

Introduction aux réseaux

Généralités
Transmission point à point

En pratique

▶ 4 semaines

- ▶ Semaine 1 : généralités et transmission point à point
- ▶ Semaine 2 : réseaux et transport
- ▶ Semaine 3 : applications
- ▶ Semaine 4 : supranationalité des réseaux

▶ Equipe pédagogique

- ▶ Cécile Le Pape : cecile.lepape@lip6.fr
- ▶ Jean Baptiste Yunes

▶ Site Web

- ▶ <http://webia.lip6.fr/~lepape/ens/isn>

▶ Références

- ▶ « Les Réseaux ». Andrew Tanenbaum. Edition Pearson Education.
- ▶ « Les Réseaux ». Guy Pujolle. Edition Eyrolles.

L'art de communiquer

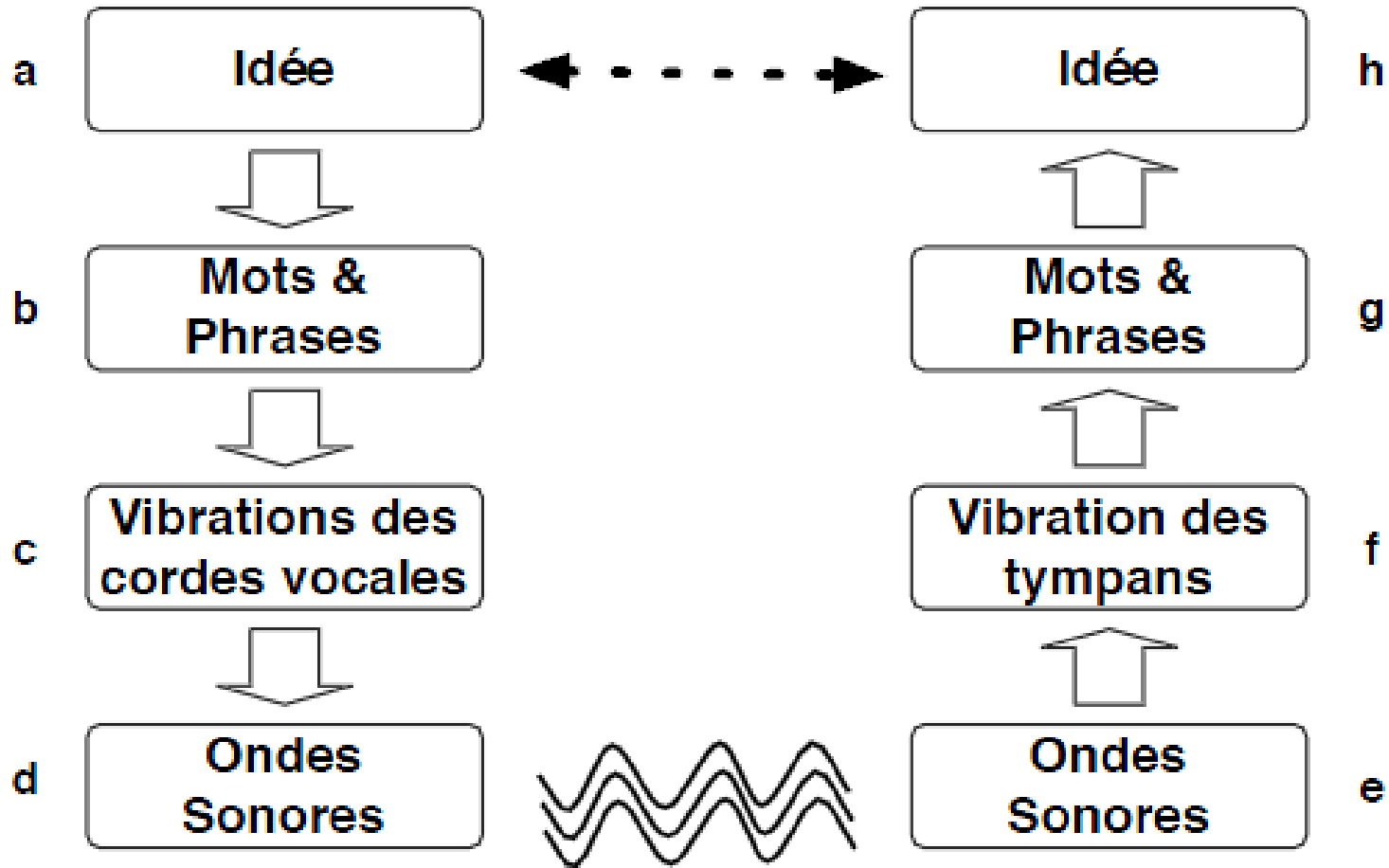
- ▶ **Communication interne à un ordinateur**
 - ▶ Effectuer un calcul
 - ▶ Transistor
 - ▶ Transmission des informations par le bus, d'un bout à l'autre d'un ordinateur — par exemple du processeur à la mémoire
- ▶ **Communication par le réseau**
 - ▶ Transmettre des informations d'un ordinateur à un autre ordinateur
 - ▶ Techniques spécifiques
 - ▶ Principes pas très différents de ceux de la communication entre les êtres humains.

La communication orale

▶ Les communications orales

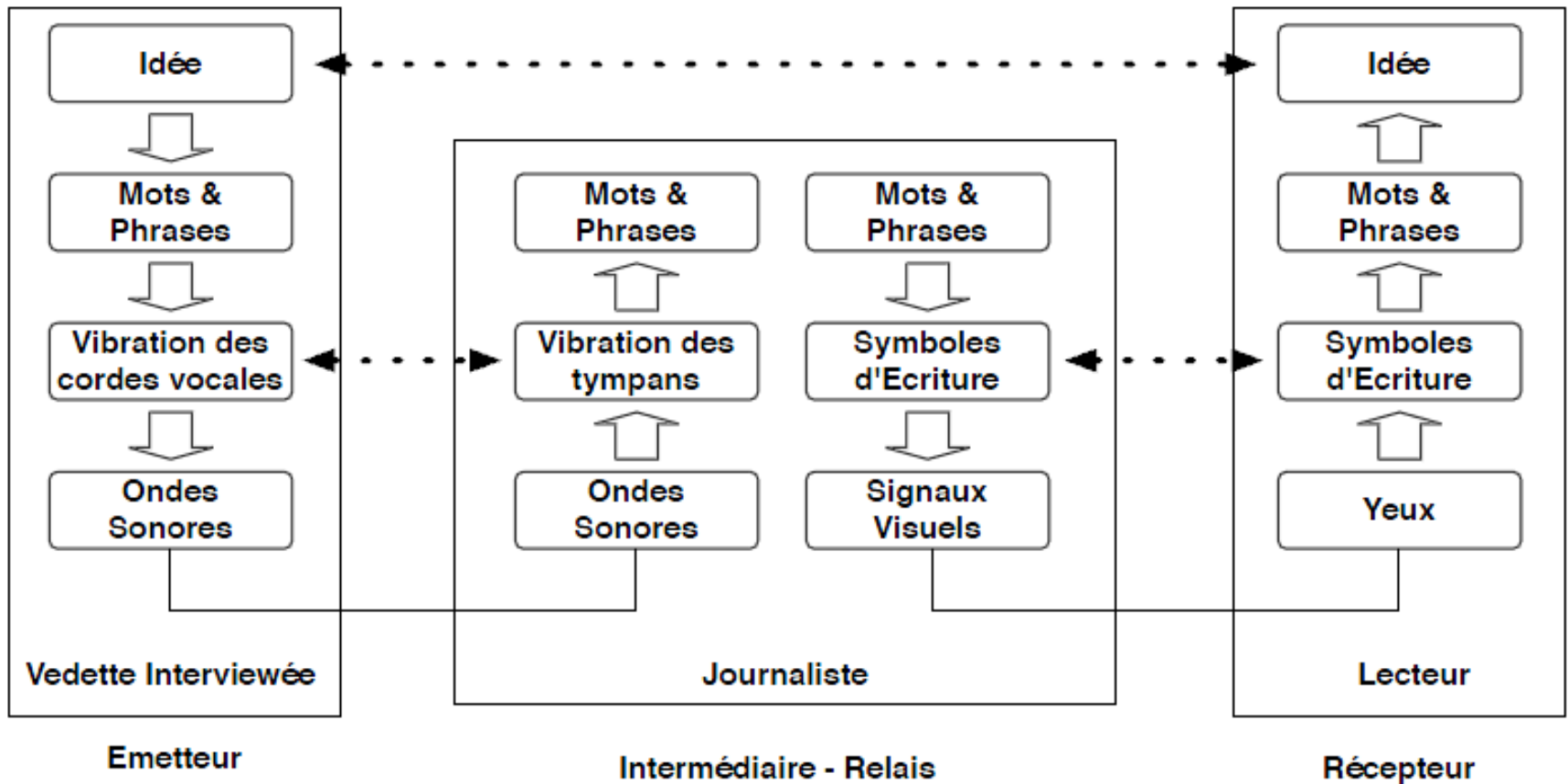
- ▶ une des formes de communication les plus immédiates
- ▶ diverses formes : du chant au discours, dans des langues variées.
- ▶ Principe commun : un moyen pour véhiculer des idées, d'un émetteur à un récepteur
 - ▶ une mère chantant une berceuse à son enfant lui communique des idées combinant sécurité et calme,
 - ▶ un homme politique prononçant un discours devant ses électeurs potentiels leur communique des idées alliant « je comprends la situation » et « je pourrais bien vous représenter ».

Communication entre êtres humains



Communication orale entre êtres humains

Communication entre êtres humains



Lecture d'une retranscription écrite d'une interview orale

Communication binaire

- ▶ Un ordinateur manipule des d'informations diverses, représentées sous *forme binaire*
- ▶ Forme binaire = écrit au moyen d'un alphabet contenant seulement les chiffres 0 et 1, appelé *bit* (binary digit).
- ▶ Dans cet alphabet, les mots et les phrases représentant l'information s'écrivent sous forme de suites de bits.
 - ▶ Ex : 0001011100010.
- ▶ On appellera ces informations binaires des *données*.

Communication de fichiers

▶ Fichiers

- ▶ amas de bits cohérents représentant par exemple du texte, du son ou de l'image.
- ▶ Ex: mamusic.mp3, rapport.doc, readme.txt

▶ Applications

- ▶ Programmes permettant aux internautes de transmettre des fichiers d'un ordinateur à l'autre

▶ Exemples

- ▶ Les applications sont la partie visible d'Internet, que tout le monde connaît et utilise tous les jours. Le courriel, la navigation web, ou le chat sont des exemples d'applications.

▶ Transmission de fichiers

- ▶ Les fichiers transmis peuvent être reçus quasiment instantanément à des dizaines de milliers de kilomètres de là.

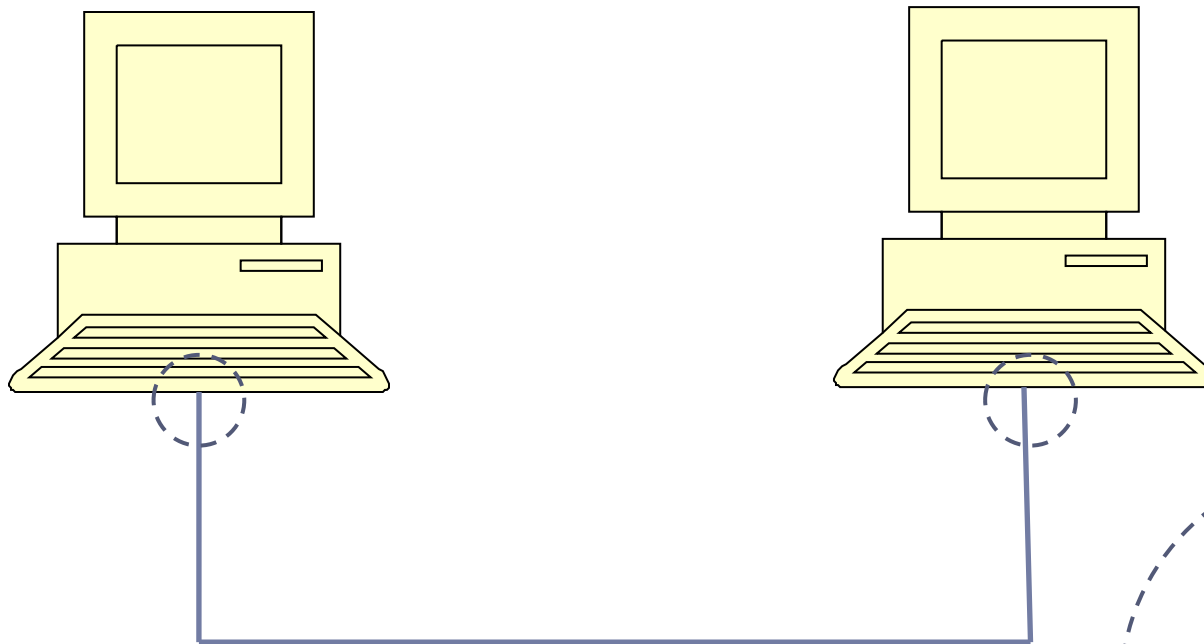
A retenir

- ▶ La communication entre ordinateurs fonctionne grâce à des mécanismes équivalents à ceux décrits jusqu'ici pour la communication entre les êtres humains.
- ▶ La communication est un moyen, et non un but.
- ▶ Les idées communiquées d'un esprit à un autre sont l'essentiel, les moyens de communication sont variables et secondaires.
- ▶ Des mécanismes communs à différentes formes de communication permettent de relayer une idée à travers des intermédiaires, au moyen de supports qui peuvent être hétérogènes.

Les réseaux informatiques

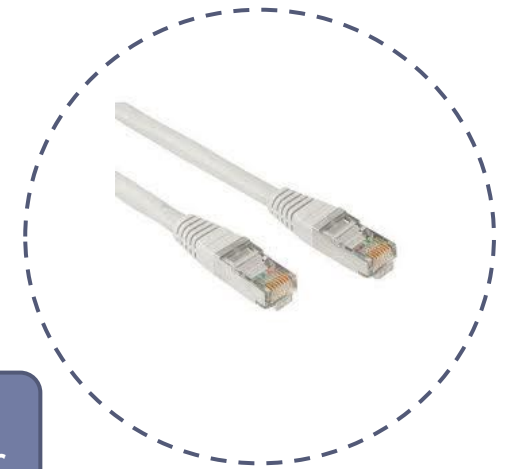
- ▶ Un **réseau informatique** est un ensemble d'équipements reliés entre eux pour échanger des informations.
 - ▶ PC, smartphone, imprimante, disque réseau, serveur, routeur, modem, ...
- ▶ Par analogie avec un filet, on appelle **nœud** (*node*) l'extrémité d'une connexion
 - ▶ Peut émettre ou recevoir des flux de communication (trames, paquet)
- ▶ Un nœud peut être une **intersection** de plusieurs connexions
 - ▶ **Rôle** : faire transiter les flux de communication entre d'autres nœuds
 - ▶ **Équipement** : ordinateur, routeur, concentrateur, commutateur, ...

Exemple de micro-réseau

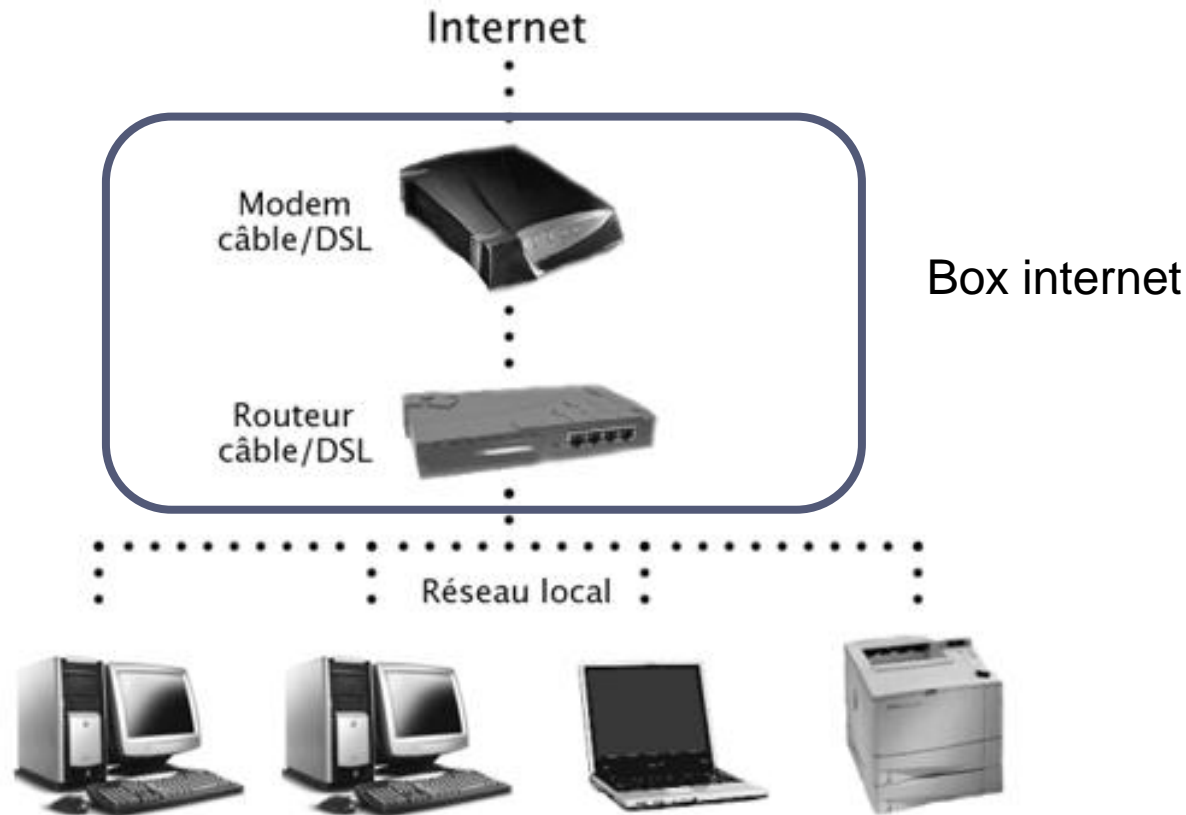


2 ordinateurs reliés par un câble réseau RJ-45

Le nombre de prises réseaux sur un ordinateur détermine le nombre d'ordinateurs qu'on y peut relier

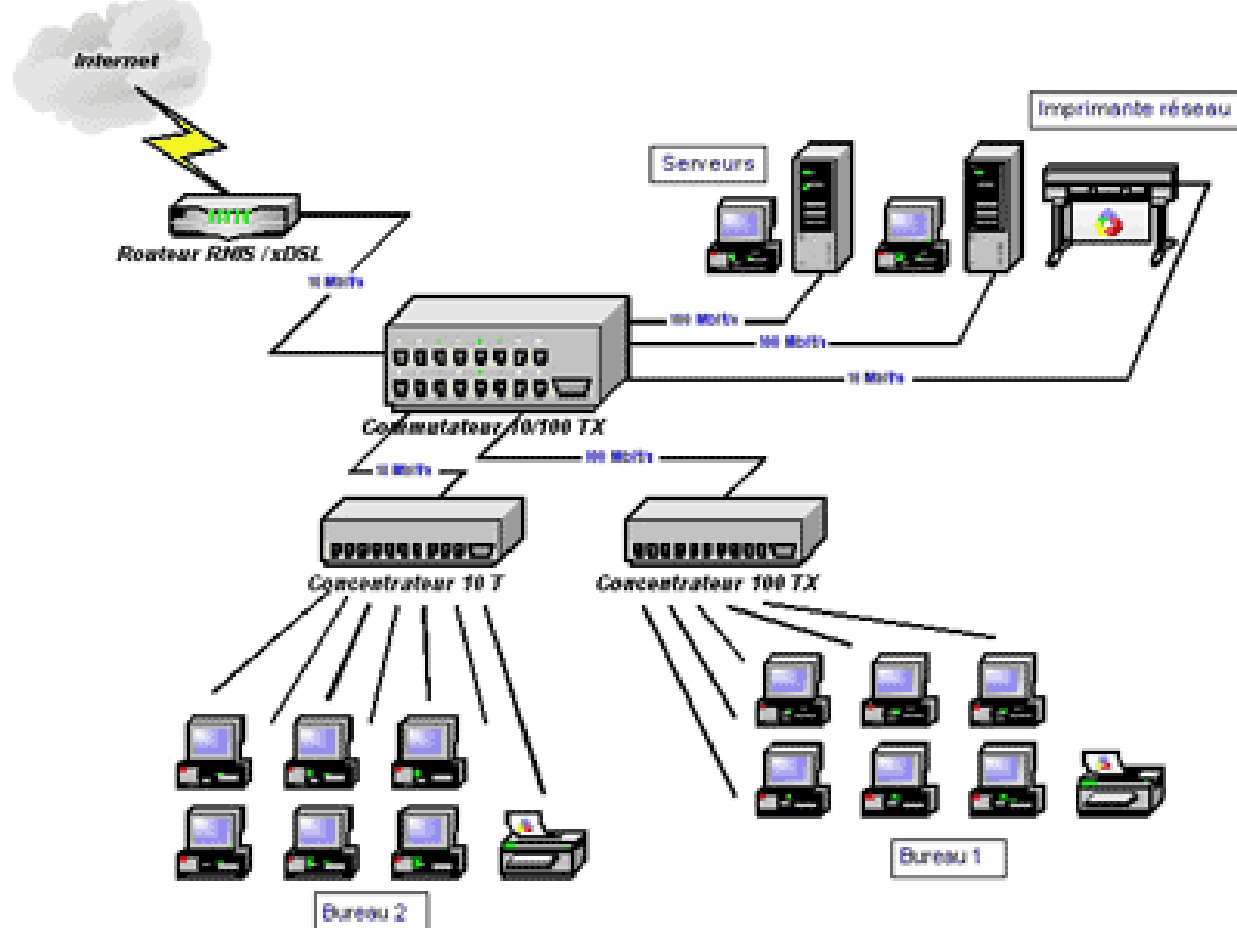


Exemple de réseau familial



Le nombre de prises réseaux du routeur détermine le nombre d'équipements qu'on y peut relier

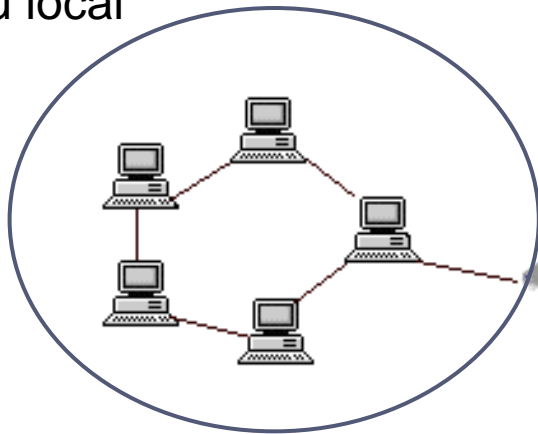
Exemple de réseau local d'entreprise



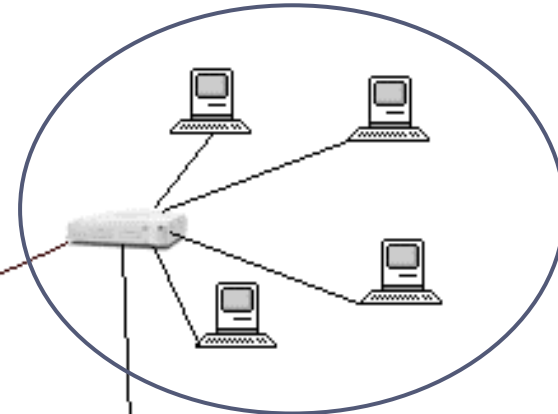
Le nombre de prises réseaux des concentrateurs et commutateurs détermine le nombre d'équipements qu'on y peut relier

Internet

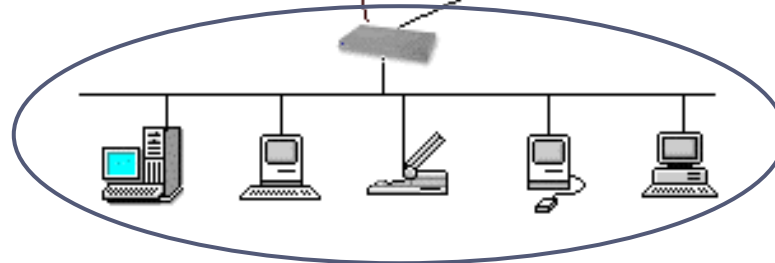
Réseau local
(LAN)



Réseau local
(LAN)



Réseau
local (LAN)



Internet

Internet = réseau de réseaux interconnectés

Pas de limite au nombre d'équipement interconnectés !

Quelques chiffres

- ▶ Taille d'Internet

- ▶ <http://www.isc.org/solutions/survey>

- ▶ 900M d'hôtes

- ▶ Traffic sur Internet

- ▶ <http://www.internetworldstats.com/stats.htm>

- ▶ 2 200M d'utilisateurs (1000M en asie, 500M en europe, 270M aux US)

- ▶ 5M de teraoctets (10^{12} octets) de données sur le Web (*Eric Schmidt, the CEO of Google*)

Classification des réseaux

▶ **Envergure**

- ▶ **LAN** (Local Area Network) : à l'intérieur d'un immeuble, ou d'une superficie inférieure à 10 Kilomètres.
- ▶ **MAN** (Metropolitan Area Network) : circonscrit à une ville, comme par exemple, le réseau du métro.
- ▶ **WAN** (Wide Area Network) : au moins la dimension d'un pays, et englobent souvent la planète entière.
- ▶ **CAN** (Campus Area Network) : pour les campus universitaires (plusieurs immeubles, mais une surface de terrain limitée).
- ▶ **TAN** (Tiny Area Network) : réseaux domestiques, à la maison.
- ▶ **RLE** (Réseau Local d'Entreprise).

Classification des réseaux

▶ **Ouverture**

- ▶ **Intranet** : réseaux privés internes à l'intérieur d'une entreprise
- ▶ **Internet** : réseaux publics, nationaux ou internationaux des entreprises de télécommunication
- ▶ **Extranet** : réseaux privé internes et externes, ouvert vers l'extérieur :

▶ **Densité**

- ▶ **Nombre** de postes, de nœuds, ou de cartes réseaux : 10, 50, 100, 200, 500, 1000, ...

▶ **Type d'organisation**

- ▶ Réseaux Terminaux / Grand Systèmes (Main Frame)
- ▶ Réseaux Postes à Postes (peer to peer, ou d'égal à égal)
- ▶ Réseaux Clients/Serveurs

Classification des réseaux : topologie

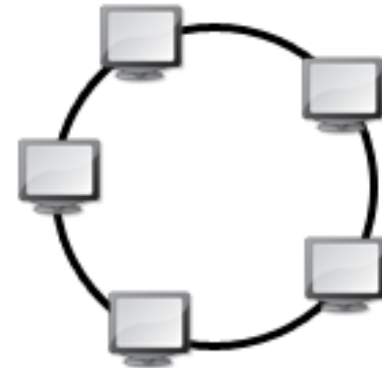
- ▶ **Topologie en réseau maillé**
 - ▶ Tous les nœuds sont reliés 2 à 2 et communiquent directement.
- ▶ **Topologie en bus**
 - ▶ Tous les nœuds communiquent avec tous les autres en partageant le même média physique (cable)
- ▶ **Topologie en étoile**
 - ▶ Un nœud concentre le traitement des requêtes



Classification des réseaux : topologie

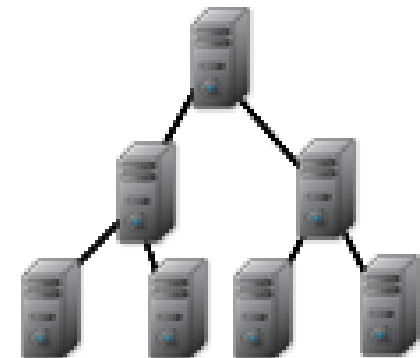
▶ Topologie en anneau

- ▶ Un nœud est connecté à 2 autres nœuds. Chaque nœud émet chacun à son tour.



▶ Topologie en arbre

- ▶ Chaque nœud possède un nœud parent auquel il transmet les requêtes qu'il reçoit. Les messages remontent dans l'arbre jusqu'à la racine et redescendent ensuite dans les branches vers les destinataires.



Classification des réseaux : topologie

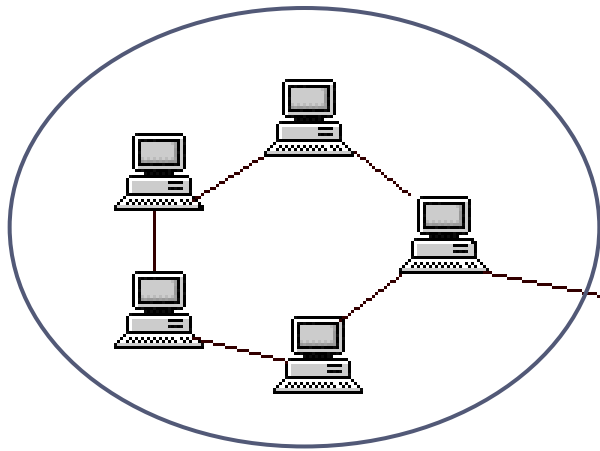
	avantages	inconvénients
réseau maillé	Accès direct et non partagé à tous les noeuds	Couteux en nombre de liens à établir.
bus	Simple et peu couteux. Tolère la panne des noeuds.	Beaucoup de collisions possibles
etoile	Pas de collision	Si le nœud central tombe en panne, il paralyse tout le réseau
anneau à jeton	Pas de collision	Ordre arbitraire pour l'émission des messages
arbre	Pas de collision.	Si le nœud racine tombe en panne, il paralyse la moitié du réseau

A retenir

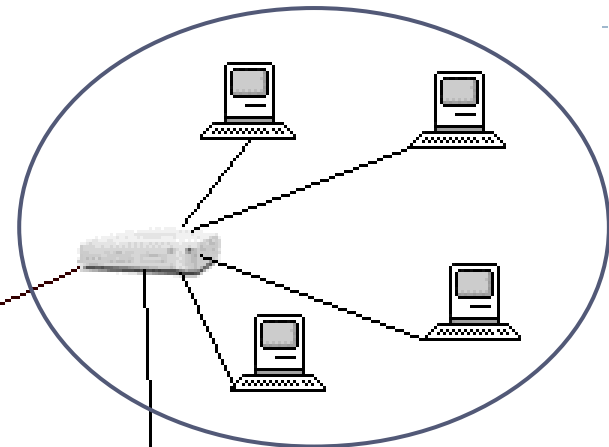
- ▶ Il existe de nombreuses architectures de réseaux. Leurs caractéristiques dépendent des besoins des utilisateurs et des contraintes physiques.
- ▶ Nous nous intéresserons particulièrement à Internet, qui est le réseau de la plus grande envergure mondiale.
- ▶ Internet \neq Web
 - ▶ Internet = interconnexion de réseaux de machines
 - ▶ Web = données échangées sur internet via le protocole HTTP

Internet

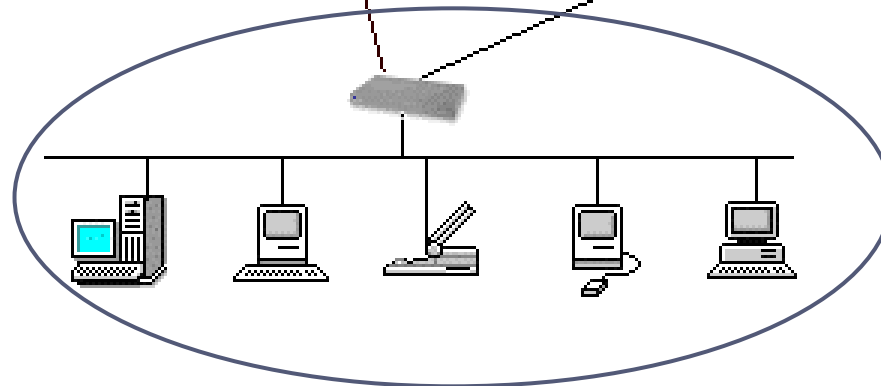
Réseau local (LAN)



Réseau local (LAN)

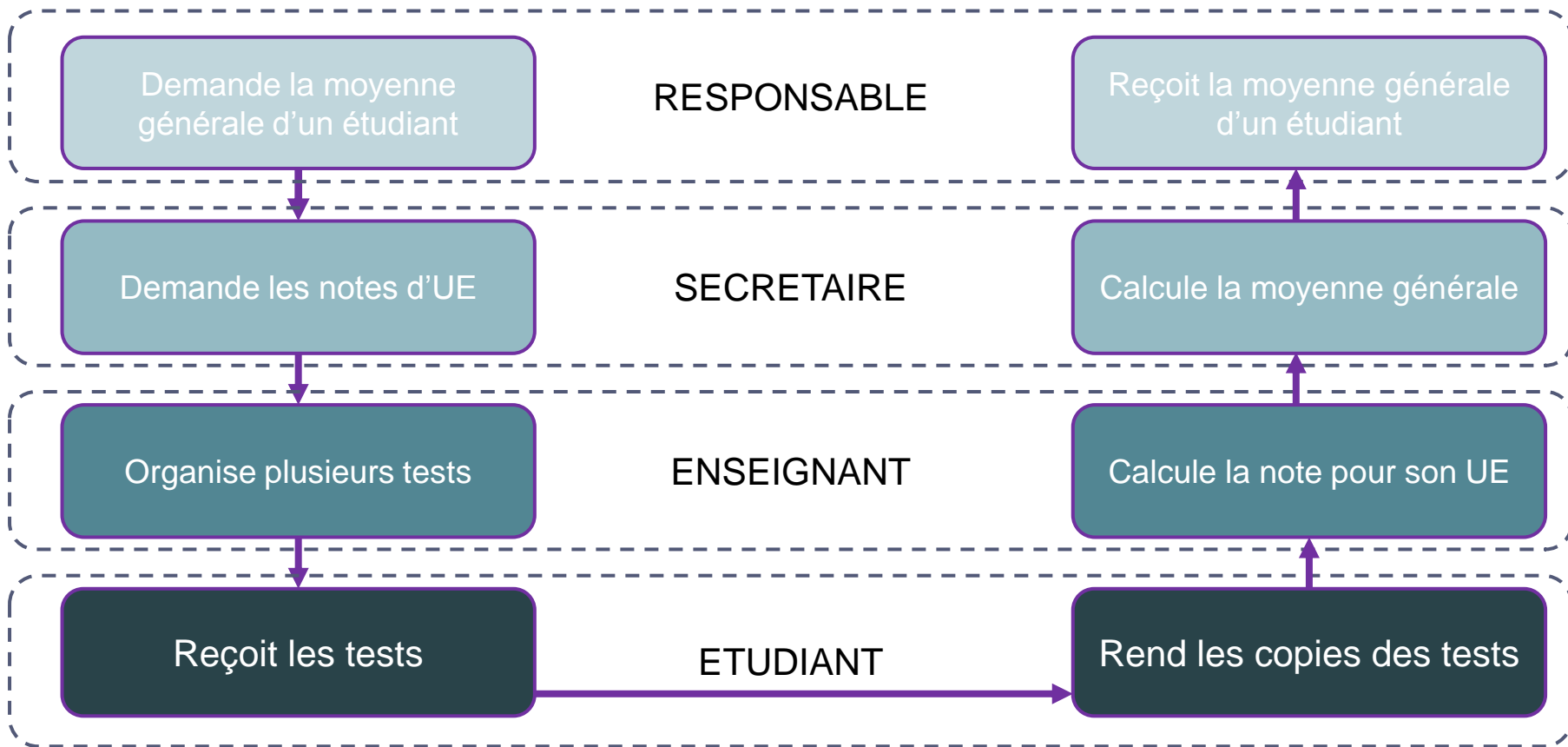


Réseau local
(LAN)



Internet = réseau de réseaux interconnectés

Exemple du calcul d'une moyenne

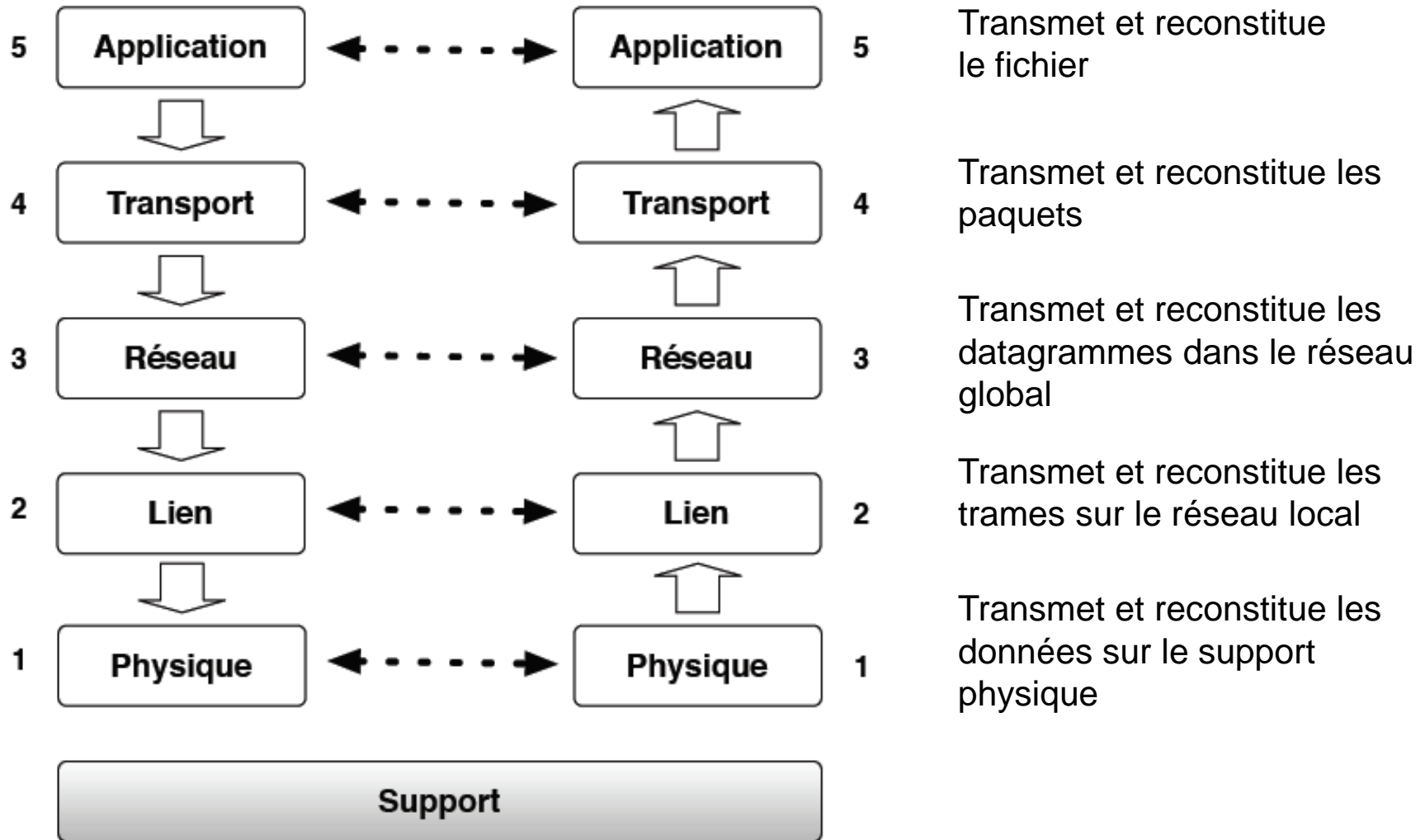


Le calcul est décomposé en sous-tâches, sur plusieurs niveaux de rôles.

Organisation en pile

- ▶ Les étapes listées précédemment correspondent à une décomposition type, appelée organisation en pile, qui régit les réseaux d'ordinateurs en général et Internet en particulier.
- ▶ Cette décomposition est similaire à l'empilement décrit précédemment pour la communication entre humains.
- ▶ La communication entre ordinateurs utilise un empilement de couches, présentes sur chaque ordinateur du réseau.

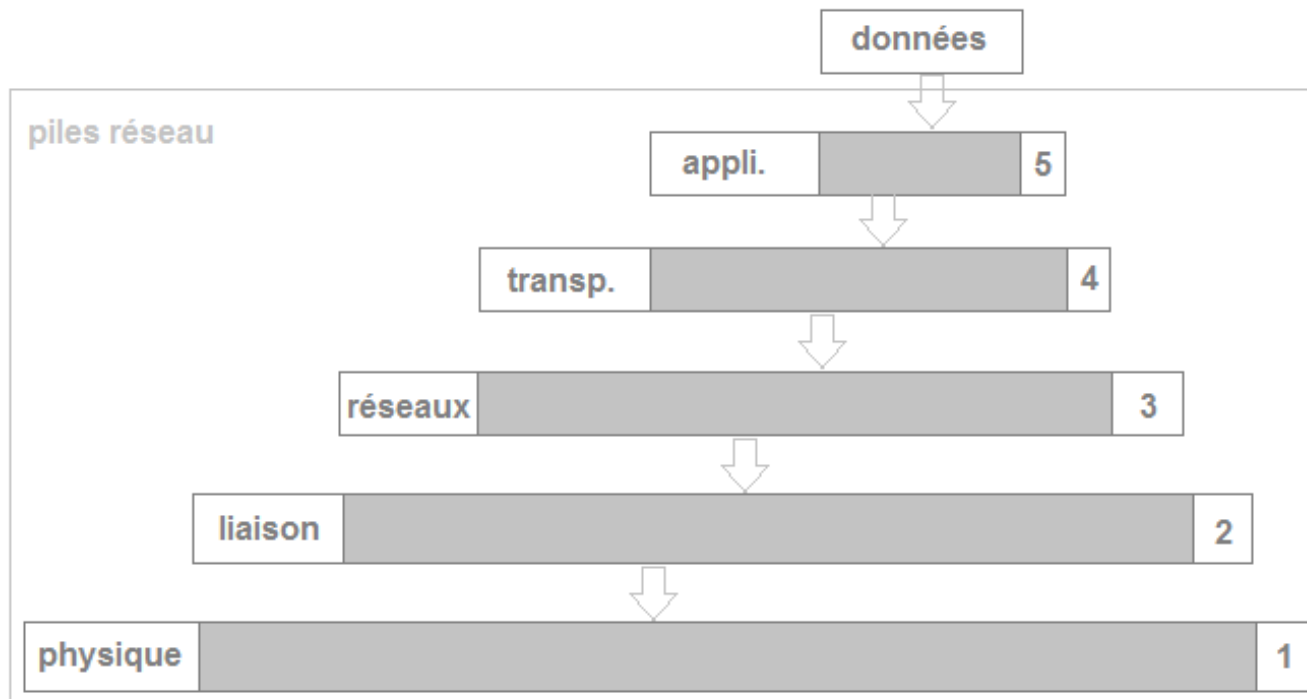
Organisation en pile



Organisation en pile

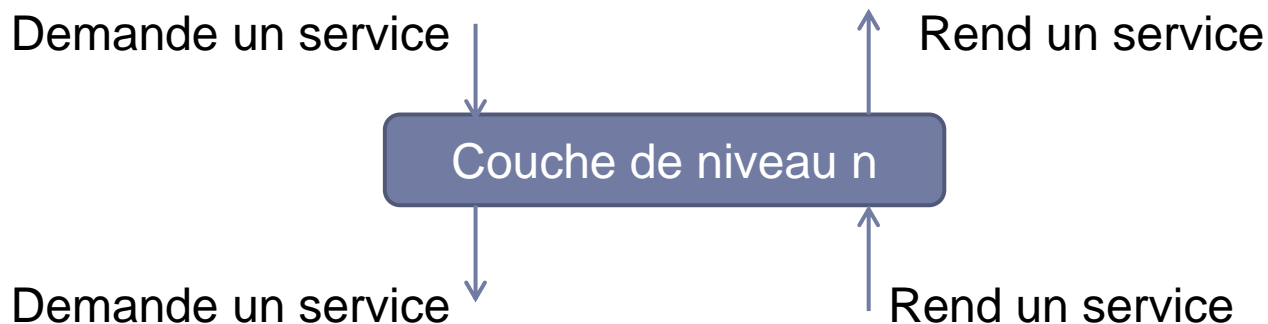
► Encapsulation des trames

- A chaque niveau, on encapsule un en-tête et une fin de trame (message) qui comporte les informations nécessaires en suivant les règles définies par le protocole réseau employé.



Organisation en pile

- ▶ Chaque couche
 - ▶ Fournit des services à la couche immédiatement supérieure
 - ▶ Utilise les services fournis par la couche immédiatement inférieure.
- ▶ Chaque couche semble communiquer avec la couche homologue du destinataire



Organisation en pile

- ▶ **Modèles TCP/IP**
 - ▶ Organisation en 5 couches
 - ▶ Les couches 1 et 2 sont parfois considérées comme une seule couche (physique+liaison=accès réseau)
- ▶ **Modèle OSI**
 - ▶ Organisation en 7 couches
 - ▶ La couche application est décomposée en 3

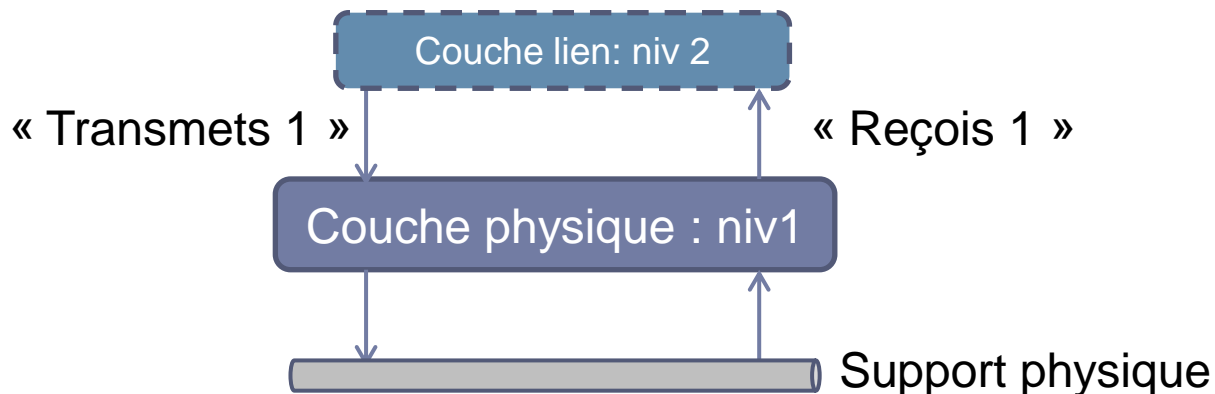
Protocoles	Modèle TCP/IP	Modèle OSI
HTTP / FTP / POP / SMTP DNS / DHCP ...	Application	Application
		Présentation
		Session
TCP / UDP	Transport	Transport
IP / ARP / ICMP / IGMP	Internet	Réseau
Ethernet	Accès réseau	Liaison de donnée
		Physique

A retenir

- ▶ La communication entre ordinateurs ressemble à la communication entre êtres humains
- ▶ Les ordinateurs peuvent communiquer à travers un réseau physique
- ▶ Il existe différentes topologies physique de réseau
- ▶ Les services sont organisés en pile pour découper l'envoi du message d'origine en tâches plus simples.
 - ▶ Couche 5 application
 - ▶ Couche 4 : transport
 - ▶ Couche 3 : réseau
 - ▶ Couche 2 : lien
 - ▶ Couche 1 : transmission physique

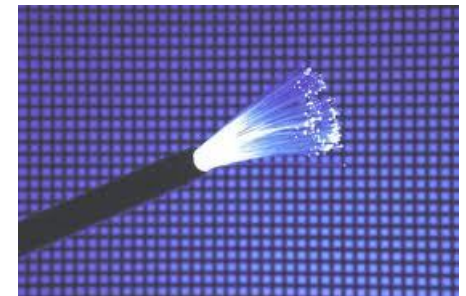
La couche physique

- ▶ La tâche accomplie par les protocoles de cette couche est le transfert individuel d'un 0 ou d'un 1 d'un bout à l'autre d'un support physique.
- ▶ Plusieurs types de supports physiques sont utilisés pour connecter les ordinateurs entre eux :
 - ▶ des câbles métalliques véhiculant des électrons
 - ▶ des câbles optiques véhiculant des photons
 - ▶ le vide véhiculant des ondes radios



La transmission physique

- ▶ Les supports filaires
 - ▶ câble coaxial
 - ▶ permet de faire circuler une grandeur électrique sur un câble généralement métallique
- ▶ Les supports aériens
 - ▶ l'air ou le vide
 - ▶ permettent la circulation d'ondes électromagnétiques ou radioélectriques diverses
- ▶ Les supports optiques
 - ▶ fibre optique
 - ▶ acheminement des informations sous forme lumineuse
- ▶ Selon le type de support physique, la grandeur physique a une vitesse de propagation plus ou moins rapide
 - ▶ le son se propage dans l'air à une vitesse de l'ordre de 300 m/s
 - ▶ la lumière a une célérité proche de 300 000 km/s.



Protocole de communication

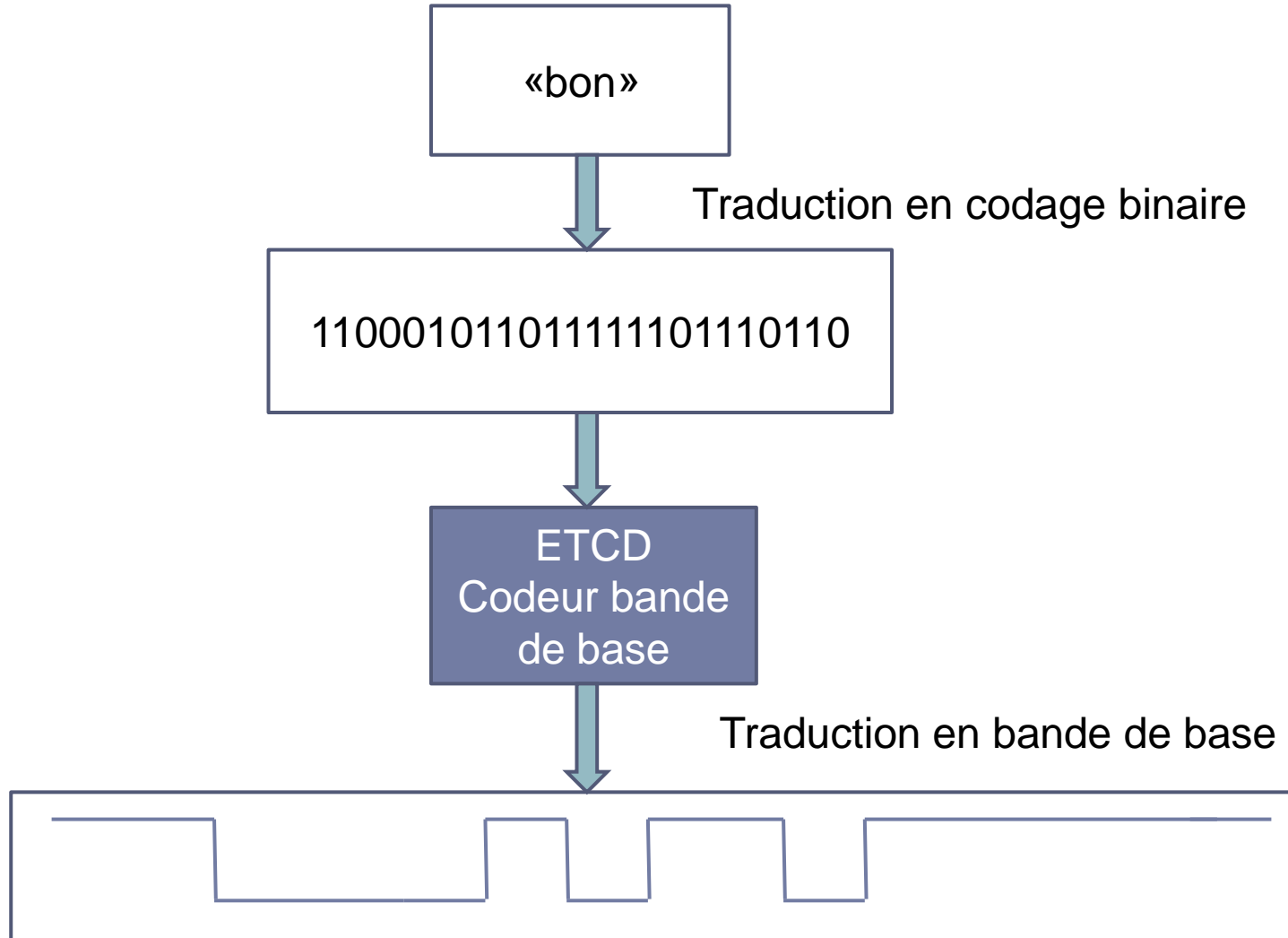
- ▶ Pour chacun de ces supports, il existe des protocoles spécialisés dans le transfert individuel d'un 0 ou d'un 1 d'un bout à l'autre du support.
- ▶ Principe de base de ces protocoles
 - ▶ Election du pape, qui date du Moyen-âge.
 - ▶ L'élection se fait à huis-clos dans une chapelle, où sont enfermés les électeurs, qui n'ont le droit de communiquer avec le reste du monde qu'à travers la cheminée de la chapelle jusqu'à ce qu'un nouveau pape soit élu
 - ▶ Après chaque scrutin, les cardinaux communiquent les résultats par une fumée noire — vote non-concluant, l'équivalent d'un 0 — ou par une fumée blanche — vote concluant, l'équivalent d'un 1.
 - ▶ En voyant la couleur de la fumée, les observateurs extérieurs peuvent alors comprendre le message élémentaire envoyé par les cardinaux : un nouveau pape est-il élu, oui ou non, 0 ou 1.

Protocole de la couche physique

- ▶ Les protocoles modernes à l'oeuvre dans la couche physique fonctionnent sur une base similaire.
- ▶ À la place de signaux de fumée observables à l'échelle macroscopique, on utilise des signaux observables à l'échelle microscopique, à base d'ondes électromagnétiques.
- ▶ À la place des variations de couleurs — blanc ou noir—pour coder l'information binaire, on utilise des variations de longueurs d'ondes, de phase ou d'intensité du signal, etc.

	Election du pape	Protocole réseau
Médium de transmission physique	Signaux de fumée blancs ou noirs	Variation d'un signal électrique
Interprétation	Blanc=oui Noir=non	Intense=1 Faible=0

Exemple



Problèmes de transmission

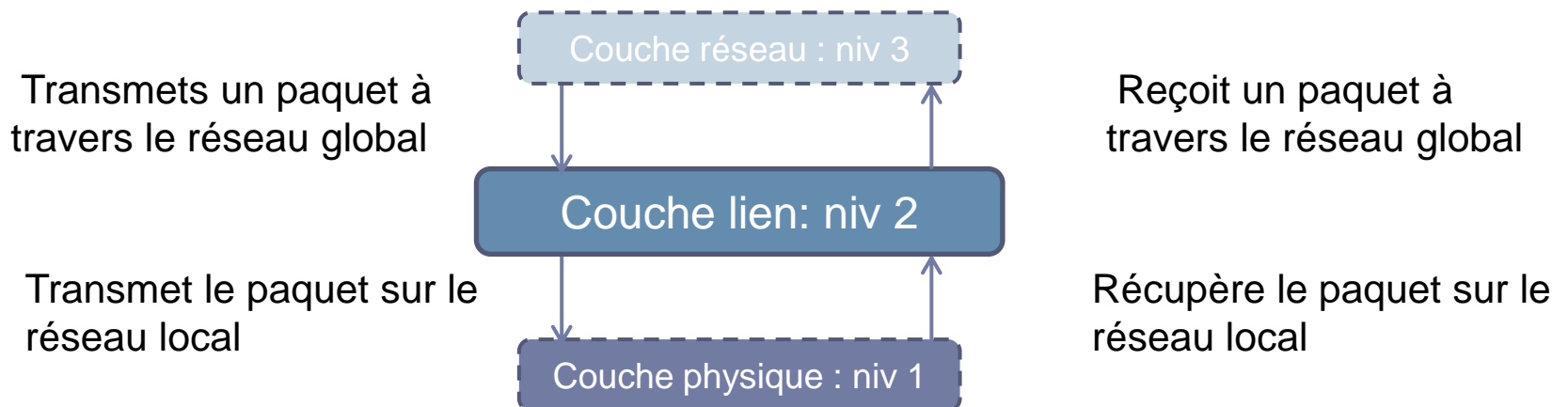
- ▶ Dans un monde idéal, les signaux sont fidèlement transmis de l'émetteur au récepteur.
- ▶ Dans la réalité, le signal peut être altéré.
 - ▶ L'altération dépend du médium physique (cuivre, fibre, air)
- ▶ Exemple
 - ▶ Lors de l'élection du pape, le feu est traditionnellement un feu de paille. Celle-ci est mouillée quand il faut produire une fumée blanche.
 - ▶ Mais il arrive que la fumée soit trop grise ou pas assez visible par mauvais temps.
 - ▶ Depuis quelques années, des fumigènes sont utilisés en complément, pour éviter les confusions
- ▶ Les protocoles modernes de la couche physique utilisent des compléments sophistiqués pour renforcer la clarté du signal et le rendre plus résistant aux erreurs d'interprétation à la réception.

A retenir

- ▶ La couche physique (niv 1) s'occupe de transmettre des données binaires (0 ou 1)
- ▶ Différents supports physiques existent (filaire, aérien, optique)
- ▶ Il faut un équipement physique spécial pour envoi la donnée et la décoder à la réception (ex: modem)
- ▶ Il existe des techniques de codage spécifiques pour pallier aux défauts de transmission

La couche lien (liaison de données)

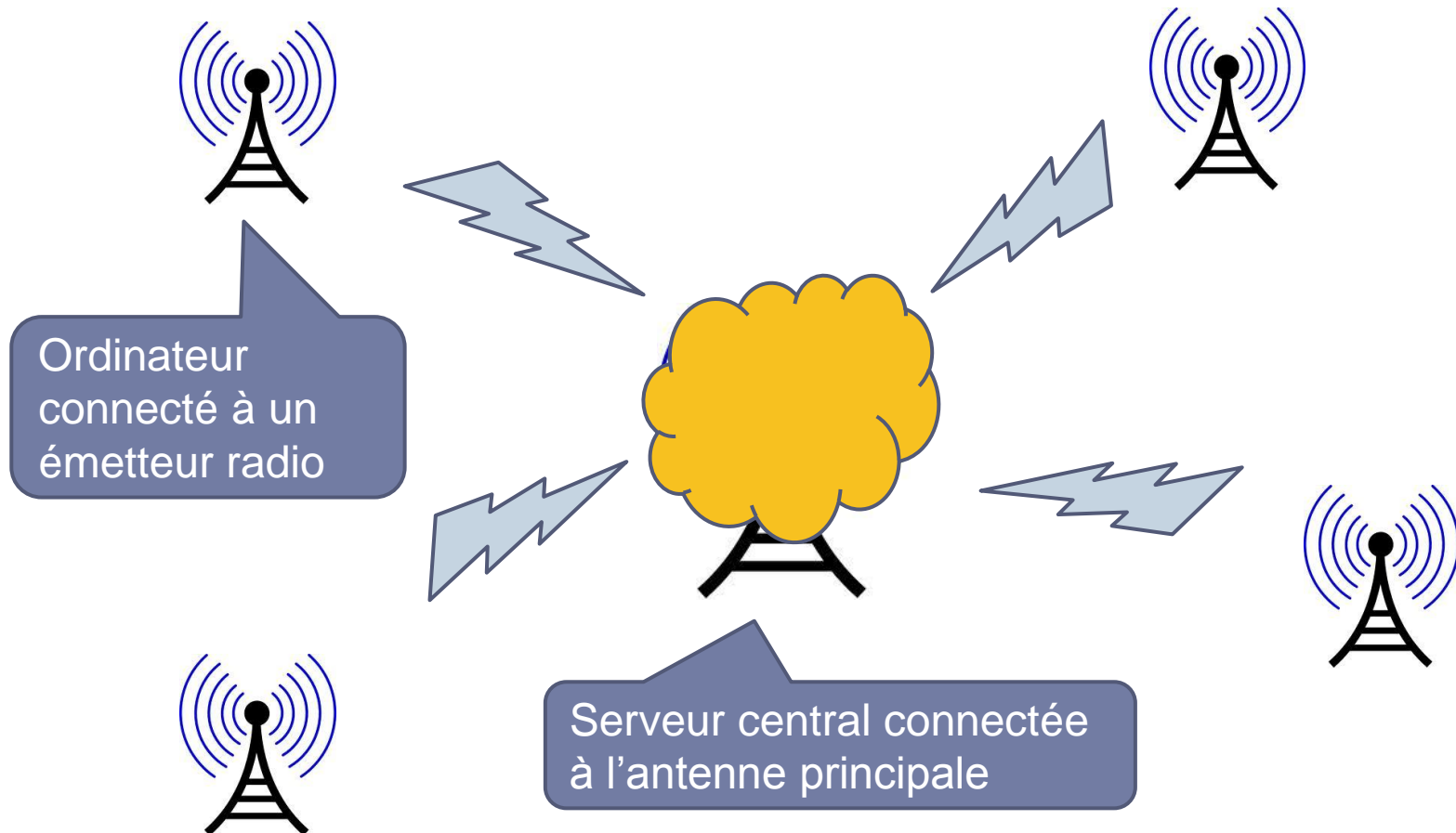
- ▶ La tâche accomplie par les protocoles de cette couche est de
 - ▶ transférer de paquets à travers le support physique
 - ▶ identifier les ordinateurs directement connectés à ce support
 - ▶ gérer le « temps de parole » de chacun sur le support.
- ▶ Selon le support physique utilisés, les protocoles diffèrent, notamment en ce qui concerne la gestion du temps de parole de chacun sur le support.



Problème des collisions. ALOHAnet

- ▶ ALOHAnet,
 - ▶ Date des années 70
 - ▶ Réseau d'ordinateurs utilisant des communications sans-fils pour connecter des ordinateurs dispersés sur les îles de l'archipel d'Hawaï à un ordinateur central situé sur l'une d'entre elles.
- ▶ Tous les ordinateurs du réseau ALOHAnet utilisent l'unique fréquence radio disponible pour communiquer avec l'ordinateur central.
- ▶ Plusieurs ordinateurs peuvent simultanément tenter d'envoyer chacun un paquet à l'ordinateur central, et sans le savoir, brouillent mutuellement leurs messages qui deviennent incompréhensibles pour l'ordinateur central.
- ▶ On appelle ce brouillage mutuel une collision entre paquets, similaire à la situation où deux personnes parlent en même temps à une troisième qui, de ce fait, ne comprend rien.

ALOHAnet



Parler en même temps rends la communication incompréhensible !

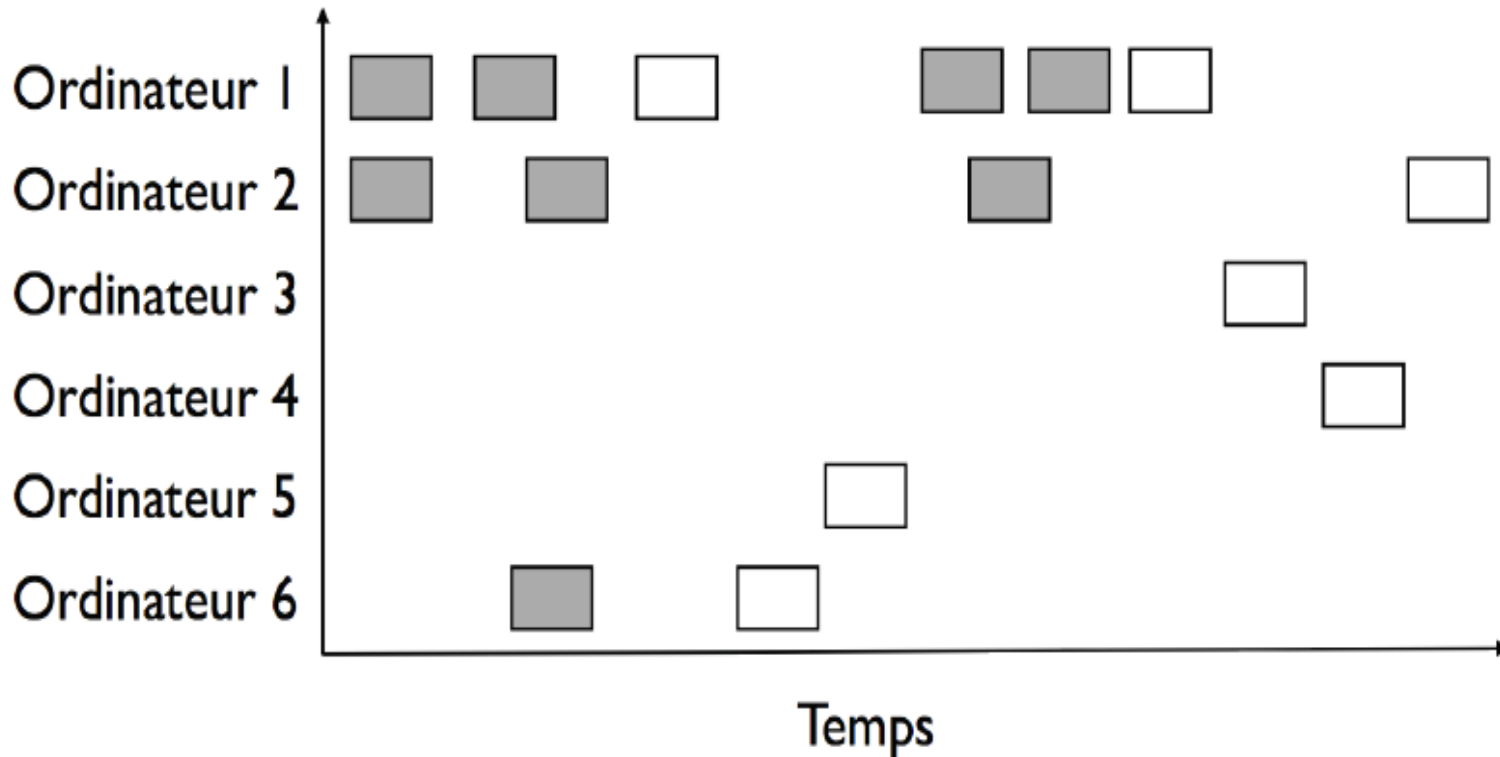
Problème des collisions

- ▶ Une solution pour gérer les collisions consiste à figer un ordre tournant que les ordinateurs doivent respecter pour que chacun puisse transmettre à son tour pendant un certain temps.
 - ▶ Ex : chaque ordinateur peut parler pendant 2h par jour, à une heure fixe, chacun son tour.
- ▶ Cependant, cette solution centralisée a des inconvénients.
 - ▶ Si l'on rajoute ou enlève des ordinateurs, il faut tout reprogrammer avec un nouvel ordre à respecter.
 - ▶ Avec cet ordre systématique, on brime un ordinateur qui a soudainement beaucoup à transmettre si pendant ce temps là les autres n'ont rien à dire.

Problème des collisions : le protocole ALOHA

- ▶ **Identifiant**
 - ▶ Chaque ordinateur est identifié par une adresse représentée sous forme d'une suite de k bits, le nombre k étant fixé à l'avance par convention.
- ▶ **En-tête**
 - ▶ Dans chaque paquet à transmettre, l'ordinateur rajoute en en-tête son adresse ainsi que celle de la destination.
- ▶ **Transmission en 2 phases**
 - ▶ Dès qu'un ordinateur a un paquet à transmettre, il l'envoie immédiatement, et attend un acquittement de la part de la destination lui confirmant que le paquet a bien été reçu.
- ▶ **Durée d'attente**
 - ▶ Si l'acquittement n'est pas reçu avant un temps d'attente maximum, fixé à l'avance, on estime que le paquet a été victime d'une collision.
- ▶ **Réémission**
 - ▶ Dans ce cas, l'ordinateur attend un certain temps avant de transmettre le paquet de nouveau, la valeur de ce temps d'attente étant choisi aléatoirement pour réduire les chances de nouvelles collisions.
- ▶ **Abandon**
 - ▶ Si un paquet subit trop d'échecs de transmissions, le protocole abandonne.

Problème des collisions : le protocole ALOHA



Exemple d'utilisation du protocole ALOHA : les paquets en collision sont réémis après une durée d'attente aléatoire

Ethernet

- ▶ Au milieu des années 70, aux Etats-Unis
- ▶ Protocole de liaison de données
- ▶ Norme internationale : *ISO/IEC 8802-3*
- ▶ Commutation de paquets
 - ▶ Segmente l'information en paquets de données, transmis indépendamment par les nœuds intermédiaires et réassemblés au niveau du destinataire.
- ▶ Principe de fonctionnement
 - ▶ Tous les nœuds partagent à égalité le même média
 - ▶ Toute information émise par un poste est reçue par tous les autres.
 - ▶ Chaque ordinateur doit filtrer ce qui lui est destiné
 - ▶ Pendant que l'un des nœuds émet, toutes les machines du réseau doivent, de leur côté, observer le silence.
 - ▶ Lorsqu'un ordinateur veut envoyer de l'information, il obéit à un algorithme commun à tous pour limiter les risques de collision.

Ethernet

Etape 1) [initialisation de la transmission]

- ▶ *[cable libre]* Si le média n'est pas utilisé, commencer la transmission
- ▶ *[câble occupé]* Attendre jusqu'à ce que le fil soit inutilisé puis attendre pendant un temps aléatoire, puis retourner à l'étape 1, sauf si le nombre maximal d'essais de transmission a été dépassé

Etape 2) [transmission de l'information]

- ▶ *[collision]* Si une collision est détectée, continuer à transmettre un minimum de temps pour s'assurer que tous les postes détectent la collision puis retourner à l'étape 1

Etape 3) [fin d'une transmission réussie]

- ▶ Indiquer la réussite au protocole du niveau supérieur et sortir du mode de transmission

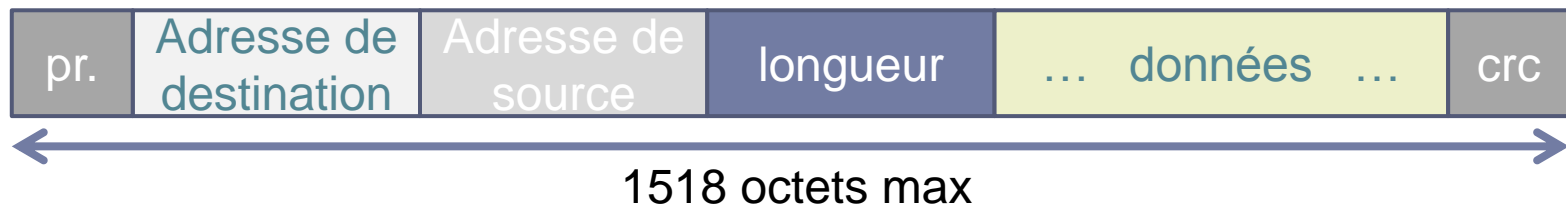
Etape 4) [nombre maximal d'essais de transmission dépassé]

- ▶ Annoncer l'échec au protocole de niveau supérieur et sortir du mode de transmission

Ethernet

► **Format de trame Ethernet (niv 2)**

- Préambule (7 octets + 1 octet pour le délimiteur)
- adresse destination (6 octets)
- adresse source (6 octets)
- longueur (taille totale de la trame)
- données (au moins 46 octets, au plus 1500 octets)
- CRC (4 octets) : code de détection d'erreur



Identifiants utilisés à la couche lien

- ▶ Chaque ordinateur possède un équipement réseau doté d'un identifiant.
- ▶ Le plus souvent, l'identifiant est une « adresse MAC (Medium Access Control) »
- ▶ Une adresse MAC consiste en une suite de 48 bits, souvent notés de manière sous forme hexadécimale, dans un format regroupant des « mots » de 8 bits
 - ▶ exemple 10:93:e9:0a:42:ac.
- ▶ L'en-tête des paquets envoyés par la couche lien comporte l'adresse MAC de l'ordinateur destinataire, ainsi que l'adresse MAC de l'ordinateur émetteur du paquet.
- ▶ Une adresse MAC est unique et fournie par le constructeur.

Connaître son adresse MAC

Windows : tapez `ipconfig/all` dans un terminal et chercher l'Adresse physique

```
Carte Ethernet Local Area Connection:
    Suffixe DNS propre à la connexion : toto.com
    Description . . . . . : Intel(R) 82566DM Gigabit
    Adresse physique . . . . . : 00-1B-75-35-CF-08
    DHCP activé . . . . . : Oui
    Configuration automatique activée . . . . : Oui
```

Linux: tapez `ifconfig` dans un terminal et chercher `HWaddr`

```
eth0      Link encap:Ethernet HWaddr 08:00:27:3f:20:15
          inet adr:10.0.0.2 Bcast:10.0.0.255 Masque:255.255.255.0
          adr inet6: fe80::a00:27ff:fe3f:2015/64 Scope:Lien
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST MTU:1500 Metric:1
          Packets reçus:16 erreurs:0 :0 overruns:0 frame:0
          TX packets:61 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 lg file transmission:1000
          Octets reçus:1743 (1.7 KB) Octets transmis:9574 (9.3 KB)
          Interruption:11 Adresse de base:0xc020
```

Adresse de diffusion

- ▶ Il existe cependant une exception utile en pratique pour s'adresser à « tout le monde en même temps »
- ▶ Dans ce cas, l'adresse de destination indiquée dans le paquet est une adresse MAC spéciale, dite adresse de diffusion, désignant par convention « tout le monde connecté à ce lien ».
- ▶ Quand un ordinateur reçoit un paquet avec une telle adresse comme destination, il traite le paquet comme si le paquet lui était destiné personnellement.
- ▶ L'adresse de diffusion (broadcast) est toujours :
FF:FF:FF:FF:FF:FF

Autres formats d'adresse

- ▶ Le protocole ATM (Asynchronous Transfer Mode)
 - ▶ sur fibre optique
 - ▶ identifiants de 160 bits
- ▶ Le protocole Frame Relay
 - ▶ adresses de longueur variable
- ▶ Chaque protocole MAC utilise un format d'adresse adapté
 - ▶ à la nature du support physique utilisé,
 - ▶ au nombre d'ordinateurs maximal pouvant y être connectés
 - ▶ à la syntaxe utilisée pour former chaque adresse
- ▶ Chacune de ces adresses est valide localement et utilisée de manière cohérente sur le lien auquel elle est associée.

Equipements

▶ Concentrateur (hub)

- ▶ Permet de concentrer les flux Ethernet de plusieurs équipements sur un même support dans un réseau informatique local.
- ▶ Une seule des machines connectées peut y transmettre à la fois. Les trames émises sont transmises à toutes les machines connectées.
- ▶ 2 types de ports :
 - ▶ Les ports pour la connexion des machines.
 - ▶ Le port pour extension du réseau auquel se connecte un autre concentrateur



▶ Commutateur (switch)

- ▶ Contrairement à un concentrateur, un commutateur ne reproduit pas sur tous les ports chaque trame qu'il reçoit : il sait déterminer sur quel port il doit envoyer une trame, en fonction de l'adresse à laquelle cette trame est destinée
- ▶ Les commutateurs sont souvent utilisés pour remplacer des concentrateurs car ils encombrant moins le réseau.
- ▶ Ports Ethernet (entre 4 et plusieurs centaines)



A retenir

- ▶ La couche liaison de données (niv 2) transfère des données entre des nœuds sur le même d'un réseau local.
- ▶ La couche de liaison de données peut dans certains cas détecter et potentiellement corriger les erreurs qui peuvent survenir au niveau de la couche physique (niv 1)
- ▶ Chaque nœud est doté d'un identifiant unique matériel
- ▶ Un nœud peut envoyer un message à un destinataire en particulier ou diffuser à tous les nœuds
- ▶ 2 types de matériels
 - ▶ Concentrateur (Hub)
 - ▶ Commutateur (Switch)