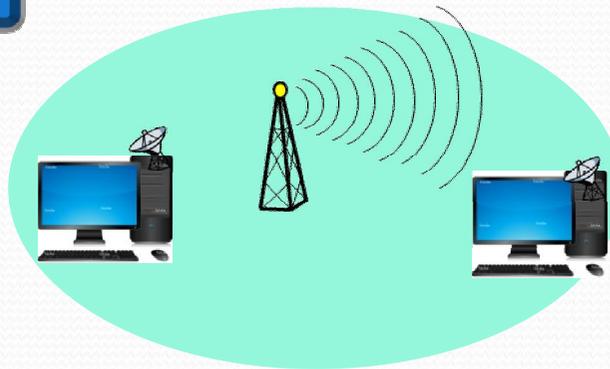


Medium de transmission

Câbles : paires torsadées, câbles coaxiales



Ondes radios



Fibre optique



Modes de transmission

Unidirectionnelle (*one way*) (clavier, souris, ...)



Bidirectionnelles à l'alternat (*half duplex*) (talkies-walkies)



Bidirectionnelles (*full duplex*) (téléphone)

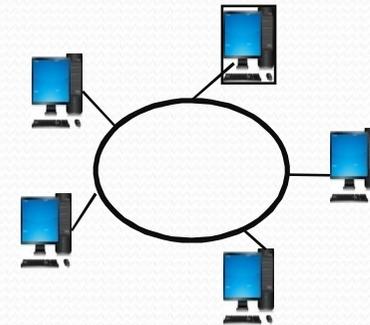


Topologie physiques

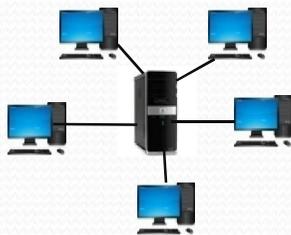
Mode bus



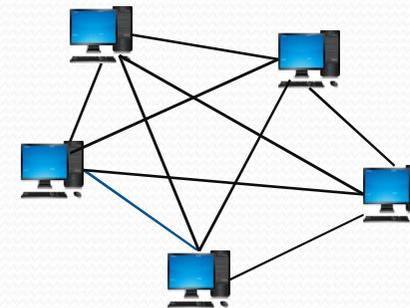
Mode anneau



Mode étoile



Mode maillé



Problème: nombre de liens

Topologie logiques

Modes de Communications:

Mode unicast: téléphone,.....

Mode Multicast: Conférence à plusieurs, ...

Mode Broadcast: TV, Ethernet partagé, ...

Mode de fonctionnement

Deux modes de fonctionnement :

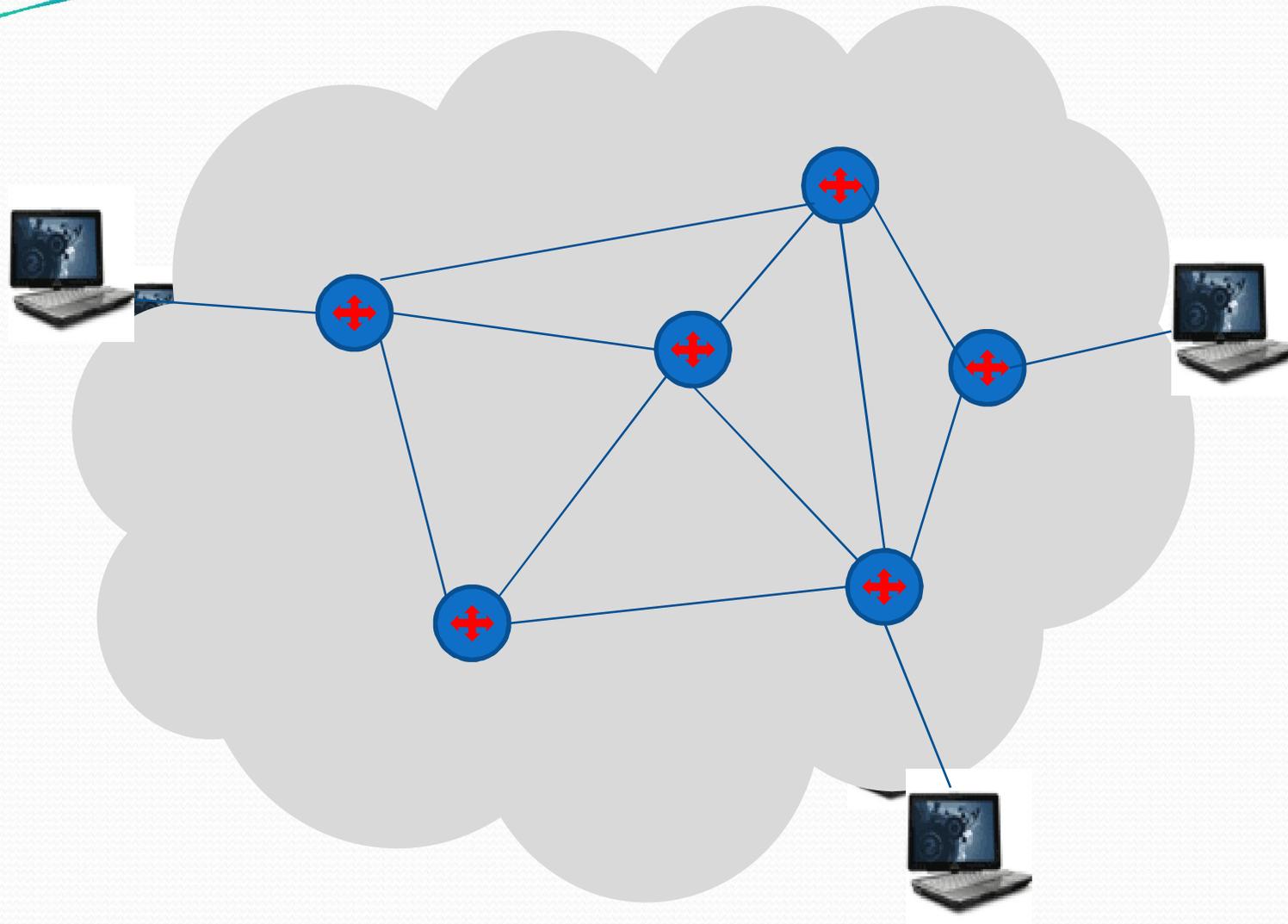
Mode connecté (Stream**): Téléphone**

Mode non connecté (Datagramme**): Poste**

Réseau Connecté (1/3)

1. Demande d'établissement de connexion (ex numérotation)
2. Si le récepteur (ou le réseau) refuse, pas de connexion (bip bip... ou par suite d'encombrement
3. Sinon établissement de la connexion (un circuit physique ou virtuel + réservation de ressources)
4. Echanges des données (ils dialoguent)
5. Libération de la connexion (décroche)

Réseau Connecté (2/3)



Service Connecté (3/3)

Un service sur connexion se distingue d'un service datagramme par le fait qu'il faut préalablement à toute communication établir un **contexte de connexion**

Ce contexte contient la gestion de l'échange

Les données arrivent dans l'ordre d'émission

Accord entre les utilisateurs (synchronisation)

Exemple: TCP, Service téléphonique

On appelle ce service: service Stream

Service non connecté (1/2)

Service Postal:

Interface publique: Boite à lettres

Une lettre= un message + une enveloppe

Contenu de lettre (message) inconnu du service postal

Délai de remise (temps de transport de la lettre+ temps de traitement par les facteurs) n'est connu.

Transport (chemins+moyens) inconnus de l'expéditeur et du destinataire

Service non connecté (2/2)

Propriétés du Service Postal (non connecté, datagramme):

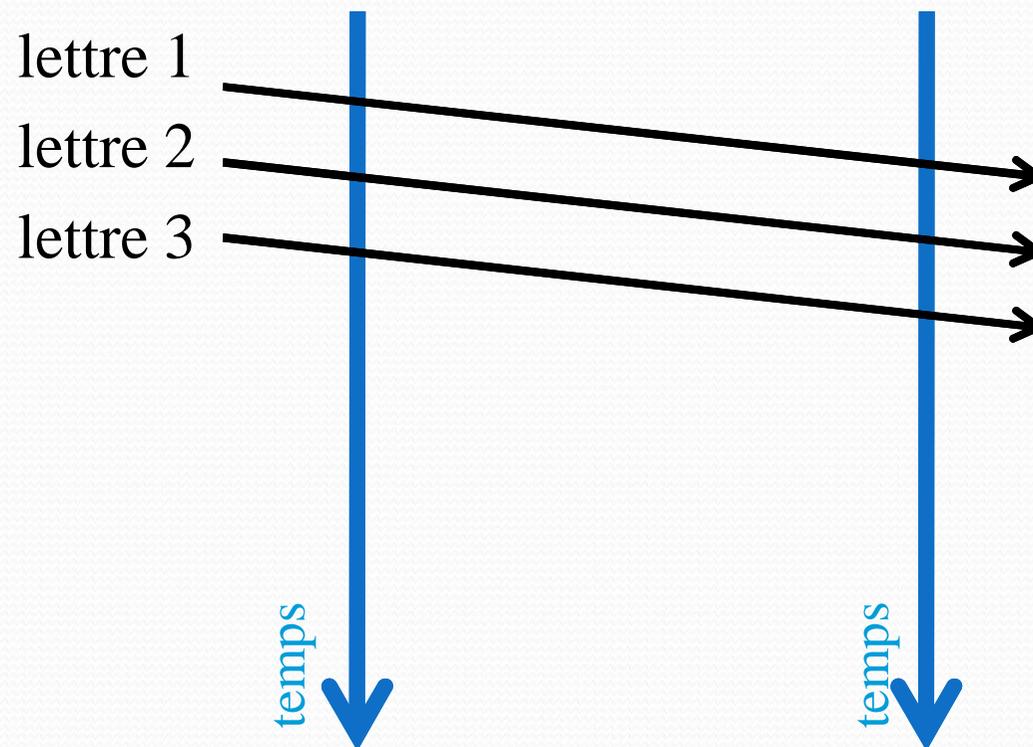
- q Une lettre pour chaque information à échanger
- q L'adresse est recopiée sur chaque lettre
- q Quantité d'information limitée dans chaque lettre (poids)
- q Pas de présence ou accord du destinataire (asynchronisme)
- q Si plusieurs lettres sont émises de suite, elles sont traitées indépendamment, Il n'y a aucune garantie qu'elles arrivent dans le même ordre au destinataire
- q La poste traite chaque individuellement et ne garde aucune trace de son passage
- q La poste ne détecte pas la perte d'une lettre

Datagramme vs Connecté

	Non connecté (Datagramme)	Connecté (Stream)
Exemples	Poste, IP (Internet)	Téléphone, ATM
Type	Routé	Commuté
Synchronisme	Non	Oui
Séquencement	Non	Oui
Perte	Oui	Non

Chronogramme

- Ø Un chronogramme permet de représenter les échanges de messages
- Ø Vision artificielle puisque l'émetteur et le récepteur n'ont qu'une vision locale des échanges d'information



Un Protocole

Un protocole permet de changer la nature d'une voie de transmission

Exemple:

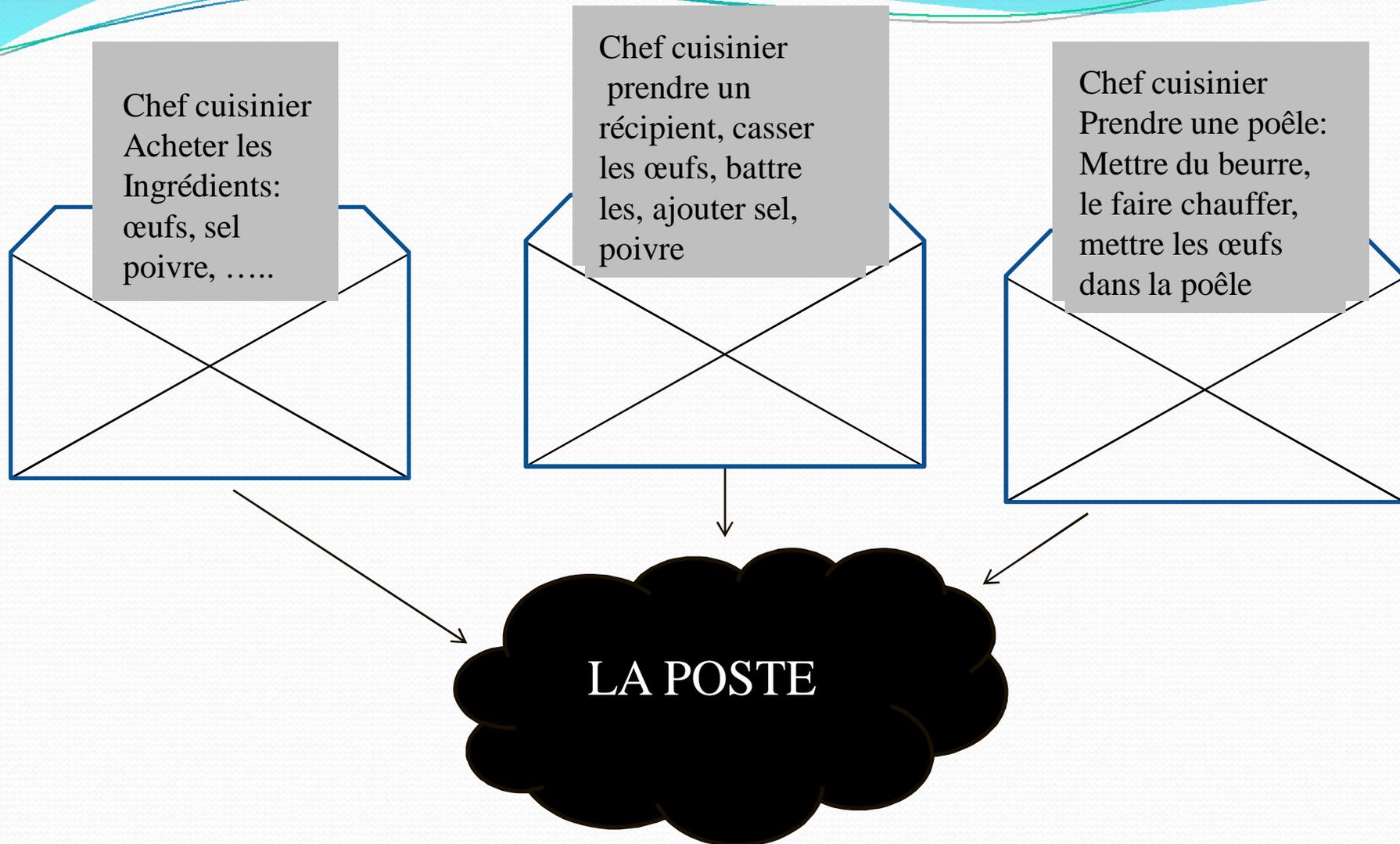
Un protocole permet de remettre les lettres postales dans le bon ordre

Conventions et règles d'échanges connus de l'émetteur et du destinataire

Ajout d'information du protocole (enveloppe) en plus des données à transmettre

Protocole

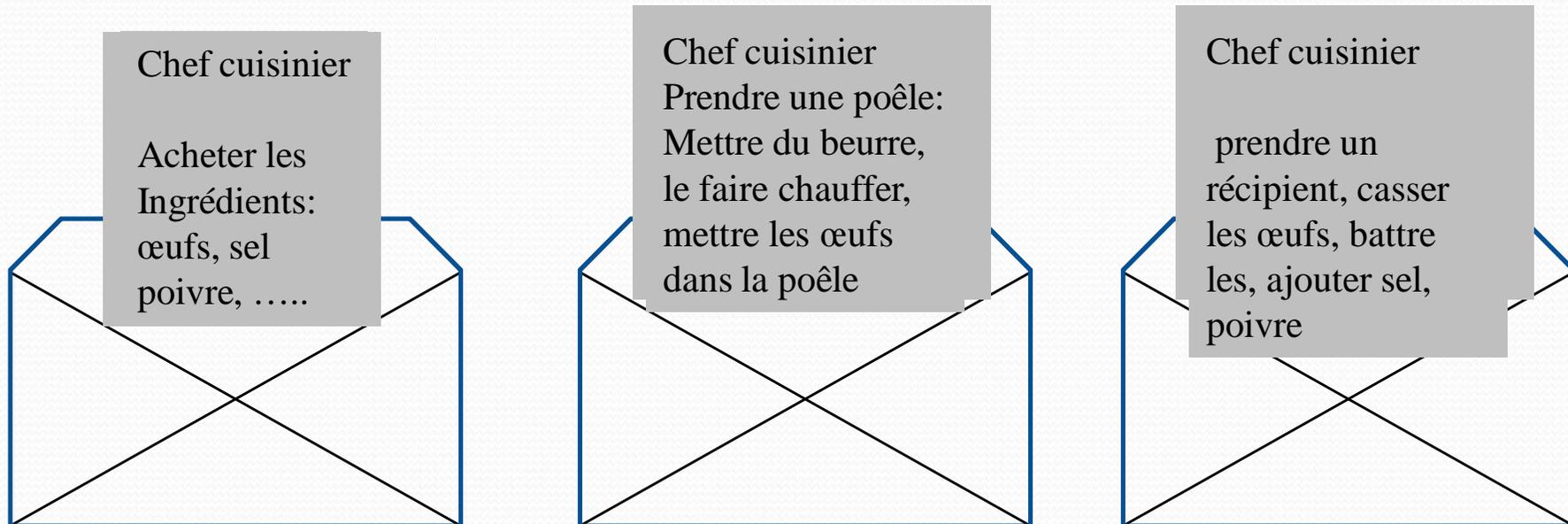
Chef cuisinier envoie:



L'apprenti reçoit la lettre et exécute immédiatement son contenu.
Y -a-t-il des problèmes?

Séquencement

L'apprenti cuisinier reçoit et exécute les lettres dans cet ordre?



Ce problème vient:

- ü Les courriers sont traités indépendamment l'un de l'autre.
- ü L'apprenti exécute immédiatement le contenu de la lettre.

La solution va être construite par un ensemble de règles établies préalablement entre le chef cuisinier et l'apprenti cuisinier.

Protocole (Séquencement)

Information du protocole

Chaque lettre aura une en tête l'annotation suivante i/n , qui signifie La lettre reçue est la $i^{\text{ème}}$ parmi n lettres. Le chef cuisinier ajoute cette information pour numéroter ses lettres.

Règle : La lettre i/n reçue n'est exécutée que si tous les j/n ($j < i$) lettres sont reçues et exécutées.

Où est placée cette information i/n ?

Ce protocole résout-il le problème de séquencement?

Protocole

Chef cuisinier 1/3

Acheter les
Ingrédients: œufs,
sel poivre,

Chef cuisinier 2/3

Prendre une poêle:
Mettre du beurre, le
faire chauffer, mettre
les œufs dans la
poêle

Chef cuisinier 3/3

prendre un
récipient, casser
les œufs, battre
les, ajouter sel,
poivre

Ü i/n : information du protocole

Ü i/n: ne concerne pas la recette!

Pourquoi ne pas mettre deux secrétaires des deux côtés pour s'en occuper (notion de couche)

Ü i/n: ne concerne pas la poste!

Chef Cuisinier

Apprenti Cuisinier

Le chef
cuisinier

.....

Recette

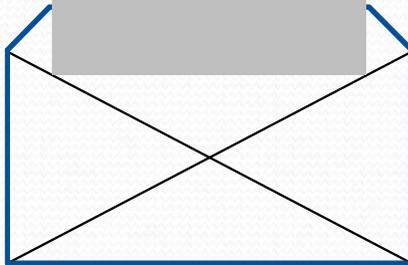
Le chef
cuisinier

.....

Secrétaire

Le chef
cuisinier **i/n**

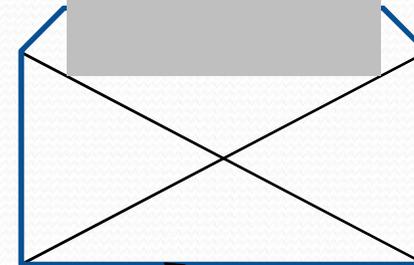
.....



Secrétaire

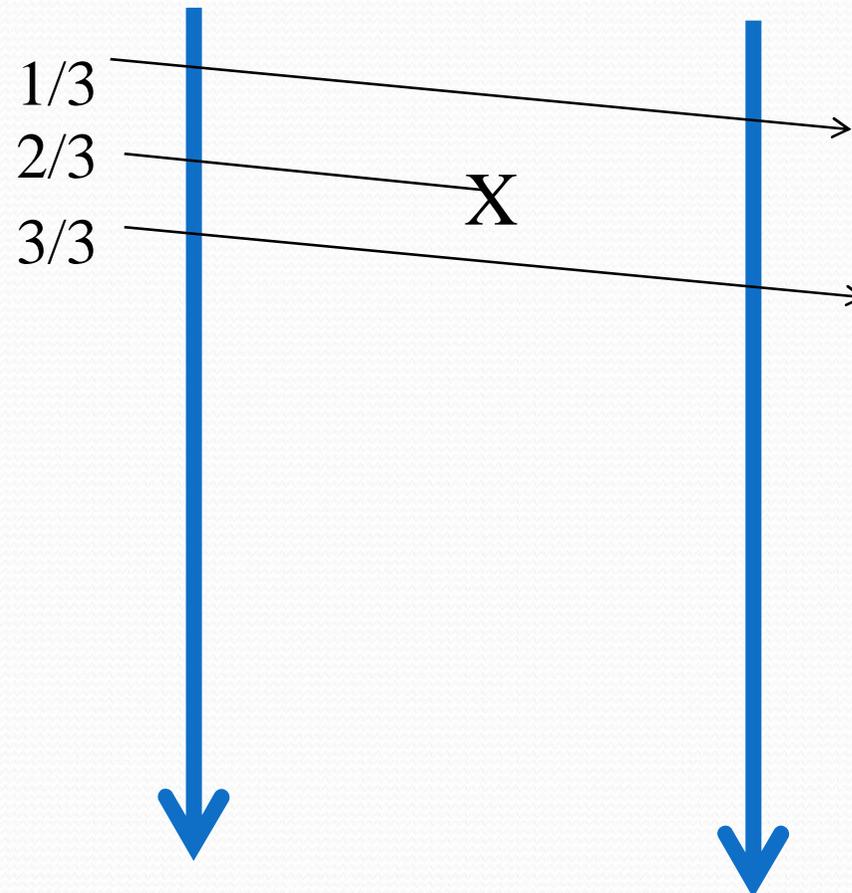
Le chef
cuisinier **i/n**

.....



Perte

Le protocole précédent est-il suffisant pour parer aux inconvénients du service postal. Que se passe t-il si une lettre se perd et n'arrive jamais ou si elle arrive en retard?



Correction d'une perte

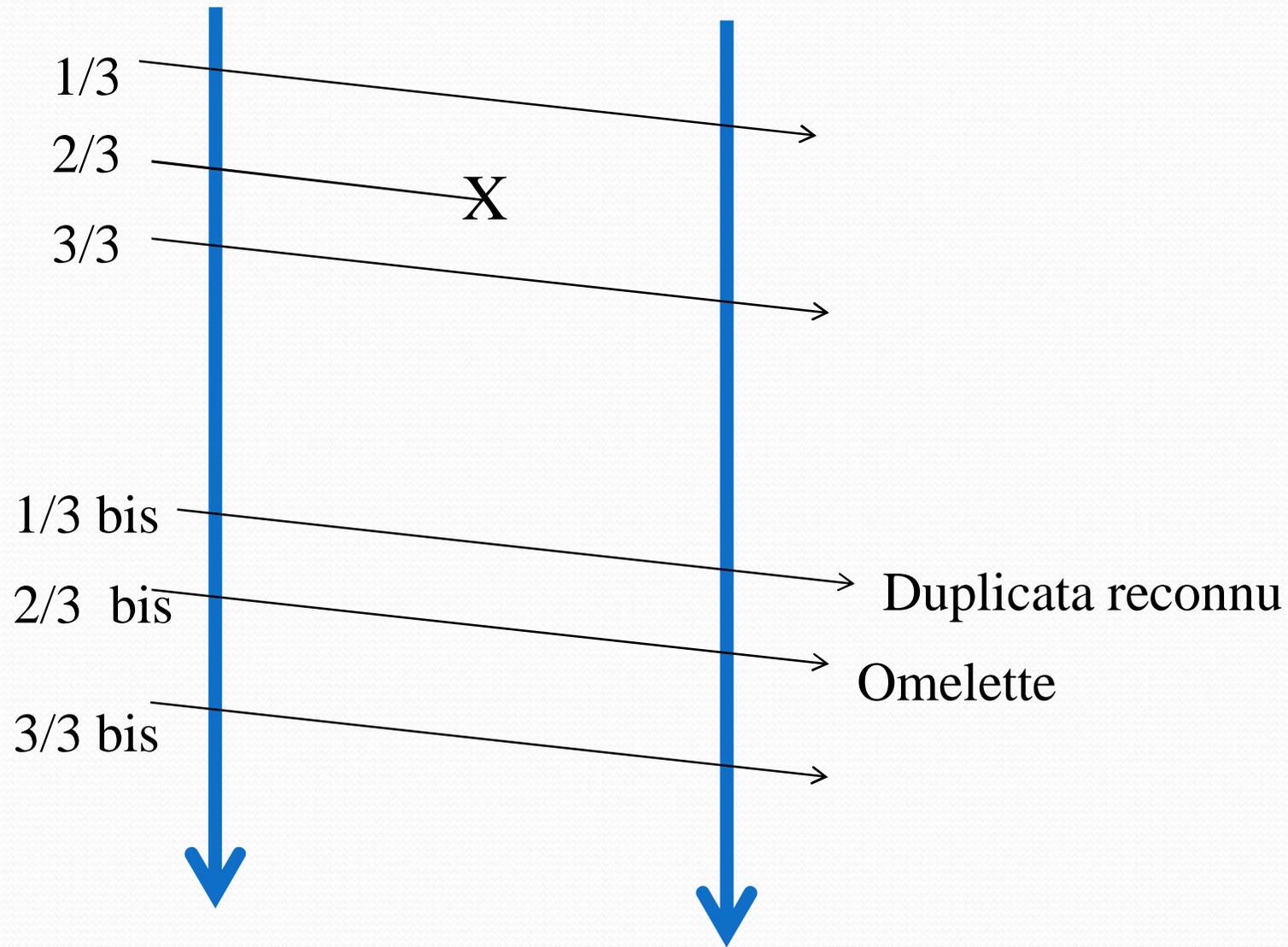
Plusieurs possibilités:

Ø Répétition systématique d'envoi

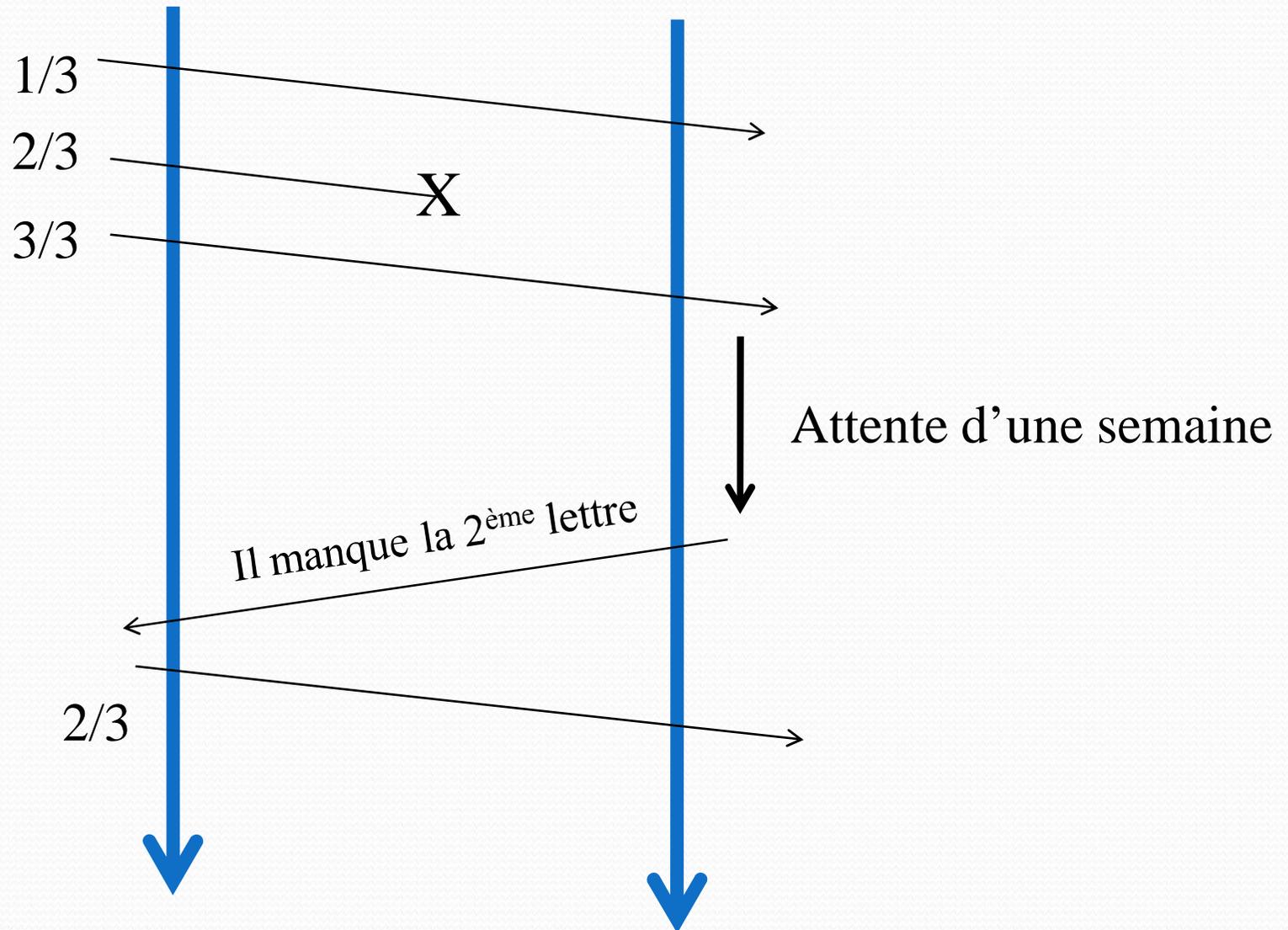
Ø L'apprenti attend un certain temps, puis s'il ne reçoit rien, envoie un courrier au chef lui demandant une copie de la lettre manquante.

Ø L'apprenti envoie une lettre de confirmation (accusé de réception) pour chaque lettre reçue. Le chef cuisinier envoie une copie des lettres pour lesquelles, il n'a pas reçu de confirmation de bonne réception

Répétition systématique

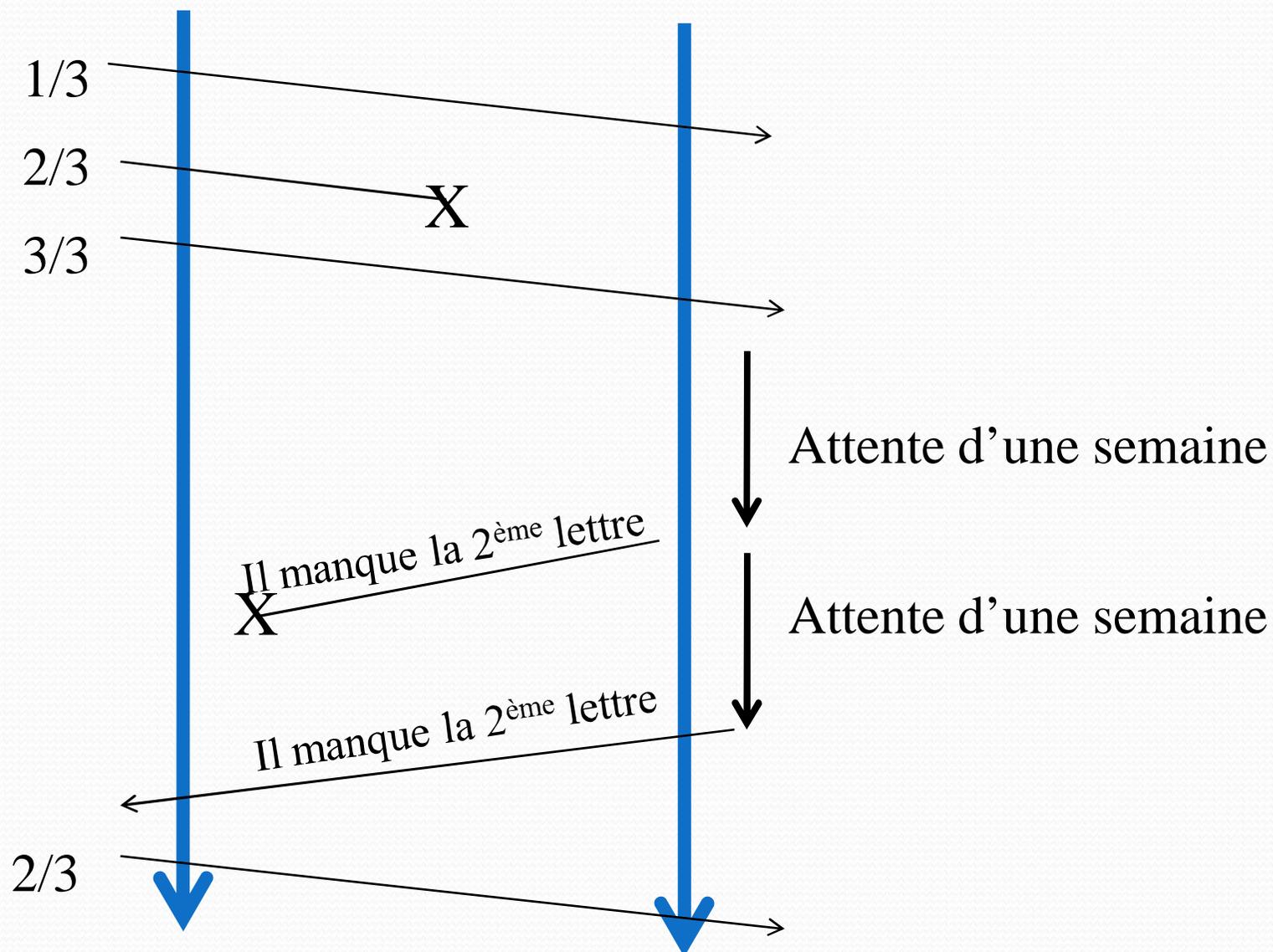


Perte

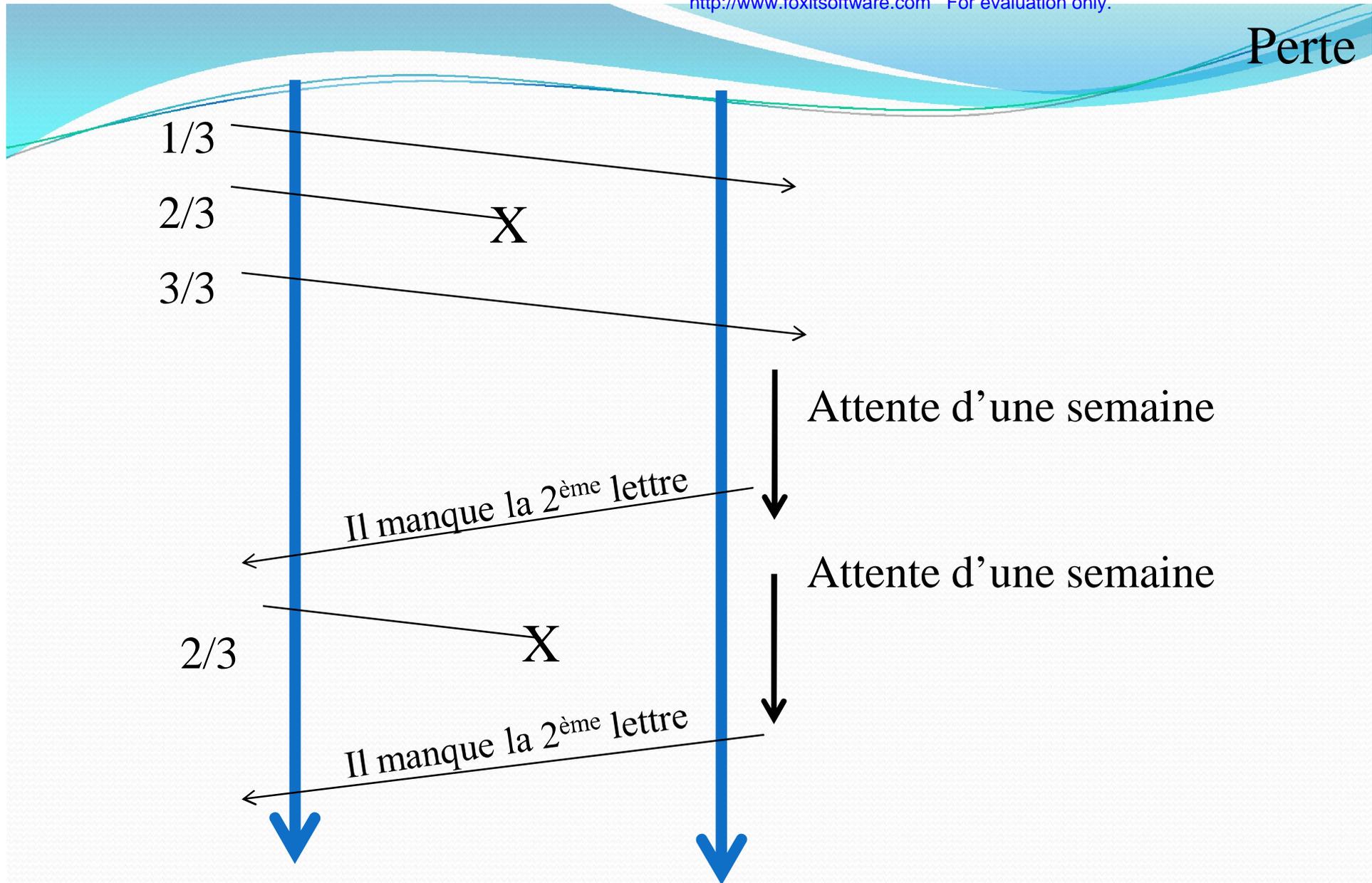


- ✓ Définir les règles chez l'émetteur et le récepteur
- ✓ Quelles informations sont ajoutées à la lettre?
- ✓ Est-ce que le protocole est correct (c'est-à-dire est-ce qu'il permet de faire autant d'omelette que le cuisinier le veut?)
- ✓ Comment se passe-t-il si la demande de réémission se perd?
- ✓ Comment modifier ce protocole en conséquence?

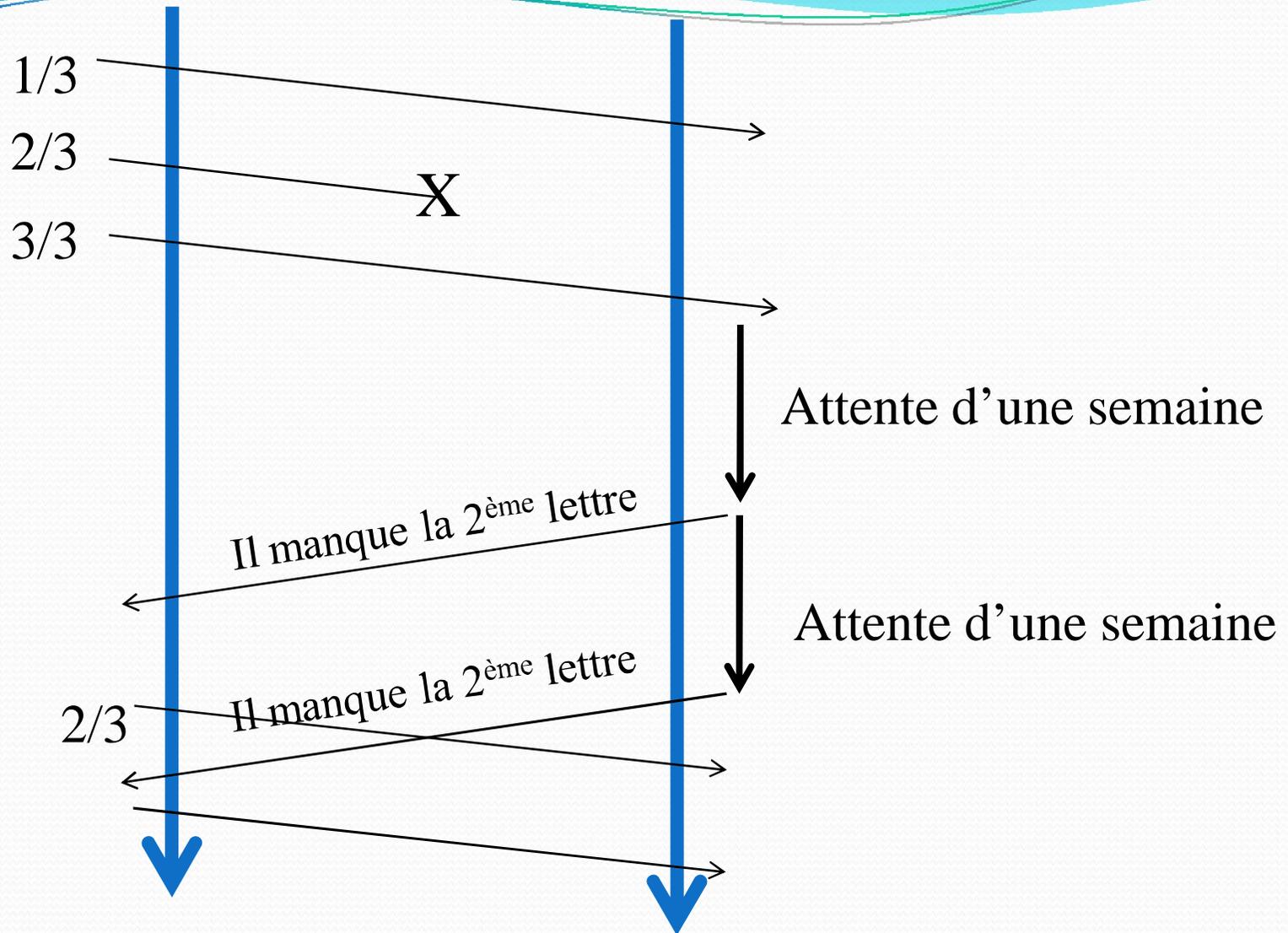
Perte d'une demande de retransmission



Perte

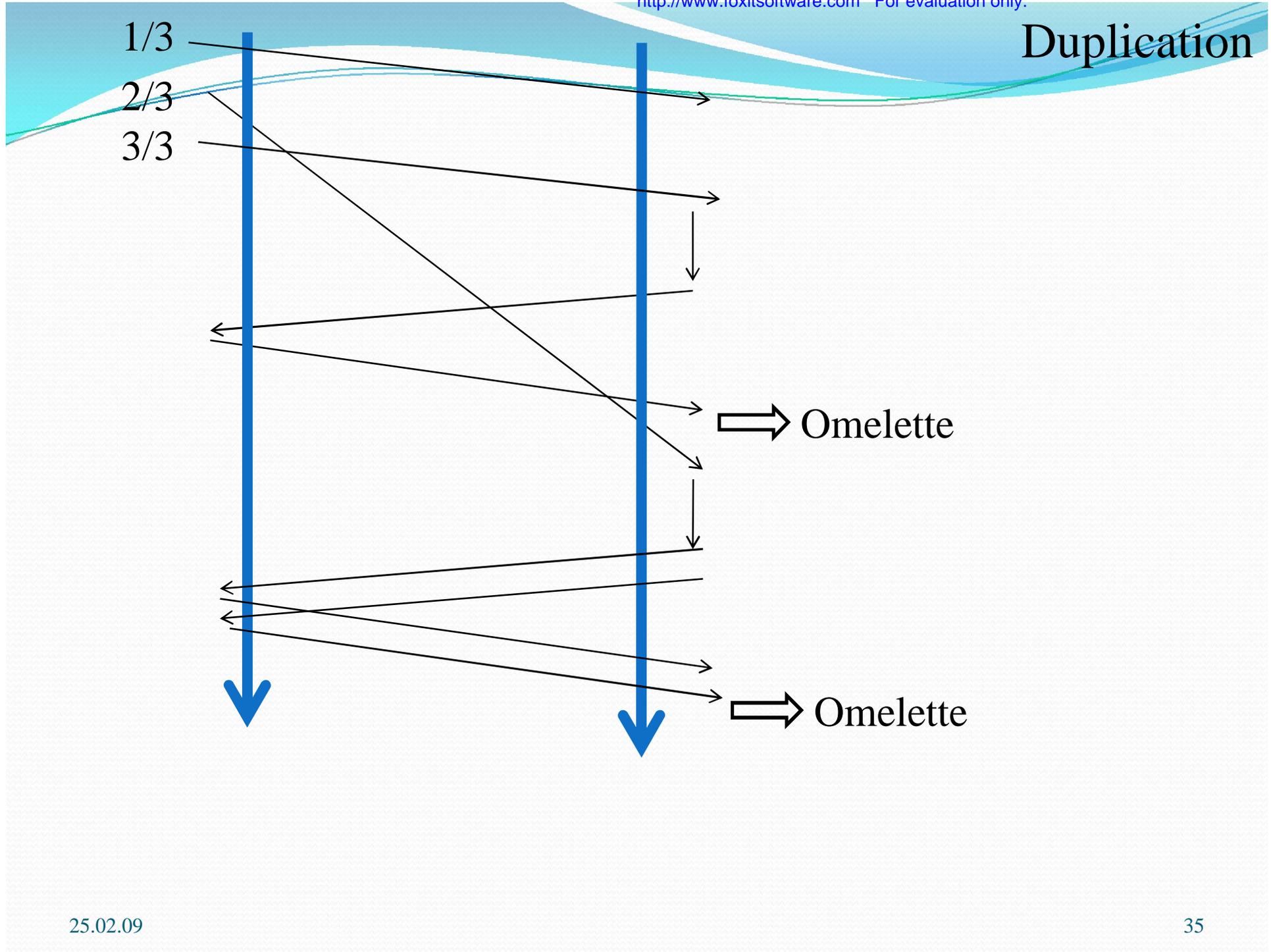


✓ Que se passe t-il si au lieu de perdre une demande de retransmission on perd la lettre réponse



✓ Que se passe t-il si la réponse met plus de temps que prévu pour arriver?

Duplication



- ∅ Notre protocole permet de modifier la nature de la voie de transmission
 - § le service postal perd des lettres
 - § le protocole permet de corriger ces pertes

- ∅ mais
 - § le protocole peut conduire à des duplications

✓ Comment ne pas avoir deux omelettes?

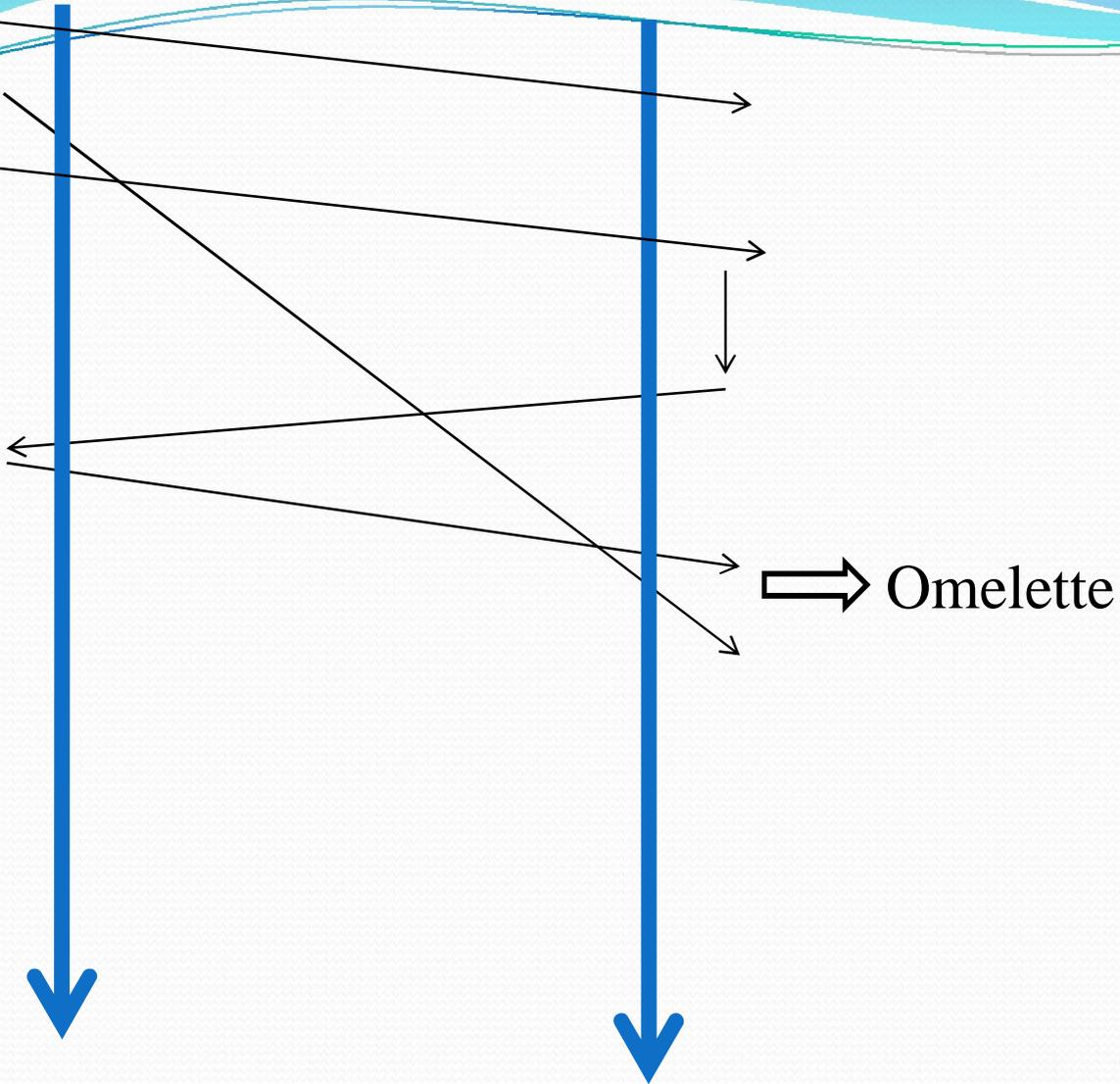
✓ Comment se passe si le cuisinier demande deux omelettes de suite?

Duplication

1/3

2/3

3/3



✓ Compléter ce schéma

EMPILEMENT DE PLUSIEURS PROTOCOLES

- ✓ Un protocole sert à créer une voie de communication avec une caractéristique voulue à partir d'une voie de communication ayant d'autres propriétés.
- ✓ Le téléphone permet de transporter des sons d'un point à un autre de la planète. Pourtant le fil de cuivre utilisé ne sait transporter que des tensions électriques. Le téléphone met en œuvre un protocole qui transforme les sons en tensions électriques.
- ✓ Le minitel échange des données informatiques avec un serveur en utilisant le réseau téléphonique. Le modem présent dans le minitel met en œuvre un protocole transformant les données informatiques en sons pour être transportés sur le réseau téléphonique

✓ Pour changer la nature de la voie, le protocole est obligé de rajouter des informations ou d'échanger des messages de contrôle.

$$\text{Rendement} = \frac{\text{Information utile}}{\text{Information transmise}}$$

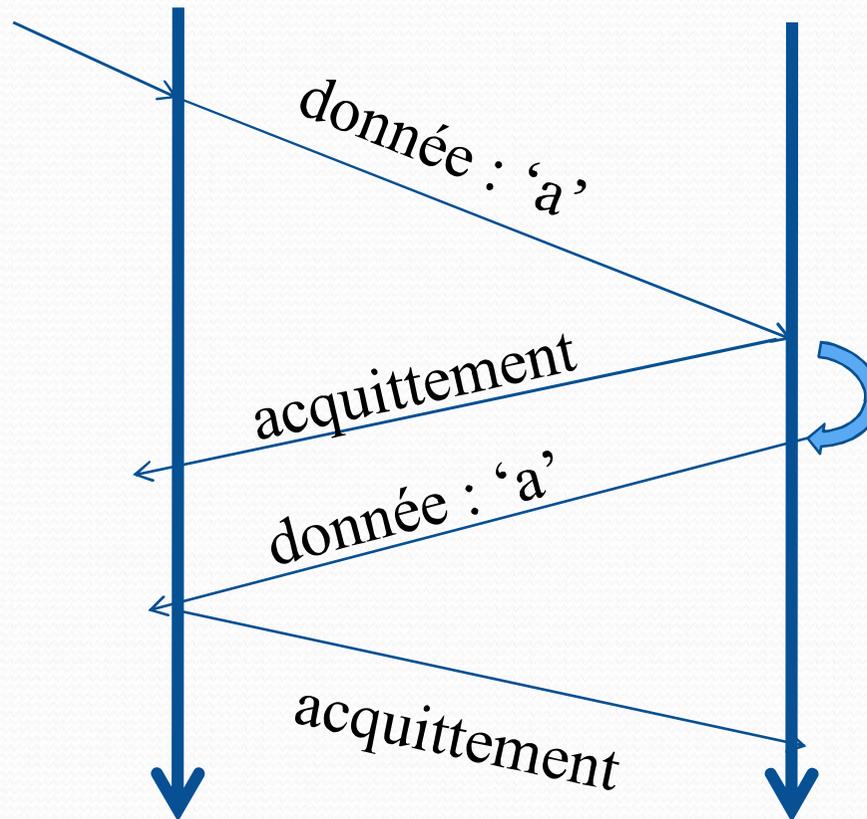
Exemples :

✓ Sur Internet quand un caractère est tapé au clavier, 41 octets sont émis sur le réseau :

- le rendement du protocole Internet est très faible ~ 2 %
- mais permet d'envoyer ce caractère n'importe où dans le monde sans erreur de transmission

Rendement

Si l'on regarde le protocole telnet (utilisé pour se connecter à un ordinateur distant), à chaque caractère tapé, on a l'échange suivant sur le réseau. Les données sont réémises par le destinataire pour être affichées.



Quel le rendement du protocole telnet?

Facilité la conception de réseaux

(protocoles, représentation de données, synchronisation, transmission,)

Interconnexion de réseaux hétérogènes

(Ethernet, token Ring, Novell, AppleTalk, IBM, HP,)

Modèle de Référence OSI

Normes :

q **De jure** : organisme de normalisation (ISO, AFNOR,ANSI,...) ;

q **De facto** :

- Standards ouverts : IEEE (réseaux locaux), IETF (Internet) ;
- Produits de constructeurs : Novell, IBM,...
- Environnements : OMG (Open Managment Group, UML, CORBA, ...

<http://www.ietf.org> (à consulter)

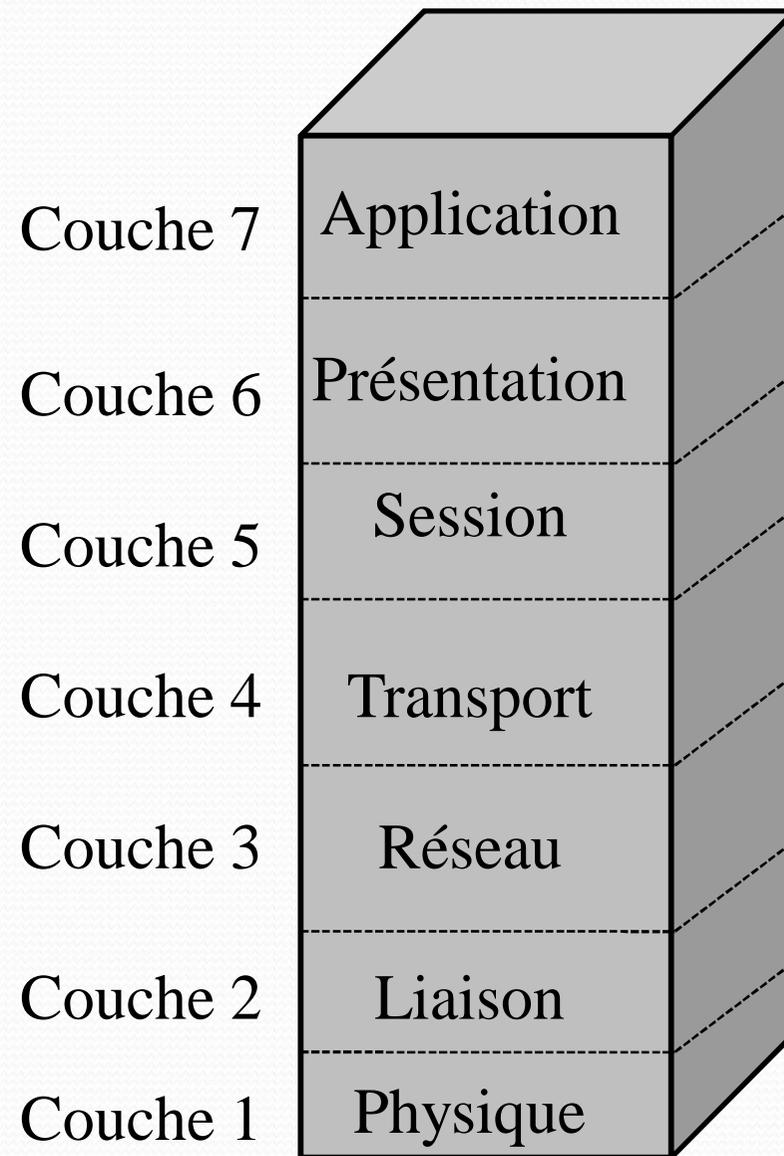
Modèle de référence OSI

OSI (Open System Interconnexion)

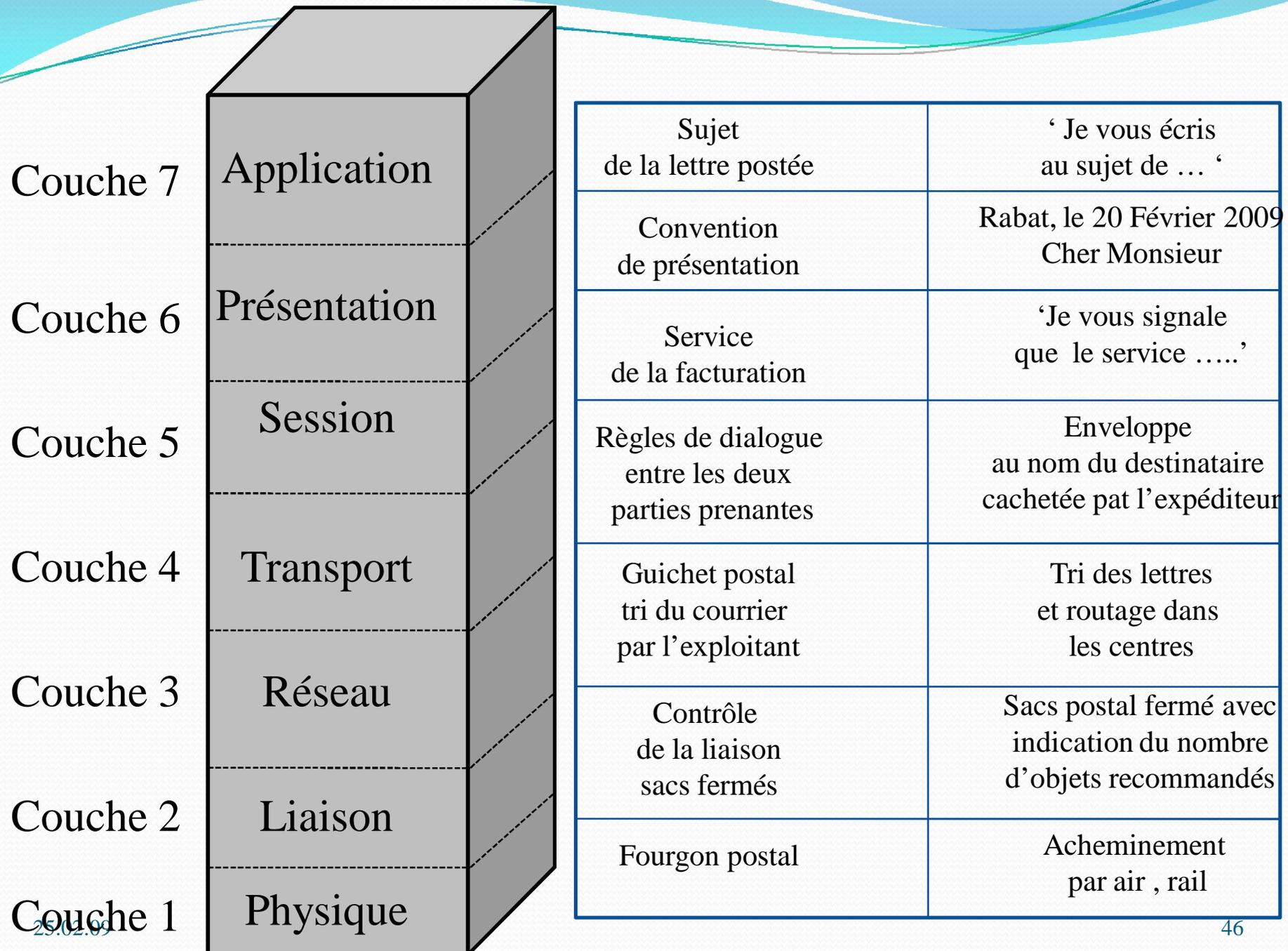
- Défini par l'ISO (International Organisation for Standardization) ;
- Définit les fonctionnalités des protocoles du réseau;
- Définit un vocabulaire et l'interaction entre équipements;

Repose sur une architecture en couches :

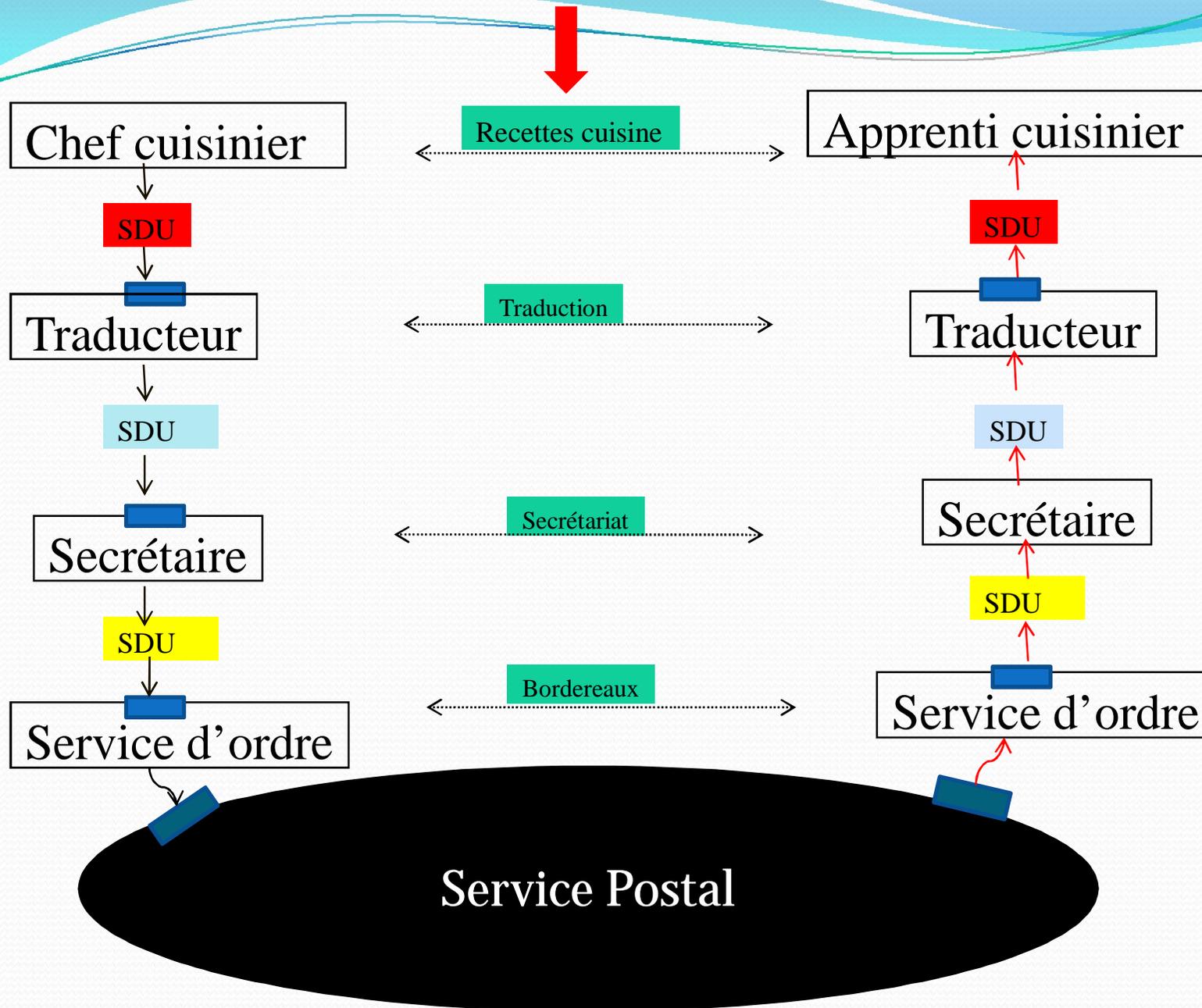
- ✚ Chaque couche met en œuvre un protocole (qui modifie les caractéristiques de la voie de communication) ;
- ✚ Chaque couche repose sur la couche inférieure :
 - la couche inférieure rend des services à la couche supérieure ;
 - la couche supérieure utilise les services de la couche inférieure.
- ✚ Le modèle définit 7 couches :
 - dans la réalité, il peut y avoir plus de 7 couches ou moins de 7

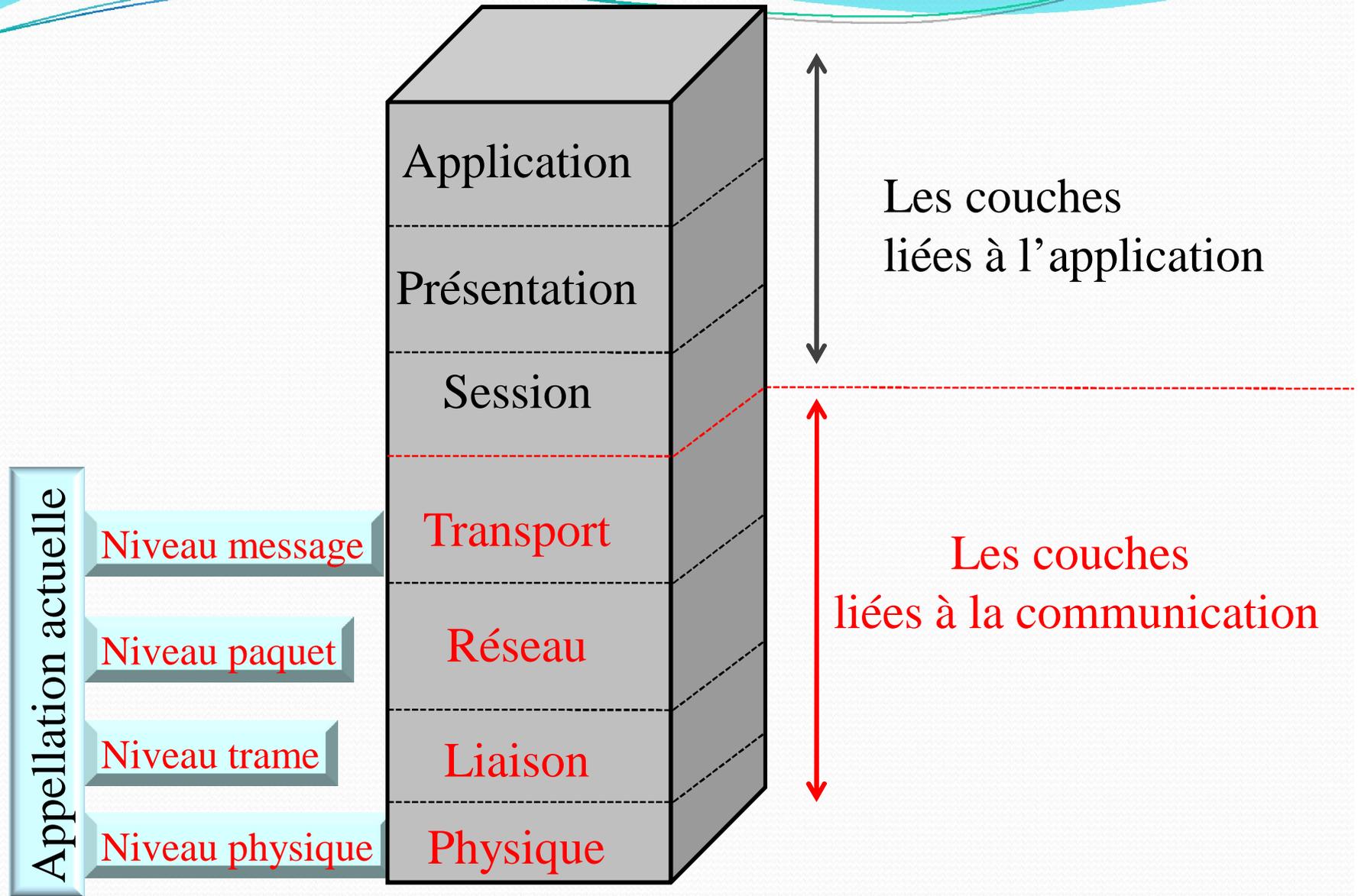


Modèle OSI et Service Postal

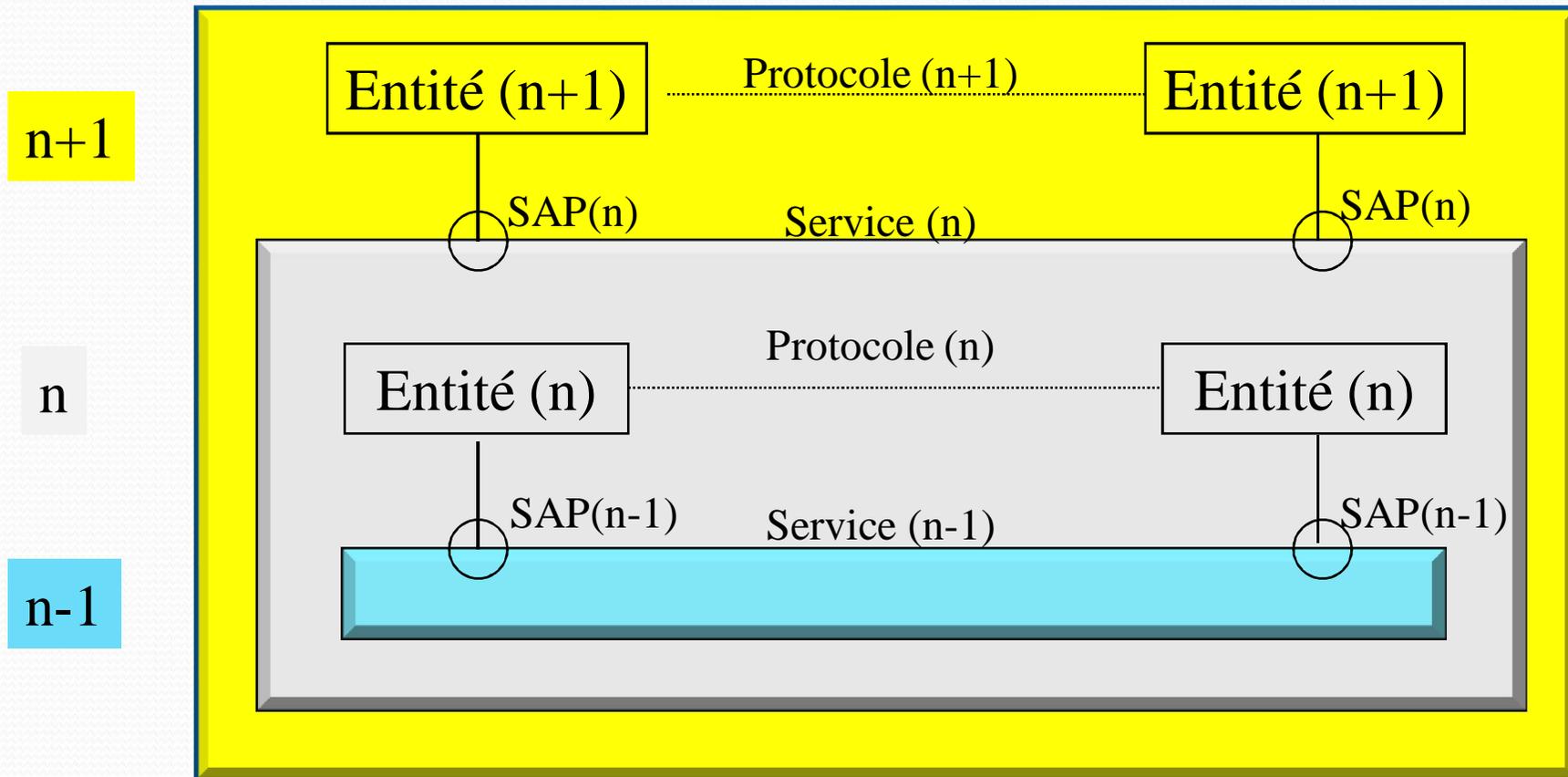


Echanges de PDUs





Couche, Protocole, Service



q **SDU : Service Data Unit**

- Û Informations échangées entre deux couches adjacentes.
- Û La couche inférieure ignore la "structure sémantique" du SDU
- Û Par exemple : pour le facteur, la lettre dans l'enveloppe est une SDU.

q **PDU : Protocol Data Unit**

- Û Informations échangées virtuellement entre deux systèmes distants
- Û Contient des informations protocolaires et peut être des données (SDU)

q **Entité protocolaire**

- Û met en œuvre le protocole
- Û composants électroniques, code dans le noyau, fonctions,...

q **SAP : Service Access Point**

- Û méthodes pour communiquer d'une couche à une autre
- Û emplacement mémoire et interruptions, appels de fonctions
- Û permet de savoir où remonter une information (adresse, numéro protocole,...)
- Û Boite aux lettres

Définitions succinctes des couches

Couche 1 (niveau physique):

- Correspond aux règles et procédures à mettre en œuvre pour **acheminer les éléments binaires sur le médium physique**: activation, désactivation, maintien,...
- Problèmes traités: mécaniques, électriques, électroniques,
- éléments: répéteurs, pont, modems, concentrateurs

Couche 2 (niveau trame):

- Construction de la trame (la trame (bloc d'octets) est l'entité transportée sur le médium)
- Acheminer la trame entre deux nœuds adjacents.
- Gestion et Contrôle de la transmission de la trame (collision, contrôle de flux, ..)
- Reconnaître le début et la fin de la trame (à la réception)
- Corriger (ou détecter) les erreurs susceptibles de se produire sur le support physique. (*N.B cette fonction n'est plus maintenue à ce niveau*)
- Equipements: pont, hubs, switch, ...
- Exemples de protocoles: CSMA/CD, HDLC, Ethernet commuté, X25.2, ATM

Couche 3 (niveau paquet)

Rôle de cette couche: acheminer correctement les paquets. Pour aller de l'émetteur au destinataire, il faut passer par des nœuds de transferts intermédiaires. Il permet ainsi de construire un réseau mondial.

Trois fonctions principales :

ü **Adressage** : gérer les adresses des communicants.

Exemples: les adresses IP (180.168.5.5), les adresses X25, les numéros de téléphones

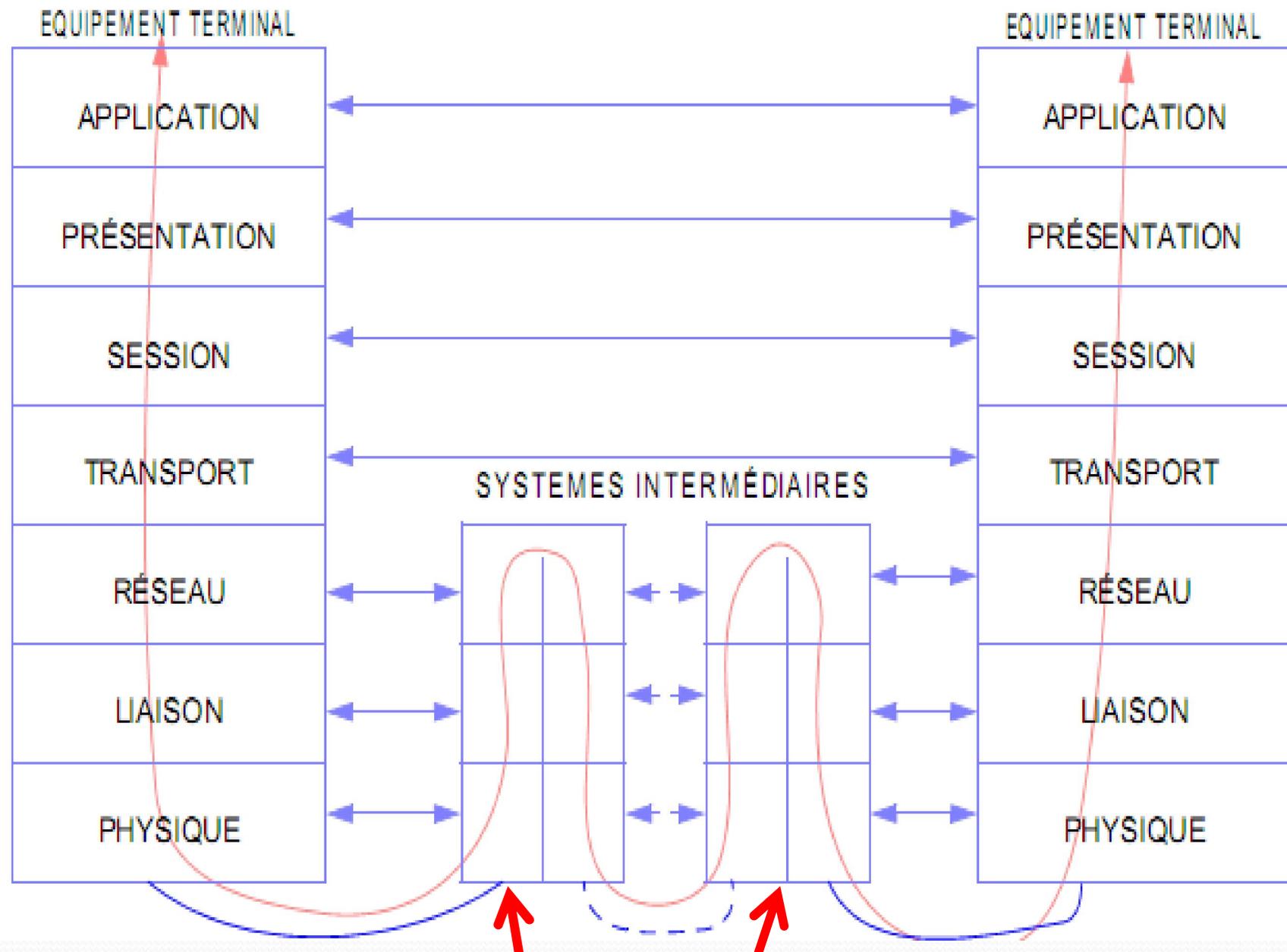
ü **Routage / Commutation:** Permettre d'acheminer les paquets à travers les nœuds de transfert du réseau. Dans la commutation les paquets suivent toujours la même route (ouverte par la signalisation), alors que dans le routage ce chemin peut changer.

ü **Contrôle de flux:** permet d'éviter les embouteillages de paquets dans le réseau. Si ce contrôle échoue, il est suivi d'un contrôle de congestion.

Exemples des protocoles de niveau 3 (couche réseau)

X25 : **mode connecté**, les paquets X25 sont encapsulés dans trames LAP-B. X25 (transpac, magripac).

IP : le protocole IP et ses extensions l'emporte aujourd'hui. Il définit l'adressage et le routage. **Mode non Connecté**. Les paquets IP peuvent être encapsulés dans différents types de trames (Ethernet, Cellule ATM, Relay de Trame,).



Couche 4 (niveau message)

- q La dernière couche concernée par l'acheminement de l'information
- q Prend en charge le transport du message de l'utilisateur d'une extrémité à une autre du réseau (**bout en bout**)
- q Optimise l'utilisation des infrastructures sous-jacentes:
 - o Contrôle de flux
 - o Multiplexage des messages sur une connexion réseau.
- q offre un transport **fiable** de bout en bout aux couches supérieurs quelque soit la qualité du réseau sous-jacent.

Exemples de protocole niveau 4:

TCP (Transmission Contrôle Protocol): mode connecté

UDP (User Datagramme Protocol) : mode non connecté

AAL (ATM)

Couche 5 (Session)

- q Fournir aux entités de présentation les moyens nécessaires à l'organisation et à la synchronisation de leur dialogue.
- q Comporte les fonctionnalités rendant possible l'ouverture, la fermeture et le maintien de la connexion.
- q D'autres fonctionnalités : pose des points de resynchronisation, la gestion des interruptions, les reprises de sessions, ...

Exemples: RPC (Remote Procedure Call) contient des fonctionnalités
De la couche session

La couche 6 (Présentation)

q La couche présentation permet de résoudre les problèmes de représentation des données dus aux matériels hétérogènes connectés sur le réseau. Elle permet aussi la compression ou le chiffrement des données à transférer.

Exemple: Les données ne sont pas interprétées de la même manière sur un Sun ou un Mac et un PC :

∅ *big Endian* : $32\ 768_{10} = 1000\ 0000\ 0000\ 0000_2$

∅ *little Endian* : $32\ 768_{10} = 0000\ 0000\ 1000\ 0000_2$

Si transmission bit à bit, le destinataire interprète la valeur transmise comme 128_{10}

q La couche Présentation définit un "esperanto" informatique. Les données sont codées de la représentation locale en la notation universelle. Le récepteur retranscrit ces données dans sa représentation locale.

Exemple de protocole du niveau 6: XDR (eXternal Data Representation)

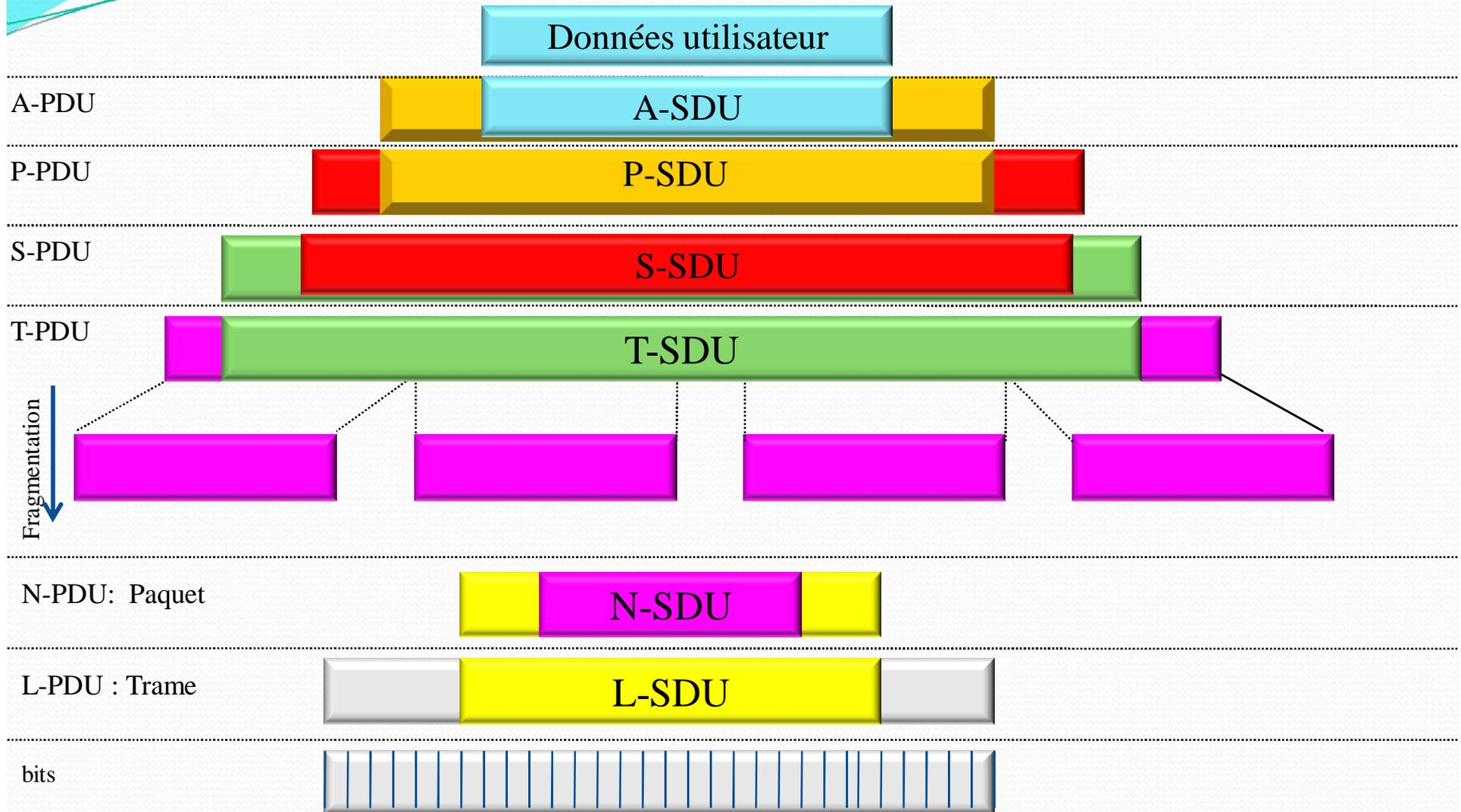
Couche 7 (Application)

- q La couche application fournit aux processus (utilisateurs ou système d'exploitation) les moyens d'accéder à l'environnement réseau.
- q Elle s'occupe de la sémantique, contrairement la couche présentation, qui prend en charge la syntaxe.

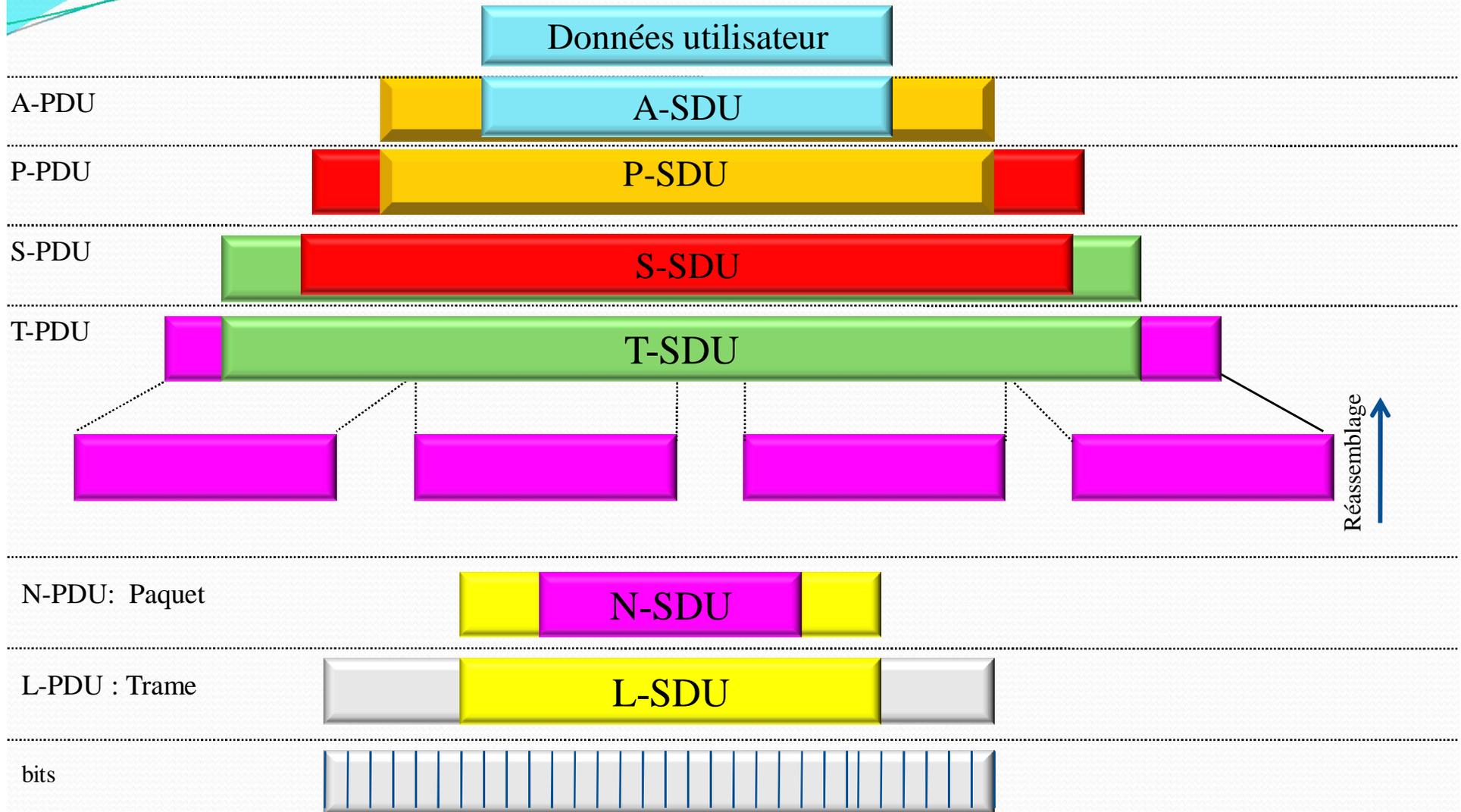
Citez des exemples d'applications pour les utilisateurs,

Pour les systèmes d'exploitation

Encapsulation des données



Décapsulation des données



Quid du modèle de référence (OSI) ?

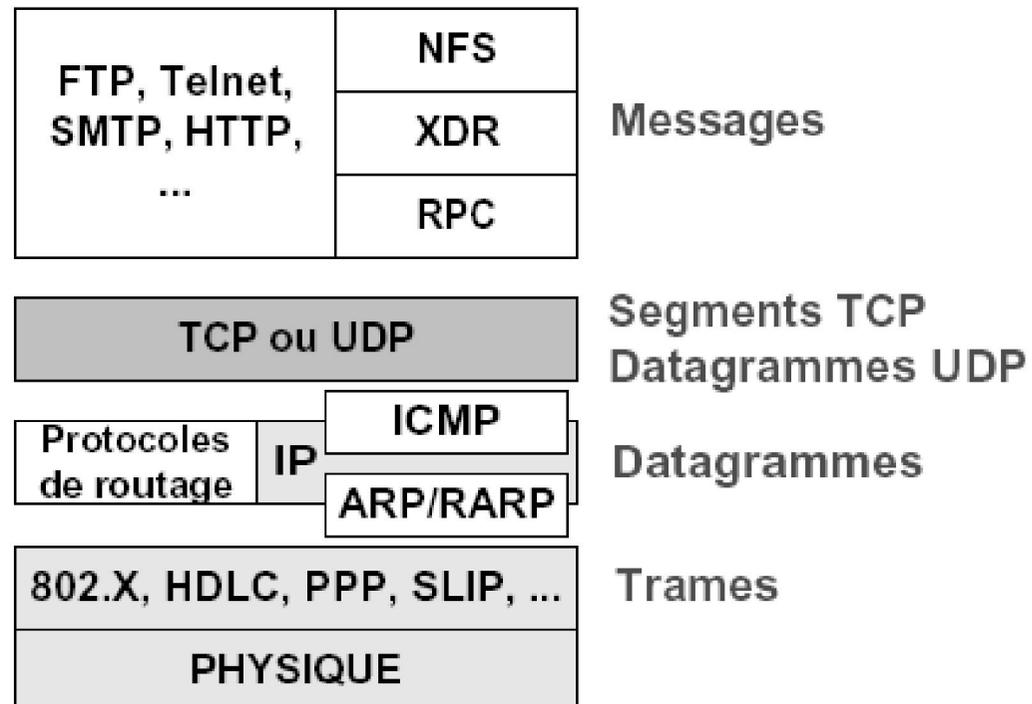
- Pas de véritables implémentations du modèle
 - lenteur des travaux de normalisation
 - complexité des solutions adoptées
 - non conformité aux exigences des nouvelles applications
- OSI décrit tous les concepts et mécanismes nécessaires au développement d'une architecture de communication
 - reste la référence pour présenter une architecture !

Architecture TCP/IP

Architecture OSI

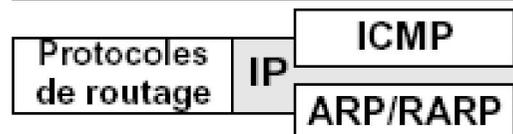
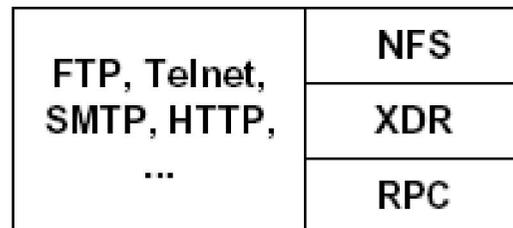


Architecture TCP/IP

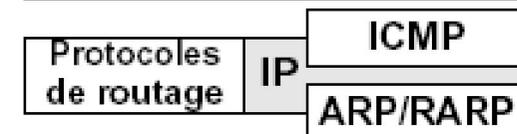
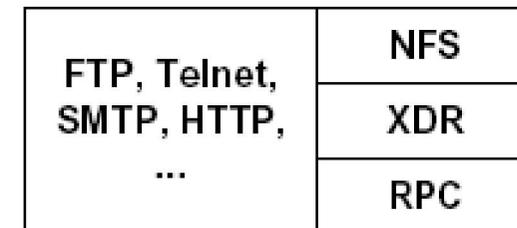


Interconnexion dans TCP/IP

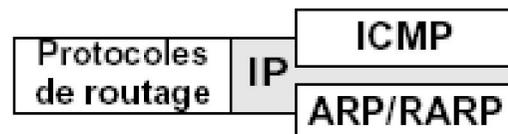
Station 1



Station 2

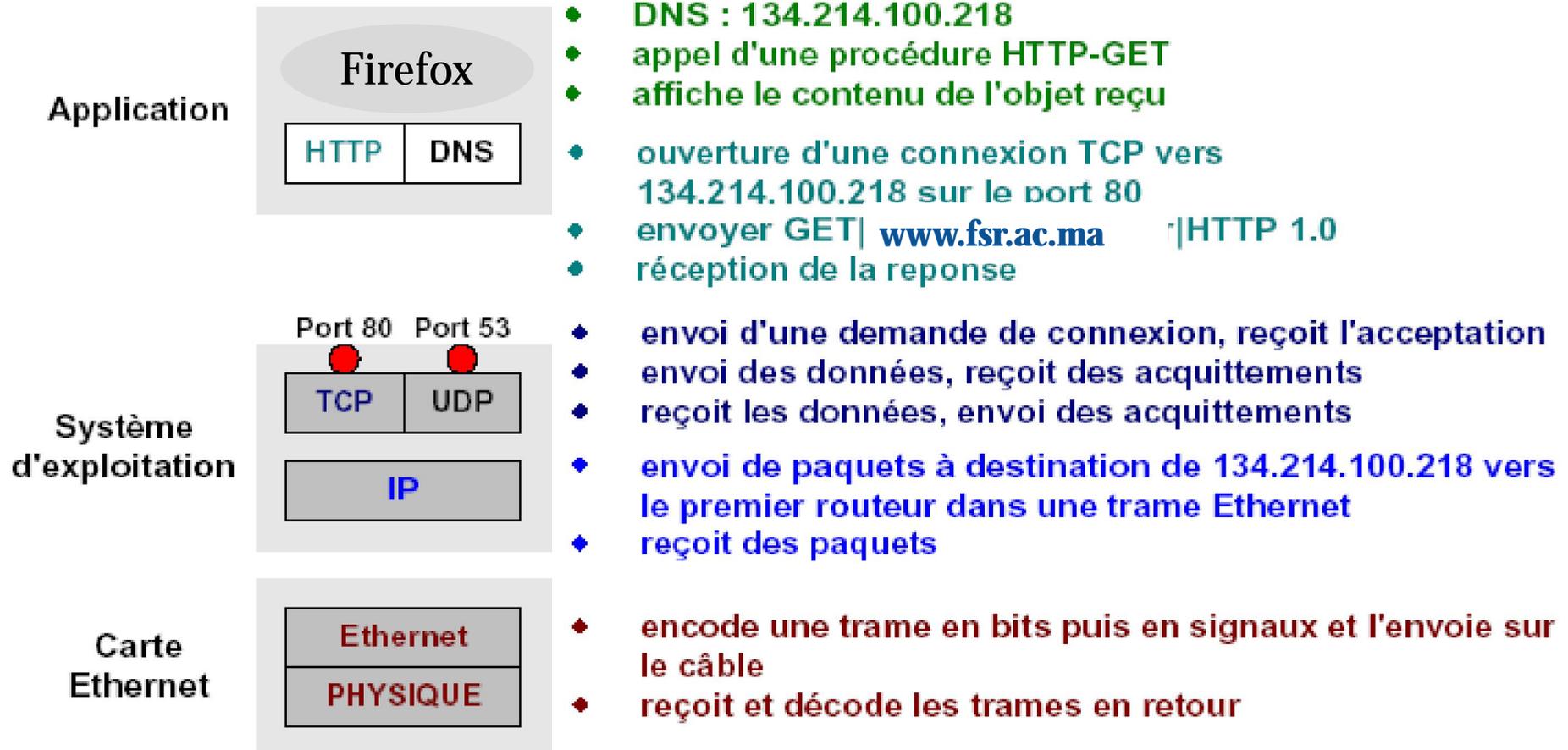


Routeur



Exemple d'une requête HTTP

<http://www.fsr.ac.ma>



Conclusion : modèles OSI et TCP/IP

■ OSI

- générique mais trop complexe à implanter
- des inconsistances et des redondances
- normalisation très lente liée à un type de réseau

■ TCP/IP

- protocoles existants mais dédiés à l'Internet
- Recherche de simplicité, interopérabilité, évolutivité dans la conception initiale

Les Architectures Logiques

q L'architecture Internet

q L'architecture Ethernet

q L'architecture UIT-T : ATM

q L'architecture OSI

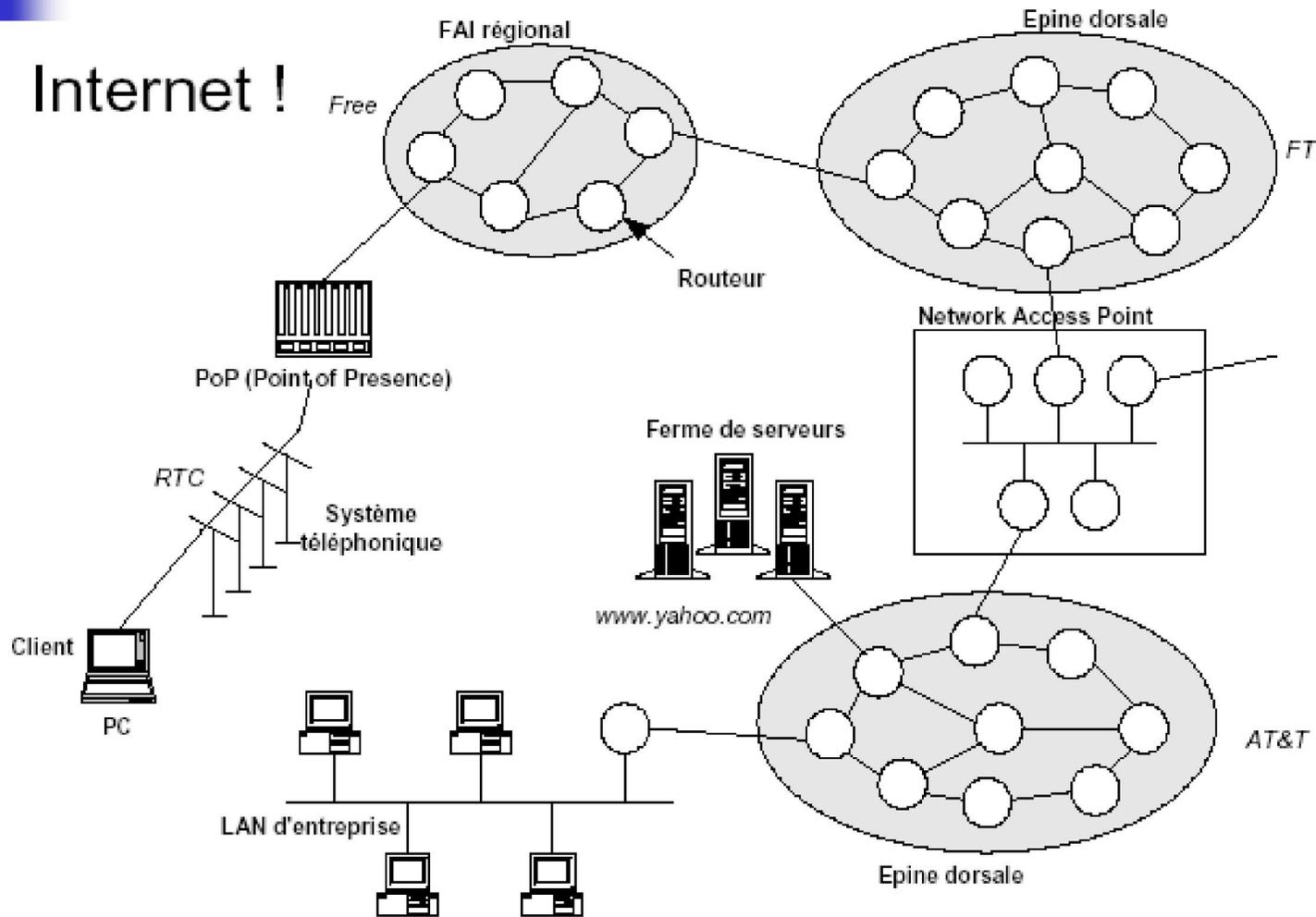
q L'architecture MPLS

Comparaison à l'aide de RM-OSI

L'architecture Internet

Réseaux de réseaux...

- Internet !

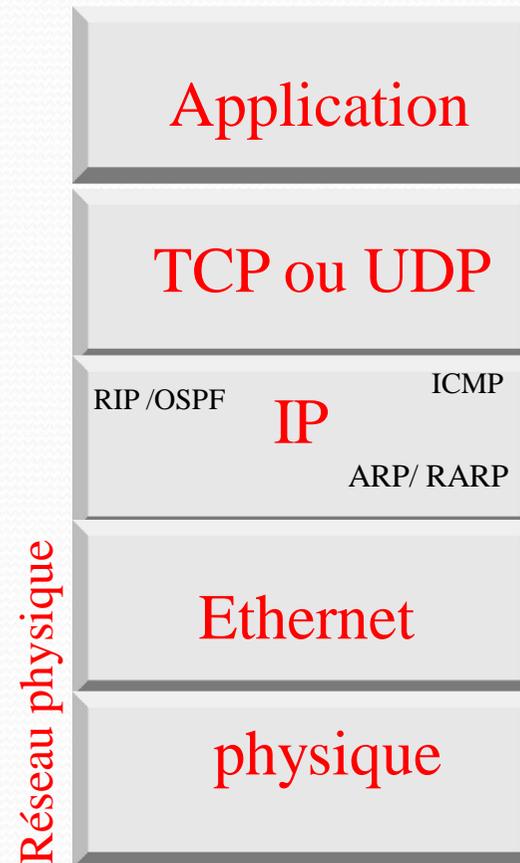


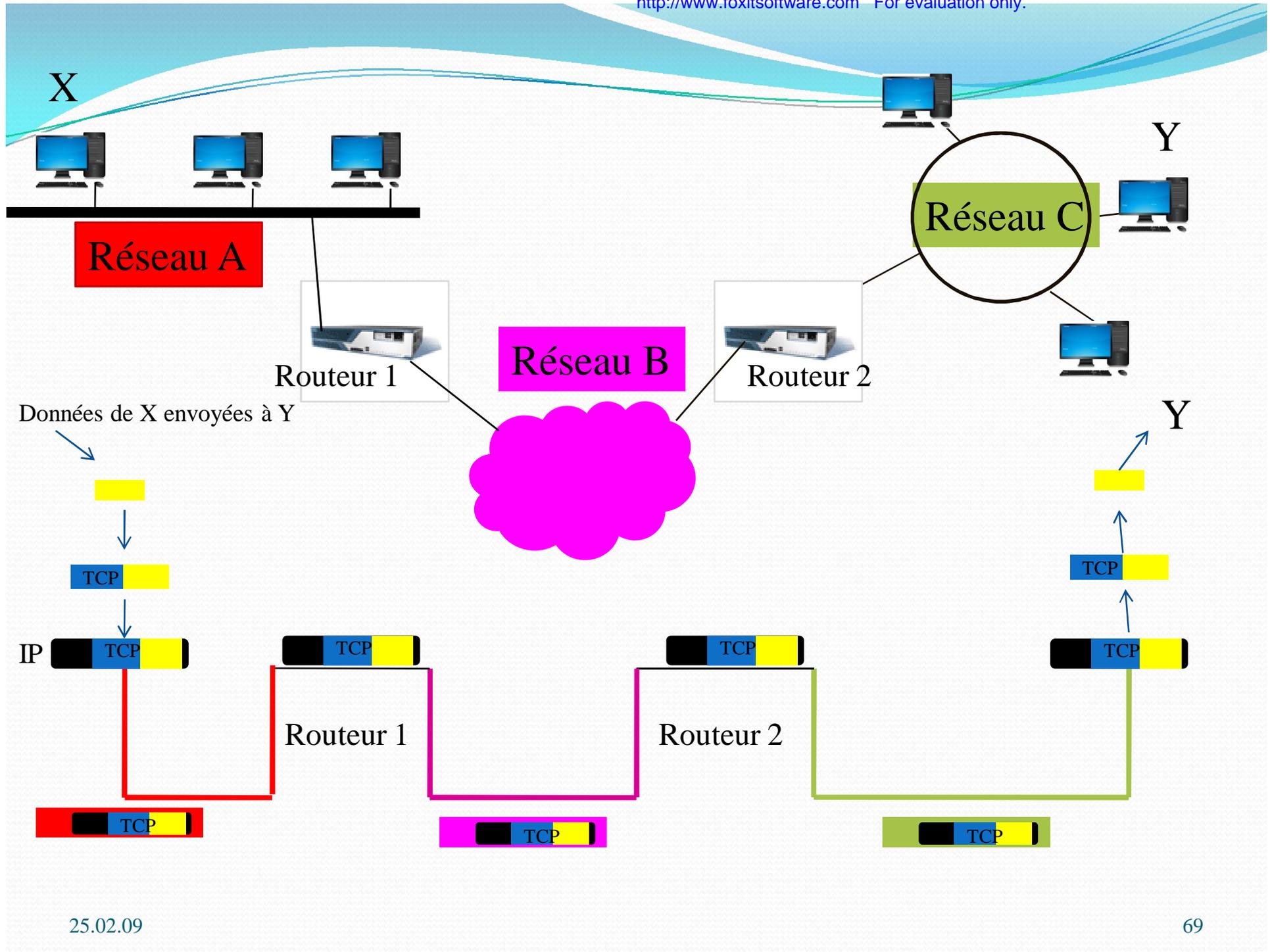
L'architecture Internet

Les réseaux interconnectés adoptent le format paquet.

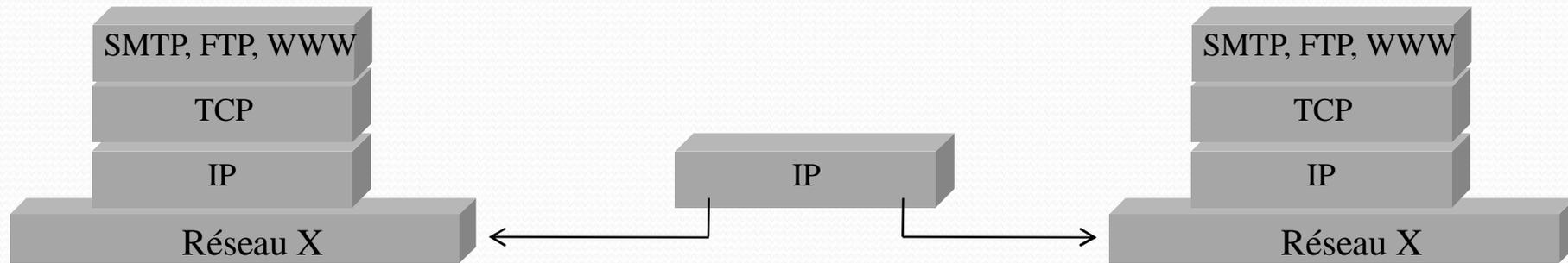
Le paquet IP contient les informations nécessaires à son acheminement

Table de routage





Architecture d'interconnexion du réseau Internet



Propriétés TCP/IP

- q IP (niveau 3 OSI) mode **non connecté**
- q Les paquets IP sont **indépendants** les uns des autres
- q Les paquets sont **routés** individuellement
- q **Best efforts** (IP fait de son mieux)
- q conclusion è IP ~service Postal
- q TCP (niveau 4 OSI) assez complexe: gestion des erreurs, **contrôle de flux, séquenement, mode connecté, fiable.**
- q UDP (niveau 4 OSI) mode **non connecté**

Normalisation Ethernet

- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
1980 création du comité 802: Normalisation LANs

- ECMA (European Computer Manufacturers Association)

Ethernet partagé

Voir Chapitre réseaux locaux

Ethernet standard

Bus partagé



Fonctionnement

Bus passif

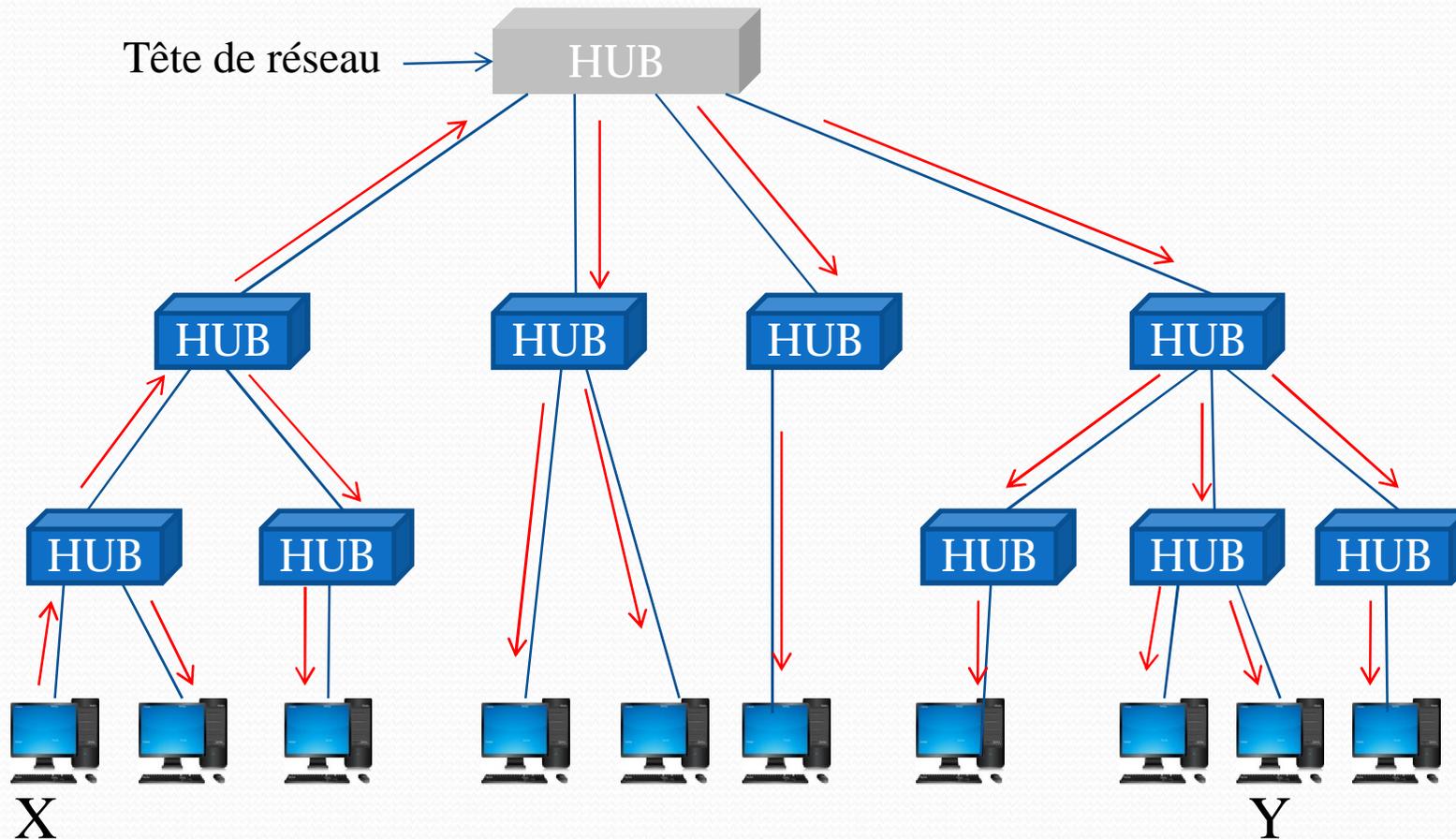
Diffusion MAC

CSMA/CD

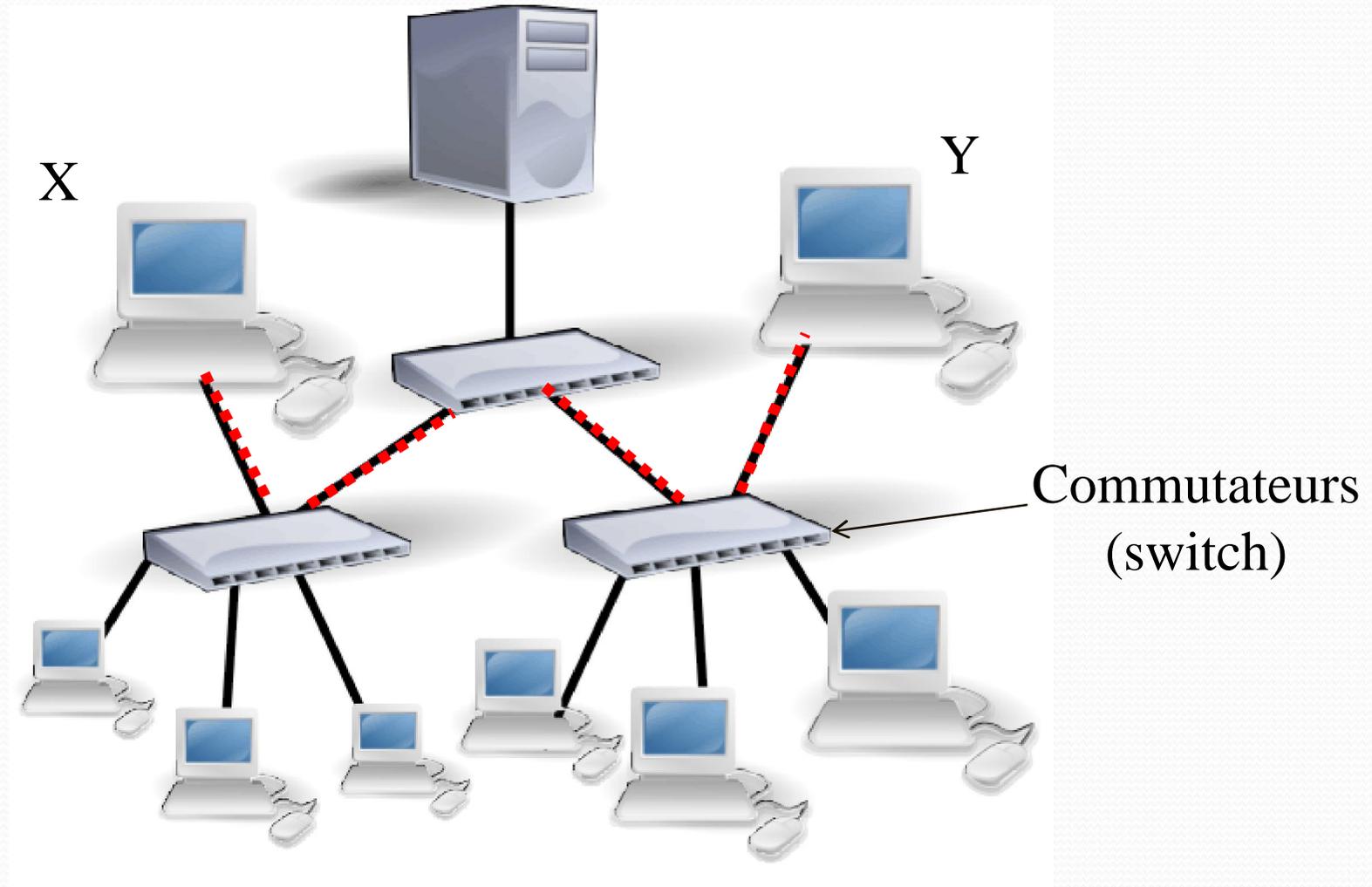
Partage et Gestion de Collision

Statut Egalitaire

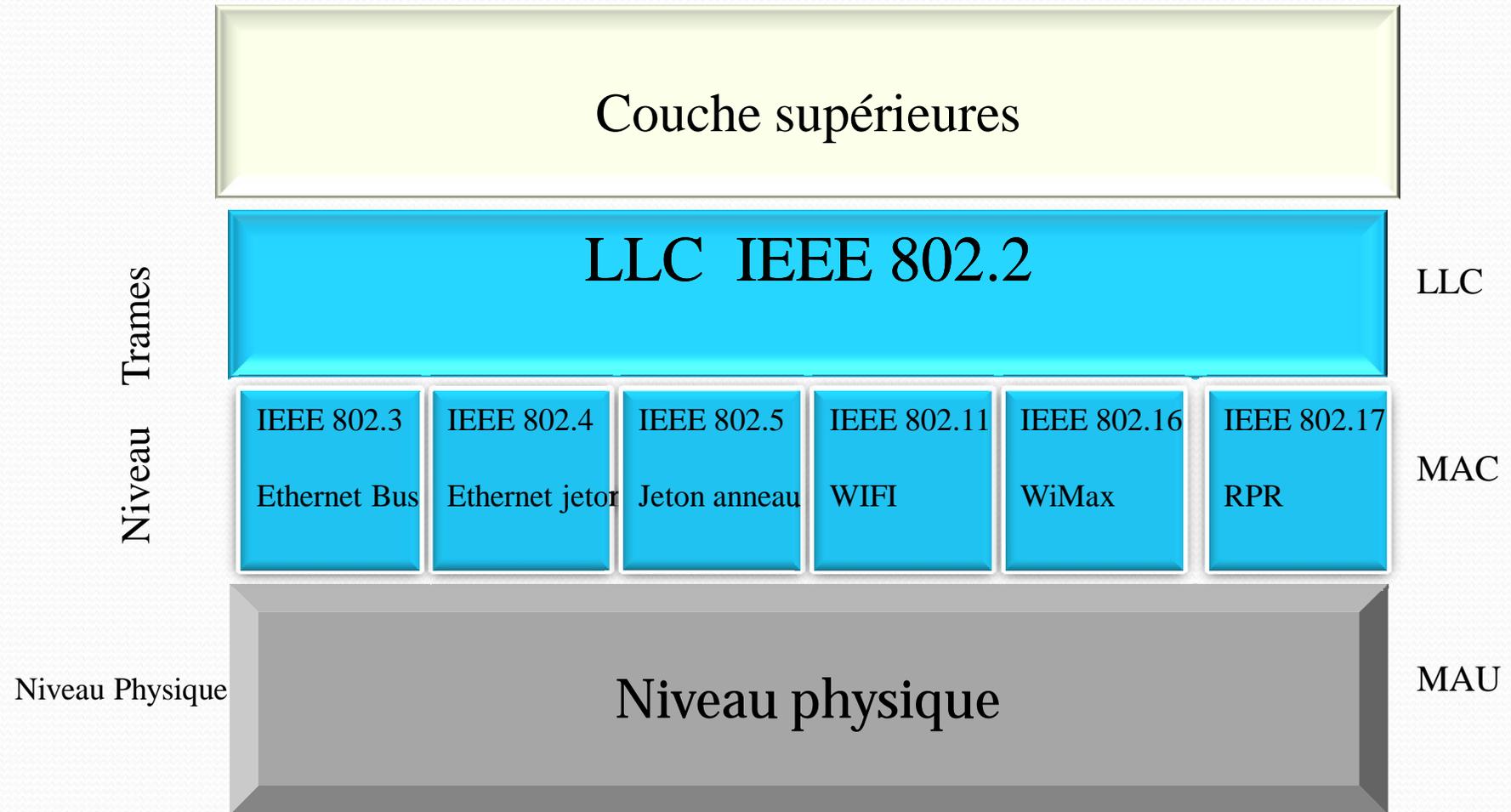
Ethernet partagé



Ethernet Commuté



Architecture LANs



LLC=Logical Link Control
MAC=Media Access Control
MAU= Medium Access Unit

Architecture LANs

Les fonctions du niveau physique sont réalisées par des MAU (Media Access Unit):

- Ø Le codage et décodage des données
- Ø La synchronisation
- Ø La reconnaissance de trames

La couche MAC (Media Access Control) propose six méthodes d'accès:

- ◆ CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/ Collision Detection pour l'accès à un réseau Ethernet partagé.
- ◆ CSMA/CA (Collision Avoidance) pour le WiFi
- ◆ Polling pour l'accès aux réseaux Bluetooth
- ◆ RPR (Resilient Packet Ring) pour les réseaux MAN

Le contrôle de l'émission et de la réception des trames est à la charge de LLC (Logical Link control):

- ù LLC1: sans connexion et sans acquittement
- ù LLC2 : avec connexion et avec acquittement
- ù LLC3: sans connexion et avec acquittement simplifiée

L'architecture IUT-T

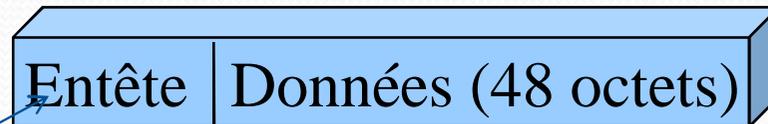
Réseaux de Télécoms:

∅ *Commutations de cellules*

∅ *Mode connecté*

∅ *Taille de cellule fixe (53 octets)*

∅ *Adapté pour le transport des applications multimédias*



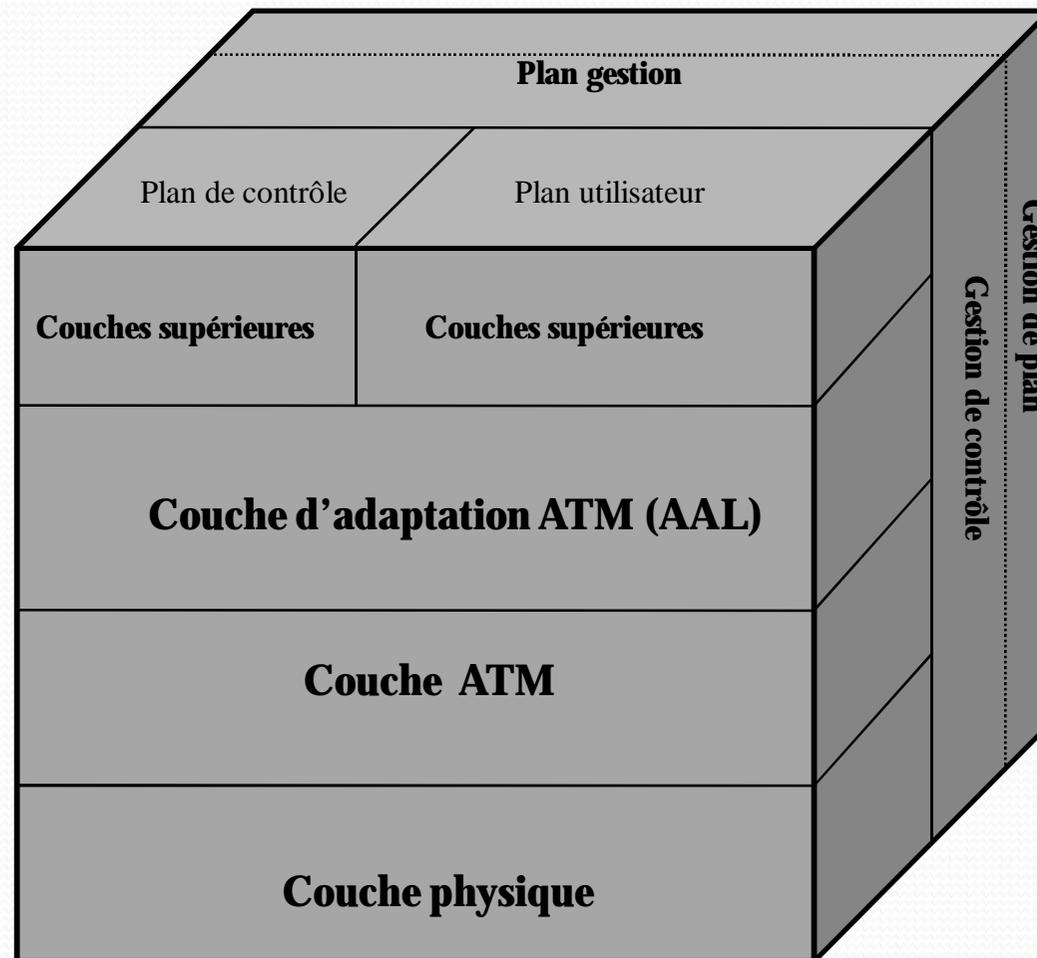
← Cellule ATM (trame)

5 octets d'entête (contrôle, commutation, gestion des erreurs, ...)

La technique de transfert s'appelle ATM (Asynchronous Transfer Mode)

Le modèle comporte IUT-T comporte trois plans:

- ✱ Plan gestion
- ✱ Plan de contrôle
- ✱ Plan utilisateur



Un plan= réseau logique, bâti sans référence physique transportant des informations spécifiques (utilisateur, contrôle ou gestion)

Les trois plans sont multiplexés (composants et matériels) sur le même réseau physique

Plan utilisateur: transport des informations des utilisateurs

Plan contrôle: la signalisation

Plan de gestion: surveillance du réseau, gestion des plan, gestion des différents niveaux (coopération des plans et cohérence)

Une référence dans la cellule indique le plan

5^{ème} octet=signature (4 octets) détermine le début de la cellule

q **La couche physique :**

offre plus de fonctions que le niveau physique de RM-OSI
(but améliorer la rapidité de transmissions)

q **La couche ATM :**

correspond au niveau trame et assure le transfert de bout en bout: acheminement+
détection des erreurs, multiplexage/ démultiplexage+ génération-extraction de
l'entête

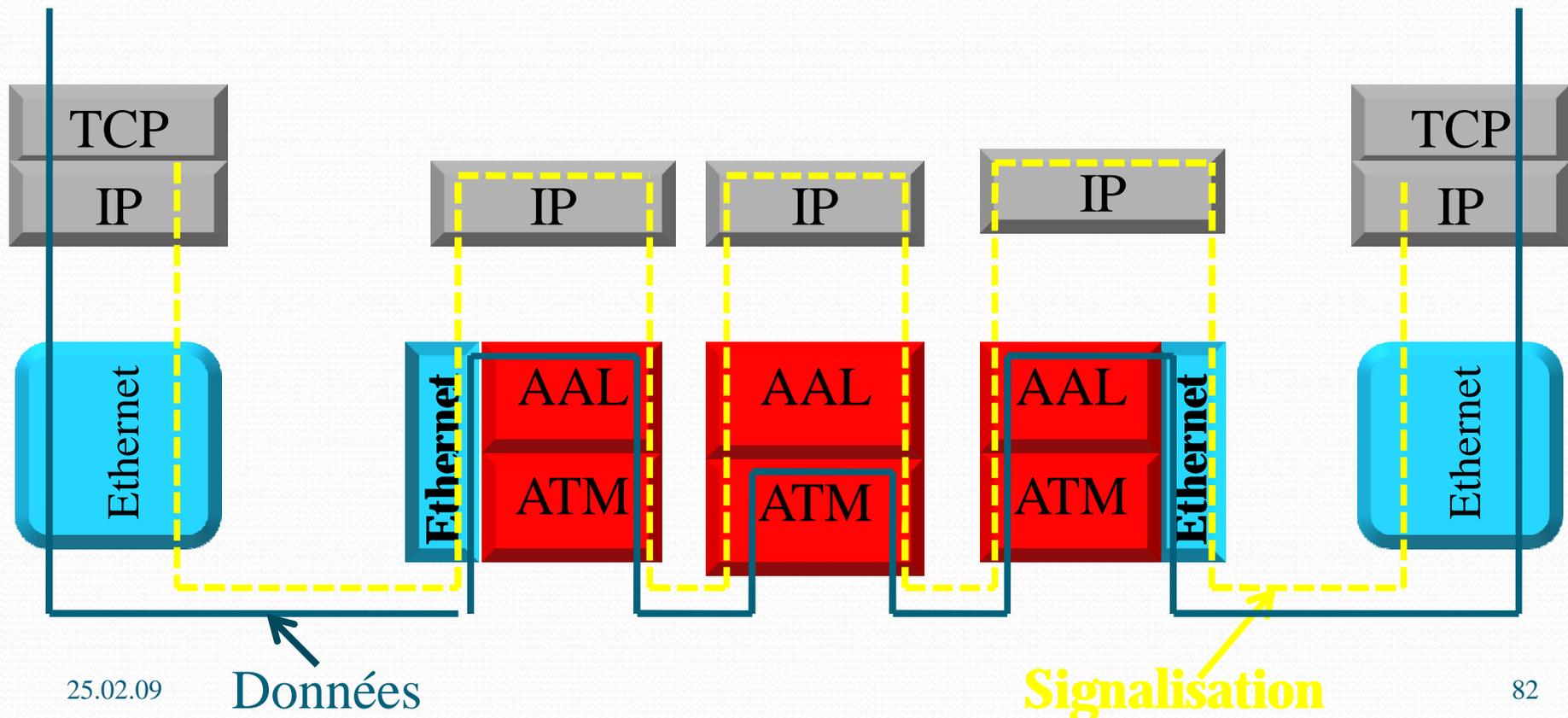
q **La couche AAL**

- Ø le paquet de la couche supérieure doit avoir une taille de 64 ko.
- Ø La fragmentation du paquet IP en segments de 48 octets
- Ø Réassemblage
- Ø détection des erreurs
- Ø Contrôle de flux

L'architecture MPLS

MPLS (MultiProtocol Label-Switching) développé par l'IEFT

But intégrer IP au dessus d'ATM et Ethernet Commuté



Conclusion

Les différents composants d'une architecture réseau

Le découpage en couches

Grandes Architectures:

- OSI (ISO)
- ATM (IUT-T)
- TCP/IP (IETF)
- Ethernet partagé et commuté (IEEE)
- MPLS (IETF)

ATM est en décroissante, mais elle s'intègre dans TCP/IP pour former MPLS.