Telecommunication Services Engineering (TSE) Lab

UNIVERSITÉ Concordia UNIVERSITY

Chapitre 6: MAC & PHY

Roch Glitho, PhD

Associate Professor and Canada Research Chair

My URL - http://users.encs.concordia.ca/~glitho/

Concordia University
Engineering and Computer Science
Concordia Institute for Information Systems Engineering

Telecommunication Services Engineering (TSE) Lab

COUCHE LIAISON DE DONNÉES

RÉSEAUX ET TÉLÉCOMMUNICATIONS

UNIVERSITÉ Concordia UNIVERSITY

Le modèle a 5 couches de ce cours:

Application
Transport
Réseau
Liaison de données
Support physique

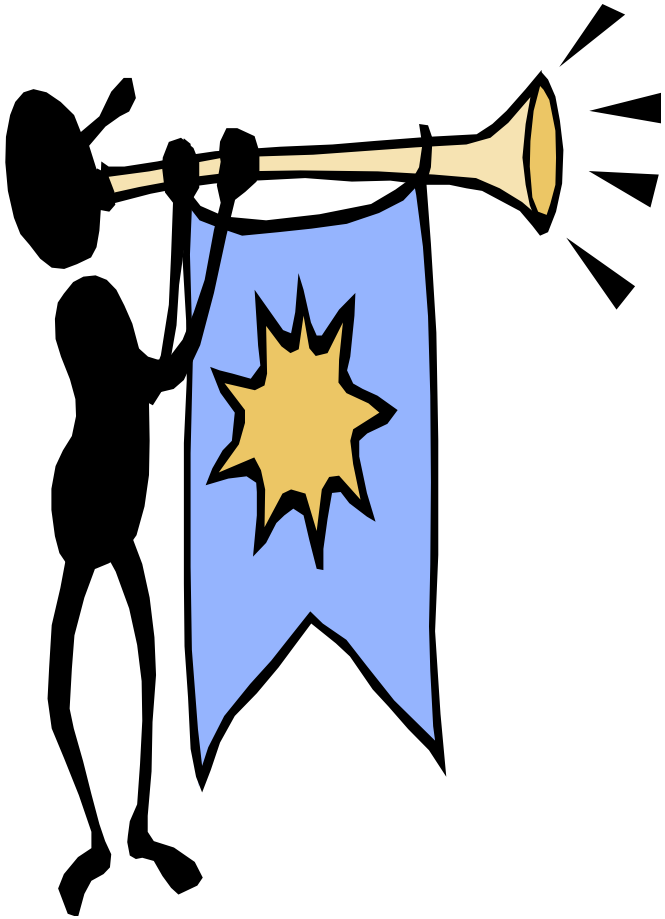
Couche Liaison de données:

Liaison de données
Contrôle et gestion de l accès au support physique: Cas des réseaux a diffusion
Support physique

La couche liaison de données

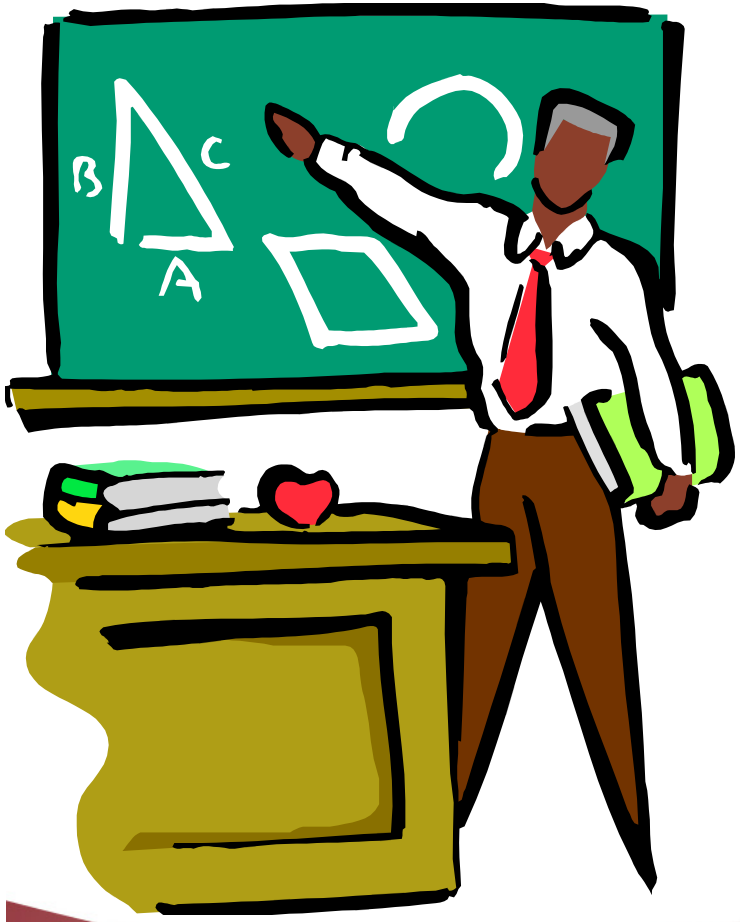
- Contrôle et gestion de l accès au support physique
- Au delà du contrôle et de la gestion de l accès au support physique

Table des matières: Contrôle et gestion de l accès au support physique



- Le problème
- Les protocoles avec collision

Le problème



1. Contexte et modèle
2. Les questions

Contexte et terminologie ...

Réseaux a diffusion

- Cannal (support physique) pouvant être accédé par toutes les stations
  - Cannal a accès multiple (cannal aléatoire)
- Découpage des bits a envoyer sur le cannal physique
  - Trames (Frames)

Contexte et terminologie ...

Modèle

- N stations
- Cannal aléatoire unique
- Collision
  - Avec
  - Sans
- Temps
  - Continu
  - Discrétisé
    - intervalles suffisantes pour transmission de trame (Time slot)
- Écoute avant transmission
  - Avec
  - Sans

Les questions ...

Quelques exemples

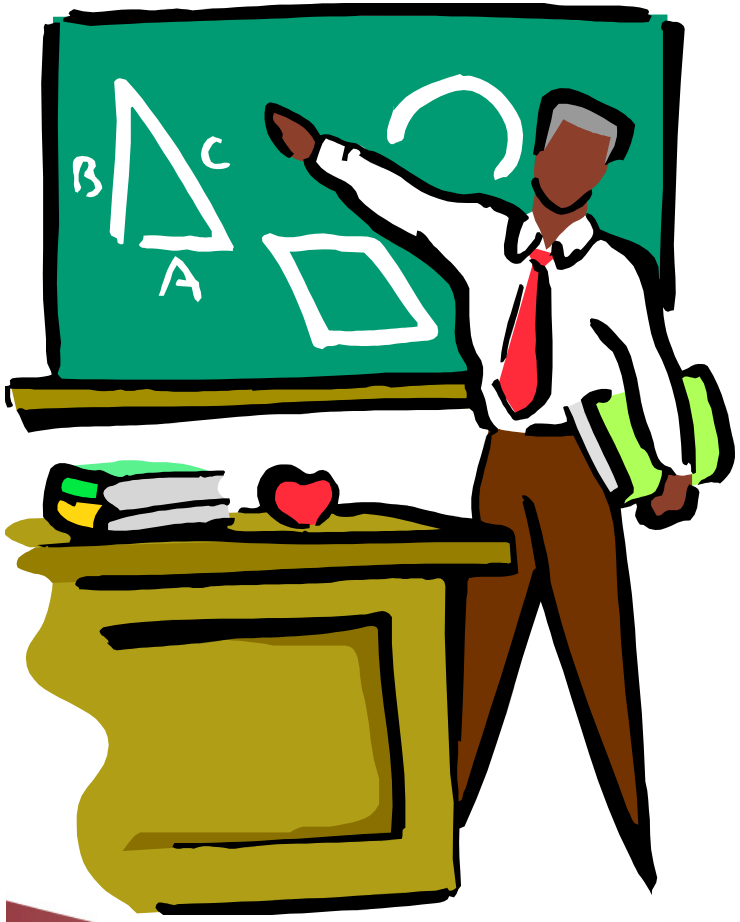
- Quand est ce qu une station peut accéder au cannal pour transmettre?
- Que fait la station quand le cannal est occupé?
- Comment savoir si la transmission a été couronnée de succès?
- Que fait la station si elle sait qu une autre station désire aussi transmettre?

Les réponses ...

Les protocoles de contrôle et d accès au support physique

- Généralement implémentés en hardware / firmware
  - Protocoles avec collision
    - Plus connues / déployées
  - Protocoles sans collision

Les protocoles avec collision …



1. ALOHA
2. Accès par écoute de porteuse
3. Le meilleur des deux mondes

ALOHA ...

Début des années 70

- Dévelopé dans un environement de radio terrestre pour connecter des ordinateurs a l université d Hawai
- Hypothèse principale
  - Les collisions sont détectées (Collision Detection – CD)
- Deus formes:
  - ALOHA pur
  - ALOHA discrétisé

ALOHA ...

ALOHA pur

Procedure dans chaque station

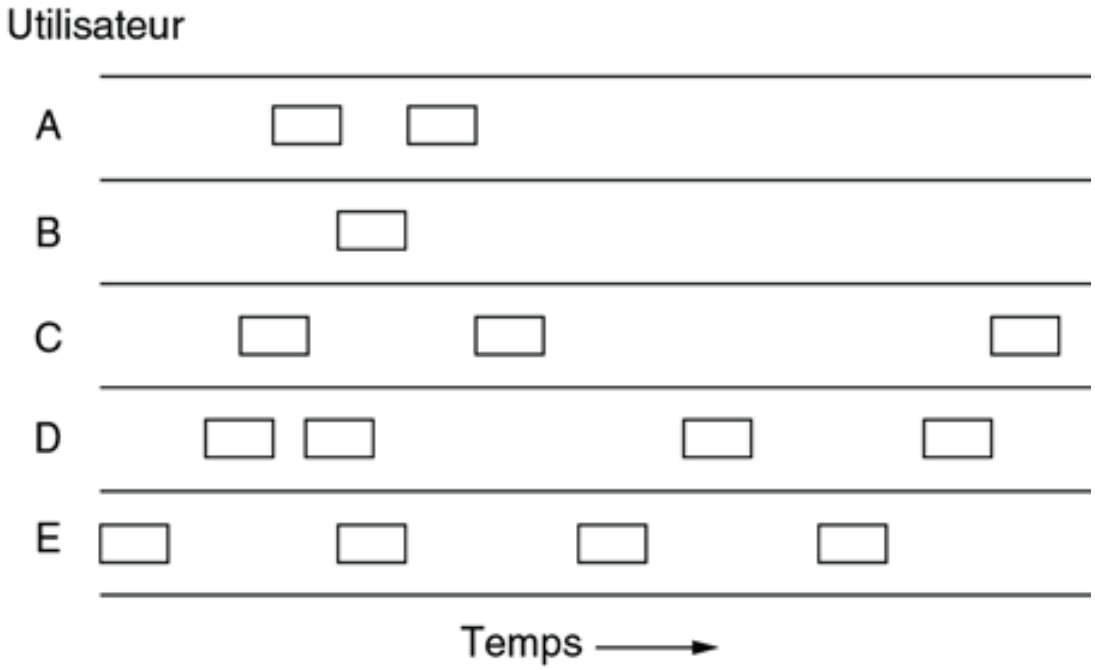
- Station transmet dès que prête
- S il y a collision
  - Station attend un temps aléatoire
  - Station re-transmet

Evaluation intuitive

- Période de haute charge
- Période de basse charge

ALOHA ...

ALOHA pur



© Pearson Education France

ALOHA ...

ALOHA discrétisé

Version amiliorée d ALOHA pur

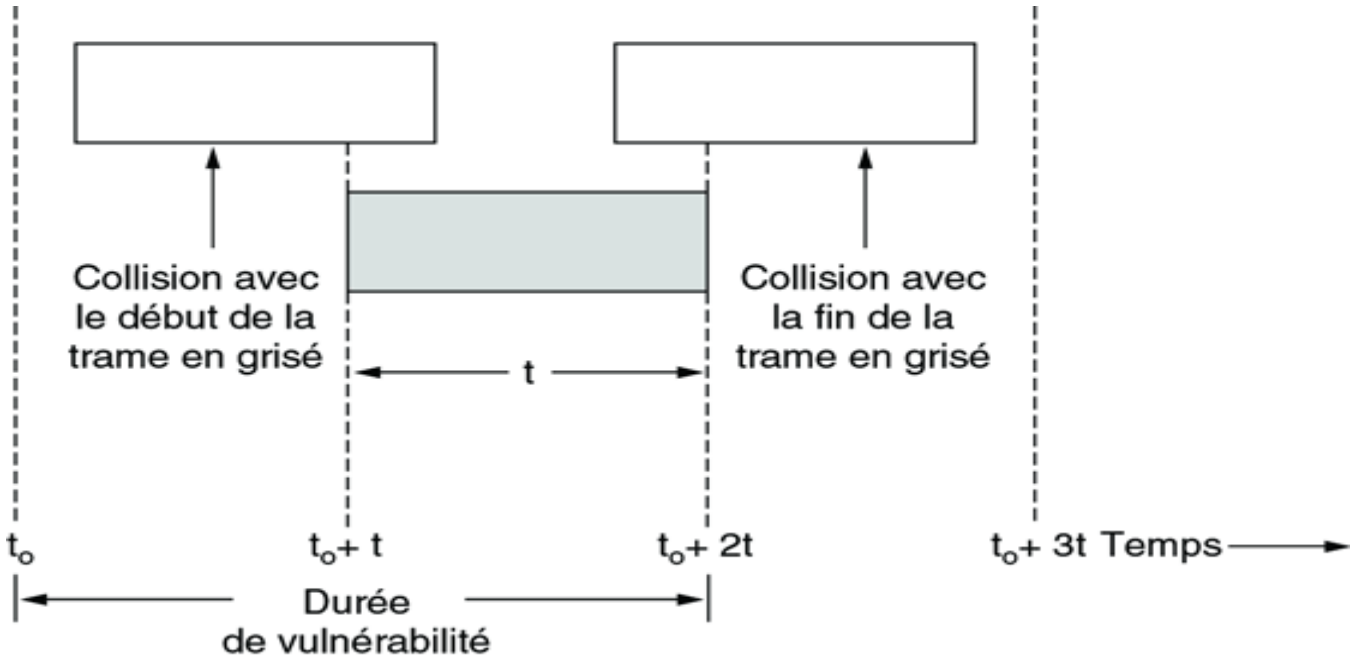
- Temps divisé en intervalles “slots” sur lesquelles toutes les stations s entendent
  - Slot: Temps nécessaire pour la transmission d une trame
- Procédure
  - S il y a collision
    - Attendre le début du prochain slot
    - Re-transmettre

Evaluation intuitive

- Permet de réduire le nombre de collisions

ALOHA ...

ALOHA discrétisé



© Pearson Education France

Accès par écoute de porteuse ...

Collision Sensing Multiple Access (CSMA)

Écoute et detection des actions (transmissions) sur le cannal

- Une autre base d Ethernet
- Amilioration importante par rapport a ALOHA
  - Éviter les collisions avec les stations qui sont déjà entrain de transmettre
    - Ne permet pas d éviter toutes les collisions
  - Plusieurs formes
    - Persistant
    - Non persistant
    - Avec détection de collision

Accès par écoute de porteuse ...

CSMA persistant

Procédure

1. Écoute
2. Transmet si cannal libre
3. S il y a collision retourne a 1.

Amilioration par rapport a ALOHA

Réduction du nombre de collisions

Accès par écoute de porteuse ...

CSMA non persistant

Procédure

1. Écoute
2. Transmet si cannal libre
3. S il y a collision

   Attendre temps aléatoire

   Retourner a 1.

Amilioration par rapport au CSMA persistant

Réduction du nombre de collisions

Le meilleur des 2 mondes ...

CSMA/CD

Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)

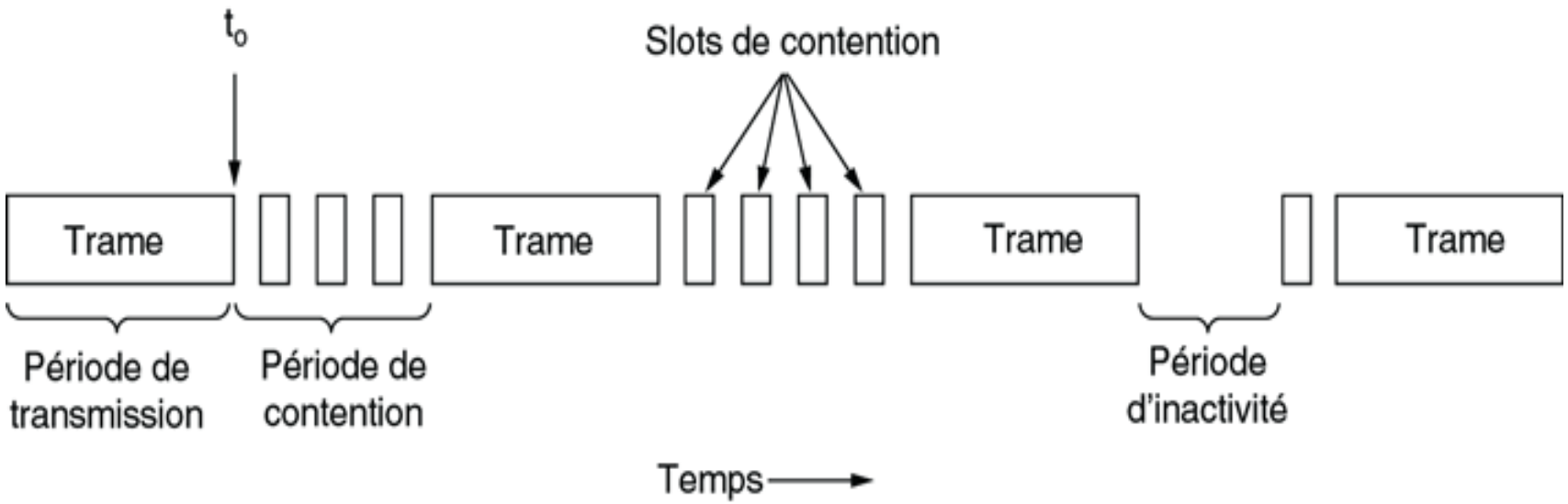
Acces par écoute de porteuse avec détection de collision

Base d Ethernet

- Possibilité de détecter les collisions (avec une probabilité élevée) quand deux stations comment une transmission au même moment
  - Interruption
  - Délai aléatoire
  - Nouvelle tentative

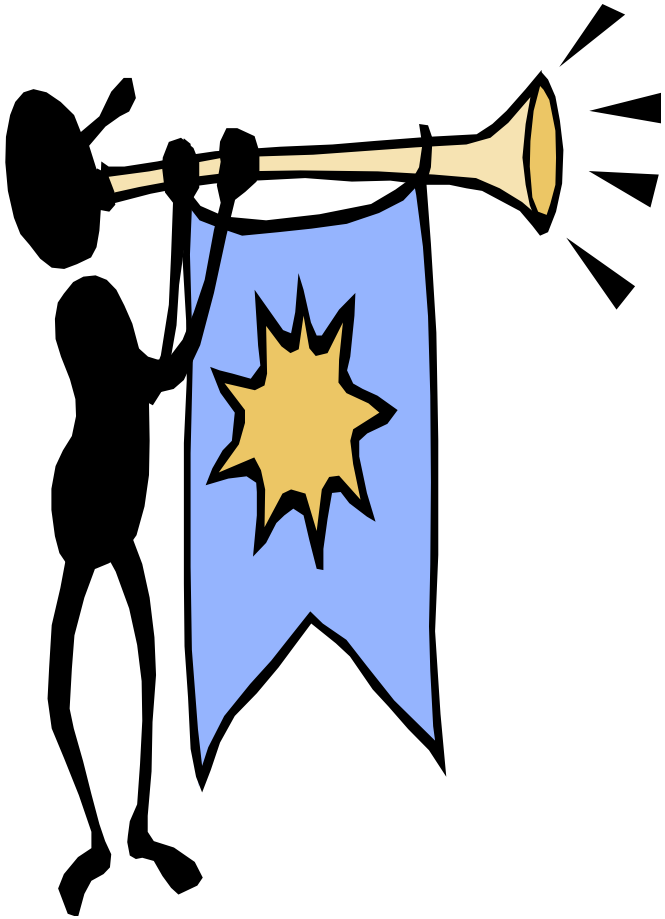
Le meilleur des 2 mondes ...

CSMA/CD



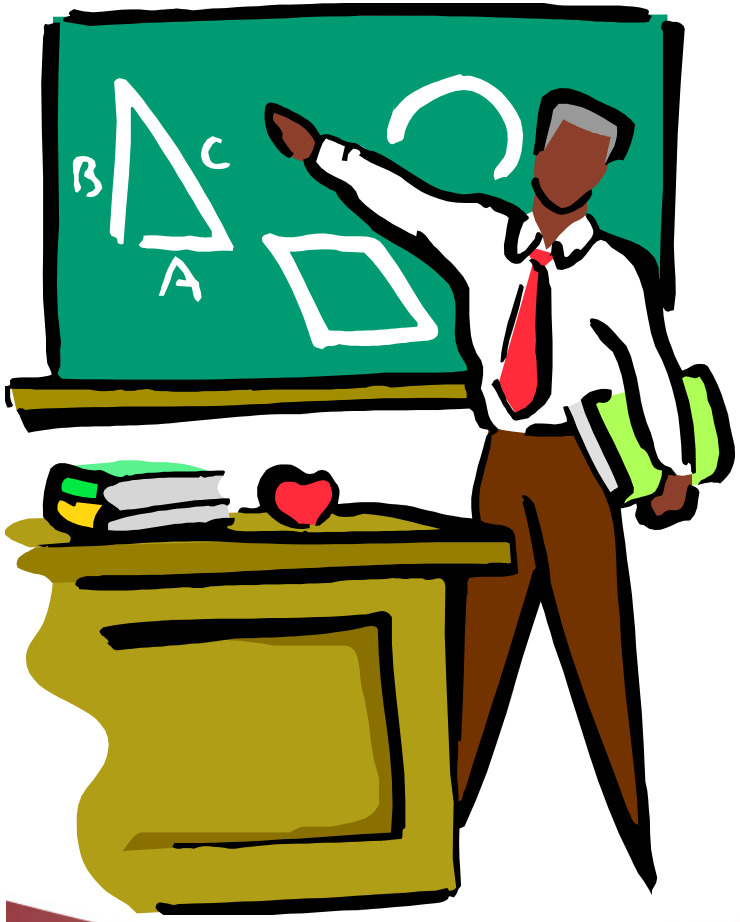
© Pearson Education France

Examples de réseaux locaux et problemes d interconnexion



- Ethernet
- Réseaux locaux sans fil
- Interconnexion au niveau liaison de donnée pont)

Premier example: Ethernet (802.3x)

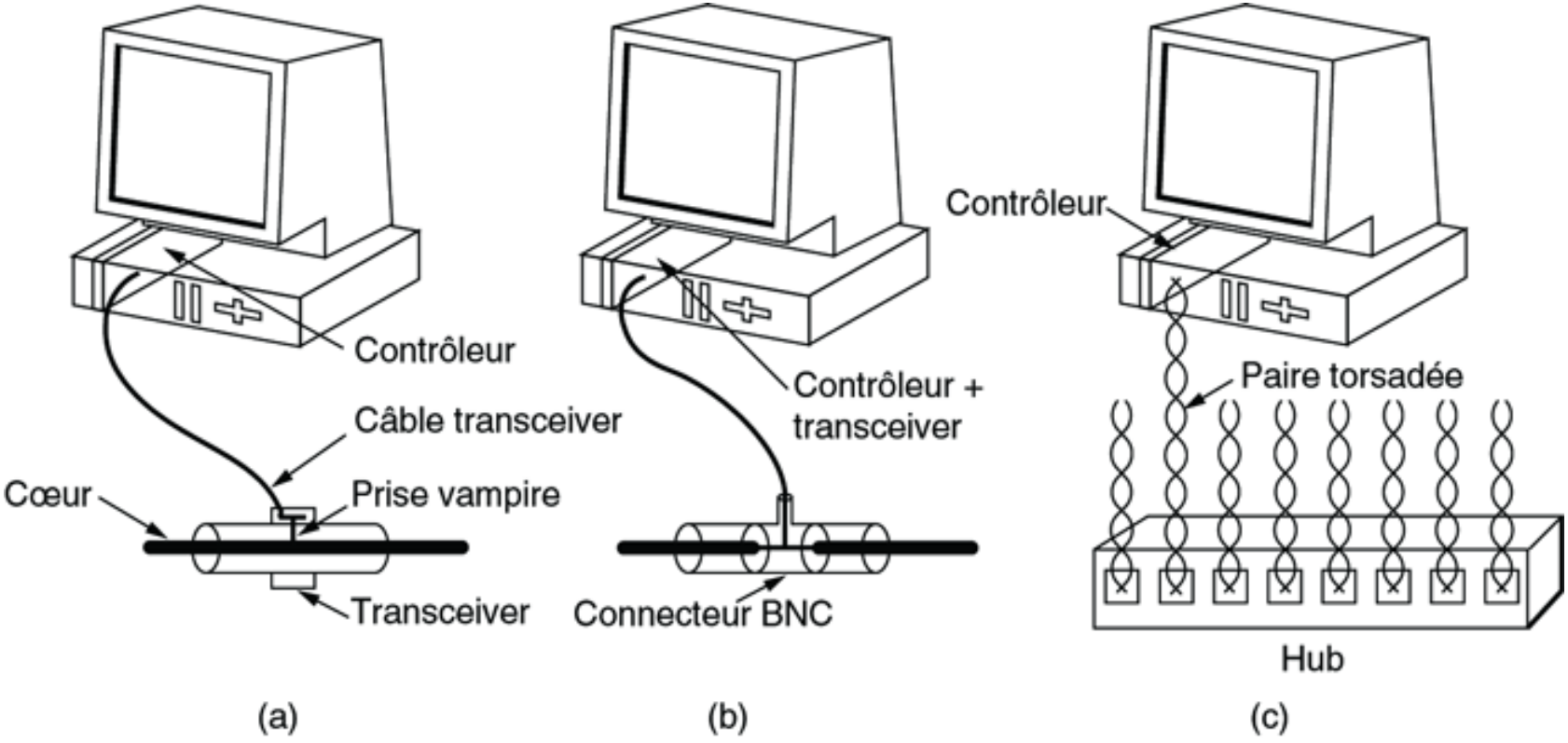


1. Couche physique
2. Couche liaison de données

Couche physique

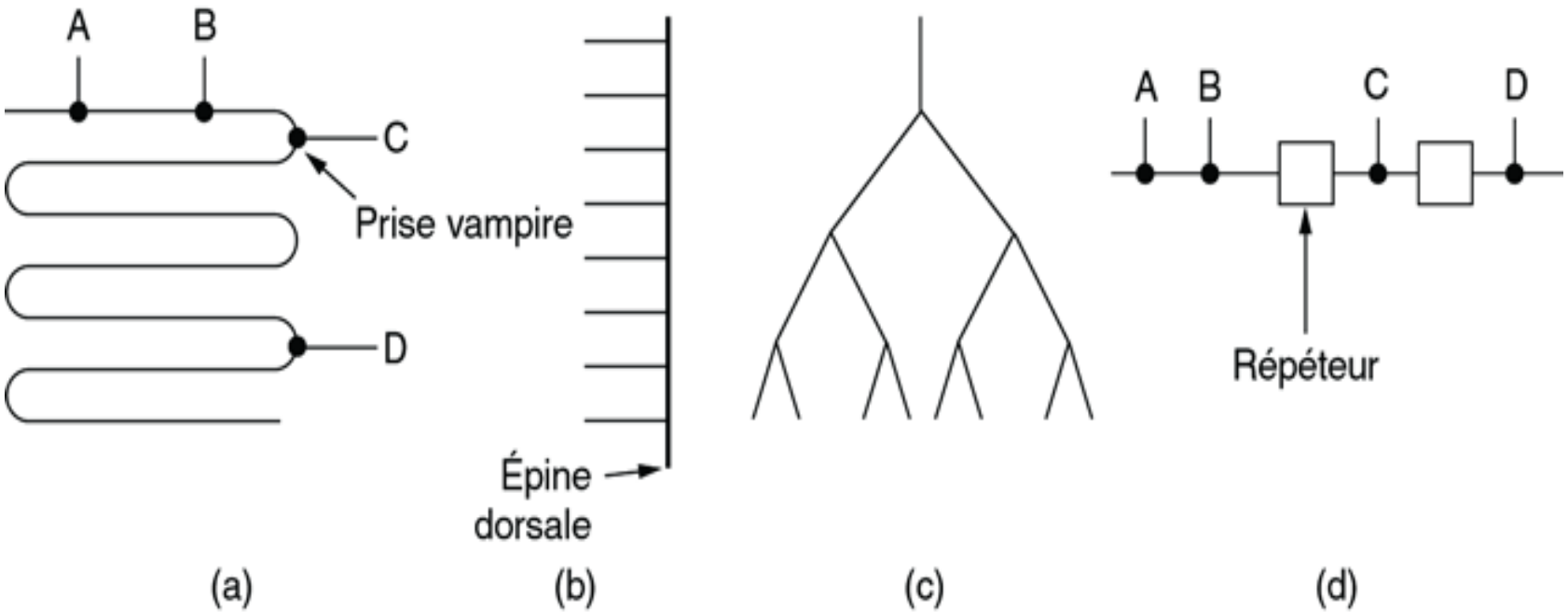
10Base5	Coaxial épais	500m	100 noeuds	Obsolète
10 Base-1	Coaxial fin	185m	39 noeuds	Pas de hub
10Base-T	Paire torsadée	100m	1024	Le – cher
10Base-F	Fibre optique	2000m	1024	Connexion d immeubles

Couche physique



© Pearson Education France

Couche physique

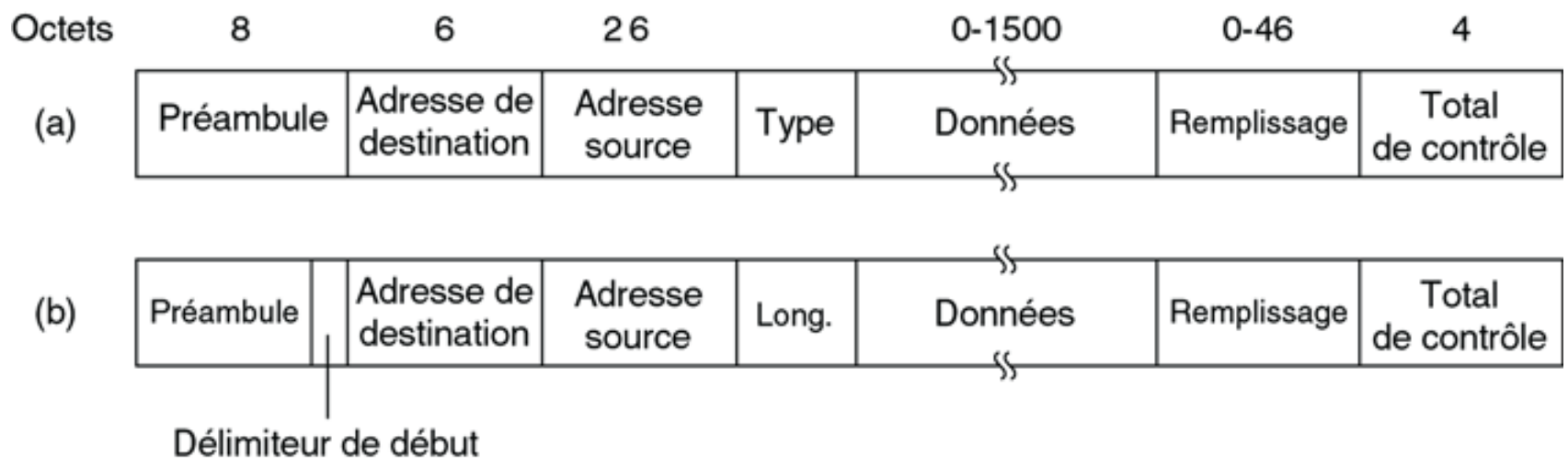


© Pearson Education France

Couche liaison de données ...

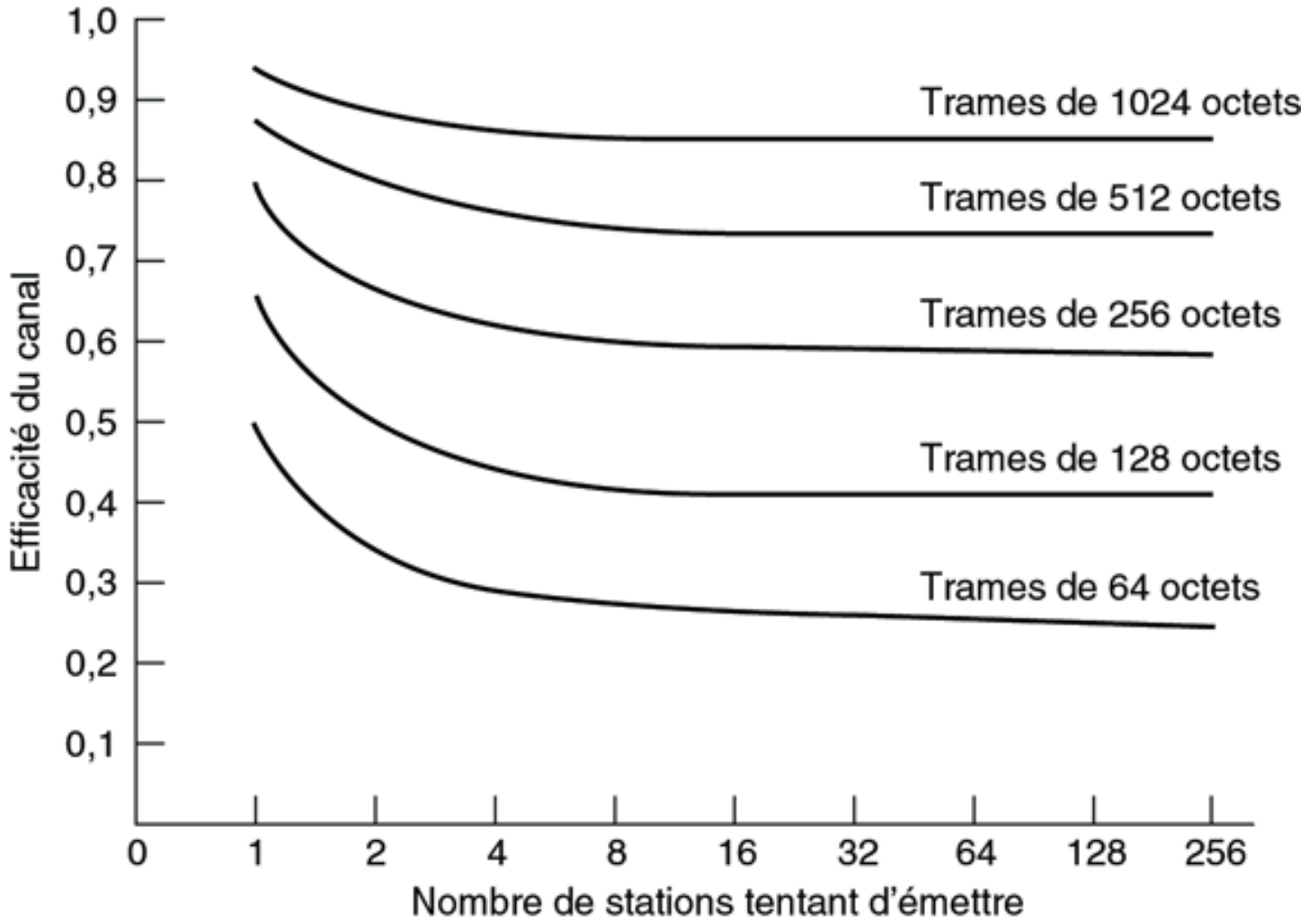
- Medium Access Control (MAC): Protocole de gestion et de contrôle du cannal:
- CSMA/CD
- Trame
  - Trame originale (DIX)
  - Trame standardisée (IEEE 802.3)
  - Addressage (au niveau liaison de données)
    - Un seul noeud
    - Quelques noeuds (diffusion restreinte - multicast)
    - Tous les noeuds (diffusion générale – broadcast)

Couche liaison de données ...



© Pearson Education France

Performance



© Pearson Education France

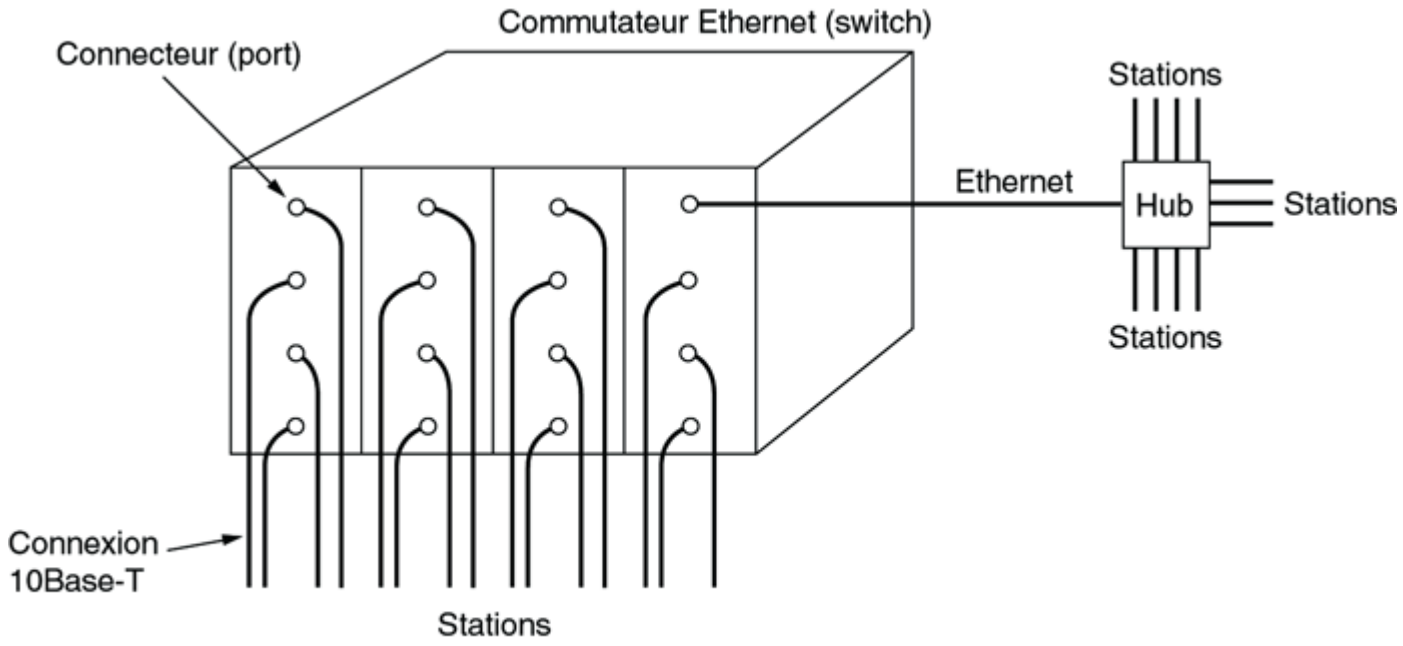
Ethernet commuté (Switched Ethernet)

Solution potentielle au problème de l augmentation du traffic

Alternative à l augmentation de débit

- Toute trame est envoyée a un commutateur qui agit comme hub
- Si expediteur et destinataire de la trame appartiennent sont connectés à la même carte, le destinataire recoit directement la trame
- Autrement
  - Trame transmise au destinaire en utilisant le plan arrière (backplane)
  - Débit de plusieurs gigabits
  - protocole propriétaire

Ethernet commuté `Swtiched Ethernet



© Pearson Education France

Ethernet rapide (Fast Ethernet)

Solution potentielle au problème de l augmentation du traffic

Alternative à Ethernet commuté

- Augementation de débit
- Deux possibilités
  - Nouvelle norme basée sur les fibres optiques et incompatible avec Ethernet initial
    - Peu deployé
  - Nouvelle norme (802.3u) compatible avec Ethernet classique, mais augmentation du débit (802.3u)
    - Solution la plus déployée

Ethernet rapide `Fast Ethernet``

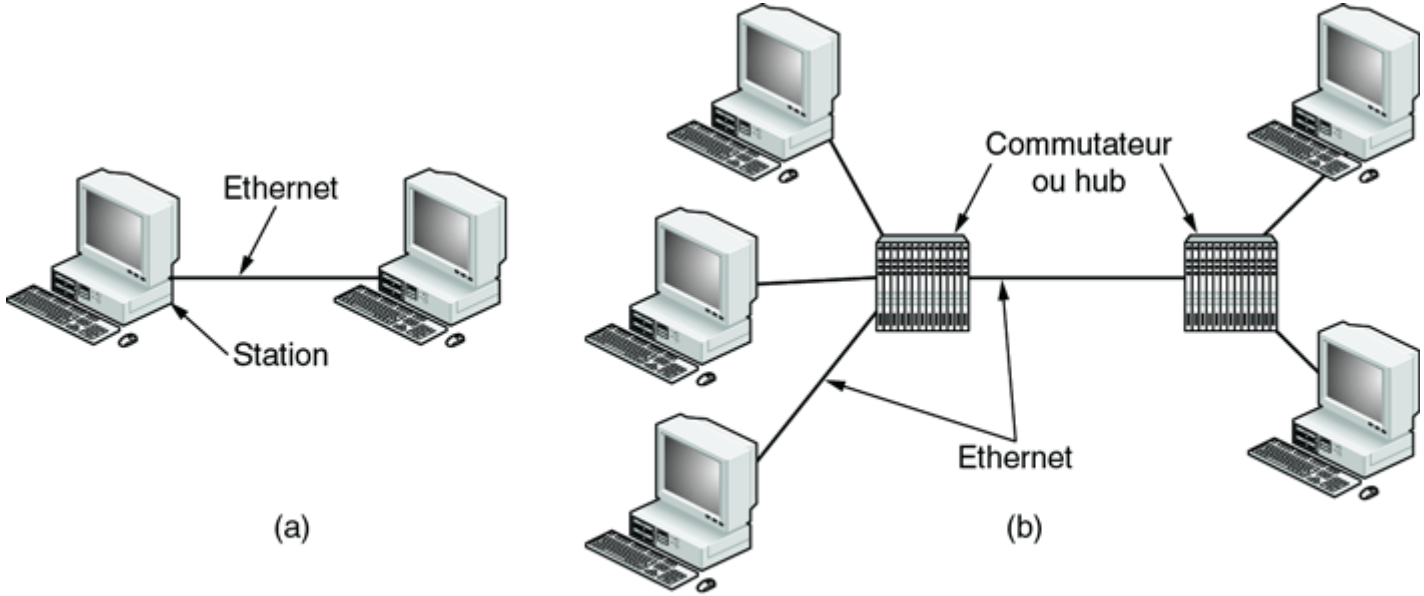
Name	Cable	Max. segment	Advantages
100Base-T4	Twisted pair	100 m	Uses category 3 UTP
100Base-TX	Twisted pair	100 m	Full duplex at 100 Mbps (Cat 5 UTP)
100Base-FX	Fiber optics	2000 m	Full duplex at 100 Mbps; long runs

Gigabit Ethernet

Nouvelle norme compatible avec Ethernet classique (802.3z)

- 10 fois plus rapide
- Deux modes d'opération
  - Half duplex
  - Full duplex
  - CSMA/CD n est pas utilisé

Telecommunication Services Engineering (TSE) Lab
Gigabit Ethernet

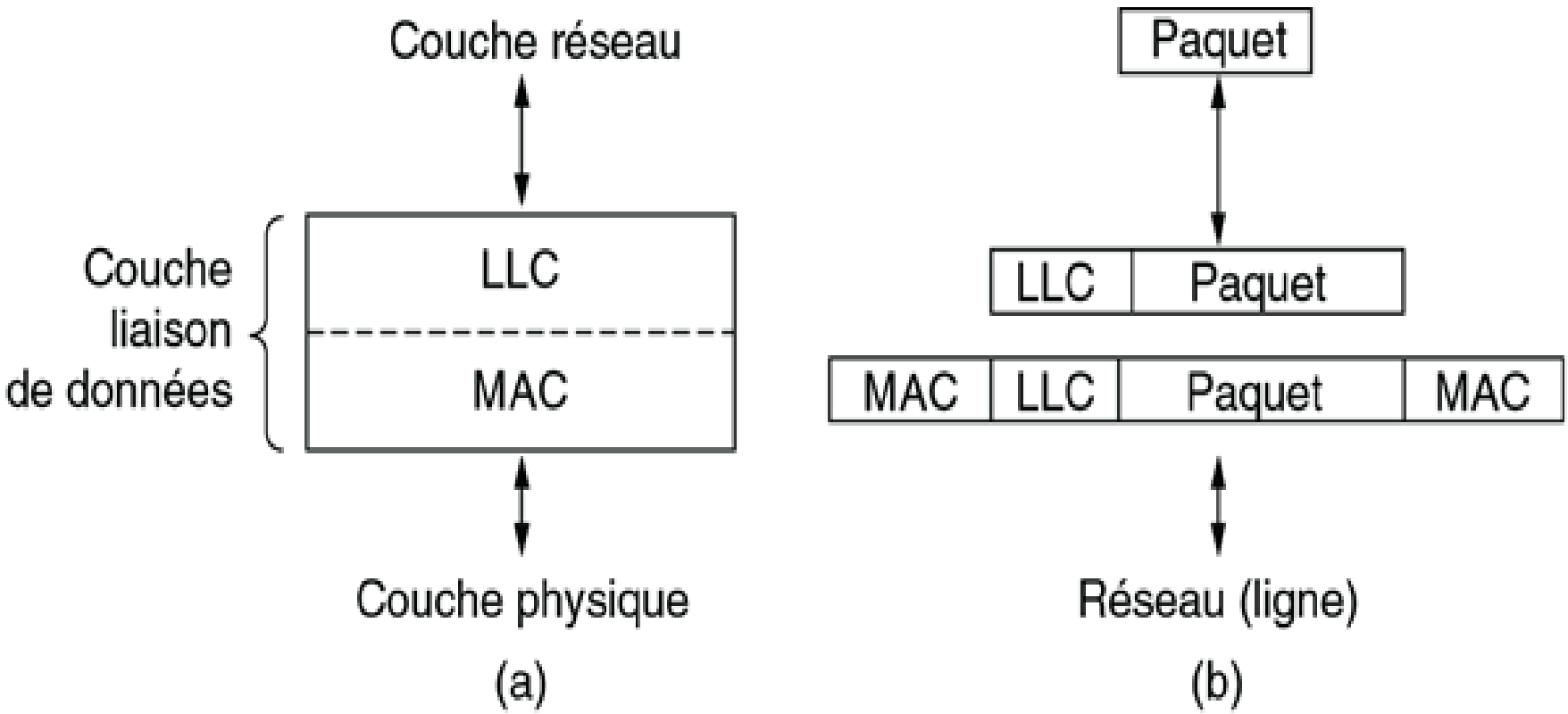


© Pearson Education France

Gigabit Ethernet

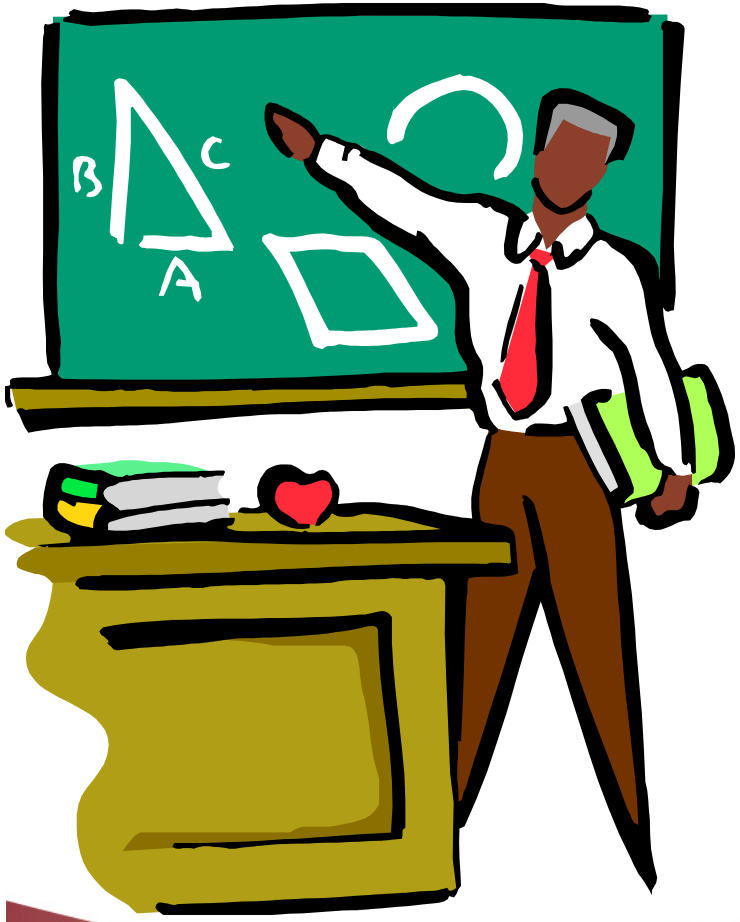
Name	Cable	Max. segment	Advantages
1000Base-SX	Fiber optics	550 m	Multimode fiber (50, 62.5 microns)
1000Base-LX	Fiber optics	5000 m	Single (10 μ) or multimode (50, 62.5 μ)
1000Base-CX	2 Pairs of STP	25 m	Shielded twisted pair
1000Base-T	4 Pairs of UTP	100 m	Standard category 5 UTP

Controle de lien logique



© Pearson Education France

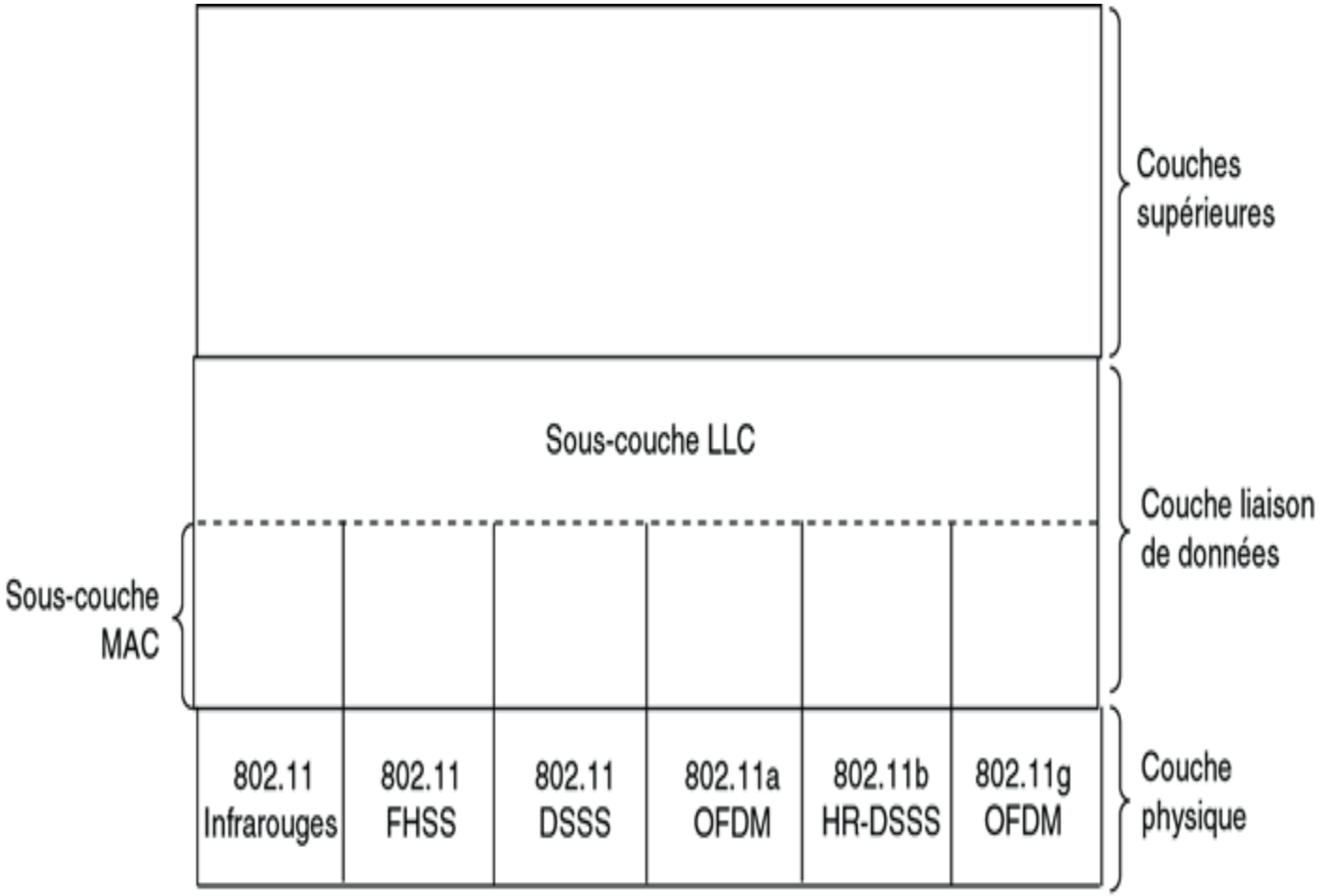
Deuxième example: Réseaux locaux sans fil (802.11)



1. Couche physique
2. Couche liaison de données

Telecommunication Services Engineering (TSE) Lab

802.11



© Pearson Education France

PHY

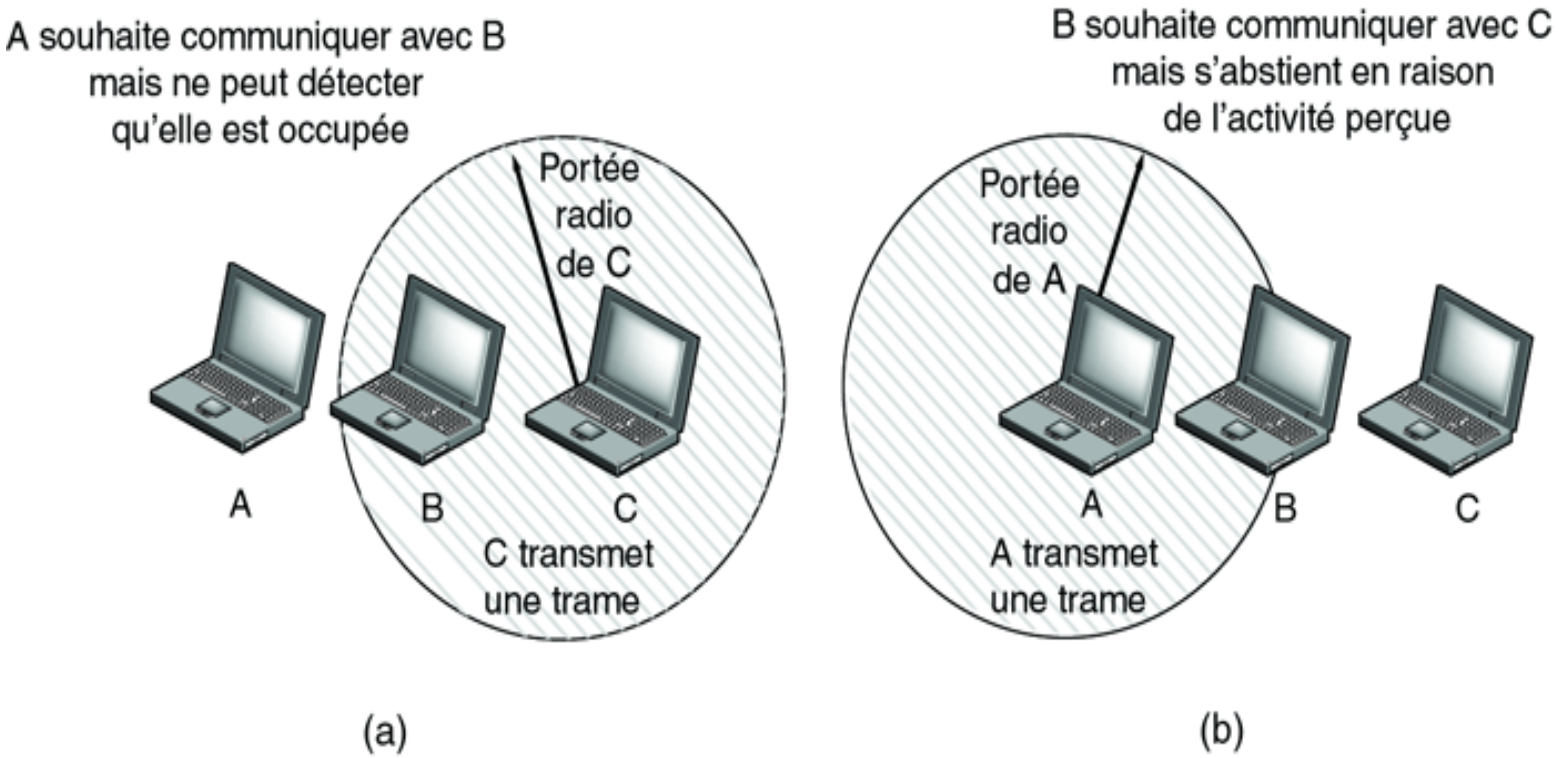
5 Possibilites

- Infrarouge
- FHSS
- DSS
- OFDM
- HR-DSS

MAC

Exemples de problème spécifique à l environnement sans fil

MAC



© Pearson Education France

MAC

Conséquence: CSMA/CD ne peut par être utlisé comme dans Ethernet

Solution: Deux modes distincts d'opération

- **DCF (Distributed Coordination Function)**
  - **Fonction de coordination distri buée**
- **PCF (Point Coordonation Function)**
  - **Fonction de coordonation en un point**

MAC

DCF

- Totalement distribué comme Ethernet
  - Utilise CSMA / CA (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance)

PCF

  - Tout est controlé par la station de base

MAC

Trois genres de trames:

- **Données**
- **Controle**
- **Management**

MAC

Octets	2	2	6	6	6	2	6	0-2312	4
	Contrôle de trame	Durée	Adresse 1	Adresse 2	Adresse 3	Séq.	Adresse 4	Données	Total de contrôle

Bits	2	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1
	Version	Type	Sous-type	Vers SD	Du SD	MF	Retr.	Alim.	Plus	W	O

Trame de contrôle

© Pearson Education France

Services offerts a la sous couche LLC

Services de distribution

- Gestion de l appartenance aux cellules et interactions avec les stations qui sont dans d'autres cellules

Services de station

- Gestion des activités dans une même cellule

Services offerts a la sous couche LLC

Services de distribution

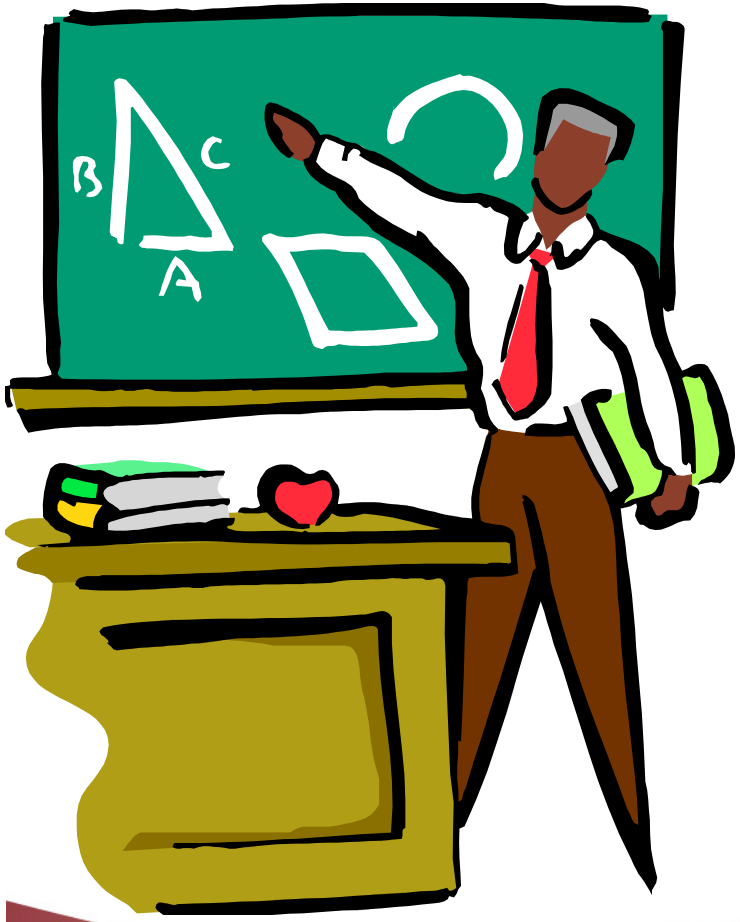
- Association
  - Connexion aux stations de base
- De-association
  - Deconnexion
- Re-assocation
  - Utile quand une station passe d une cellule a une autre
- Distribution
  - Permet de choisir le mode de routage des packets envoyées a une station qui n est pas dans la mëme cellule
    - Interface filiaire ou
    - Interface sans fil

Services offerts a la sous couche LLC

Services de station

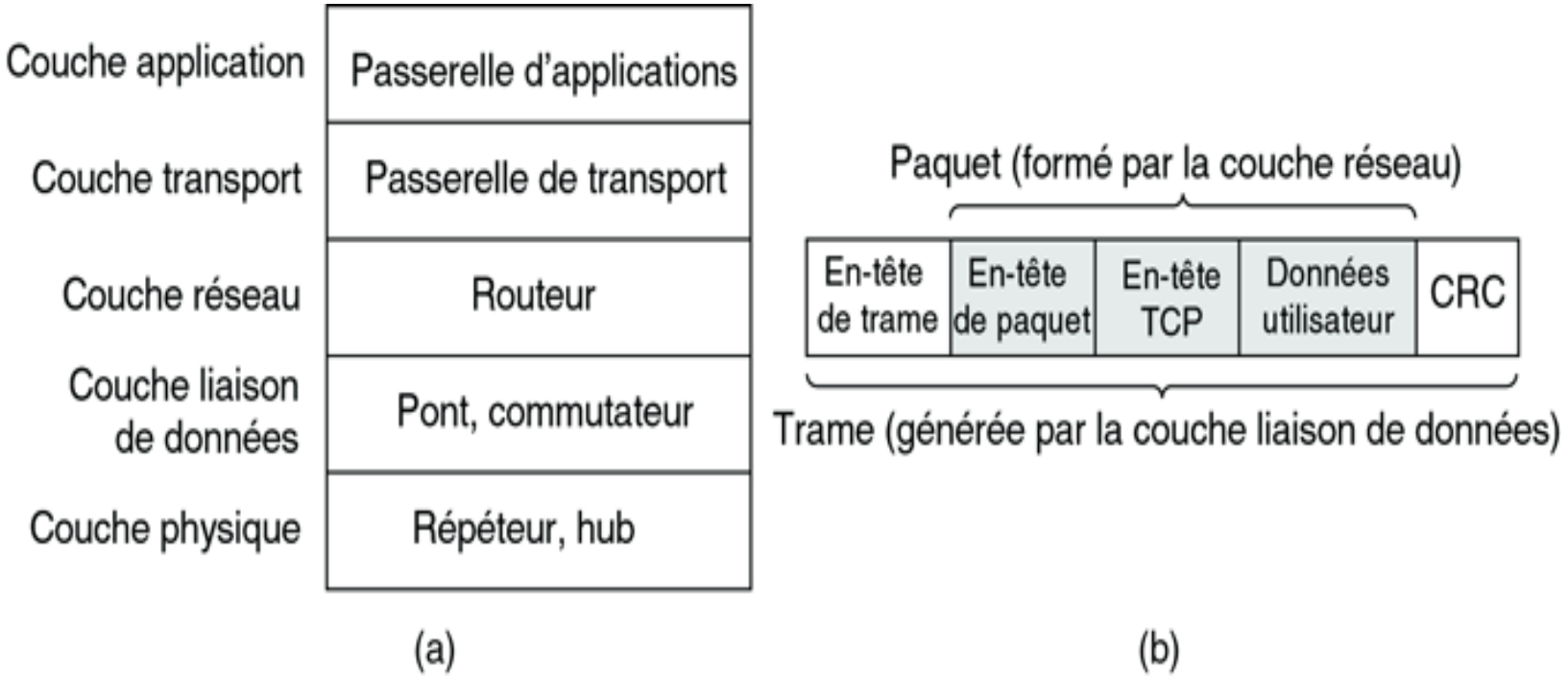
- Autentification
- Desauthentification
- Confidentialité
- Transmission de données

Interconnexion



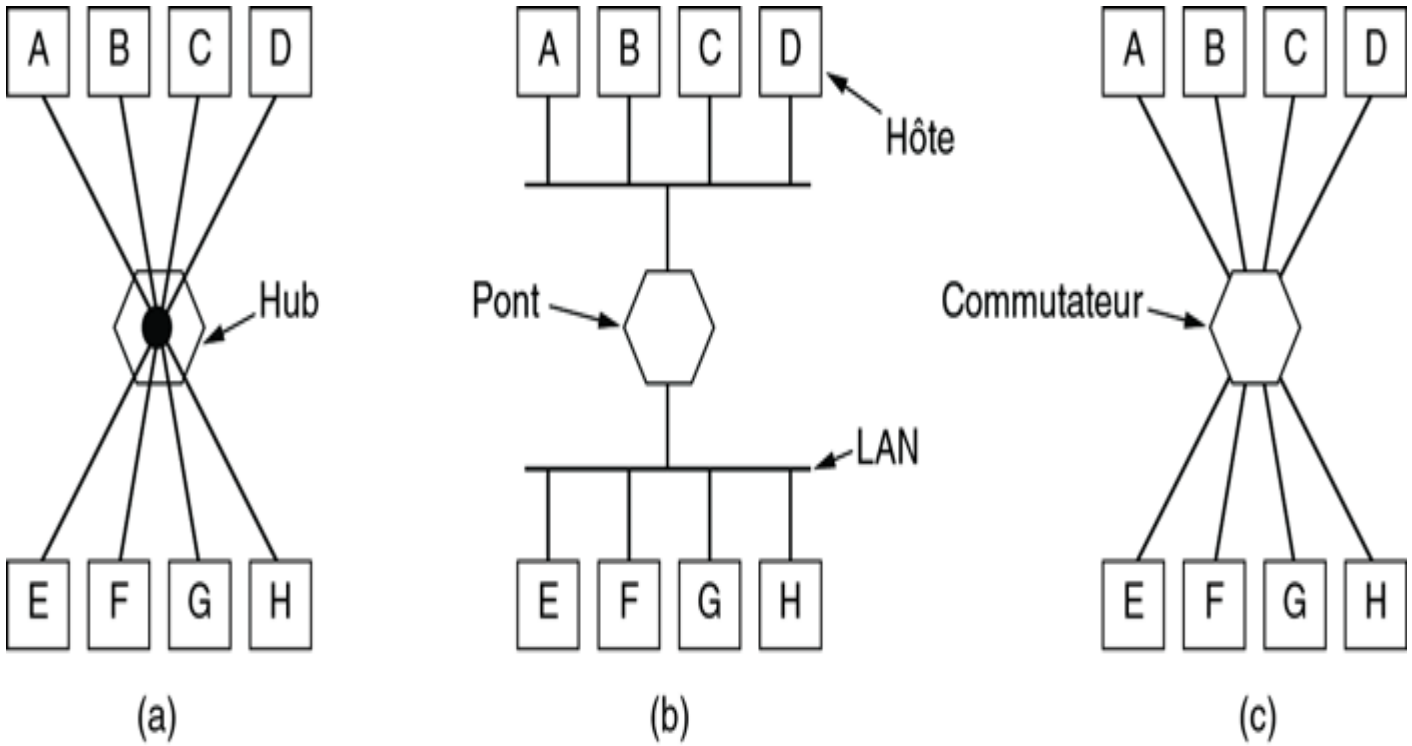
1. Problème et terminologie
2. Ponts

Problème et terminologie



© Pearson Education France

Problème et terminologie



© Pearson Education France

Pont (Bridge)

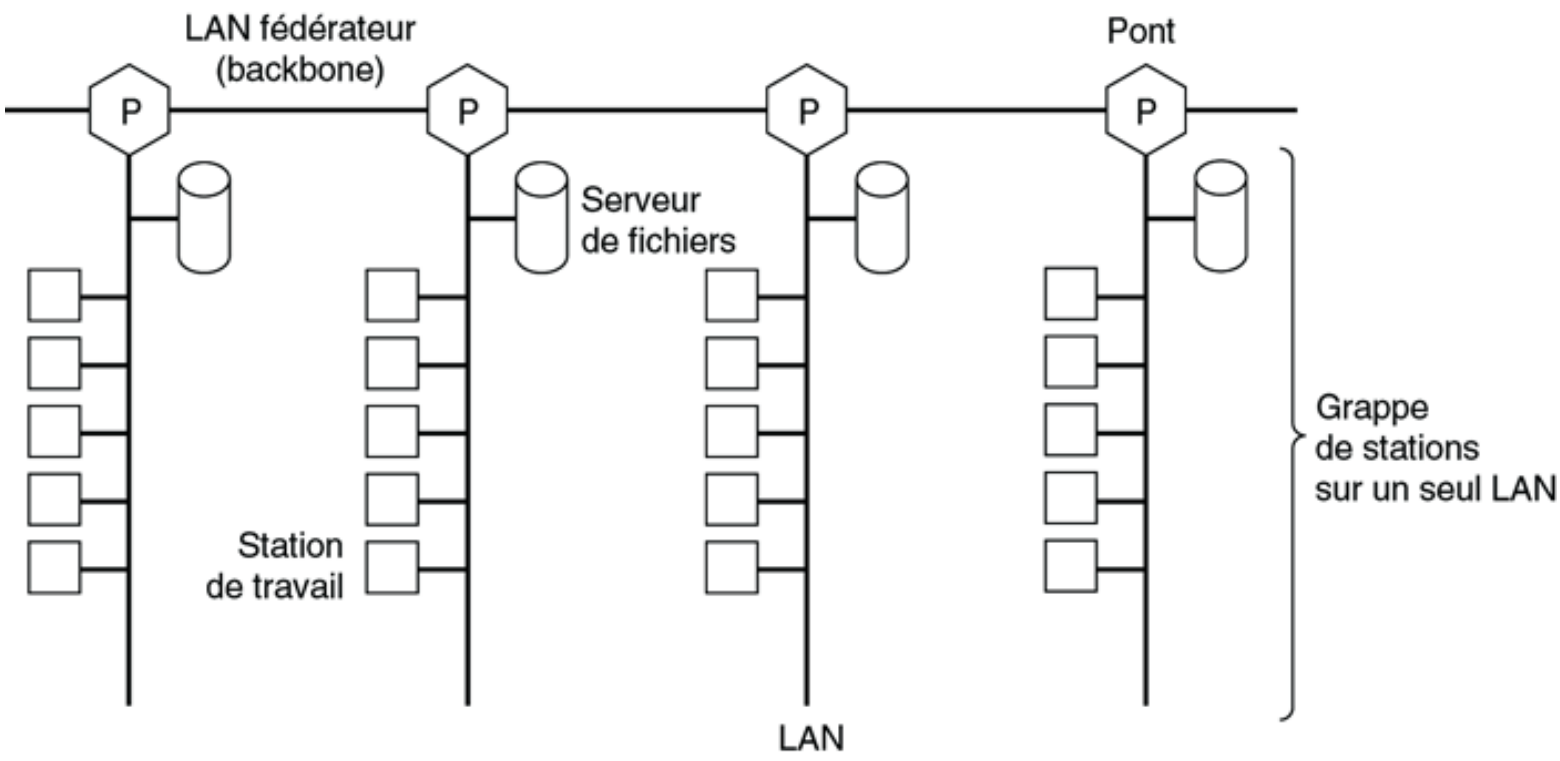
Interconnecte au niveau liaison de données

- Examine l adresse au niveau trame (Niveau 2)
- N examine pas le contenu du paquet (niveau 3)

Pont (Bridge)

Exemple: Plusieurs réseaux locaux connectés par une épine dorsale afin de pouvoir traiter une charge plus grande que la charge d,un seul réseau

Pont (Bridge)

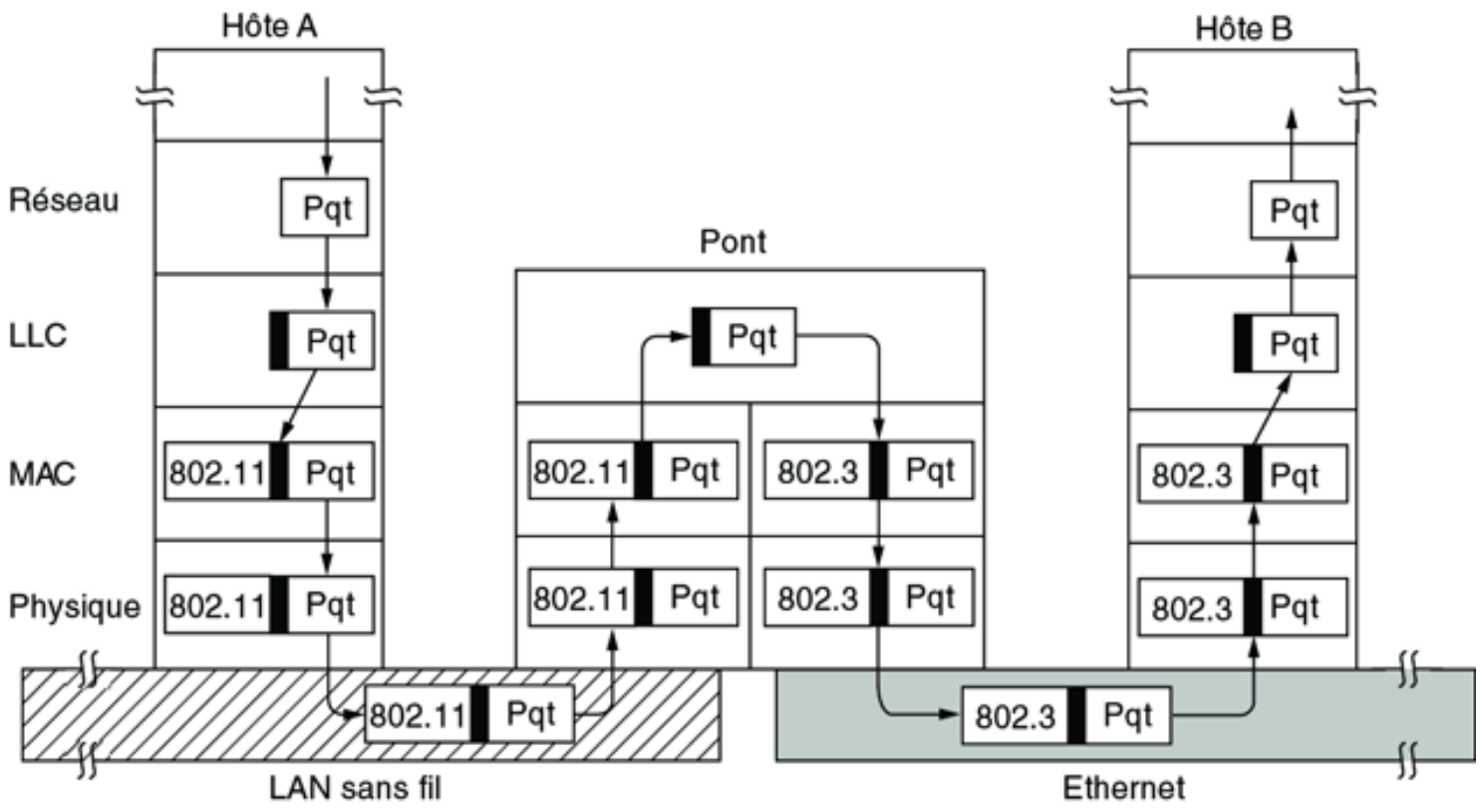


© Pearson Education France

Pont (Bridge)

Le méchanisme expliqué a partir du cas précis de l interconnexion de IEEE 802.3 et IEEE 802.11

Pont (Bridge)



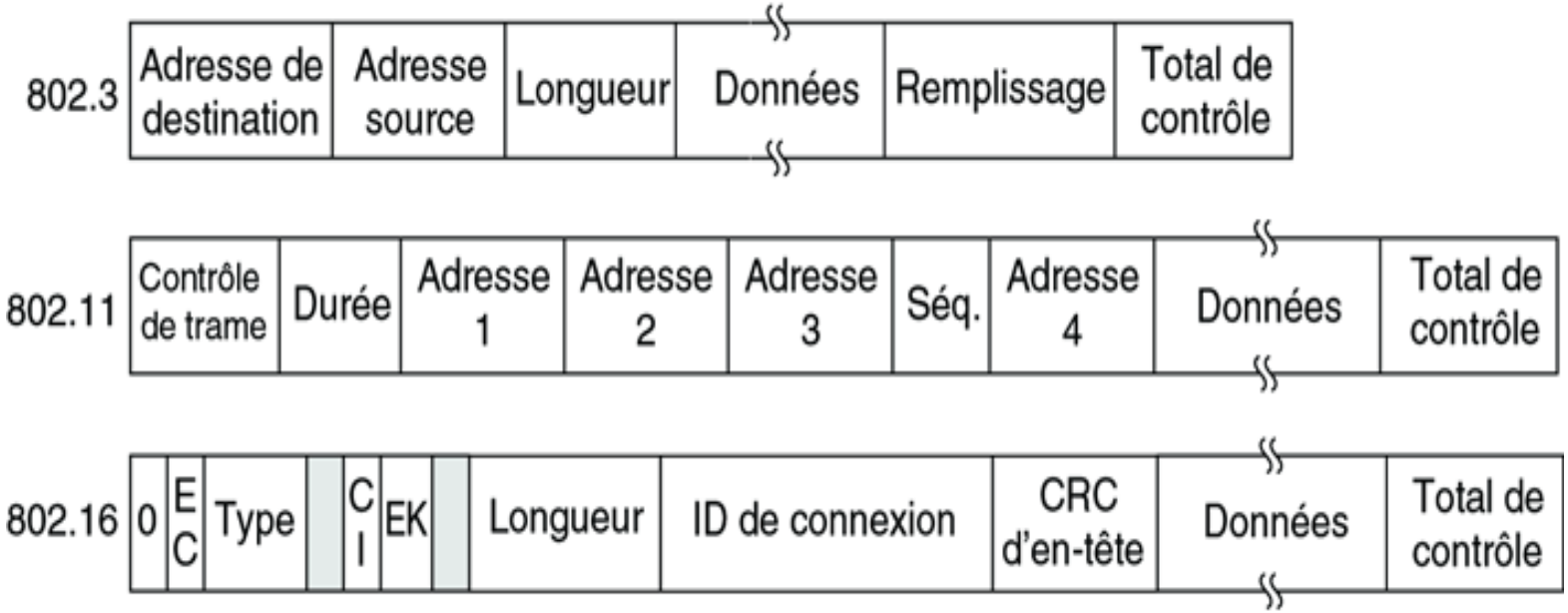
© Pearson Education France

Pont (Bridge)

Exemple de problème résolu par le pont: Différences entre les formats

d adresse

Pont (Bridge)

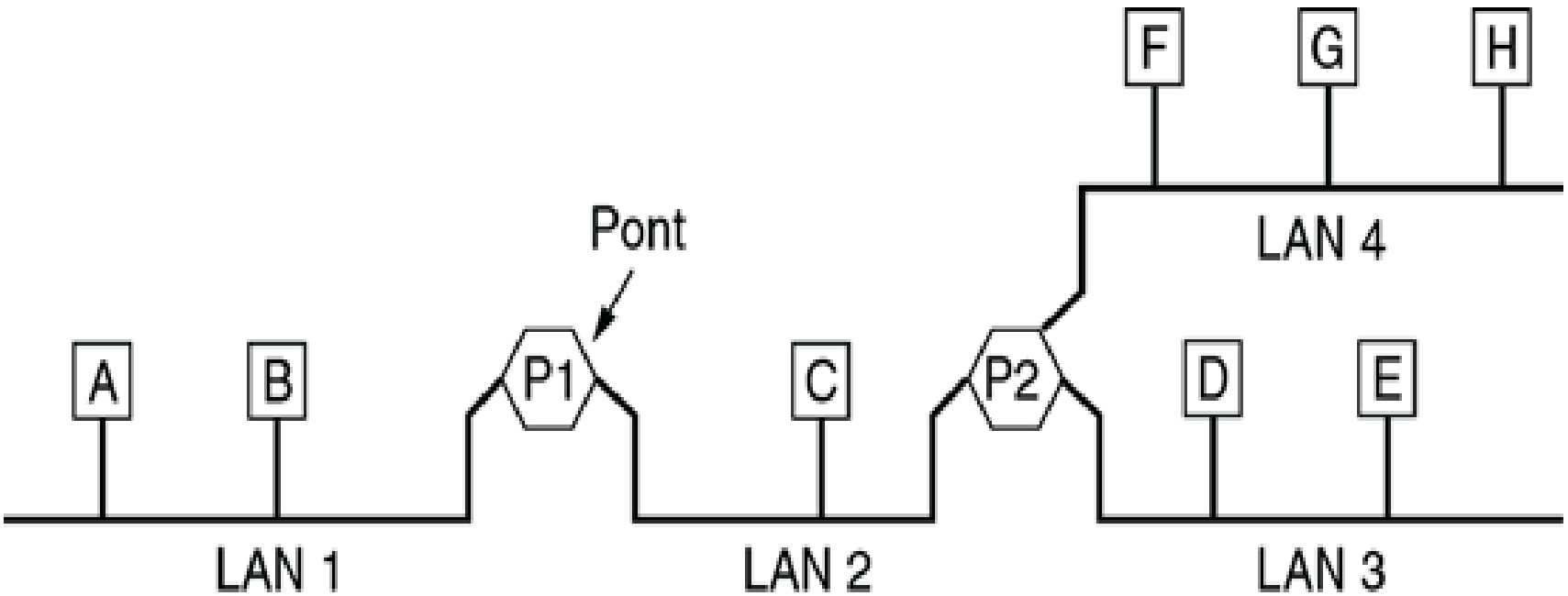


© Pearson Education France

Pont (Bridge)

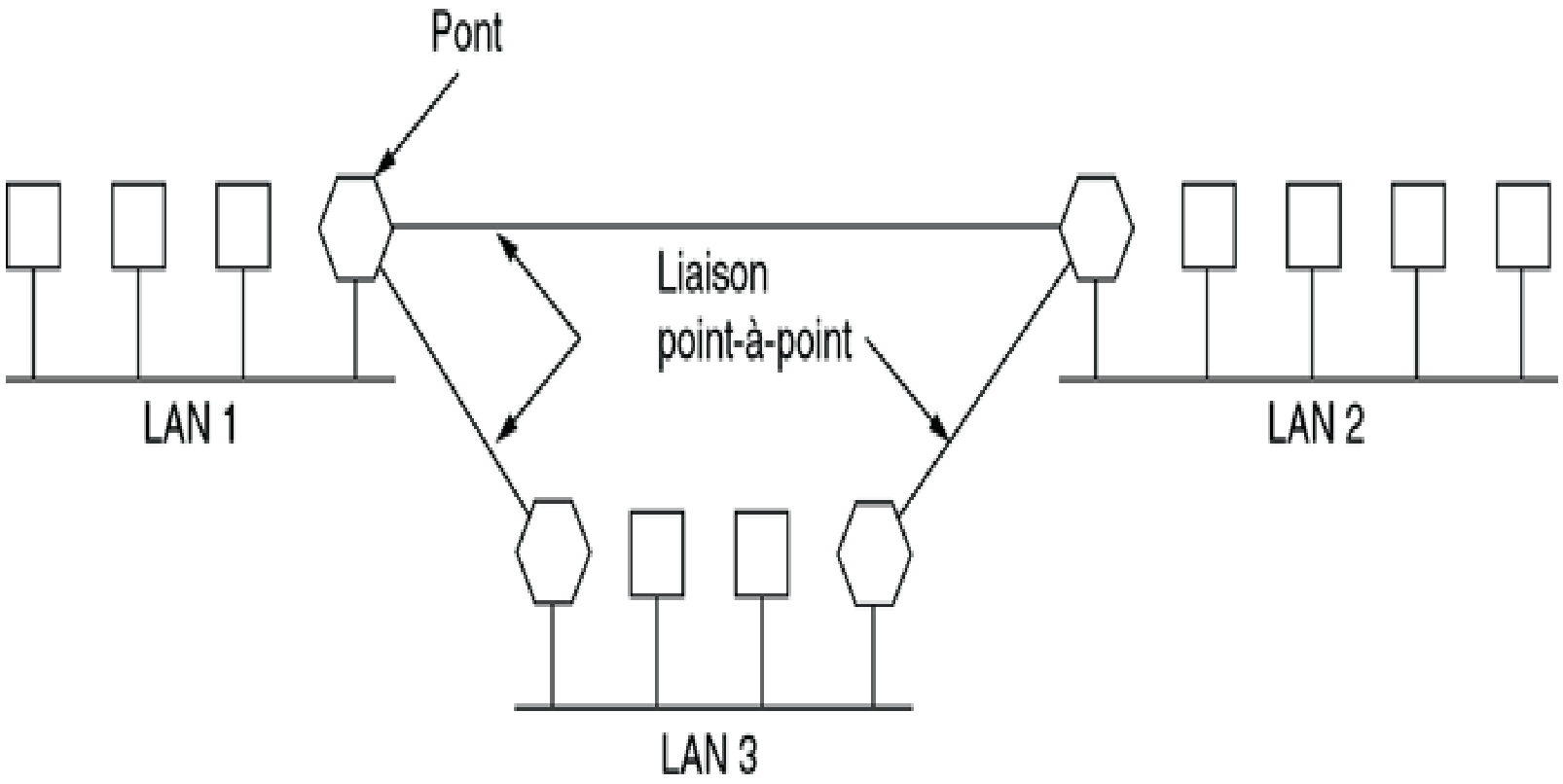
Quelques exemples de configuration

Pont (Bridge): 2 ponts + 4 LANs



© Pearson Education France

Pont (Bridge): Pont distant



© Pearson Education France

Références ...

1. A. Tanembaum, Réseaux, 4eme édition, Pearson Education 2003 (Chapitres 3 et 4)

.

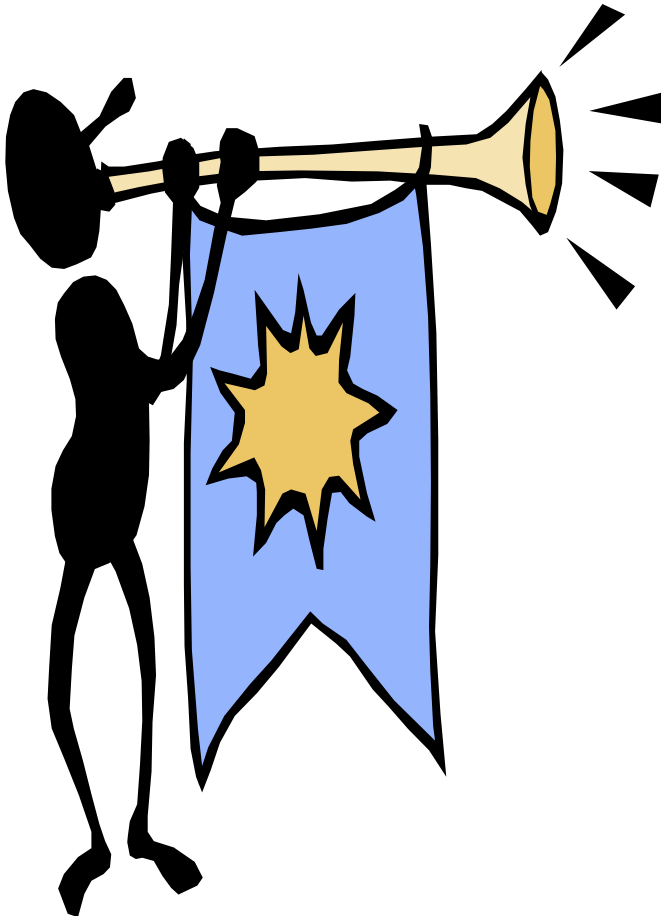
Telecommunication Services Engineering (TSE) Lab

COUCHE PHYSIQUE

RÉSEAUX ET TÉLÉCOMMUNICATIONS

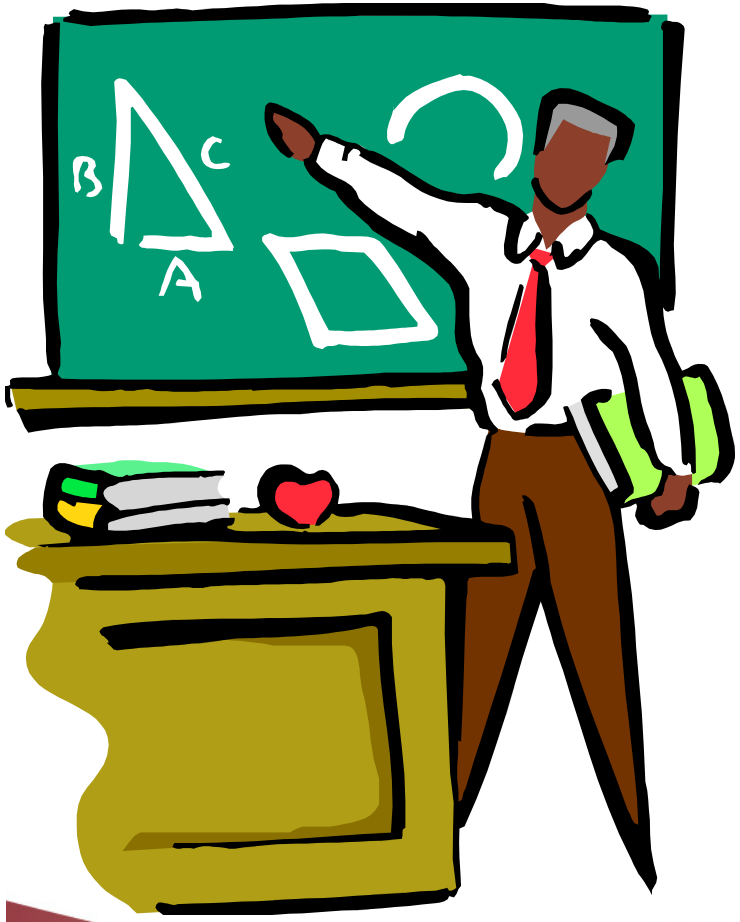
UNIVERSITÉ Concordia UNIVERSITY

Table des matières



- Fondement théoriques
- Support avec fil
- Support sans fil
- Satellites

Fondements théoriques



1. Signal
2. Quelques théorèmes

Signal ...

- Utilisé a des fins de transmission de données sur un lien physique (sans fil ou avec fil)
  - Émetteur
  - Récepteur
  - Changements des caractéristiques physiques du lien
    - Analogique (Changements infinis et continus entre 2 valeurs)
    - Digital (Deux niveaux d intensité)
    - Représentation graphique
      - Amplitude
      - Temps
  - Signal composé vs. signal simple

Signal ...

Problèmes potentiels pouvant affecter la réception

- Atténuation
  - Perte d énergie
  - Solution potentielle: Répéteur (amplifier)
- Bruit
  - Termal (Crée par les electrons eux-mêmes)
  - Interférences

Signal ...

Signal périodique

- Période
  - Temps requis pour un cycle complet
- Fréquence
  - Nombre de périodes par seconde
- Bande passante (Bandwidth)
  - Plage de fréquences qui n entrainent pas de fortes attenuations
    - Entre 1 et une valeur finie
    - Dépend des caracteristiques physiques du lien
    - Mesurée en cycles par seconde ou Hertz

Theorème de Fourier ...

Approche intuitive

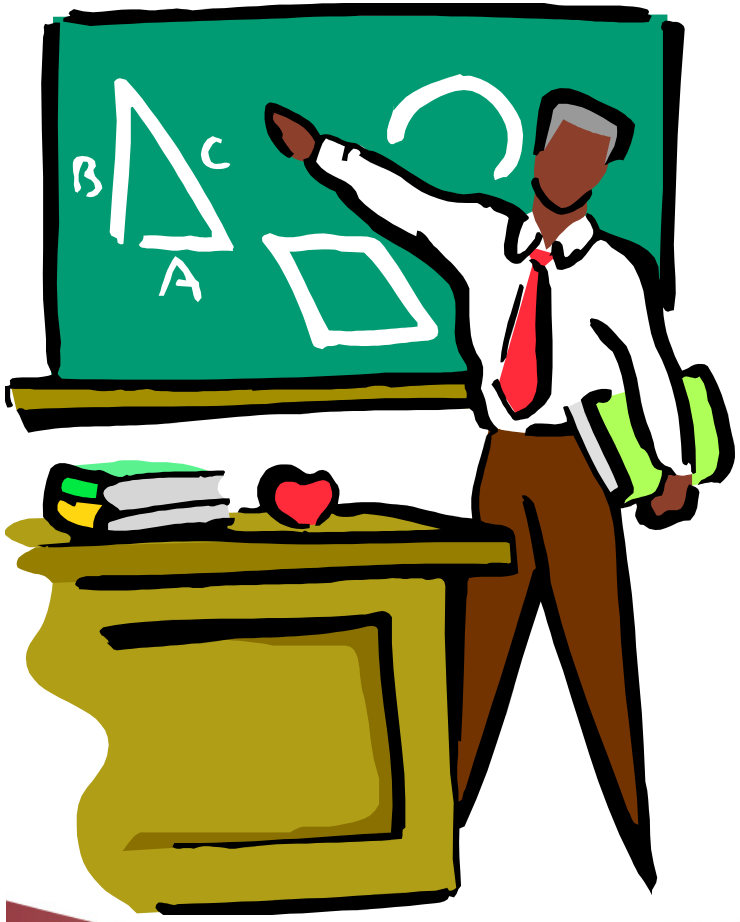
- Tout signal composé peut être représenté par une combinaison de signaux simples
  - Série de Fourier
  - Conséquence pratique
    - Tout signal composé émis par un émetteur peut être reconstitué a la réception si certaines caractéristiques du signal initial sont connues

Theorème de Nyquist et de Shannon ...

Approche intuitive

- Il y a une limite au nombre de bits que l on peut faire passer sur un cannal de transmission de bande passante H par seconde.
  - Sans bruit
    - Theorème de Nyquist
  - Avec bruit
    - Theorème de Shannon

Support avec fil



1. Paire torsadée
2. Cable coaxial
3. Fibre optique

Paire torsadée ...

(a) (b)

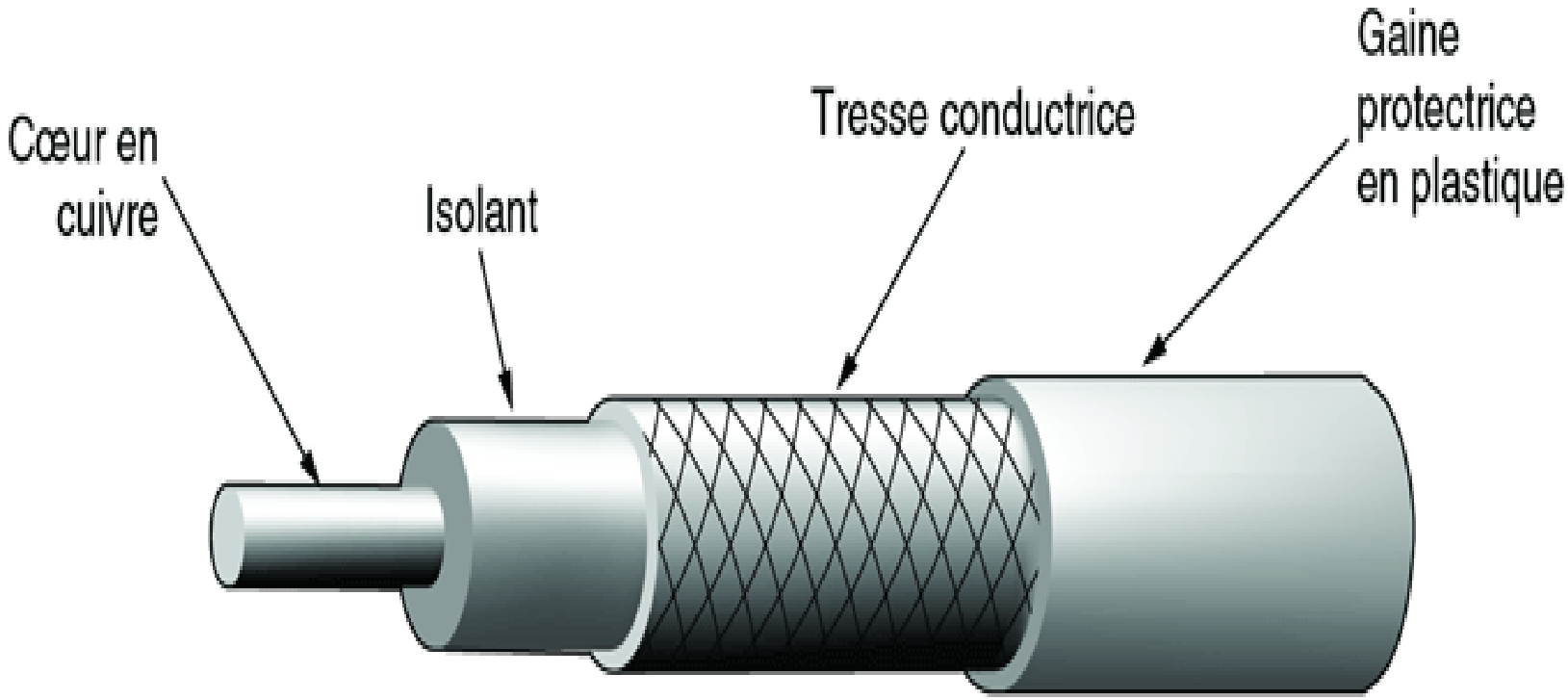
© Pearson Education France

Paire torsadée ...

Utilisation la plus courante: téléphonie

- **Boucle locale: Relie l utilisateur a la centrale téléphonique**
- **Bandes passantes par catégorie**
  - **Catégorie 3 (a): 16 MHz**
  - **Catégorie 5 (b): 100 MHz**
  - **Catégorie 7: 600 MHz**
    - **Theorème de Nyquist**

Paire coaxial ...



© Pearson Education France

Câble coaxial...

Utilisation les plus courantes

- Téléphonie
  - Lignes inter-urbaines (Commutateur a commutateur)
  - Remplacement progressif par fibre optique
- Réseauz locaux
- Télévision par cable

Bande passante

  - Peut aller jusqu a 1 GHz

Fibre optique...

Composants essentiels

- Source de lumière (émetteur)
- support de transmission
- Média de transmission (fibre optique)
- Détecteur de lumière (récepteur)

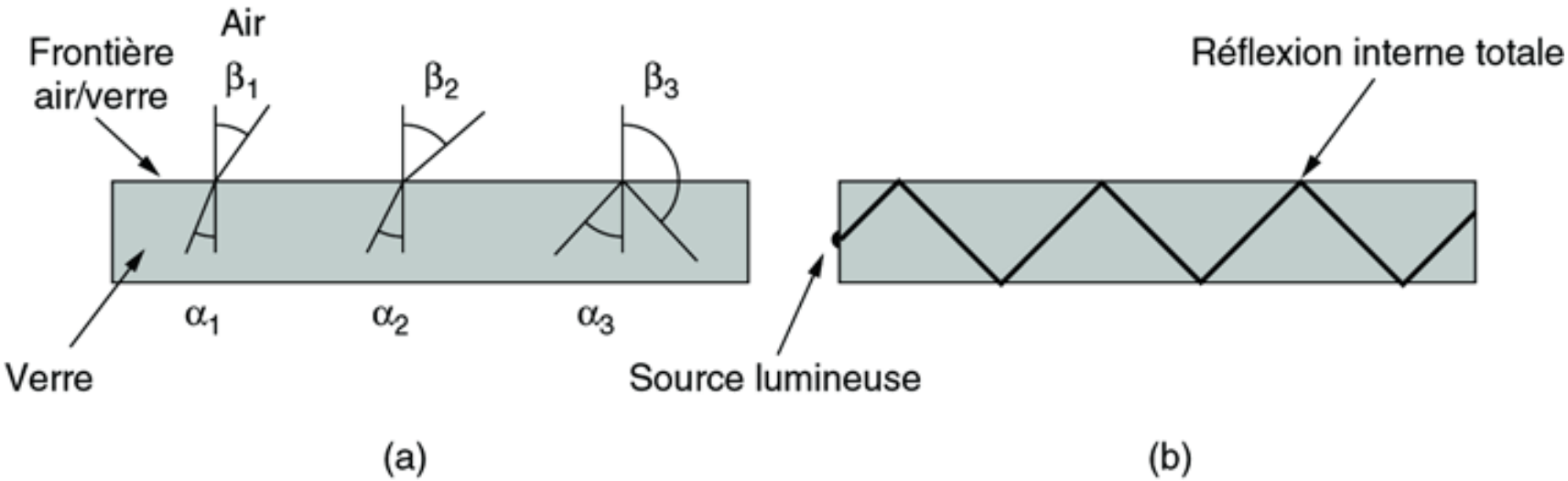
Conventions

Lumière: 1

Pas de lumière: 0

Fibre optique...

Fibre multimode et fibre monomode



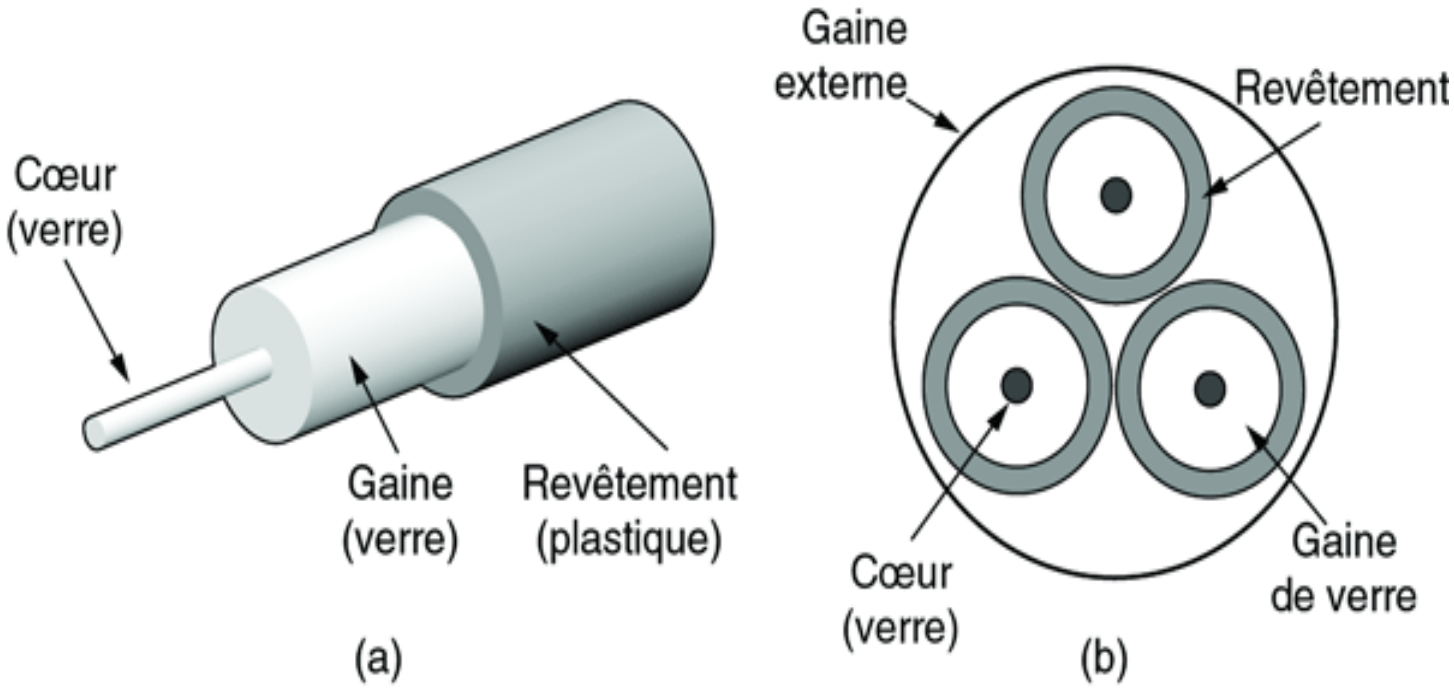
© Pearson Education France

Fibre optique...

Fibre monomode

- Diamètre réduit
  - Un seul rayon peut se propager a la fois
  - Propagation en ligne droite, sans reflexion
  - Vitesse
    - 50 Gbits / s sur 100 km sans amplification
    - Jusqu a 10 Tbits/s en laboratoire sur des distances plus courtes

Câbles a fibre optiques...



© Pearson Education France

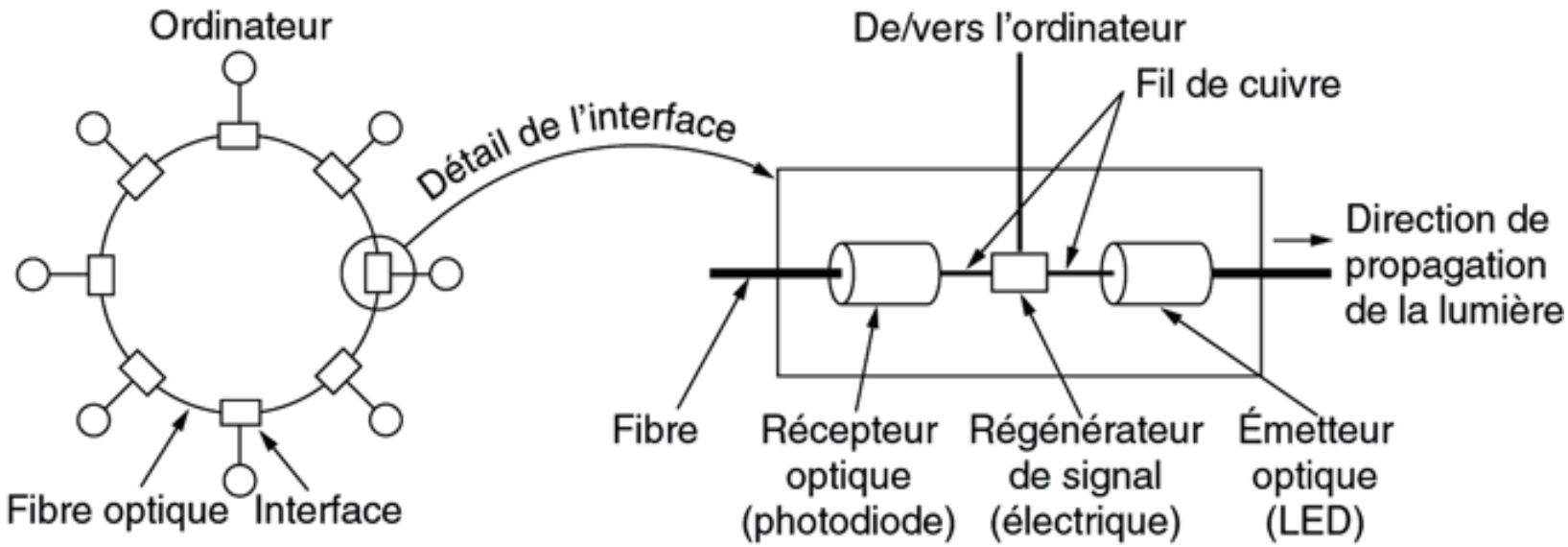
Fibre optique...

Utilisations les plus courantes

- Téléphonie de la prochaine génération
- Réseaux locaux a diffusion
  - Anneau
  - Étoile passive

Fibre optique...

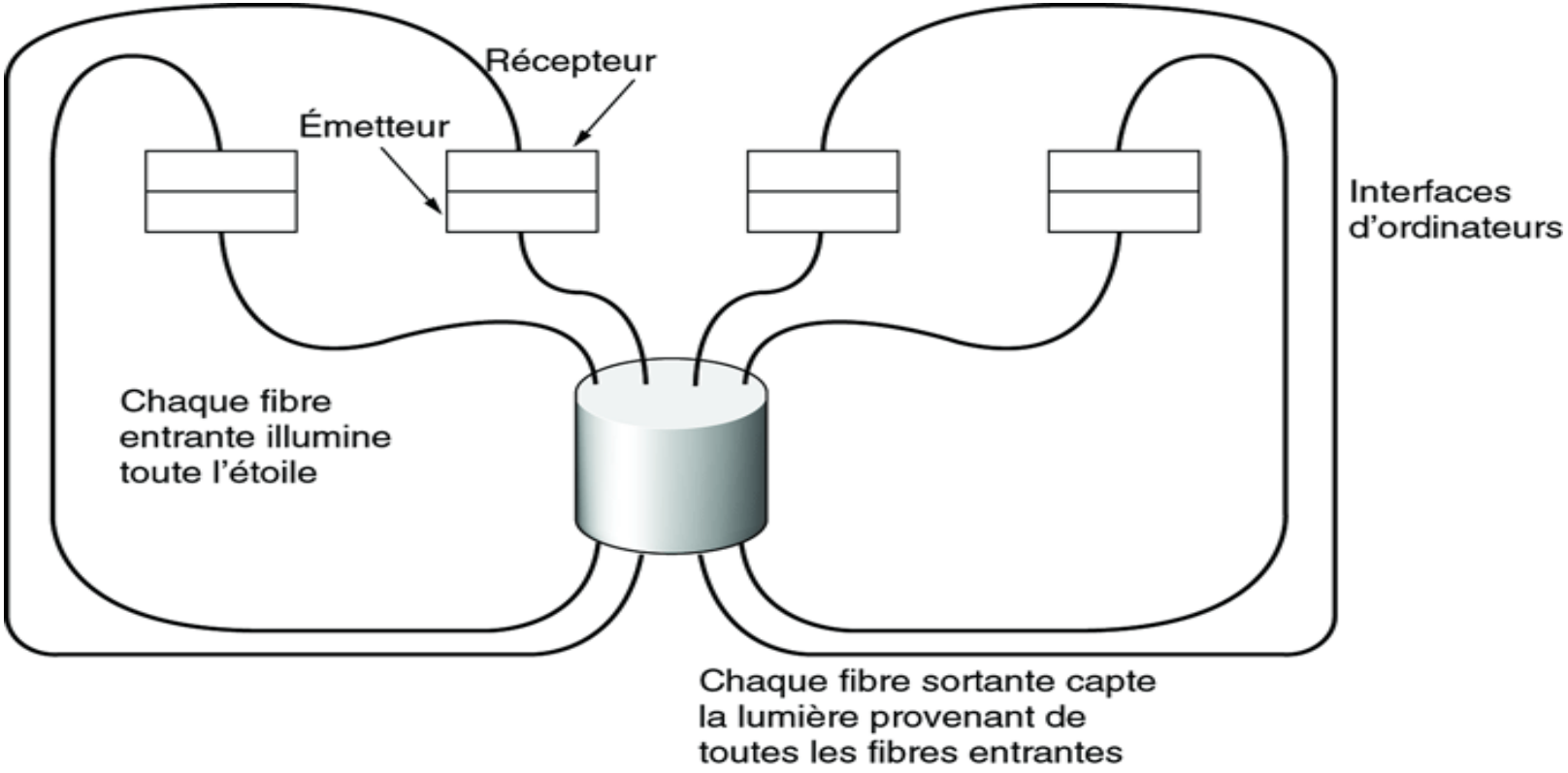
Anneau



© Pearson Education France

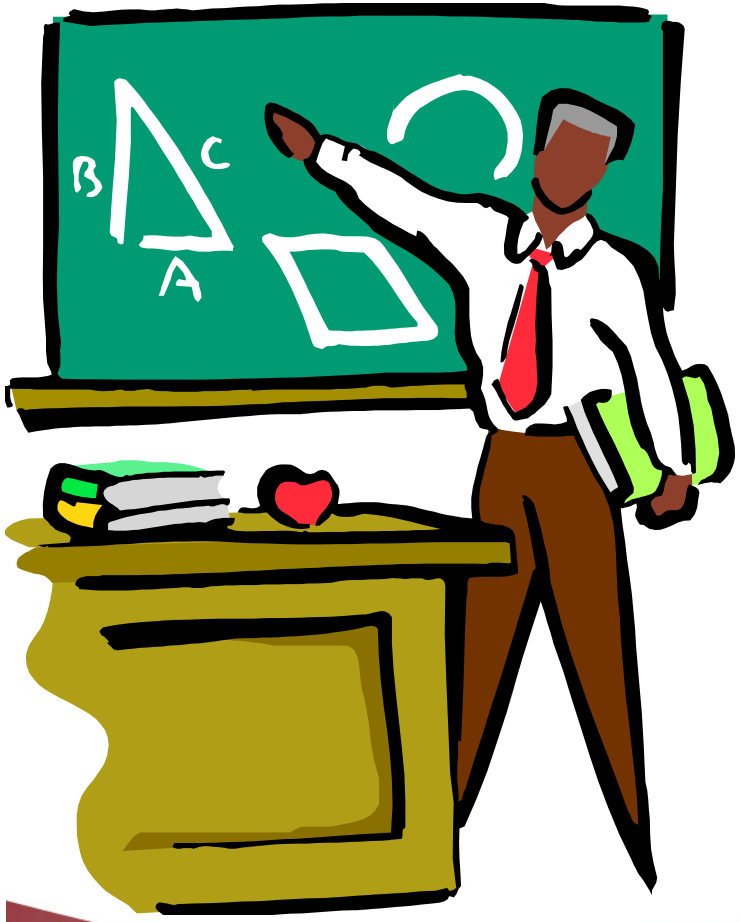
Fibre optique...

Étoile passive



© Pearson Education France

Transmission sans fil



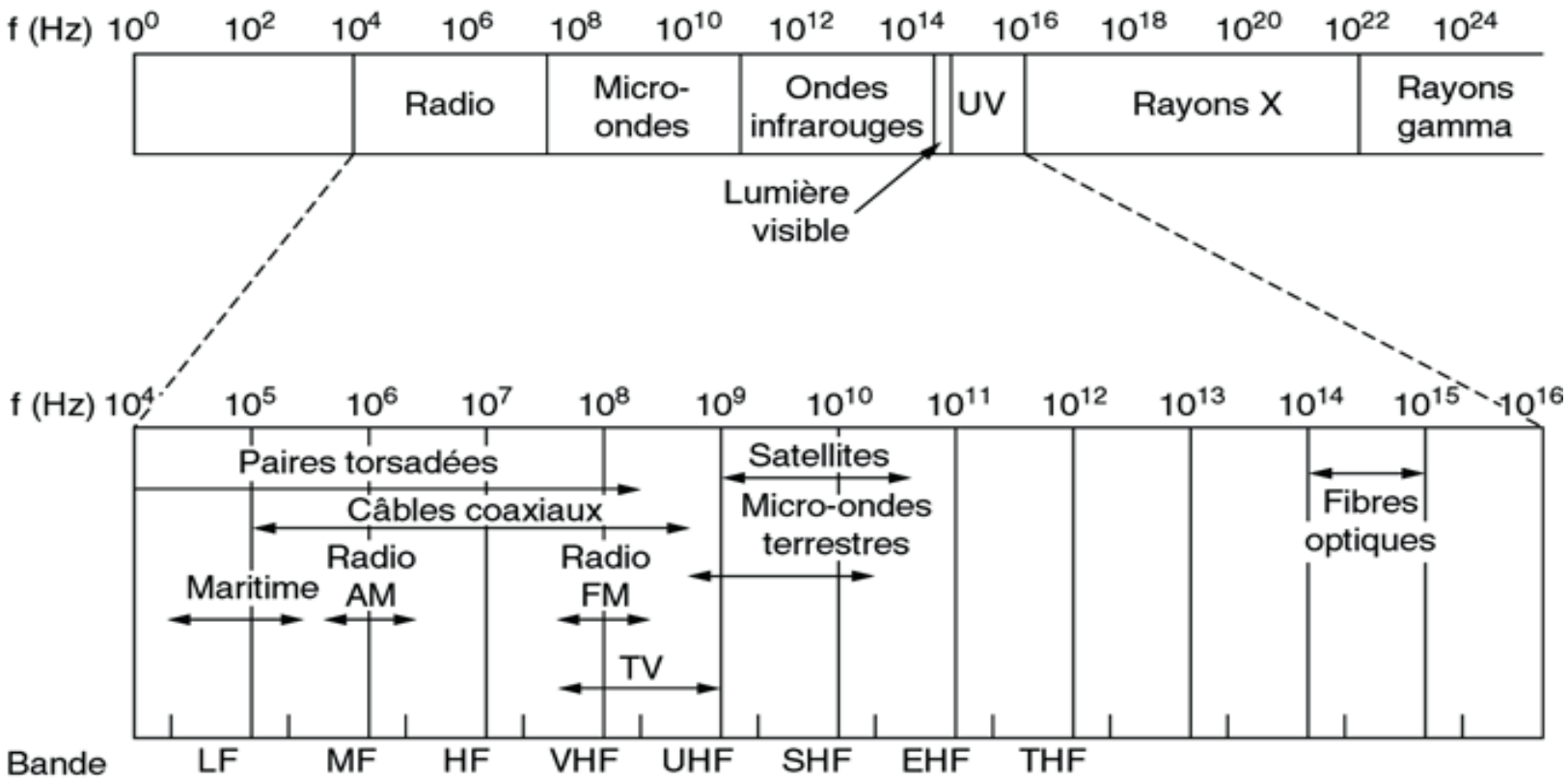
1. Spectres électromagnétiques
2. Radio
3. Micro onde
4. Infrarouges

Spectre electromagnétique...

Antenne reliée a une source de courant

- Libération d électrons dans le vide
  - Ondes
    - Fréquence
    - Longueur d onde
      - Distance entre maxima (ou minima consécutifs)
- Réseaux locaux a diffusion
  - Anneau
  - Étoile passive

Spectre electromagnétique...



© Pearson Education France

Quelques caractéristiques des ondes radio ...

- Sensibilité aux interférences
  - Contrôle gouvernemental sur les emplois des émetteurs
- Basses fréquences
  - Puissance chute avec distance
- Hautes fréquences
  - Absorbées par la pluie

Quelques caractéristiques des micro ondes ...

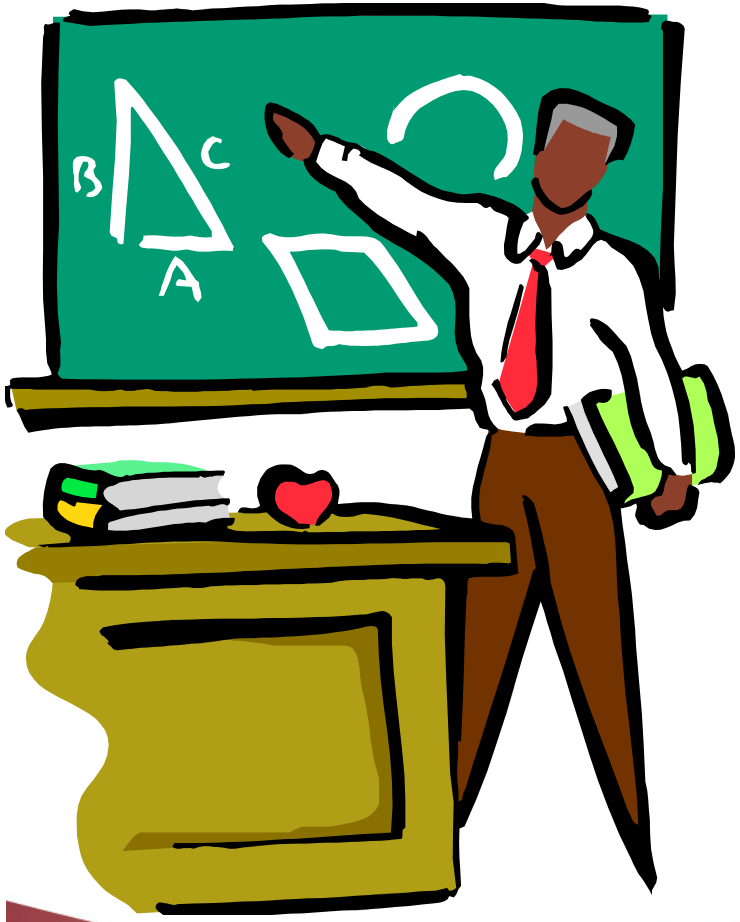
- Largement utilisées
  - Téléphonie mobile
  - Télévision
- Problème d allocation du spectre
  - Niveau international (UIT)
    - Allocations pour différentes applications (e.g. GSM)
  - Niveau national
    - Allocation aux divers opérateurs
      - Location
      - Vente
        - Prix fixe
        - Enchères

Quelques caractéristiques des ondes infrarouges ...

- Transmissions a faible portée
- Ne traversent pas les objets solides
- Généralement pas assujetie a licence gouvernementales
- Exemples d utilisation
  - Télécommandes
    - Télévision
    - Magnétoscope

Telecommunication Services Engineering (TSE) Lab

Satellites de télecommunications



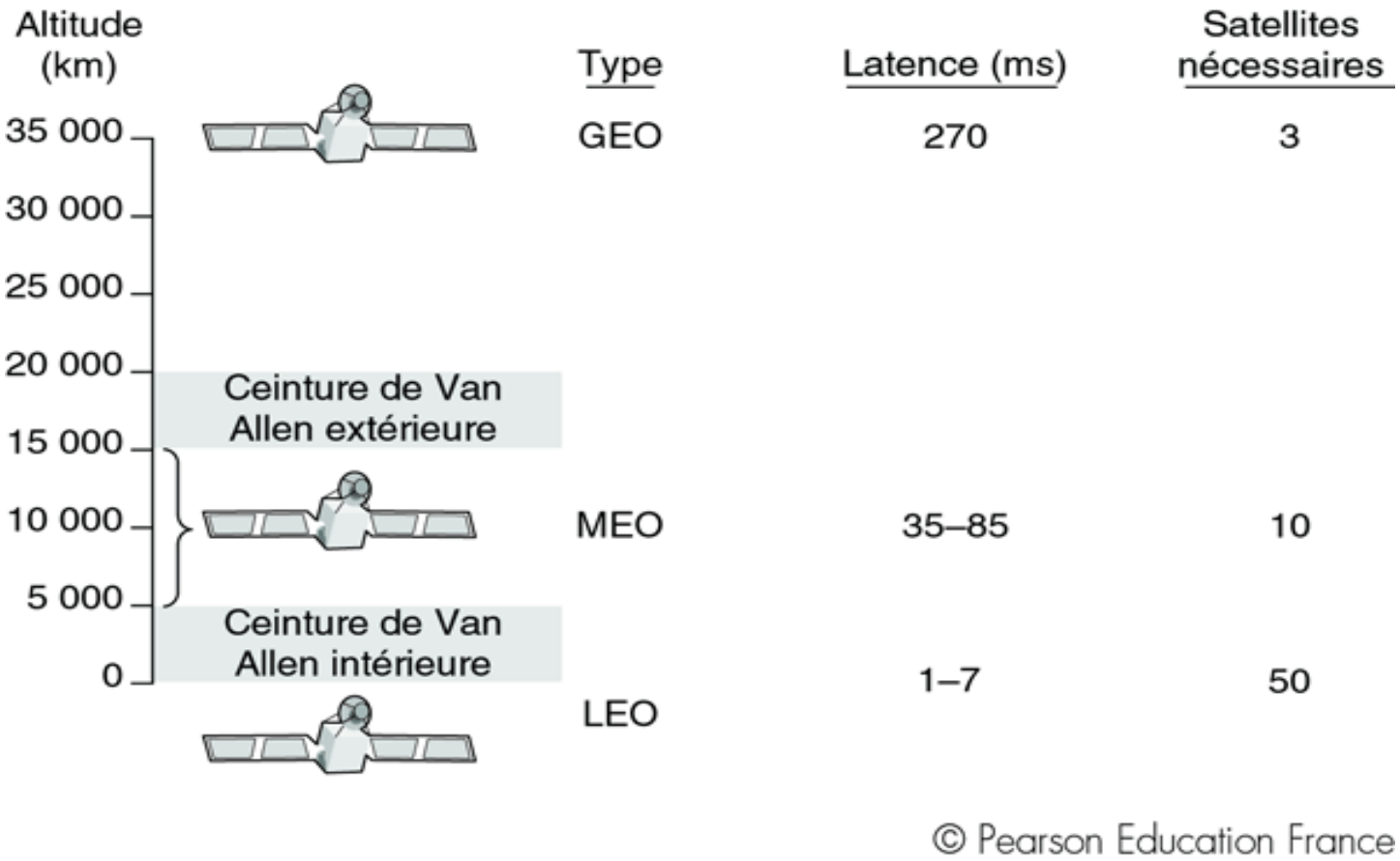
1. Introduction
2. Satellites géostationnaires
3. Satellites a orbites moyennes
4. Satellites a orbites basses

UNIVERSITÉ Concordia UNIVERSITY

Introduction...

- Définition informelle
  - Répéteur de micro-ondes
  - Faisceaux
    - Une partie importante du globe
    - Quelques centaines de kilomètres
  - Utilisations
    - Toutes les utilisations des micro ondes

Introduction ...



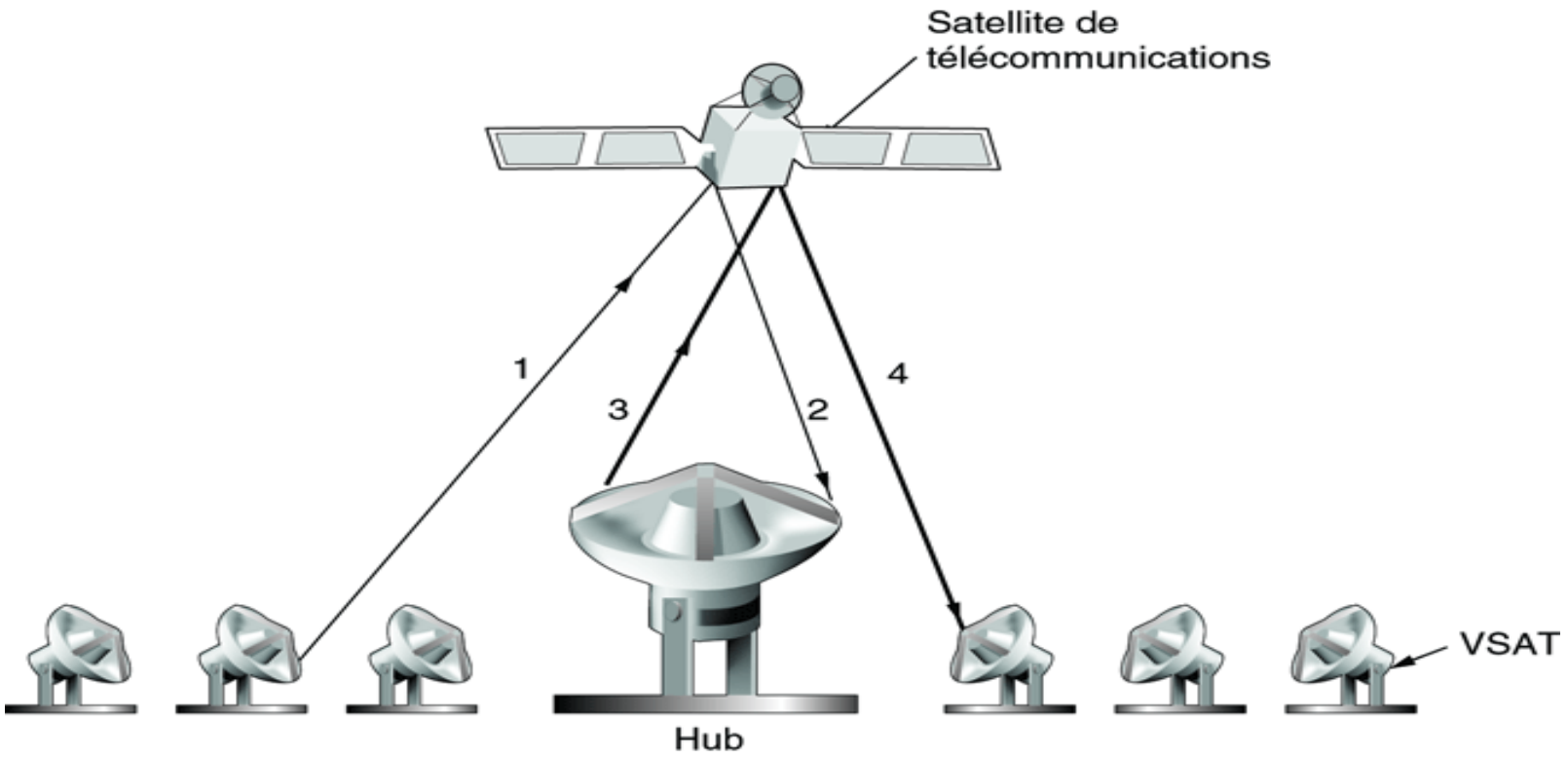
© Pearson Education France

Satellites géostationnaires ...

- Evolution récente: Very Small Aperture Terminal (VSAT)
  - Petits terminaux
    - Antenne
      - 1 m de diamètre au lieu de 10 m
    - Puissance:
      - 1 watt
    - Liaison
      - Montante: 19.2 kbits / s
      - Descendante: 512 kbits / s
  - Ne peuvent pas communiquer directement entre eux via le satellite
    - Hub

Satellites géostationnaires (GEO) ...

Evolution récente: Very Small Aperture Terminal (VSAT)



© Pearson Education France

Satellites a orbites moyennes (MEO)...

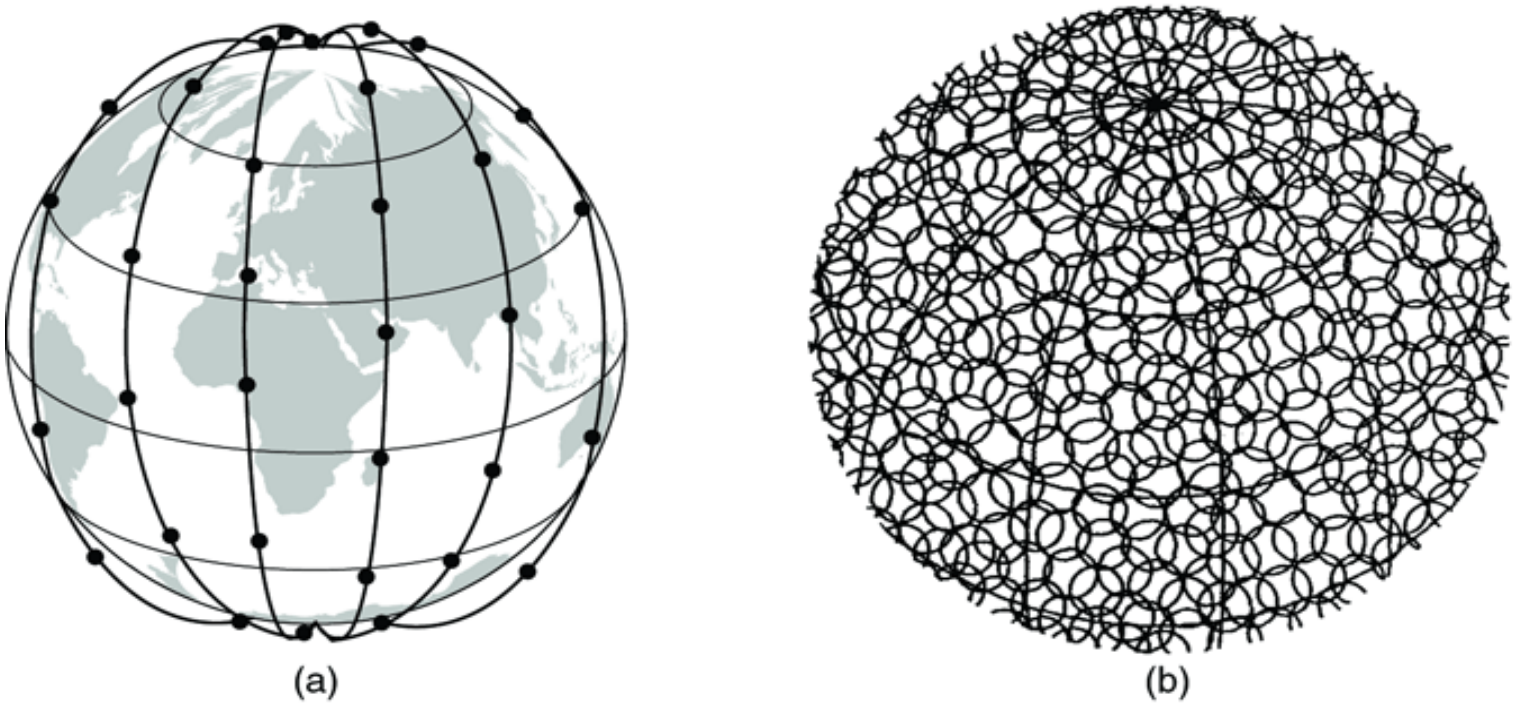
- Pas utilisées pour l instant en télécommunications
- Mais utilisées pour la localisation
  - Global Positionning System (GPS)
    - 24 satellites
      - Longitude
      - Latitude

Satellites a orbites basses (LEO)...

- Utilisation en téléphonie
  - Iridium
  - Globalstar
- Utilisation pour Internet avec fortes exigences de bande passante
  - Teledesic

Satellites a orbites basses (LEO)...

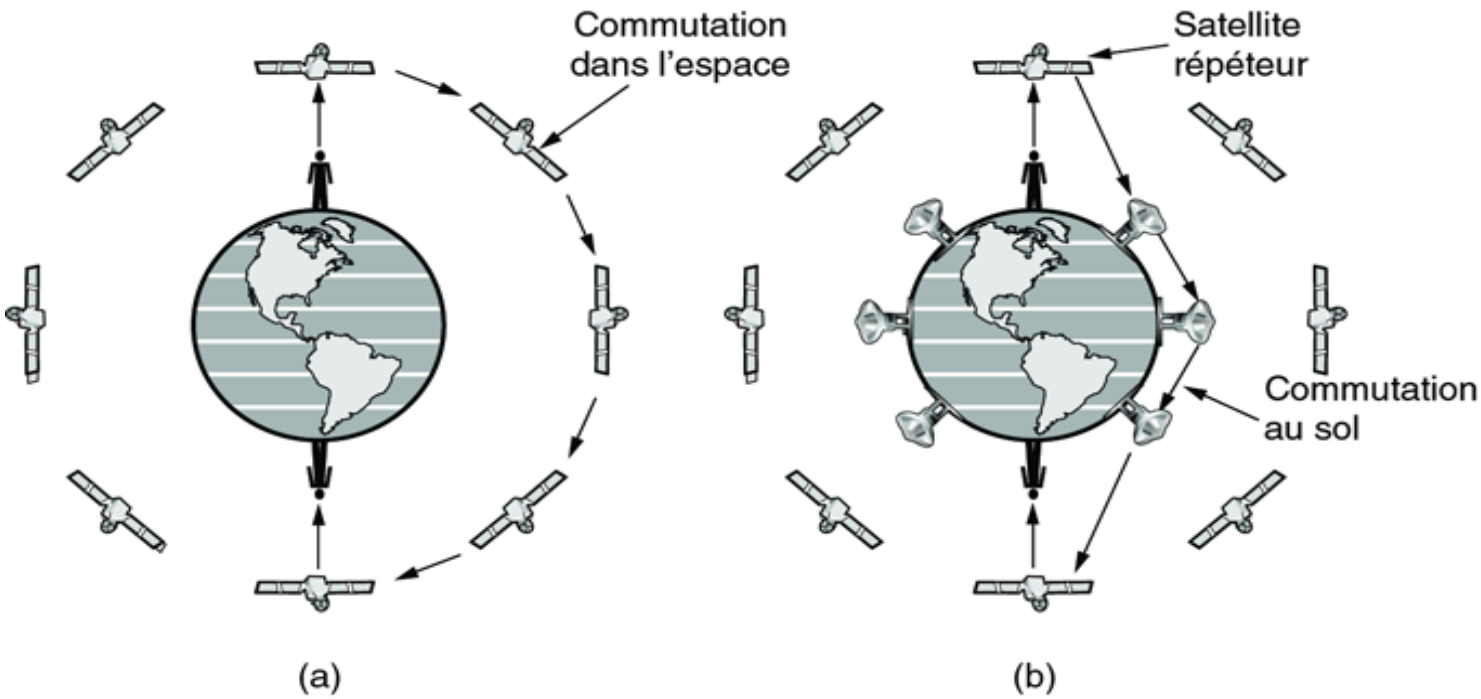
Iridium



© Pearson Education France

Satellites a orbites basses (LEO)...

Iridium vs. Globalstar (commutation)



© Pearson Education France

Références ...

1. A. Tanembaum, Réseaux, 4eme édition, Pearson Education 2003 (Chapitre 2)

.

UNIVERSITÉ
Concordia
UNIVERSITY

www.ciise.concordia.ca