

Technologies du multimédia, des télécommunications et de l'Internet

M. Van Droogenbroeck

Mars 2002 (version 3.56)

Détails pratiques

Méthode de travail

- Le cours s’articule essentiellement autour d’un exposé oral construit sur une série de transparents. Le cours propose également une série de petites illustrations thématiques sur écran.

Mode d’évaluation : 2 parties

1. un examen écrit (obligatoire) à livre ouvert; toutes les notes et supports sont autorisés (notes de cours, transparents, notes personnelles, encyclopédie, ...). L’examen comprend trois sous-parties :
 - (a) une série de “vrai ou faux”
 - (b) une série de questions à réponse courte
 - (c) une question technologie
2. un travail (obligatoire). Il s’agit d’aborder un thème exclusivement technologique (pas d’historique ou de considérations économiques). La longueur typique du travail est de 10 pages. En juin, un entretien d’une dizaine de minutes, pendant la session des examens, est prévu pour discuter du travail.

Documents de référence (en cours de révision pour l'année 2001-2002 !)

Voir à l'adresse <http://www.ulg.ac.be/telecom/multimedia>

- Note de cours
- Copie des transparents
- De plus, une version HTML des notes de cours est disponible à l'adresse suivante :
<http://www.ulg.ac.be/telecom/teaching/notes/multimedia>
- Un CD-ROM contenant la totalité des supports de cours sera disponible.

Organisation du cours

Module 1.0 : Technologies du multimédia et de l'Internet (30h/33h)	
Modules de base (15h)	
N°	Descriptif du contenu
1	Introduction : définitions, normalisation, organismes de normalisation, processus de normalisation, exemples de normes
2	Description et interprétation des signaux analogiques de base : son, image et vidéo. Principes de la conversion analogique/numérique
3	Numérisation : processus de numérisation, principes de la compression
4	Compression. Descriptif des techniques de compression (son, image, vidéo) et problématique du changement de formats.
5	Télécommunications : aspects logiques des transmissions (modèle OSI), les différents types de réseau physiques

Module 1.0 : Technologies du multimédia et de l'Internet (30h/33h)

Modules d'approfondissement (9h)

6	Internet : fonctionnement du réseau Internet et description des principaux protocoles (http, tcp, ip, rtp, ...)
7	Typologie des réseaux : LAN, WAN, Internet, ADSL, ISDN, ATM, réseaux mobiles et interconnexions
8	Sécurité : principes de la cryptographie, algorithmes de chiffrement, mise en oeuvre (firewall, NAT, proxies, VPN)

Module 1.0 : Technologies du multimédia et de l'Internet (30h/33h)	
Option 1 : télévision interactive (9h)	
9a	Services interactifs : PC, TV interactive, vidéoconférence, Webcast, streaming (audio et vidéo). Typologie de l'interactivité.
10a	Numérisation et compression de données (comparatif par média : PC, TV interactive, Webcast, Mobile, ...)
11a	Télévision interactive, technologie pull and push
Option 2 : applications Internet (6h)	
9b	Services Internet : hosting, e-mail, mailing list, forum, portail, technologie push, moteurs de recherche
10b	E-commerce : sécurité (protocoles SSL et https, certificat, confidentialité), techniques de paiement et vie privée (cookies, traçage, anonymat, ...)

Objectifs du cours

- Aperçu des technologies multimédia
- Permettre un raisonnement “multimédia”
- Comprendre l'évolution
- Identifier une série d'éléments importants
- Démystifier le multimédia

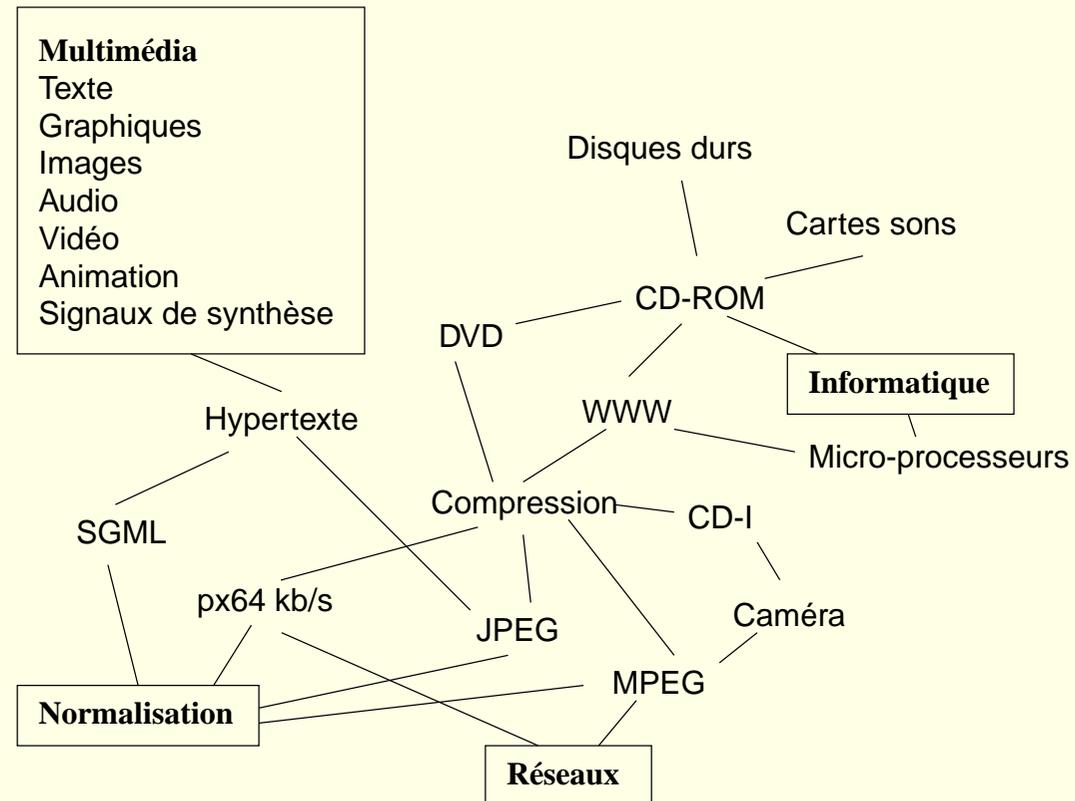
Quelques objectifs plus “techniques”

- Comprendre la différence entre l'analogique et le numérique
- Identifier les éléments déterminant la qualité d'un signal numérique
- Comprendre les contraintes liées à la transmission de signaux numériques dans les réseaux
- Comprendre le fonctionnement du réseau Internet

Table des matières

- Introduction
- Signaux multimédia
- Réseaux de télécommunications
- Matériel informatique

Les acteurs technologiques du monde multimédia



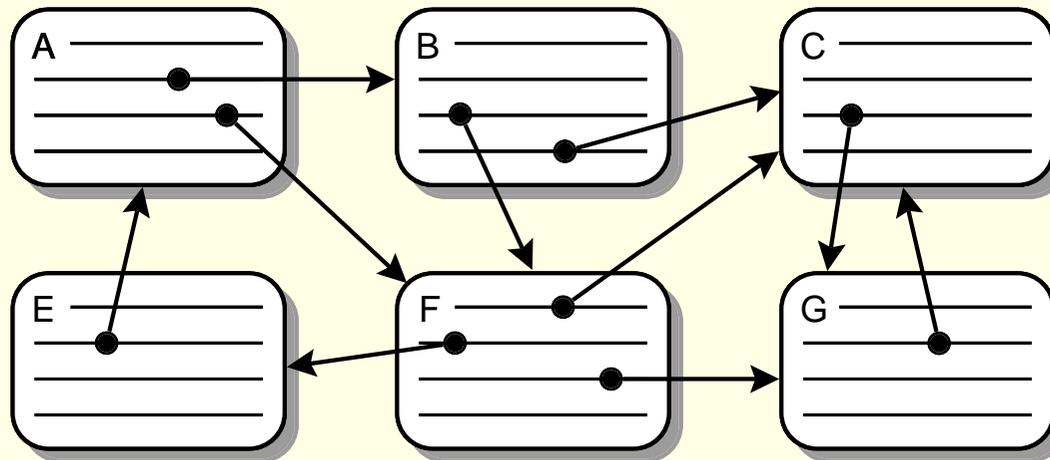
Tables des matières

- Introduction
 - Définitions
 - Normalisation
- Signaux multimédia
- Réseaux de télécommunications
- Matériel informatique

Définitions

Définition 1 *Un document multimédia est un document interactif qui comprend au moins deux signaux de type différent.*

Définition 2 *Un document hypertexte est un document multimédia structuré de manière non séquentielle. On parle aussi d'hypermédia.*



Exemple de structure hypertexte comprenant 6 nœuds et 10 liens.

Normalisation

- Introduction
- Organismes de normalisation
- Exemples de standards

Normalisation

- Introduction
- Organismes de normalisation
- Exemples de standards

Définition 3 *La normalisation est un processus politique, économique et technologique qui consiste à établir un ensemble de règles.*

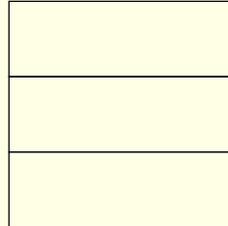
- Quoi ?
 - Matériel (format, couleur, interface, ...)
 - Logiciel
 - Qualité (série ISO9000)
- Qui ?
 - Gouvernements
 - Industriels
 - Universitaires
- Pourquoi ?
 - Économique
 - Politique

Standards de facto ou officiels ?

Standards de facto	Standards officiels
Avantages <ul style="list-style-type: none">* Conçus rapidement* Solution optimale* Possibilité de tailler un standard sur mesure en fonction d'un application	Inconvénients <ul style="list-style-type: none">* Long temps de développement (de 3 à 5 ans)* Compromis technique* Généricité qui ne peut pas être adaptée à une application précise* Complexité élevée* Conflits entre intervenants
Inconvénients <ul style="list-style-type: none">* Possibilité d'erreur plus grande* Manque de clarté* Manque de compétition en raison des droits de propriété* Diversité des solutions pour un même type d'application	Avantages <ul style="list-style-type: none">* Développement par un large panel d'experts* Spécifications complètes et non ambiguës* Contrôle du standard confié à un organisme plutôt qu'à une entreprise* Possibilité de certification accrue

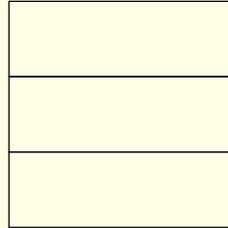
Développement d'un standard

Traditionnellement

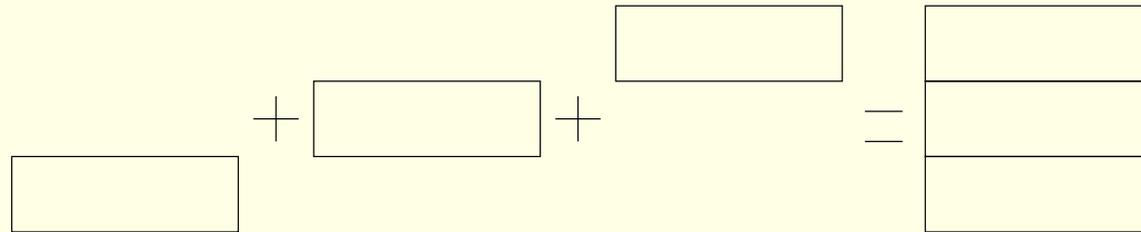


Développement d'un standard

Traditionnellement

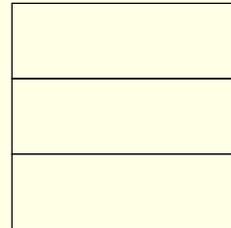


Vision d'Internet

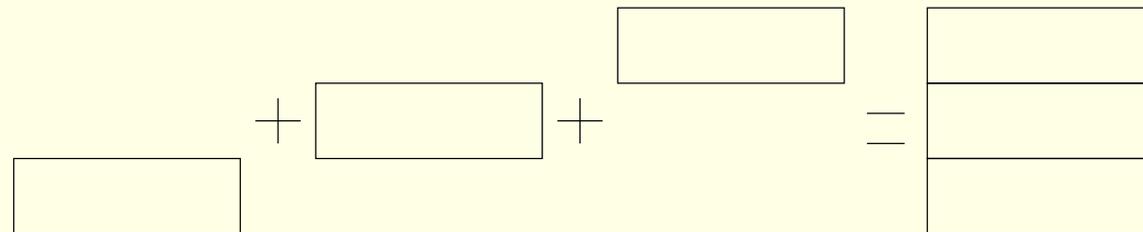


Développement d'un standard

Traditionnellement



Vision d'Internet



+ possibilités de **certification**

Groupes de normalisation

Groupes internationaux

- ISO International Organisation for Standardisation
- IEC Commission Électronique Internationale
- ITU Union Internationale des Télécommunications
- CCIR Comité Consultatif International de Radiodiffusion
- CIE Commission Internationale de l'Éclairage
- IAU International Astronomical Union
- IFIP International Federation for Information Processing
- IPA International Prepress association

Groupes régionaux

- CEN European Committee for Standardisation
- CENELEC European Committee for Electrical Standardisation
- CEPT European Conference of Postal and Telecommunications Administrations
- ETSI European Telecommunications Standards Institute

ISO International Organisation for Standardisation (1946)

Phases de développement d'un standard ISO :

✓ Working Draft (WD)

ISO International Organisation for Standardisation (1946)

Phases de développement d'un standard ISO :

- ✓ Working Draft (WD)
- ✓ Committee Draft (CD)

ISO International Organisation for Standardisation (1946)

Phases de développement d'un standard ISO :

- ✓ Working Draft (WD)
- ✓ Committee Draft (CD)
- ✓ Draft International Standard (DIS)

ISO International Organisation for Standardisation (1946)

Phases de développement d'un standard ISO :

- ✓ Working Draft (WD)
- ✓ Committee Draft (CD)
- ✓ Draft International Standard (DIS)
- ✓ International Standard (IS)

+ Amendement + Corrigendum

Chaque standard a un numéro unique

Structure de l'ISO

Structure découpée en

- “Technical Committees”, puis en
- “Sub-Committees” et
- “Working Groups”

Exemples :

- JTC1/SC29 (Picture and audio coding)/WG10 (JPEG), WG11 (MPEG)
- JTC1/SC24 (Computers and Imaginery)/WG6 Computer Graphics Metafile

Collaborations entre l'ISO et l'IEC (Commission Électronique Internationale) résultent en JTC1.

Numérotation des comptes bancaires

Pour faciliter les paiements transfrontaliers, l'ISO a défini la norme ISO-13616 "International Bank Account Number" (IBAN) pour l'uniformisation des numéros de compte bancaire.

L'IBAN se compose se compose de 3 parties :

1. du code ISO du pays où le compte est tenu (2 lettres)
2. d'un chiffre de contrôle (2 chiffres) et
3. de l'actuel numéro de compte national.

Pays	Numéro de compte	IBAN
Belgique	001-1234567-89	BE62 0011 2345 6789
France	20041 01005 0500013M026 06	FR14 2004 1010 0505 0001 3M02 606
Pays-Bas	041 71 64 300	NL91 ABNA 0417 1643 00

Exemple de conversion de numéros en numéros IBAN.

Normes de qualité ISO 9000

Normes et lignes directrices	Objets
ISO 9000-1, Normes pour le management de la qualité et l'assurance de la qualité Partie 1 : Lignes directrices pour leur sélection et utilisation	Point de départ pour comprendre et sélectionner les normes répondant à vos besoins.
ISO 9000-2, Normes pour le management de la qualité et l'assurance de la qualité Partie 2 : Lignes directrices génériques pour l'application de l'ISO 9001, l'ISO 9002 et l'ISO 9003	Aide à l'interprétation et à l'application de ISO 9001, ISO 9002 et ISO 9003.
ISO 9000-3, Normes pour le management de la qualité et l'assurance de la qualité - Partie 3 : Lignes directrices pour l'application de l'ISO 9001 :1994 au développement, à la mise à disposition, à l'installation et à la maintenance de logiciel	Pour l'interprétation spécifique des exigences de la norme ISO 9001 relatives aux applications de développement de logiciels.
ISO 9000-4, Normes pour la gestion de la qualité et l'assurance de la qualité - Partie 4 : Guide de gestion du programme de sûreté de fonctionnement	Des conseils en matière de planification, d'organisation et de maîtrise des ressources pour fabriquer des produits fiables et maintenables.

ITU Union Internationale des Télécommunications (1865)

Agence spéciale des Nations Unies depuis 1947

Spécialisée dans le domaine des télécommunications

ITU Union Internationale des Télécommunications (1865)

Agence spéciale des Nations Unies depuis 1947

Spécialisée dans le domaine des télécommunications

Exemples de standards :

- Série V : connexion d'un modem au réseau téléphonique
- X25 : transmission de données
- H320 : vidéoconférence à $p \times 64$ [kb/s]
- H262 = MPEG-2

ETSI European Telecommunications Standards Institute (1989)

Organisme européen créé à l'initiative du Conseil des ministres

Réalisations :

- Euro-RNIS (=Euro-ISDN)
- GSM
- UMTS
- . . .

Autres acteurs dans la normalisation

- ✓ **IEEE Institute of Electrical and Electronic Engineers (1963)** : fédération professionnelle
Normalisation des technologies réseau (Ethernet, ...)
- ✓ **ATM Forum (1991)**
Consortium d'industriels désireux de promouvoir la technologie ATM
- ✓ **WAP Forum** : groupe d'industriels ayant créé les spécifications des protocoles WAP (Wireless Application Protocol)
- ✓ **IBN Institut Belge de Normalisation**
Institut belge chargé de se prononcer sur certains standards

DAVIC Digital Audio Visual Council (1994)

Rôle d'intégrateur

Part no.	Title
1	Description of DAVIC Audio-Visual Functionalities
2	System Reference Models and Scenarios
3	Service Provider System Architecture and Interfaces
4	Delivery System Architecture And Interfaces
5	Service Consumer System Architecture
6	Management Architecture and Protocols
7	High and Mid Layer Protocols
8	Lower Layer Protocols and Physical Interfaces
9	Information Representation
10	Basic Security Tools
11	Usage Information Protocols
12	Systems Dynamics, Scenarios and Protocol Requirements
13	Conformance and Interoperability
14	Contours : technology domain

Quelques standards

- Vidéotéléphonie
- V90
- MPEG-x, MP3
- ISBN
- CD-ROM
- ISO9000
- A4
- HTML

Vidéotéléphonie

Normes H.32x

	H.320	H.323	H.324
Réseau	Numérique à intégration de services (RNIS)	Informatique	Téléphonique analogique
Vidéo	H.261 H.263	H.261 H.263	H.261 H.263
Audio	G.711 G.722 G.728	G.711 G.722 G.728 G.723 G.729	G.723
Multiplexage	H.221	H.225.0	H.223
Contrôle	H.230 H.242	H.245	H.245
Multipoint	H.231	H.323	
Données	T.120	T.120	T.120
Transport	1.400	TCP/IP	V.34

MPEG

- Codage de séquences audio-visuelles
- Plusieurs normes
- Plusieurs parties

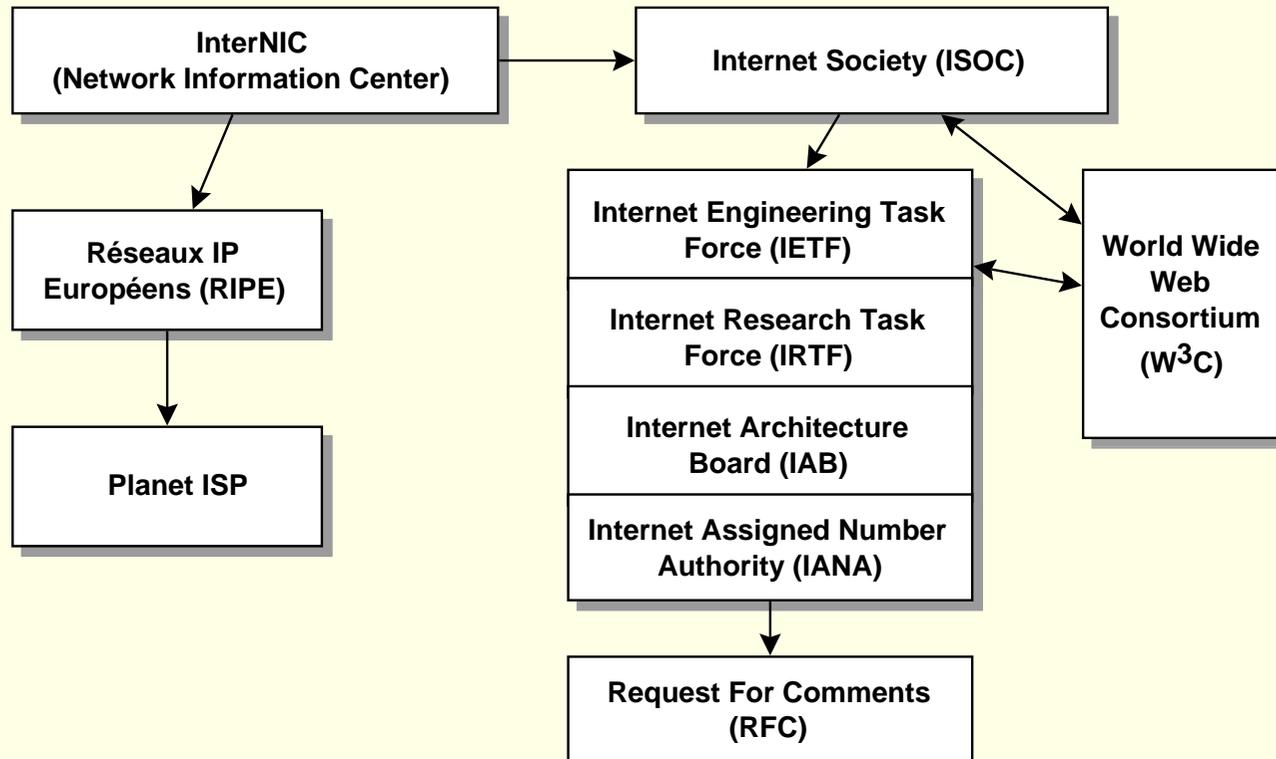
11172	Coding of moving pictures and associated audio at up to about 1.5 Mbit/s (MPEG-1)
	Part 1 Systems
	Part 2 Video
	Part 3 Audio
	Part 4 Conformance testing
	Part 5 Software simulation
13818	Generic coding of moving pictures and associated audio (MPEG-2)
	Part 1 Systems
	Part 2 Video
	Part 3 Audio
	Part 4 Conformance testing
	Part 5 Software simulation
	Part 6 System extensions - DSM-CC
	Part 7 Audio extension - NBC mode
	Part 8 VOID - (withdrawn)
	Part 9 System extension RTI
	Part 10 Conformance extension - DSM-CC
14496	Coding of audio-visual objects (MPEG-4)
15938	Multimedia Content Description Interface (MPEG-7)

Langage HTML



Internet comme organisation

Il n'y a pas d'organisation responsable pour Internet dans sa totalité. Mais il y a des organisations qui décident pour des parties.



Request For Comments

Index

...

- 2959 Real-Time Transport Protocol Management Information Base. M. Baugher, B. Strahm, I. Suconick. October 2000. (Format: TXT=62063 bytes) (Status: PROPOSED STANDARD)
- 2962 An SNMP Application Level Gateway for Payload Address Translation. D. Raz, J. Schoenwaelder, B. Sugla. October 2000. (Format: TXT=46803 bytes) (Status: INFORMATIONAL)
- 2963 A Rate Adaptive Shaper for Differentiated Services. O. Bonaventure, S. De Cnodder. October 2000. (Format: TXT=39895 bytes) (Status: INFORMATIONAL)
- 2964 Use of HTTP State Management. K. Moore, N. Freed. October 2000. (Format: TXT=18899 bytes) (Also BCP0044) (Status: BEST CURRENT PRACTICE)

...

Exemples

Network Working Group
Request for Comments: 1918
Obsoletes: 1627, 1597
BCP: 5
Category: Best Current Practice

Y. Rekhter
Cisco Systems
B. Moskowitz
Chrysler Corp.
D. Karrenberg
February 1996

Address Allocation for Private Internets

...

Network Working Group
Request for Comments: 2060
Obsoletes: 1730
Category: Standards Track

M. Crispin
University of Washington
December 1996

INTERNET MESSAGE ACCESS PROTOCOL - VERSION 4rev1

...

Table des matières

- Introduction
- Signaux multimédia
- Réseaux de télécommunications
- Matériel informatique

Signaux multimédia : table des matières

- Introduction
- Signaux multimédia
 - Signaux fondamentaux
 - Caractérisation d'un son
 - Notion de fréquence
 - Description perceptive d'une image
 - Signaux numériques
 - Concept
 - Définitions : bit, byte (octet)
 - Numérisation
 - Filtrage, échantillonnage, quantification, interpolation
 - Définition : débit
 - Compression
 - Étude de signaux numériques
 - Audio
 - Vidéo
 - Conversion et formats
 - Autres signaux
- Réseaux de télécommunications

– Matériel informatique

Les signaux multimédia

Type de données Exemples de traitement

Texte	Traitement de texte Recherche
Graphique	Modification d'aspect Dessin
Audio	Filtrage Numérisation Amélioration Codage
Image	Numérisation Amélioration Codage
Vidéo	Numérisation Amélioration Codage
Signaux de synthèse	Déformation temporelle et spatiale

Caractérisation d'un son

- Intensité
- Durée
- Hauteur tonale
- Timbre

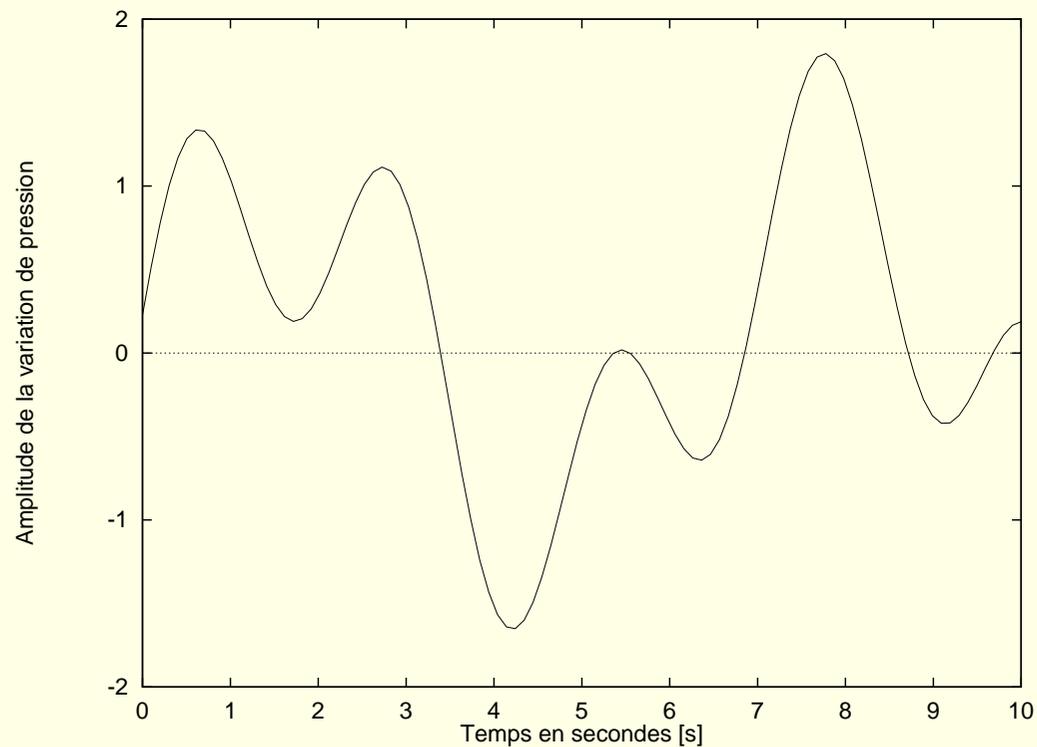


FIG. 1: Représentation d'un son.

Interprétation de la notion de fréquence

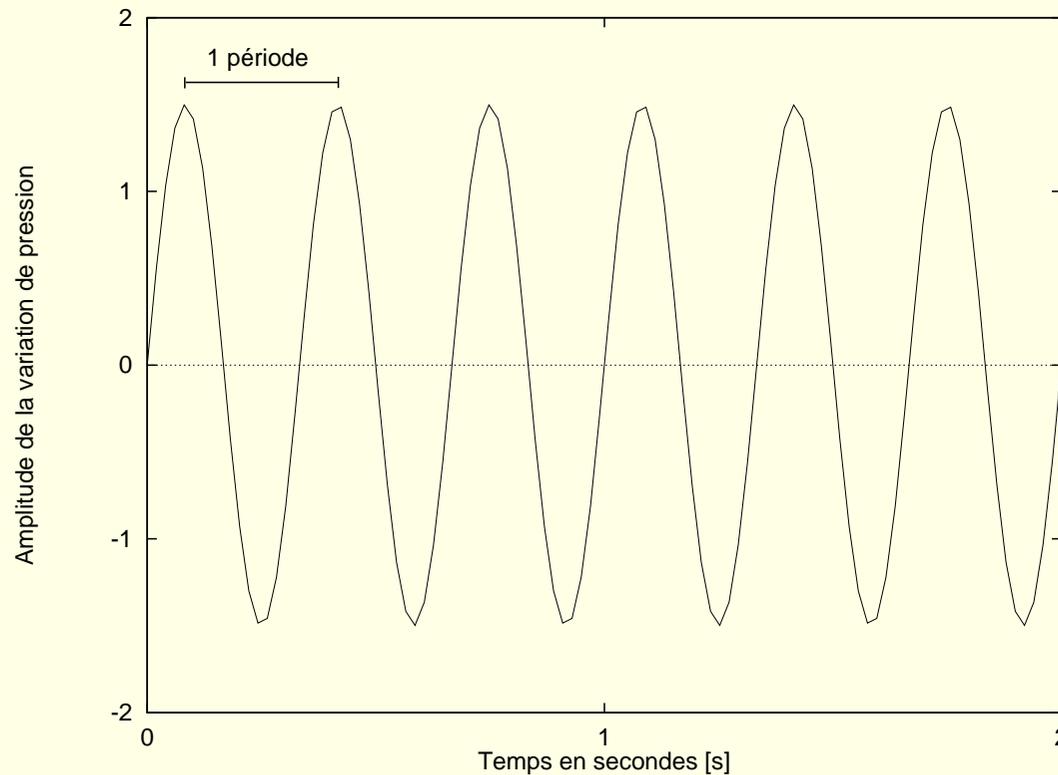


FIG. 2: Le HERTZ : unité de mesure des fréquences. Cette unité est définie comme le nombre de périodes par seconde. La fréquence du signal représenté ici est de $3 [Hz]$.

Analyse en fréquences

Définition 4 [Transformée de FOURIER]

$$X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-2\pi jft} dt \quad (1)$$

Transformée de FOURIER inverse :

$$x(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} X(f)e^{2\pi jft} df \quad (2)$$

Définition 5 [Bande passante] *L'intervalle de fréquences que peut traiter un système est appelé bande passante.*

Exemples :

- Bande passante de l'oreille = intervalle de fréquences [15 Hz, 20 kHz].
- Bande passante du téléphone = [300 Hz, 3400 Hz].

En fait, tout système physique a une bande passante finie.

Perception visuelle

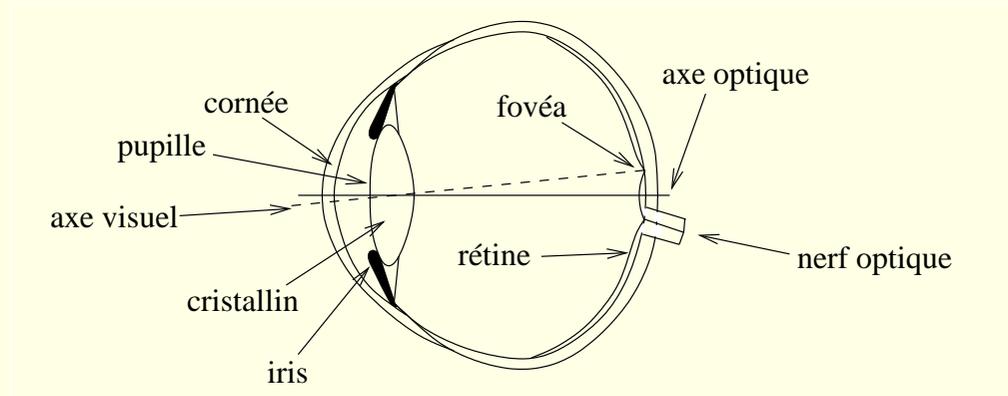


FIG. 3: Coupe latérale simplifiée de l'œil.

La lumière

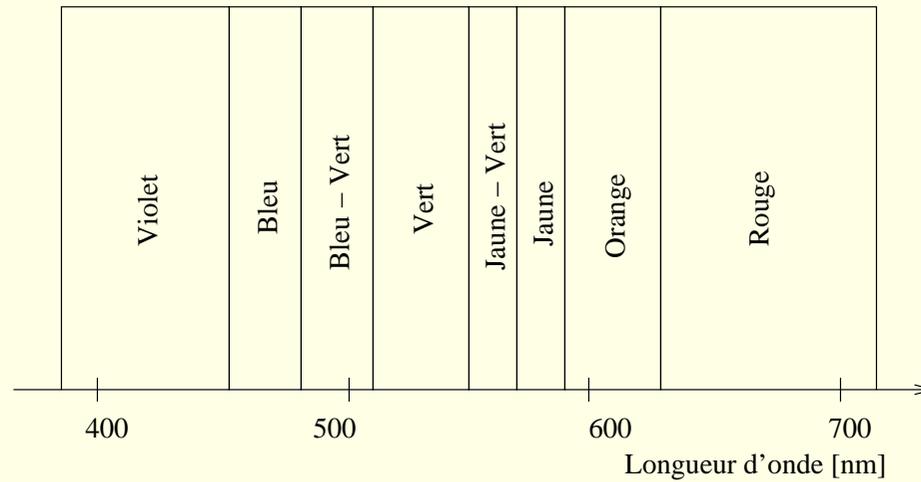


FIG. 4: Les longueurs d'onde associées aux couleurs.

Lien entre la longueur d'onde λ et la fréquence f :

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad (3)$$

où $c = 3 \times 10^8 [m/s]$ est la vitesse de la lumière

Représentation fréquentielle des couleurs

$$\int_{\lambda} L(\lambda) d\lambda \quad (4)$$

Problème car trop grand nombre de capteurs nécessaires à la description de la couleur

Solution : utiliser les espaces de couleurs

Représentation fréquentielle des couleurs

$$\int_{\lambda} L(\lambda) d\lambda \quad (4)$$

Problème car trop grand nombre de capteurs nécessaires à la description de la couleur

Solution : utiliser les espaces de couleurs

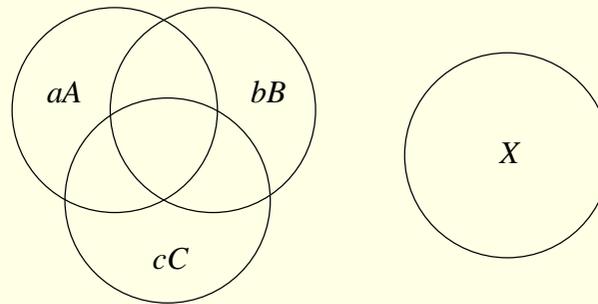


FIG. 5: Expérience d'égalisation d'une couleur X au moyen de trois couleurs primaires A , B et C .

L'espace de couleurs additif RGB

Trois couleurs monochromatiques : rouge R (700 [nm]), vert V (546,1 [nm]) et bleu B (435,8 [nm]),

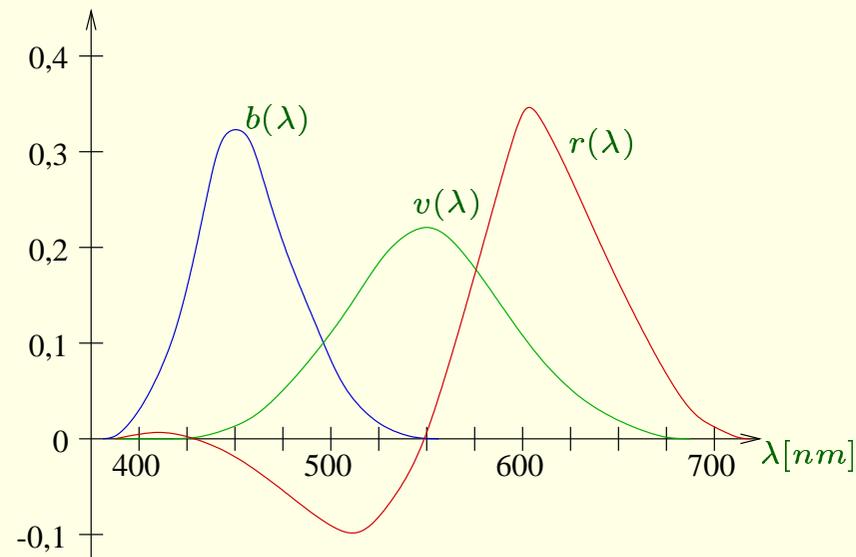
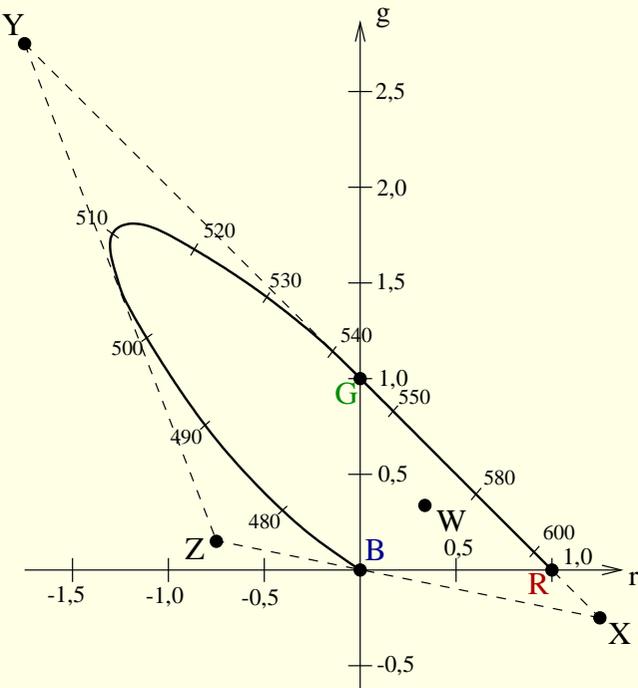


FIG. 6: Courbes d'égalisation spectrale obtenues par égalisation des couleurs au moyen d'un mélange additif.

Diagramme chromatique RGB de la CIE



Notion d'intensité

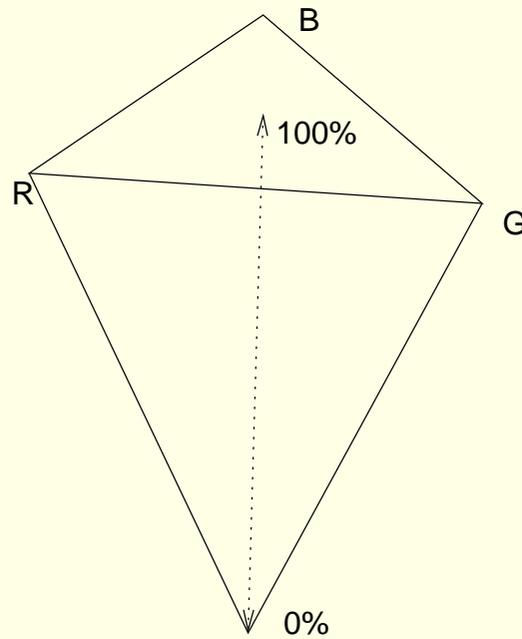


FIG. 7: Pyramide des couleurs obtenues au moyen du tri-stimulus RGB.

Vers d'autres systèmes de couleurs : le système XYZ

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2,769 & 1,7518 & 1,13 \\ 1 & 4,5907 & 0,0601 \\ 0 & 0,0565 & 5,5943 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad (5)$$

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad (6)$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad (7)$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z} \quad (8)$$

$$x + y + z = 1 \quad (9)$$

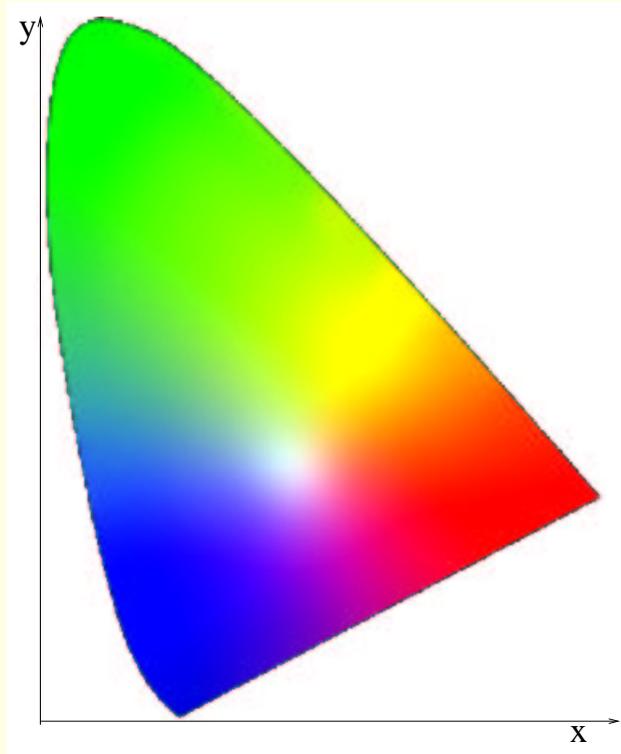


FIG. 8: Diagramme chromatique (approché!) défini par les deux variables de chrominance x et y .

Représentation sous forme de cube

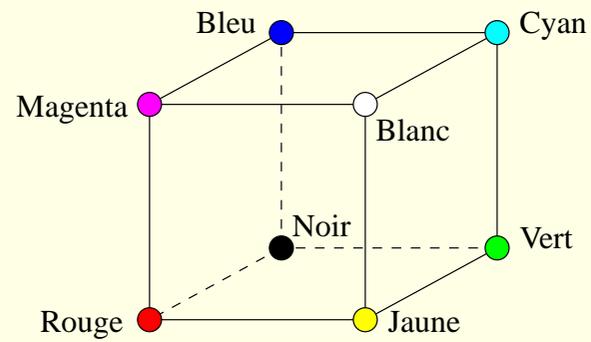


FIG. 9: Espace tridimensionnel des stimuli produits par les composantes *RGB*.

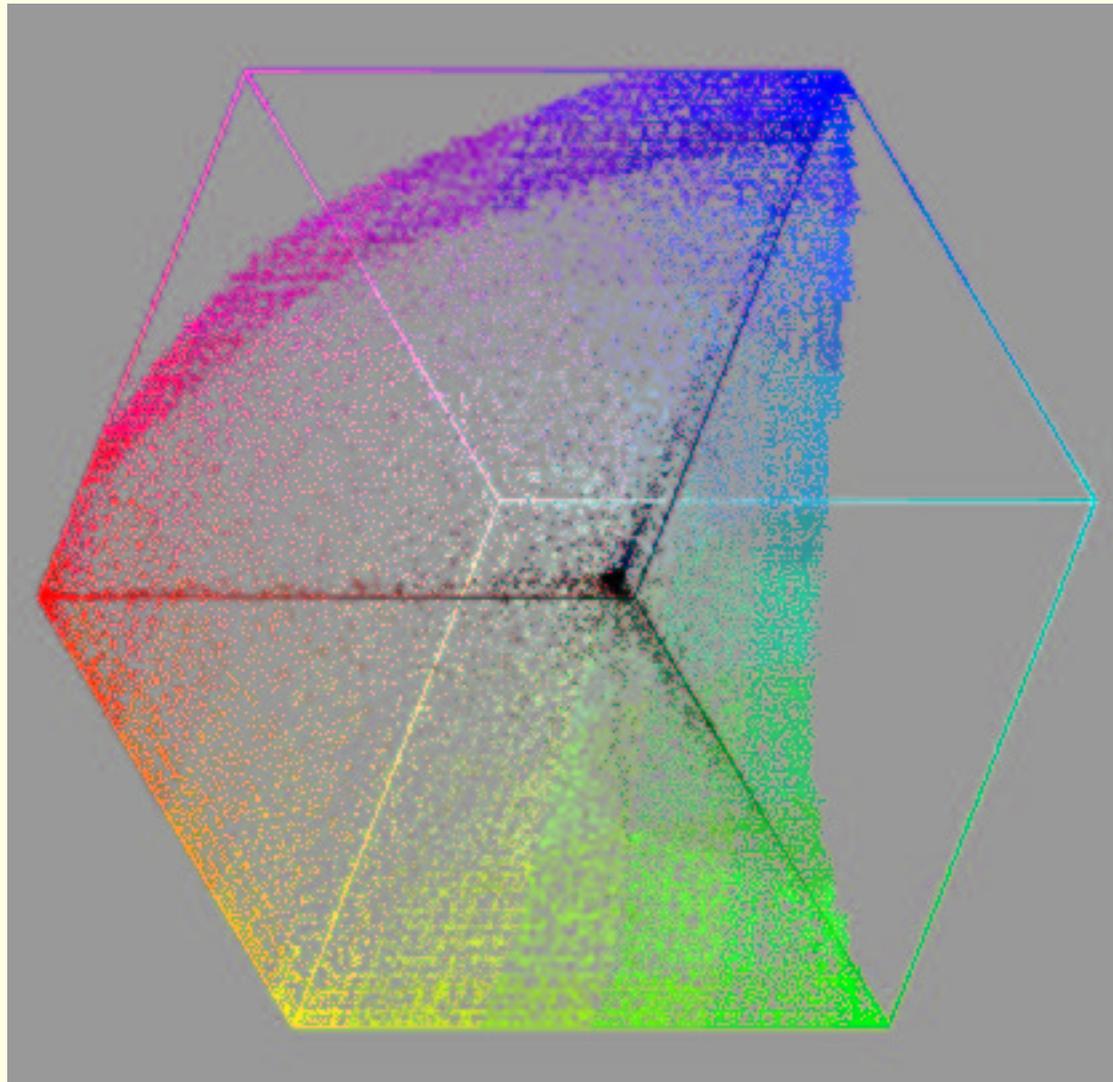


FIG. 10: Espace tridimensionnel des couleurs du diagramme de chrominance approché.

Luminance

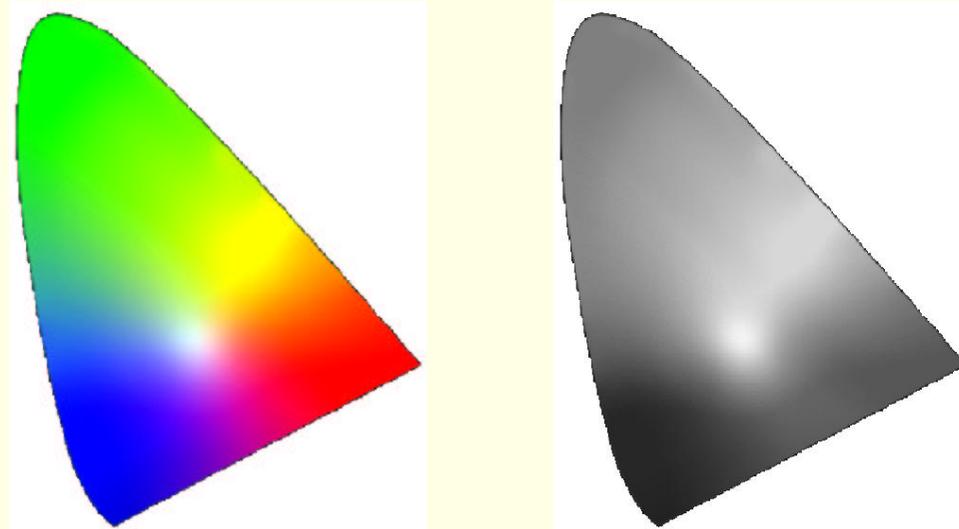
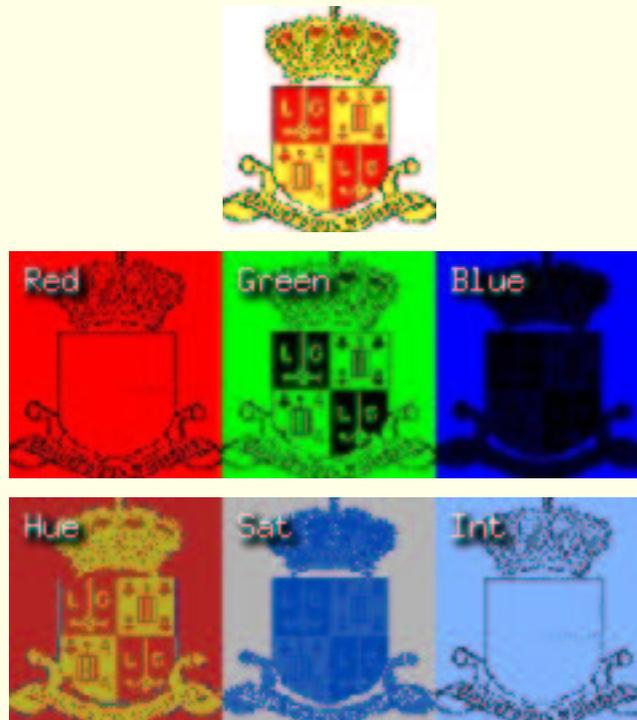


FIG. 11: Diagramme chromatique xy et luminance maximale en chaque point.

Systeme de couleur HSI

Variables plus physiques :

- teinte (hue en anglais)
- saturation
- intensité



Décomposition d'une image en couleurs.

D'autres espaces de couleurs

- le système de couleurs soustractifs : Cyan, Magenta et Yellow (CMY), éventuellement du noir (CMYK)
- les systèmes YIQ , YUV ou YC_bC_r

D'autres espaces de couleurs

- le système de couleurs soustractifs : Cyan, Magenta et Yellow (CMY), éventuellement du noir (CMYK)
- les systèmes YIQ , YUV ou YC_bC_r



Défaut d'alignement des couleurs d'impression permettant de voir les 3 composantes de couleur CMY et la composante noire K.

En pratique

Hexadécimal				R	G	B
00	00	00		0	0	0
00	00	FF		0	0	255
00	FF	00		0	255	0
00	FF	FF		0	255	255
FF	00	00		255	0	0
FF	00	FF		255	0	255
FF	FF	00		255	255	0
FF	FF	FF		255	255	255

TAB. 2: Table de correspondance de couleurs définies sur 8 bits.

Les fausses couleurs

Utilisation d'une palette de couleurs, appelée Color Look Up Table (CLUT ou LUT)

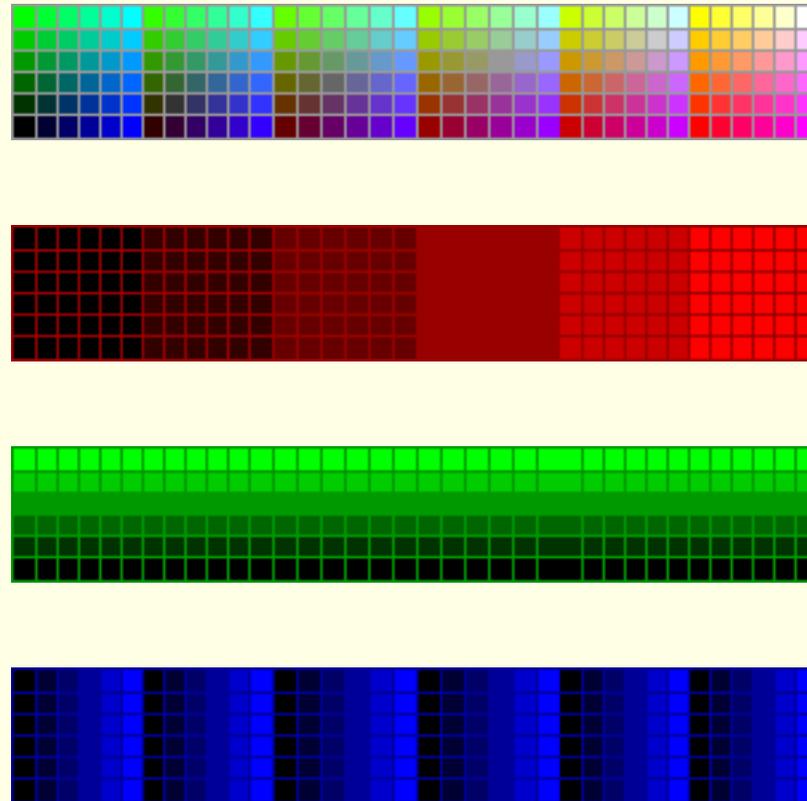
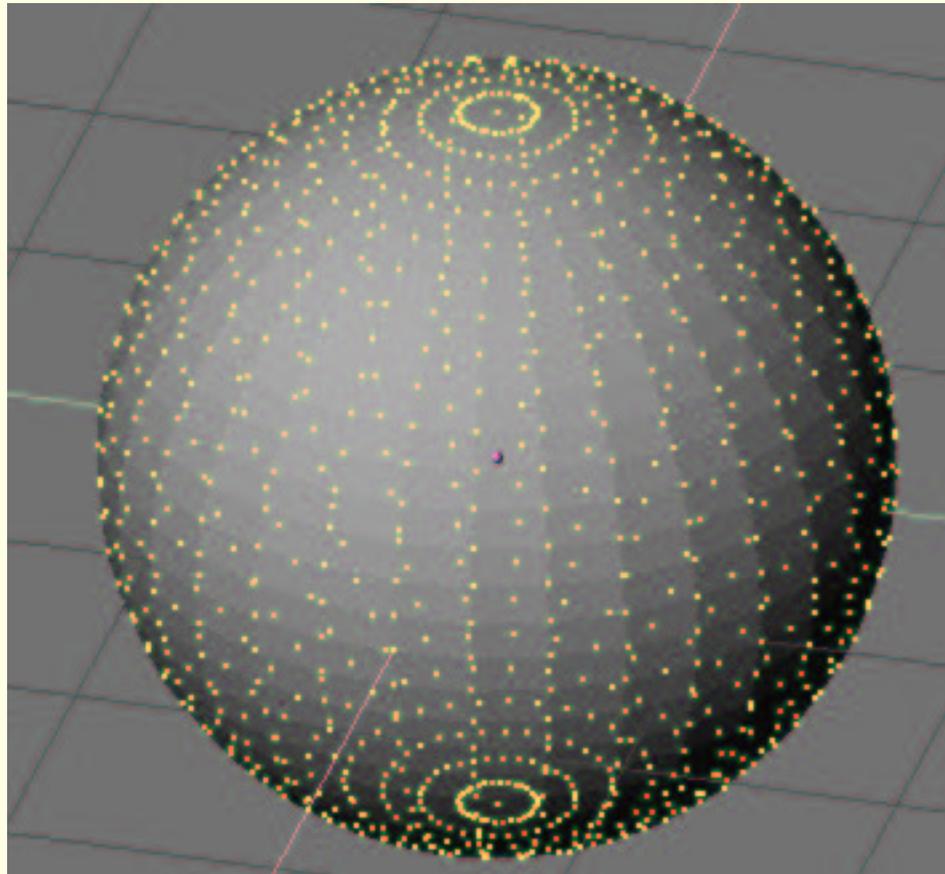


FIG. 14: Palette de couleurs utilisée par les logiciels de navigation ainsi que la décomposition en R, G et B.

La couleur des objets



Une image de synthèse 3D.

Usage de bits de transparence

Soient

- $i(x, y)$ la valeur de l'image au point (x, y)
- $t(x, y)$ la valeur de transparence (typiquement 1 ou 8 bits)
- $o(x, y)$ la valeur de l'image finale

Le principe consiste à appliquer la formule suivante : $o(x, y) = \frac{t(x, y)}{255}i(x, y)$

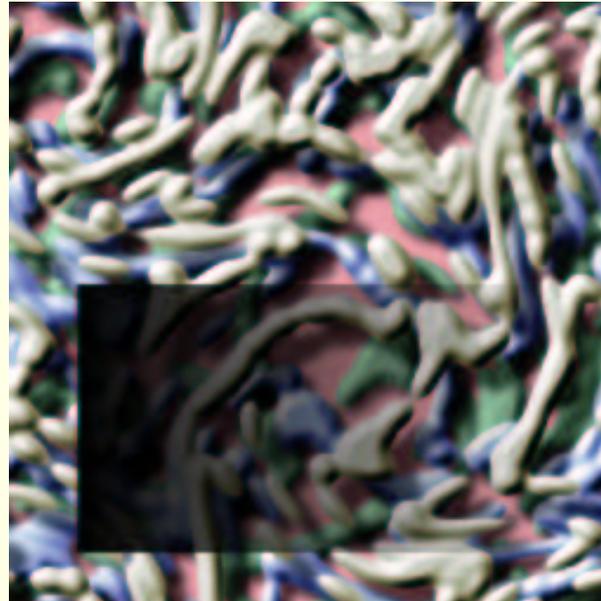
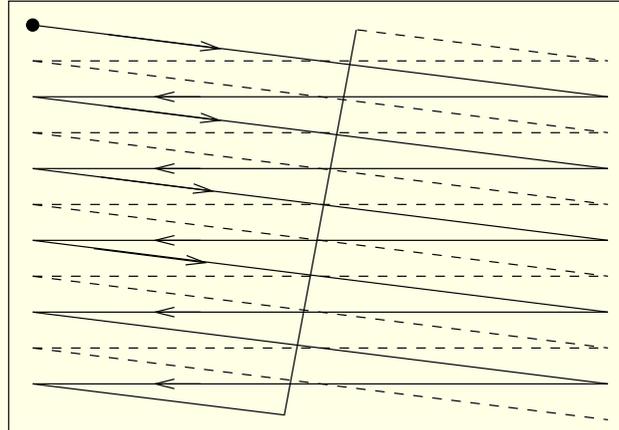


FIG. 16: Utilisation de bits de transparence à l'intérieur du petit rectangle.

Vidéo analogique

Entrelacement : description du format entrelacé



Formats de télévision analogique

- ✗ NTSC
- ✗ PAL
- ✗ Sécam
- ✗ VHS

Formats de télévision analogique

- ✗ NTSC
- ✗ PAL
- ✗ Sécam
- ✗ VHS

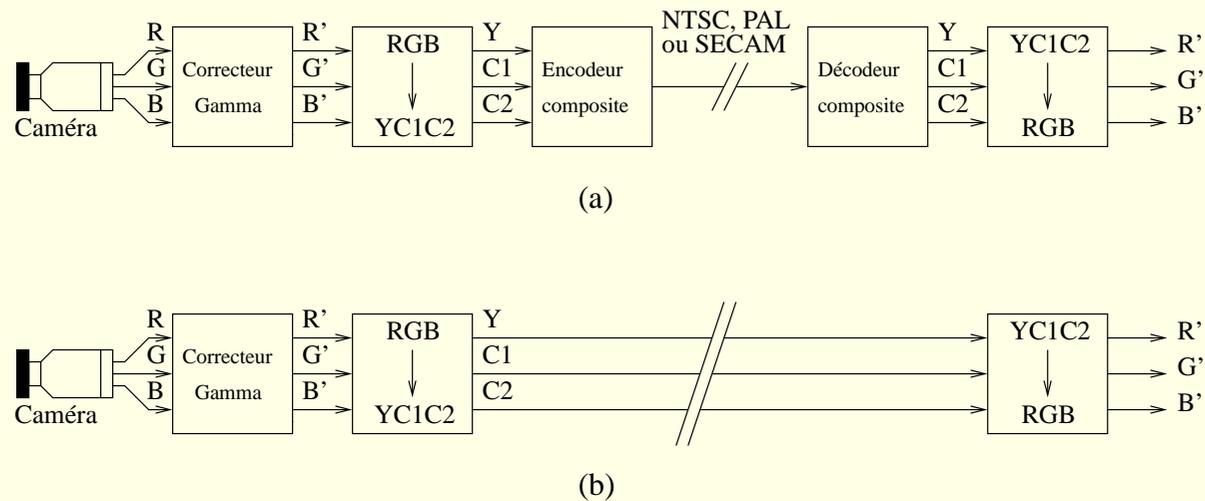


FIG. 17: Chaîne de transmission des signaux de télévision composites.

Occupation fréquentielle d'un signal composite PAL

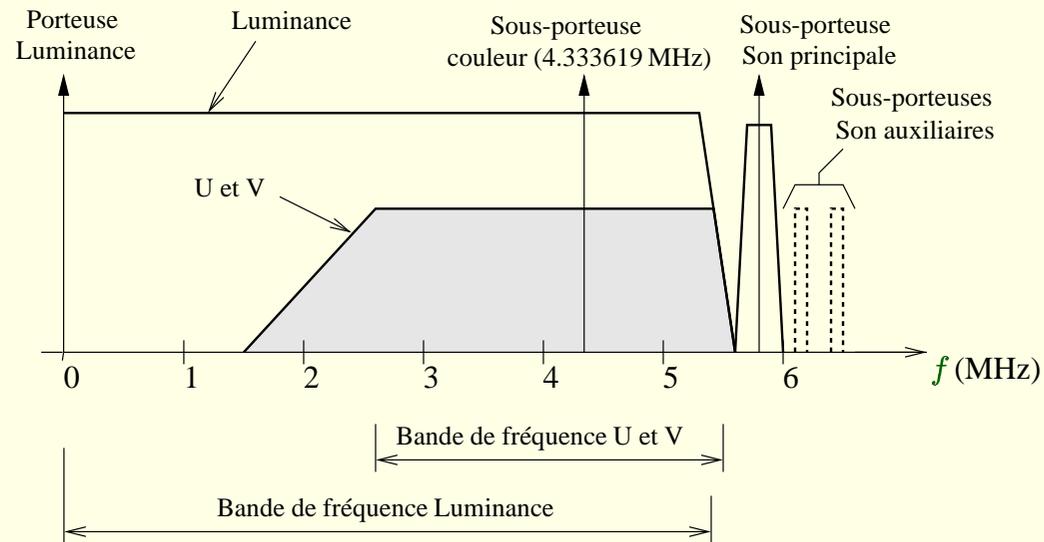
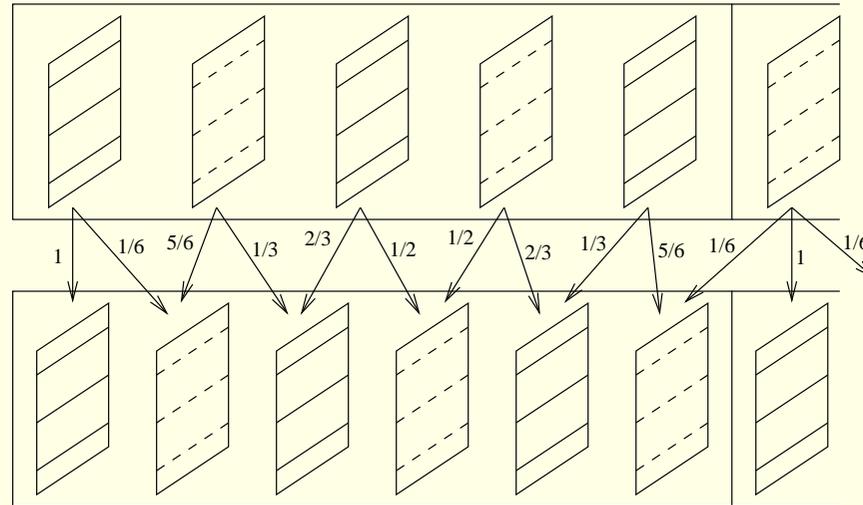


FIG. 18: Spectre d'un signal vidéo PAL.

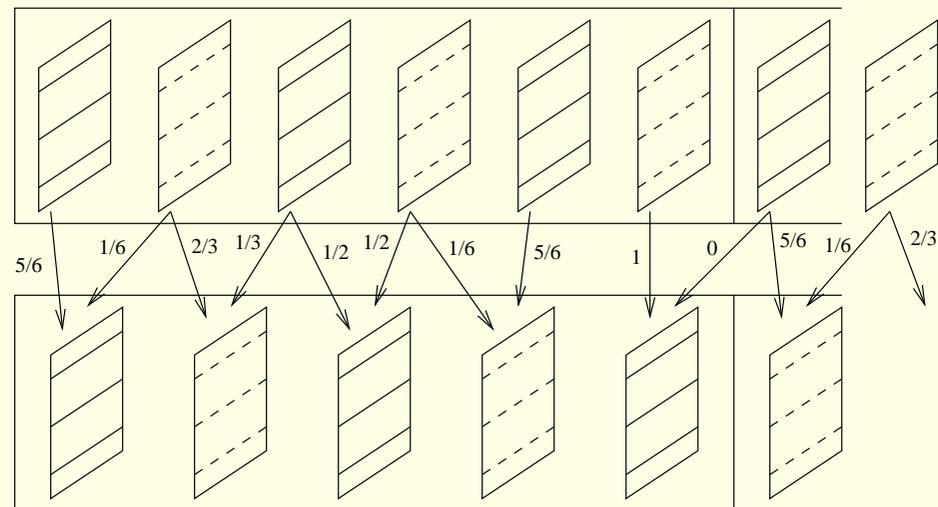
Standards de télévision analogiques

Paramètres	PAL	NTSC	SÉCAM
Fréquence de trame [Hz]	50	59,94	50
Nombre de lignes par trame	625	525	625
Facteur de correction gamma γ	2,8	2,2	2,8
Porteuse audio [MHz]	QAM	4,5	FM
Porteuse couleur [MHz]	4,43	3,57	4,25 (+U) - 4,4 (-V)
Technique de modulation des signaux de couleur	QAM	QAM	FM
Largeur de bande de la luminance [MHz]	5,0 ou 5,5	4,2	6.0
Largeur de bande des chrominances [MHz]	1,3 (U et V)	1,3 (I) - 0,6 (Q)	>1,0 (U et V)

Changement de la fréquence image



(a) Conversion 50Hz vers 60Hz



(b) Conversion 60Hz vers 50Hz

Signaux numériques

Définition 6 *Le bit est l'information élémentaire en informatique. Il ne peut prendre que deux valeurs, 0 ou 1. En électronique, il est par exemple représenté par des tensions différentes.*

Définition 7 *Un octet, ou byte en anglais, est un ensemble de 8 bits.*

Représentation

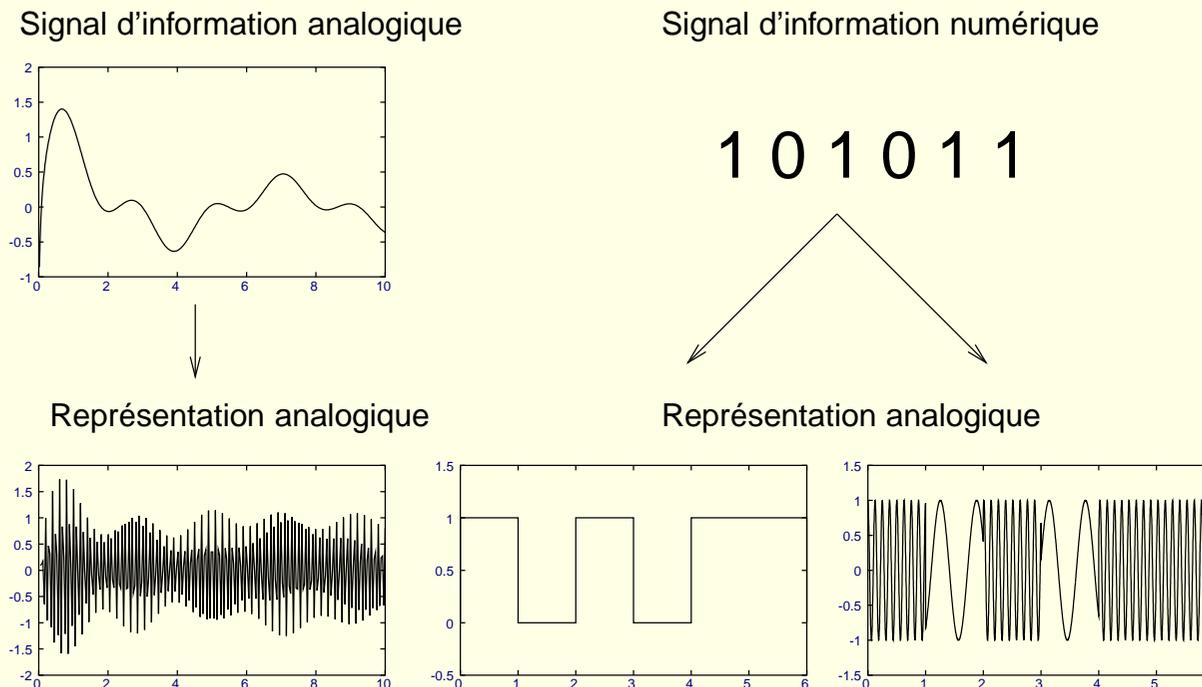


FIG. 19: Représentation d'un signal analogique ou numérique.

De l'analogique au numérique : numérisation

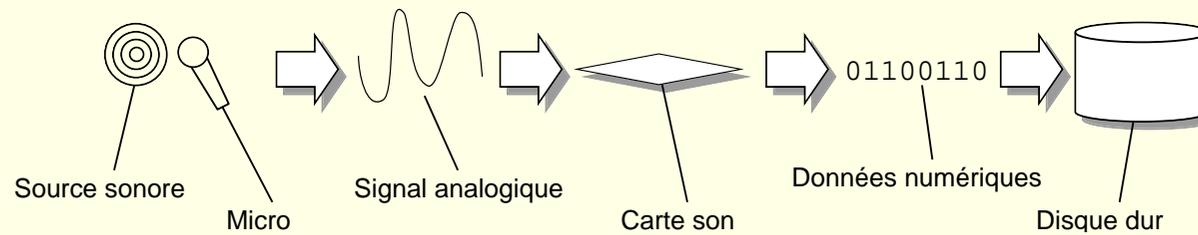


FIG. 20: Acquisition d'un son.

Définition 8 [Numérisation] *La numérisation est le nom du procédé qui réalise la conversion de l'analogique vers le numérique.*

Pourquoi numériser ?

- Résistance au bruit
- Traitement et stockage

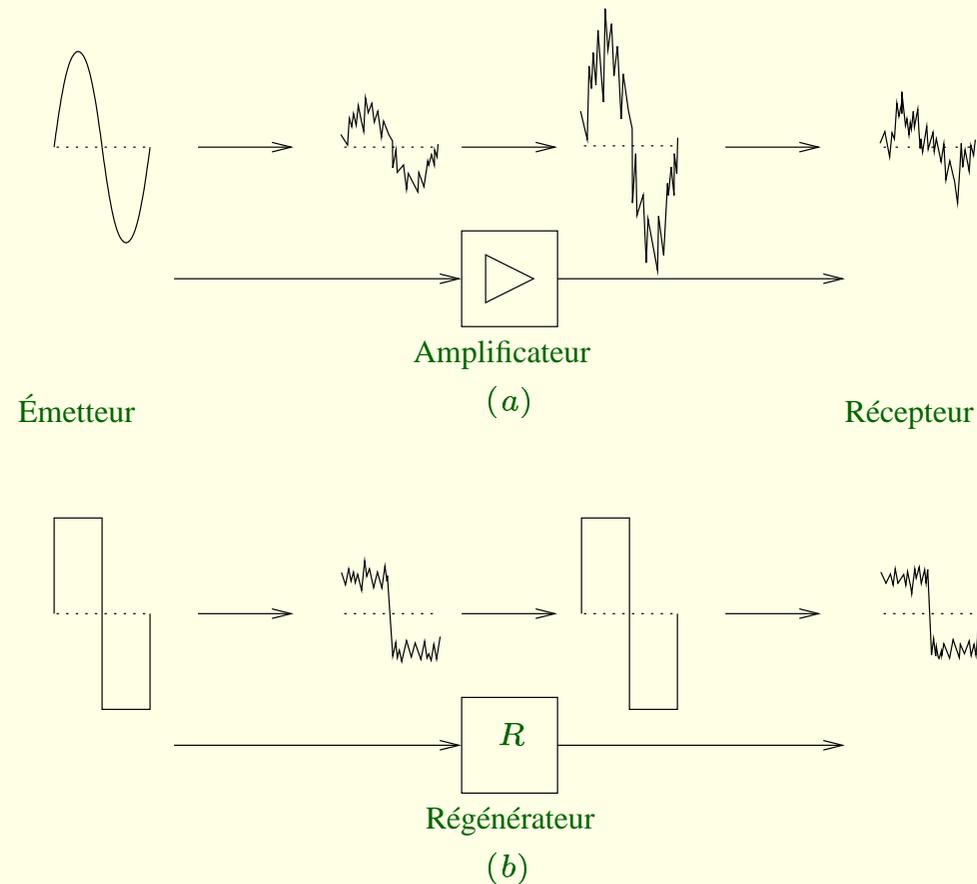


FIG. 21: Amplification d'un signal analogique et régénération d'un signal numérique.

Processus de conversion

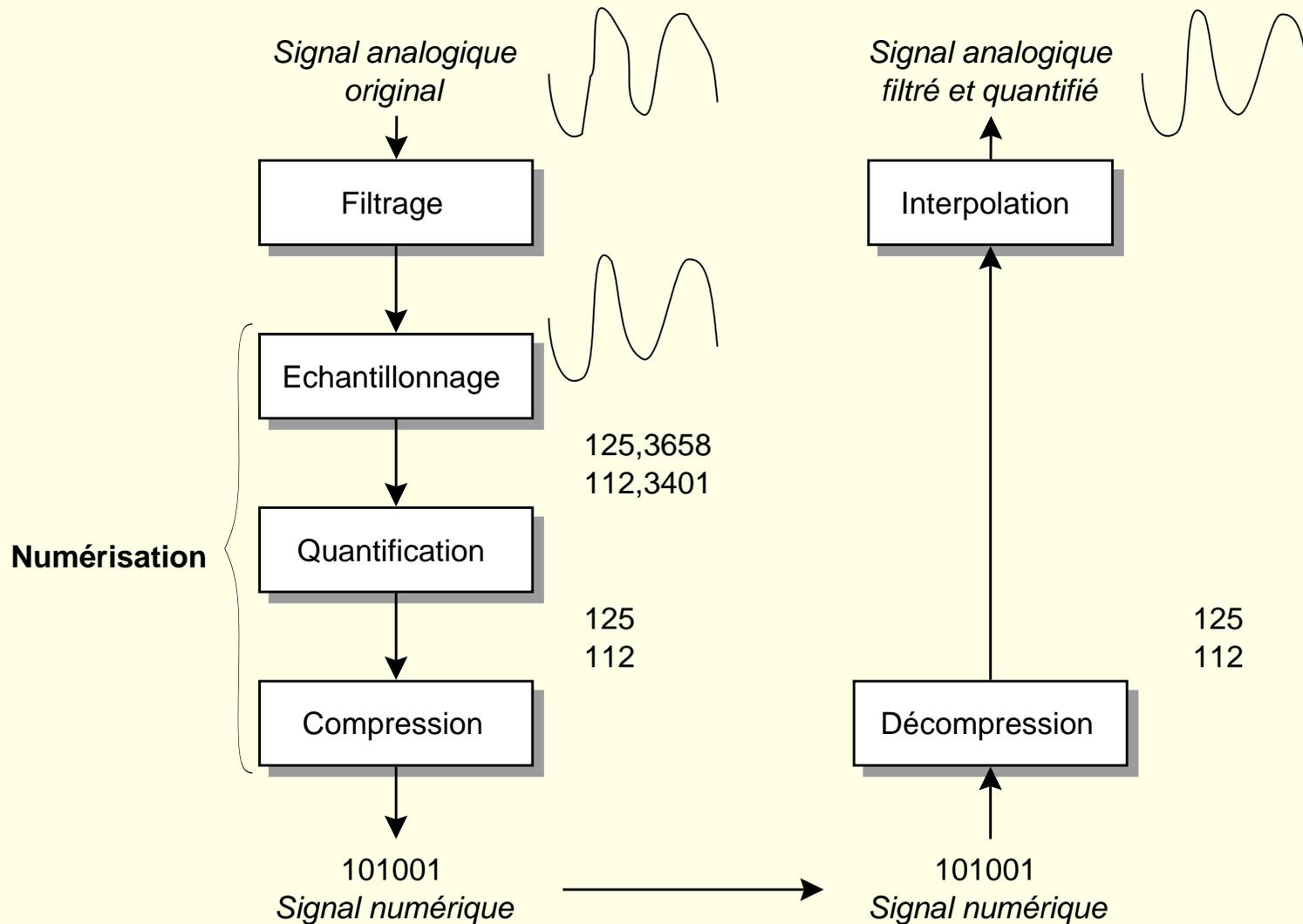


FIG. 22: De l'analogique au numérique et conversion inverse.

Conditions pour l'échantillonnage

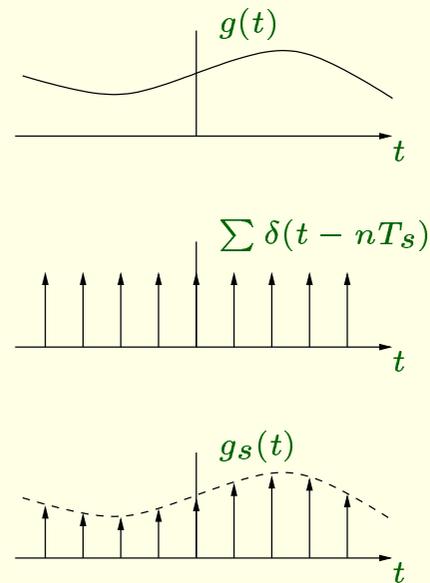


FIG. 23: Échantillonnage instantané.

Définition 9 [Fréquence d'échantillonnage]. Nombre de mesures effectuées dans un temps donné pendant la conversion d'un signal analogique en données numériques.

Conditions pour l'échantillonnage

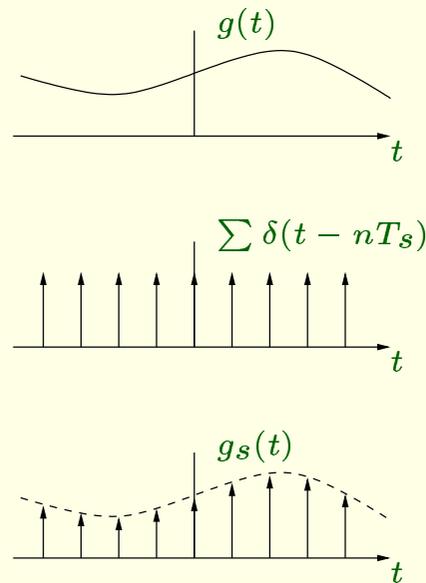


FIG. 23: Échantillonnage instantané.

Définition 9 [Fréquence d'échantillonnage]. Nombre de mesures effectuées dans un temps donné pendant la conversion d'un signal analogique en données numériques.

Théorème 10 [Théorème de SHANNON]. Pour pouvoir reconstituer un son correctement, le nombre d'échantillons pendant une seconde doit être strictement supérieur au double de la plus haute fréquence contenue dans le signal.

Repli de spectre

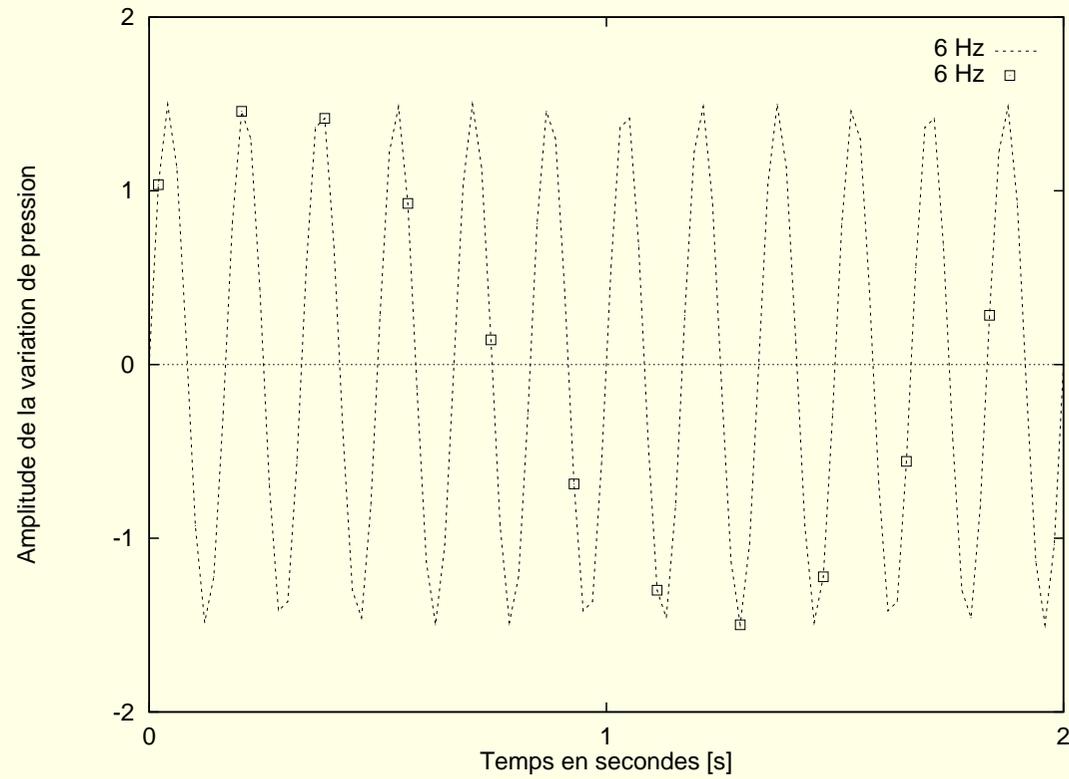
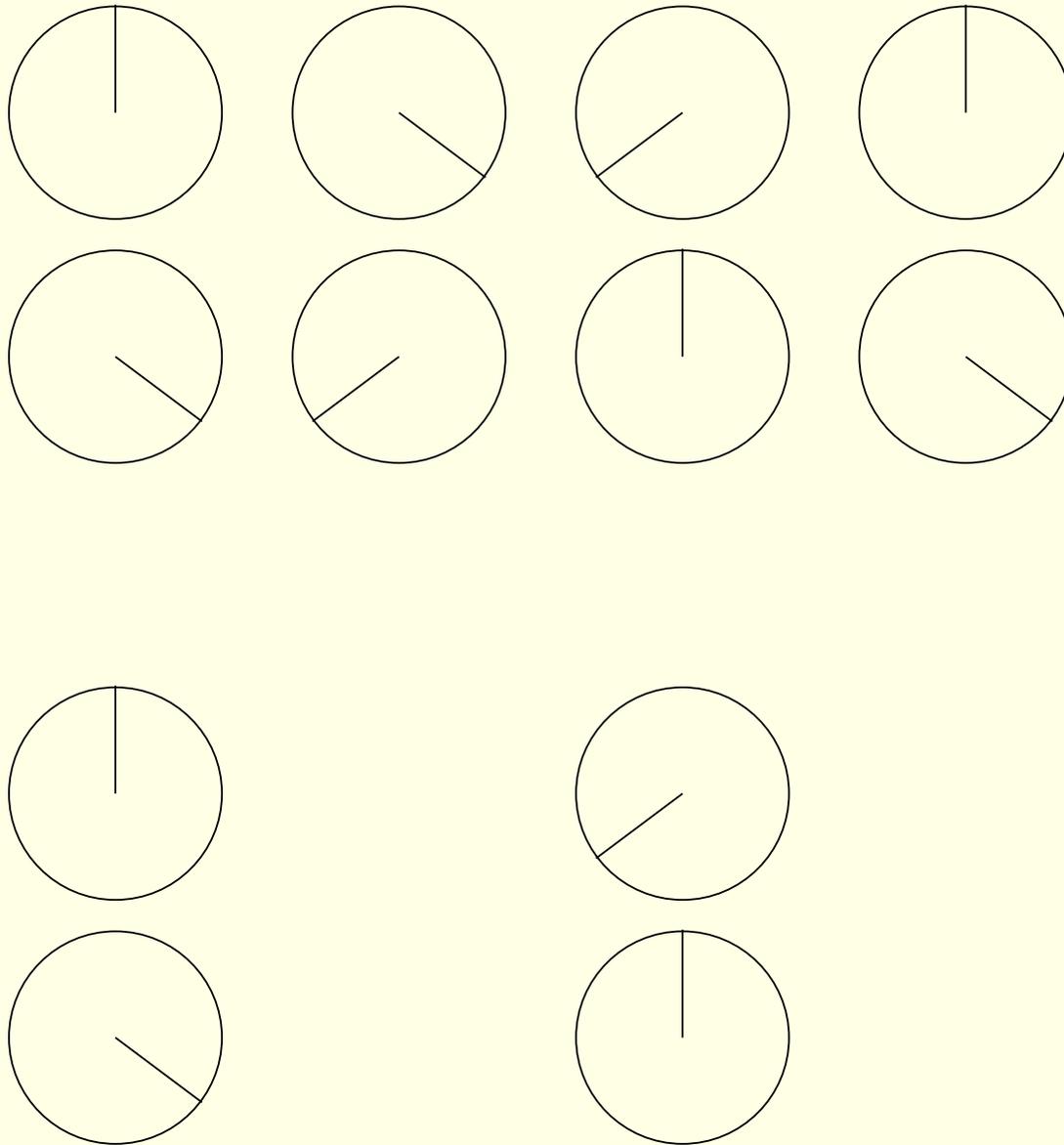


FIG. 24: Repli de spectre ou aliasing.

Exemple de la roue qui tourne



Quantification

- Passage d'un espace continu de valeurs à un espace discret de valeurs
- Introduit une approximation

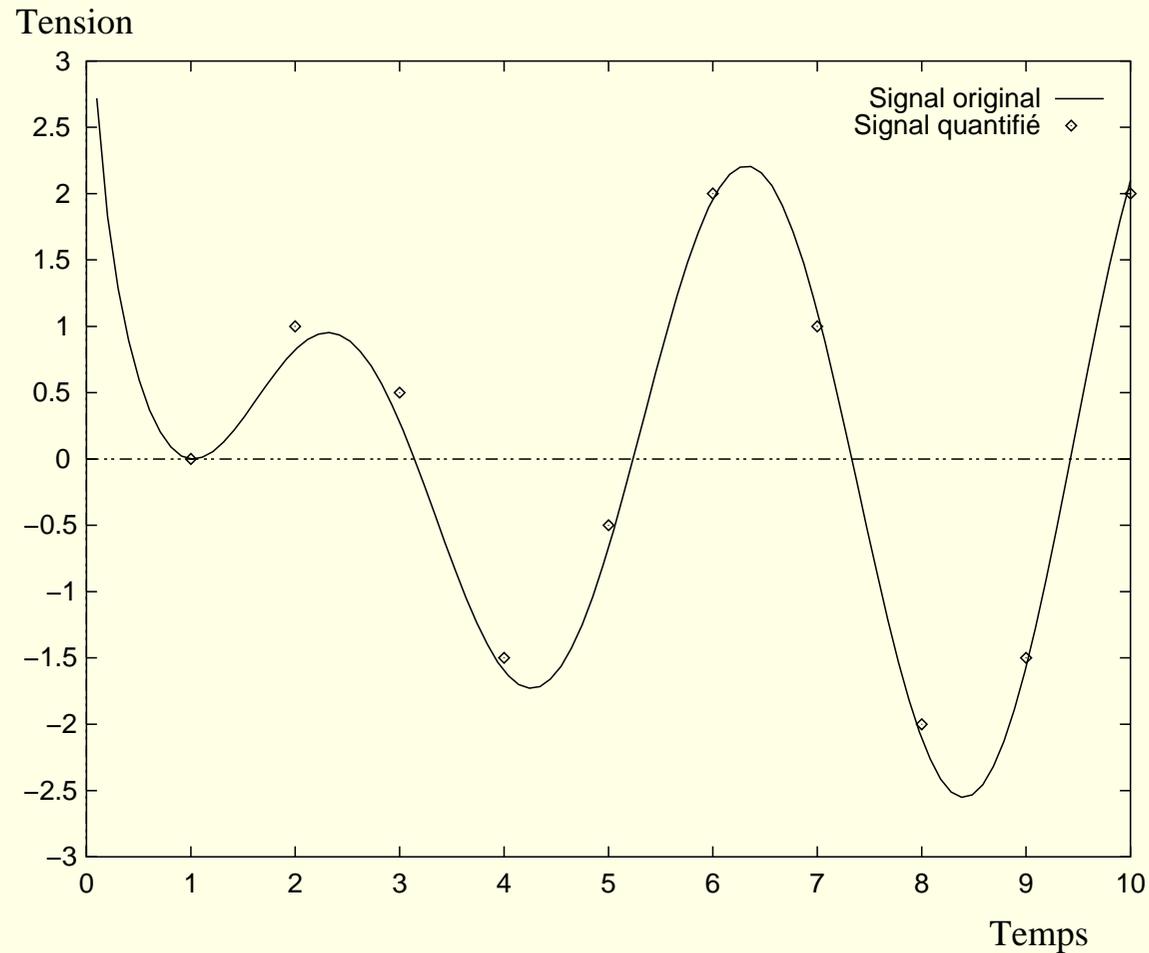


FIG. 25: Signal original et échantillons quantifiés.

Codage PCM (Pulse Code Modulation)

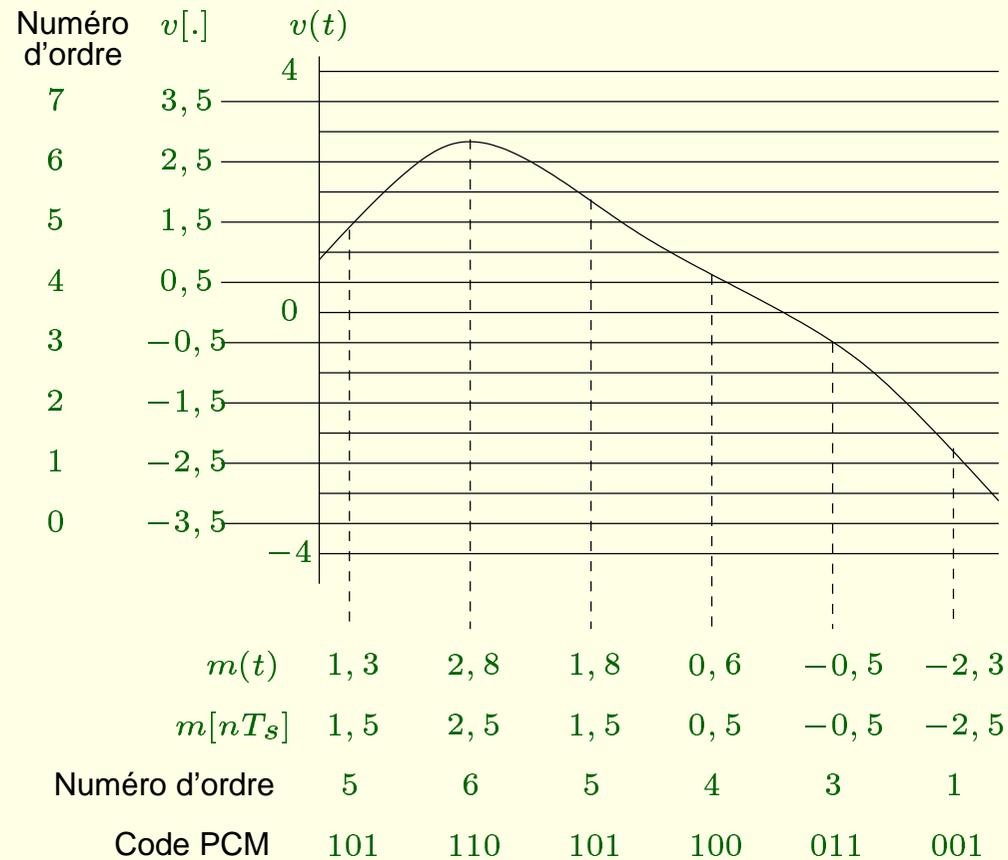


FIG. 26: Échantillons instantanés, quantifiés et codes PCM.

Quantification : nombre de bits nécessaire

Nombre de bits	Nombre de niveaux	Valeurs possibles
1	$2^1 = 2$	{0, 1}
2	$2^2 = 4$	{0, 1, 2, 3}
3	$2^3 = 8$	{0, 1, ..., 7}
8	$2^8 = 256$	{0, 1, ..., 255}
12	$2^{12} = 1024$	{0, 1, ..., 1023}

TAB. 3: Correspondance entre le nombre de bits et le nombre de valeurs possibles.

Débit

Définition 11 *En multipliant le nombre de bits nécessaires à coder l'amplitude par la fréquence d'échantillonnage, on obtient le débit associé à un signal. Il s'exprime en bits par seconde [b/s].*

Calcul du débit

	Son (parole - téléphone)	Son (audio)
Plus haute fréquence		
Fréquence d'échantillonnage		
Nombre de bits par échantillon		
Débit		

Types de représentation : résumé des principales grandeurs

Analogique

- Fréquence
- (Résolution)
- Bande passante

Numérique

- Bit, byte (octet)
- Fréquence d'échantillonnage
- Quantification
- Débit
- Taux de compression

Compression

Propositions théoriques importantes :

1. Limite théorique pour la transmission dans un canal

- la capacité d'un canal de transmission de largeur de bande B , de rapport signal à bruit $\frac{S}{N}$, vaut

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \quad (10)$$

2. Limite théorique pour la compression sans perte

- le nombre de bits minimum pour coder un symbole est toujours supérieur à l'entropie de source

Théorie de l'information : bases de la compression

- La compression exploite la probabilité d'occurrence

La phrase contient des lettres redondantes.	37 lettres
L phrse contient des lettres redodantes.	33 lettres
L phrse cotient des lettre redodant.	29 lettres

FIG. 27: Suppression de lettres redondantes.

Théorie de l'information : bases de la compression

- La compression exploite la probabilité d'occurrence

La phrase contient des lettres redondantes.	37 lettres
L phrse contient des lettres redodantes.	33 lettres
L phrse cotient des lettre redodant.	29 lettres

FIG. 27: Suppression de lettres redondantes.

- **Définition.** Taux de compression

$$= \frac{\text{Nombre de bits avant compression}}{\text{Nombre de bits après compression}}$$

Théorie de l'information : bases de la compression

- La compression exploite la probabilité d'occurrence

La phrase contient des lettres redondantes.	37 lettres
L phrse contient des letres redodantes.	33 lettres
L phrse cotient des letre redodant.	29 lettres

FIG. 27: Suppression de lettres redondantes.

- **Définition.** Taux de compression

$$= \frac{\text{Nombre de bits avant compression}}{\text{Nombre de bits après compression}}$$

- Codage sans perte ou avec perte
- Codage perceptif

Compression de données textuelles

- Compression toujours sans perte
- Exploitation des probabilités d'occurrence
- Exemples :
 - Fax
 - Run Length Coding (codage en rafale) ; il s'agit d'une technique de codage d'image
 - Techniques à base de dictionnaires
 - HUFFMAN
 - LEMPEL, ZIV, WELCH (fichier d'extension ".zip")

Codage DPCM (Differential Pulse Code Modulation)

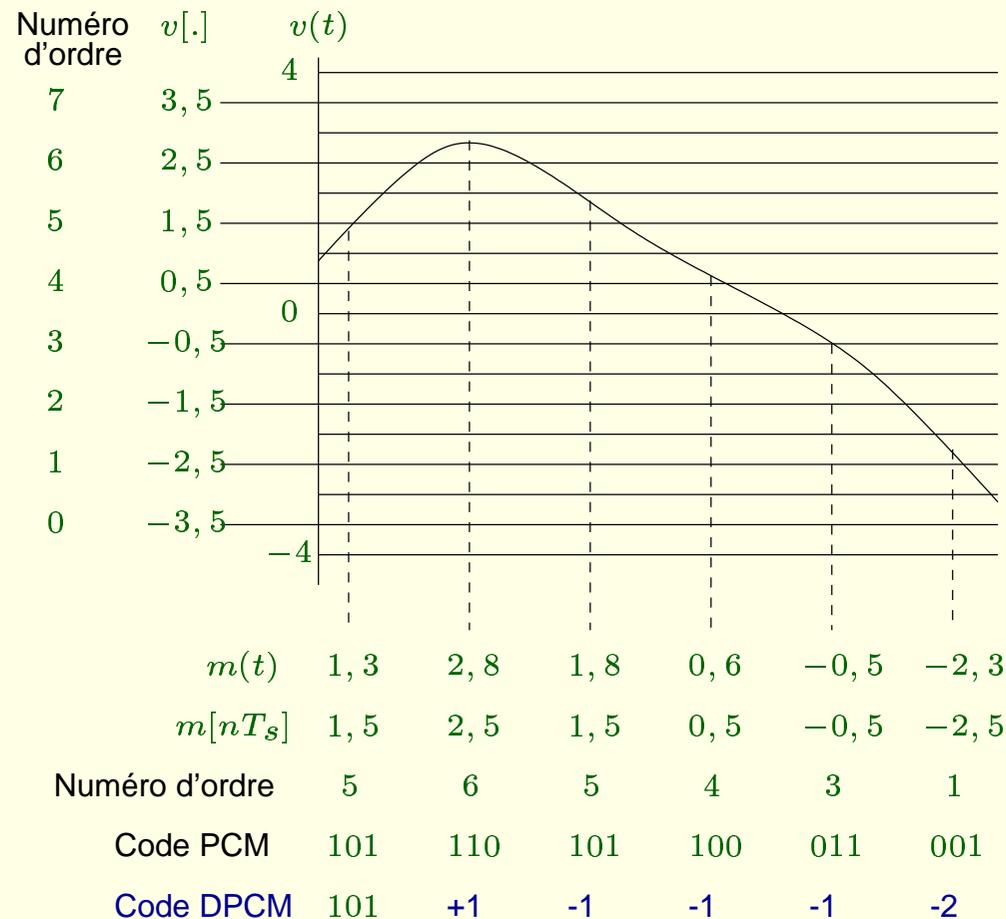


FIG. 28: Échantillons instantanés, quantifiés, codes PCM et valeurs DPCM.

Compression audio

Standards :

- ITU : Famille G.72x
 - DPCM
 - ADPCM
 - Adaptatif
 - CELP
- TS GSM 06.10
- MPEG-1 audio = MP3

MP3

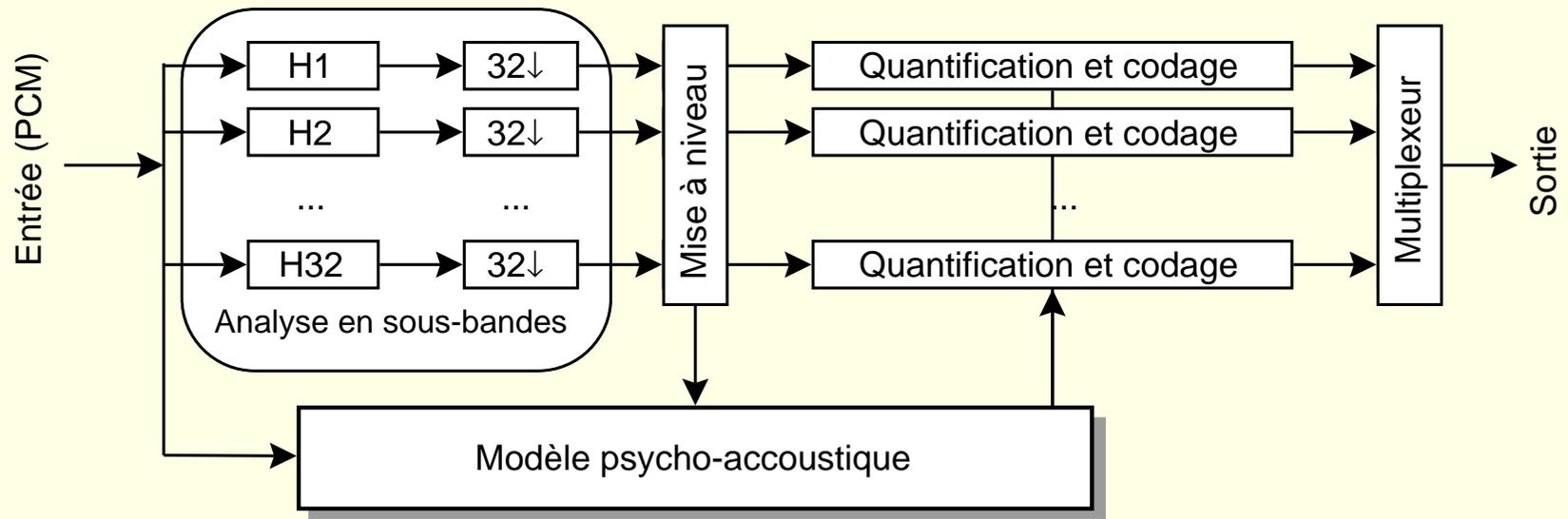
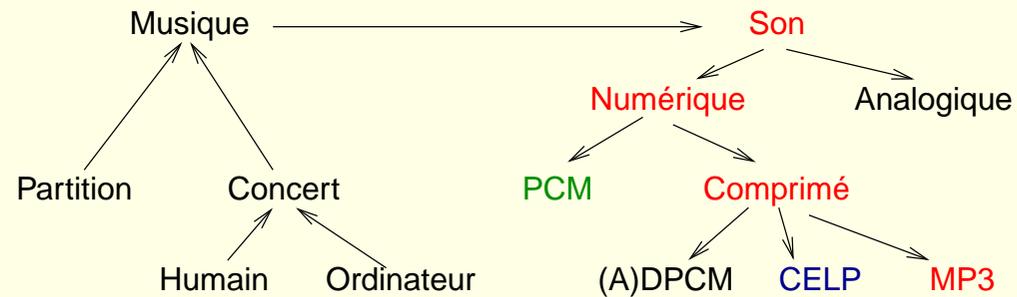


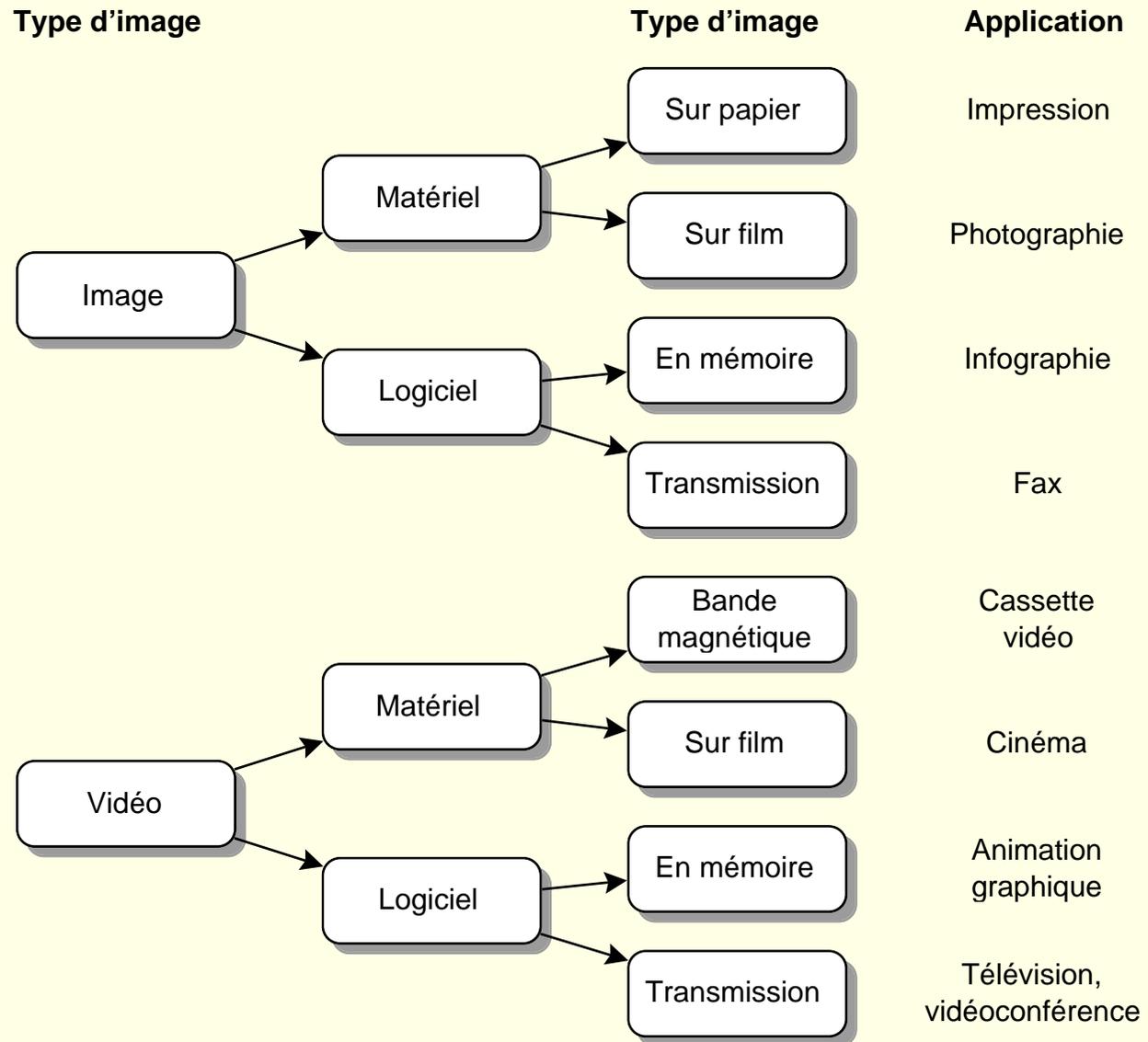
FIG. 29: Encodeur audio MPEG-1 simplifié (MP3).

Différentes représentations pour un même son



- Problème de protection des droits
- Solution proposée par certains : marquage (watermarking)

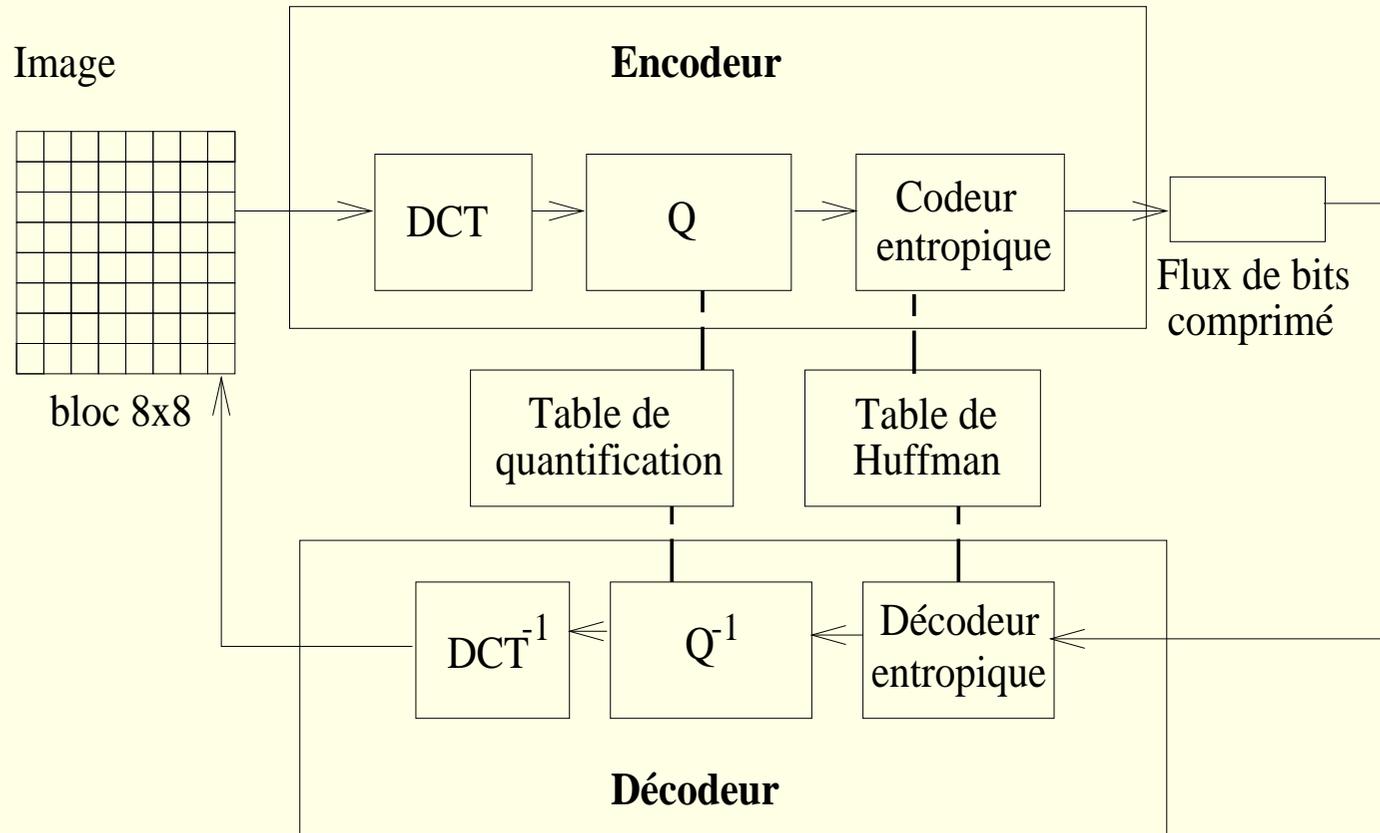
Applications “image”



Compression d'images

- Fax
- Standards de compression pour image
 - ✗ standard JPEG (ISO)
 - ✗ GIF : solution propriétaire
 - ✗ PNG
 - ✗ JPEG 2000 (ISO) : libre de tout droit

JPEG



DCT = Transformée en Cosinus

DCT⁻¹ = Transformée inverse

Q = Quantification

Q⁻¹ = Quantification inverse



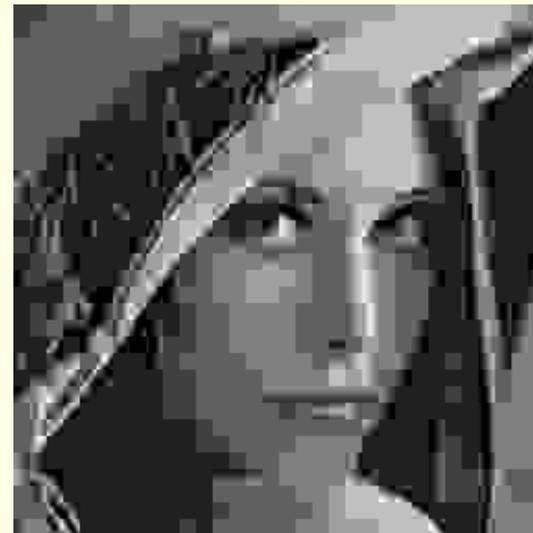
(a)



(b)



(c)



(d)

FIG. 30: (a) image originale, (b-c-d) images comprimées avec des taux de compression respectifs de 14, 23 et 41.

JPEG 2000

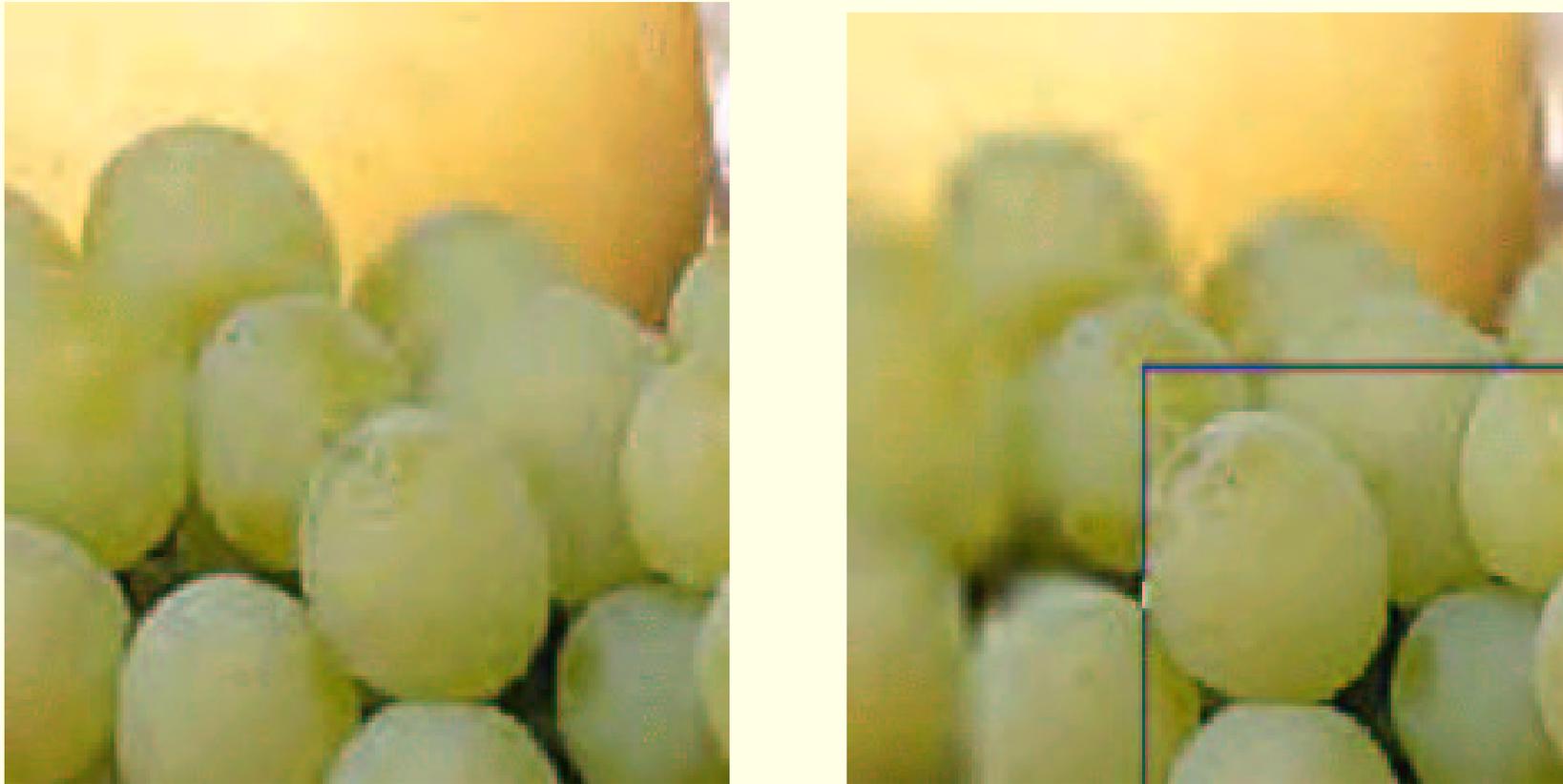


FIG. 31: Deux images comprimées avec un même taux de compression ; la seconde concentre l'effort de compression dans une région d'intérêt.

Format de télévision numérique

- ITU-R 601 (ex **CCIR 601**)
 - YC_bC_r
 - 4 :4 :4 (720/720/720) = 270 [Mb/s]
 - 4 :2 :2 (720/360/360) = 180 [Mb/s]
- Source Input Format (**SIF**) et Common Interchange Format (**CIF**)

	SIF (30 Hz)	SIF (25 Hz)	CIF (30 Hz)
Y	360 x 242	360 x 288	352 x 288
C_b	180 x 121	180 x 144	176 x 144
C_r	180 x 121	180 x 144	176 x 144
	4 :2 :0	4 :2 :0	4 :2 :0

Multiplexage des données

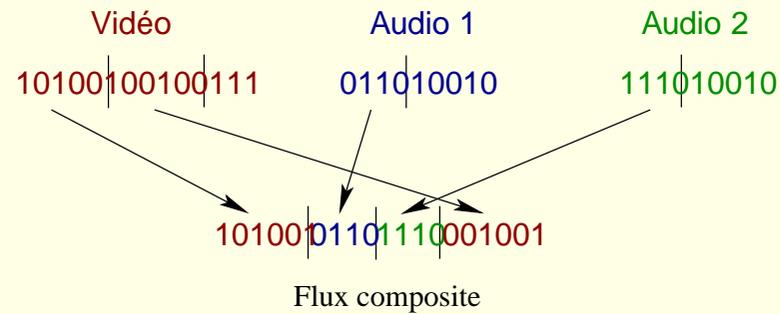


FIG. 32: Multiplexage : création d'un flux composite.

Variantes de mise en forme pour MPEG-2 :

- program stream - compatible MPEG-1
- transport stream - adapté aux transmissions bruitées

MPEG-2 profiles and levels

Profile	Simple	Main	SNR	Spatial	High
Low level (235 x 288 x 30Hz)		X	X		
Main level (720 x 576 x 30Hz)	X	X	X		X
High-1440 level (1440 x 1152 x 60Hz)		X		X	X
High level (1920 x 1152 x 60Hz)		X			X

Formats et conversion

✘ Audio

Fichiers d'ondes sonores

Ces fichiers contiennent des signaux échantillonnés.

Ils peuvent contenir parole, musique,

...

Extensions des fichiers : WAV, AU
Volumineux.

Ils produisent toujours le même type de son.

Fichiers MIDI

Ces fichiers contiennent des instructions pour produire des sons.

Ils représentent exclusivement de la musique.

Extensions des fichiers : MIDI
Compact.

Ils peuvent être joués sur tout type d'instrument. Le rendu n'est pas unique.

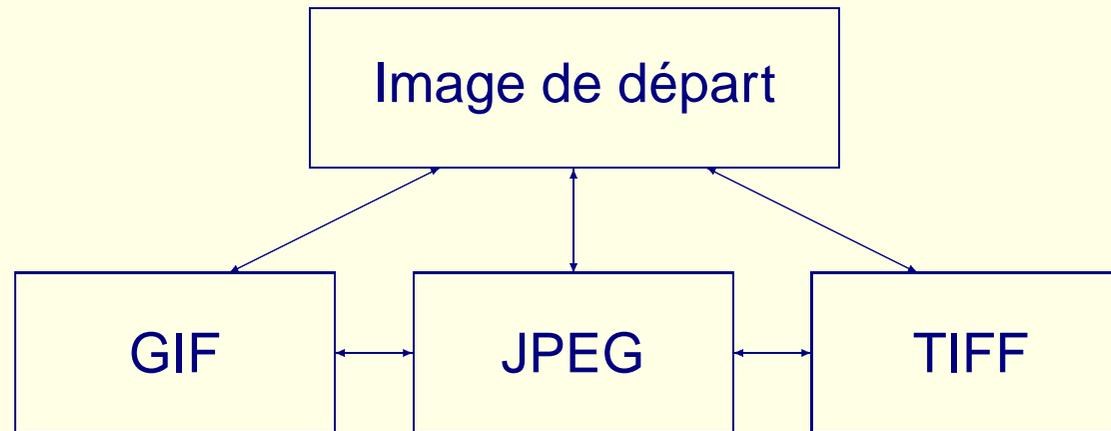
✘ Image

- Interface graphique (BMP), applications sur ordinateur (GIF), applications génériques (TIFF, PostScript), ...

✘ Vidéo

- MPEG, AVI, DivX, ...

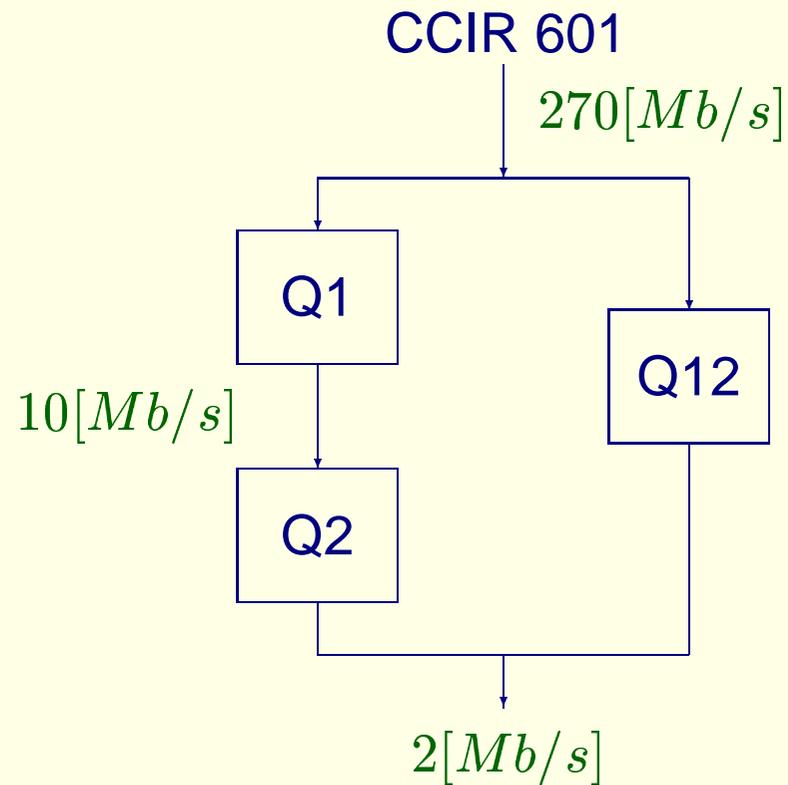
Conversion entre formats



Problèmes typiques :

- dégradations successives
- il vaut mieux éviter les conversions entre formats comprimés

Codeurs en cascade



Problèmes typiques :

- dégradations successives
- il vaut mieux compresser à partir de l'original

Watermarking

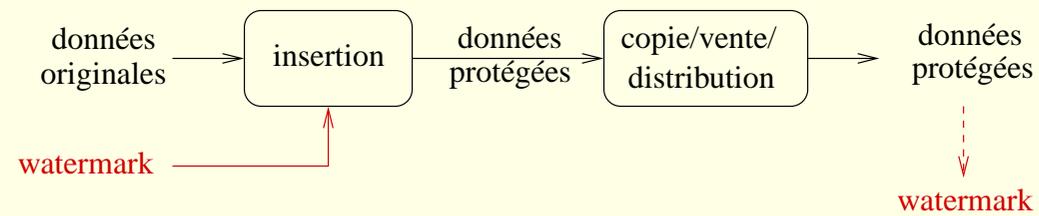


FIG. 33: Schéma d'un processus de protection par watermarking.

Chiffrement partiel



FIG. 34: Une image originale et une image chiffrée partiellement.

Autres types de signaux

- Texte
 - ASCII, Unicode

A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	AA	AB	AC	AD	AE	AF
	ı	ϕ	£	¤	¥	ı	§		©	≡	«	¬	-	®	-
B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	BA	BB	BC	BD	BE	BF
°	±	²	³	´	µ	¶	·	¸	¹	º	»	¼	½	¾	¿
C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	CA	CB	CC	CD	CE	CF
À	Á	Â	Ã	Ä	Å	Æ	Ç	È	É	Ê	Ë	Ì	Í	Î	Ï
D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	DA	DB	DC	DD	DE	DF
Ð	Ñ	Ò	Ó	Ô	Õ	Ö	×	Ø	Ù	Ú	Û	Ü	Ý	Þ	ß
E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	EA	EB	EC	ED	EE	EF
à	á	â	ã	ä	å	æ	ç	è	é	ê	ë	ì	í	î	ï
F0	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	FA	FB	FC	FD	FE	FF
ð	ñ	ò	ó	ô	õ	ö	÷	ø	ù	ú	û	ü	ý	þ	ÿ

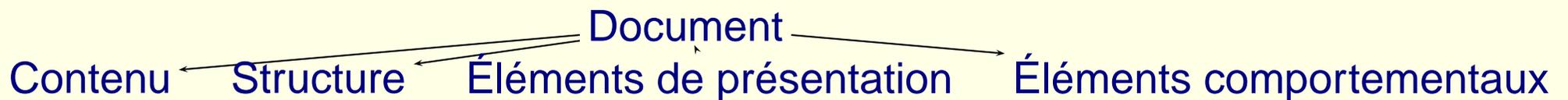


FIG. 35: Composantes d'un document multimédia interactif.

- HTML, SGML
 - Style sheets
 - meta-data

- Synchronisation
 - MHEG
- Réalité virtuelle
 - VRML 2.0
- Médecine
 - DICOM

Table des matières

- Introduction
- Signaux multimédia
- Réseaux de télécommunications
- Matériel informatique

Table des matières

- Introduction
- Signaux multimédia
- Réseaux de télécommunications
 - ✓ Aspect logique des transmissions : modèles de référence
 - ✓ Éléments relatifs à la couche physique
 - ✓ Modulation
 - ✓ Multiplexage et accès au multiplex
 - ✓ Réseaux téléphoniques et réseaux de télédistribution
 - ✓ Réseaux de transmission de données
 - ✓ Services réseau
 - ✓ Sécurité et cryptographie
- Matériel informatique

Structure d'une chaîne de télécommunications

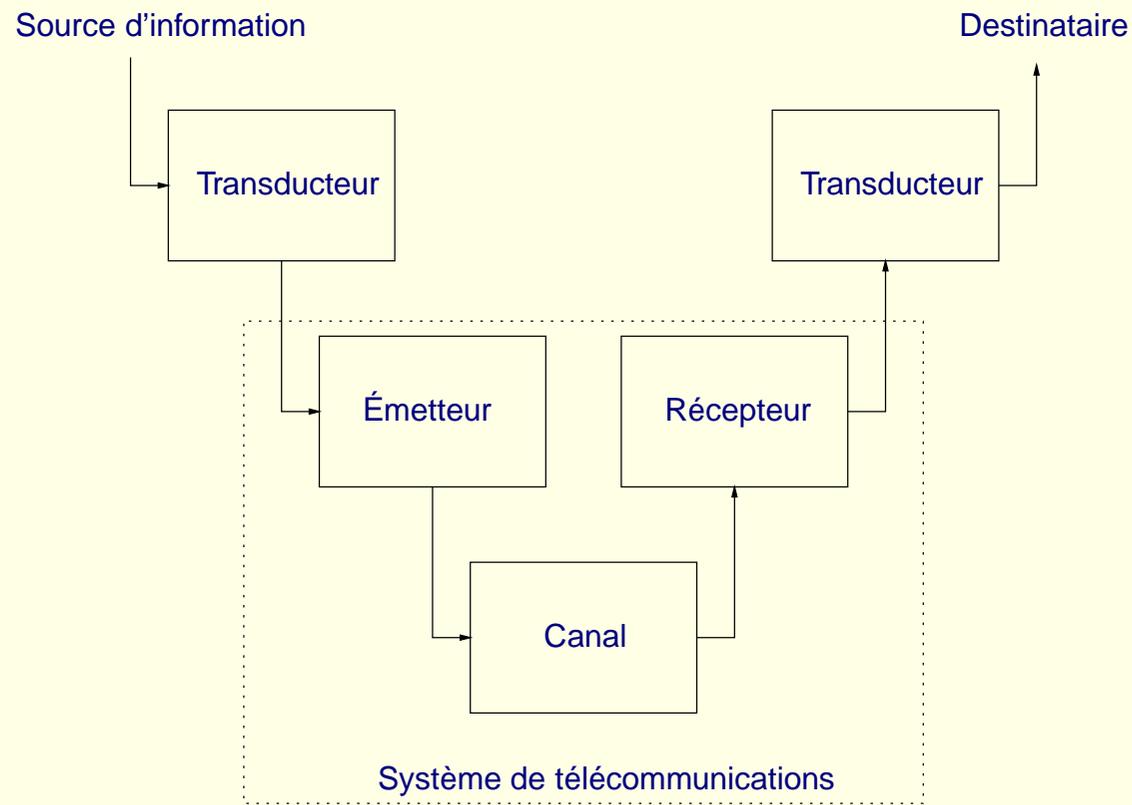
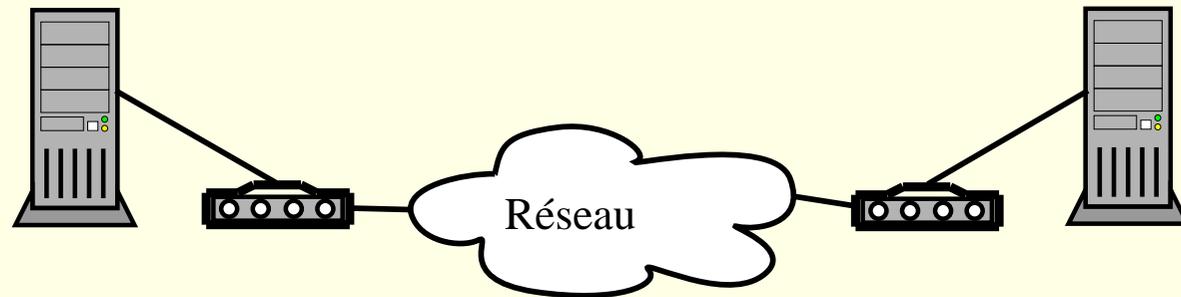


FIG. 36: Structure d'une chaîne de télécommunications.

Aspects logiques des transmissions

- Difficultés ?



- Pourquoi un modèle en couches ?

Modèle OSI (Open Systems Interconnection)

Modèle en 7 couches

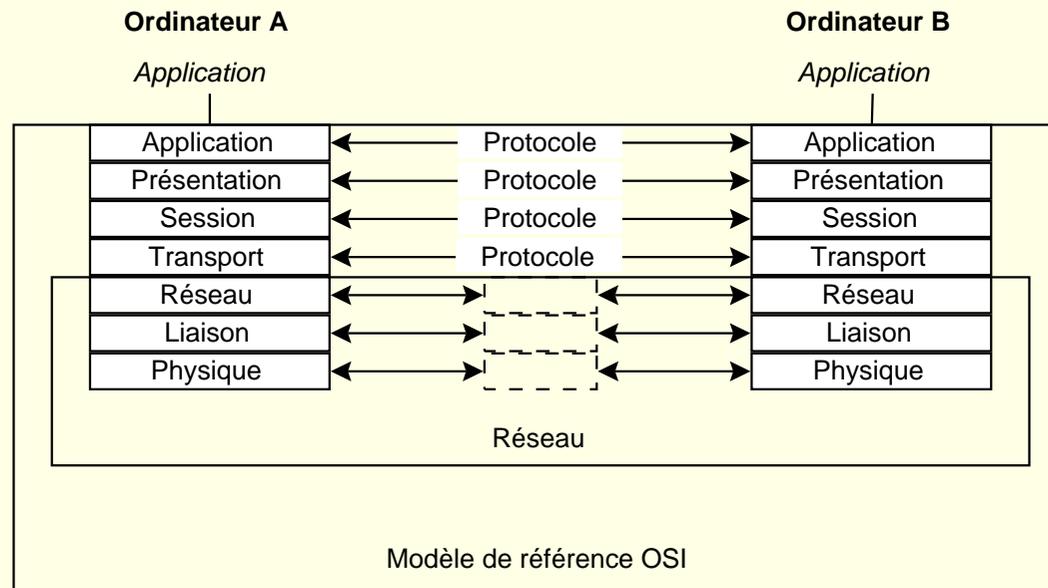
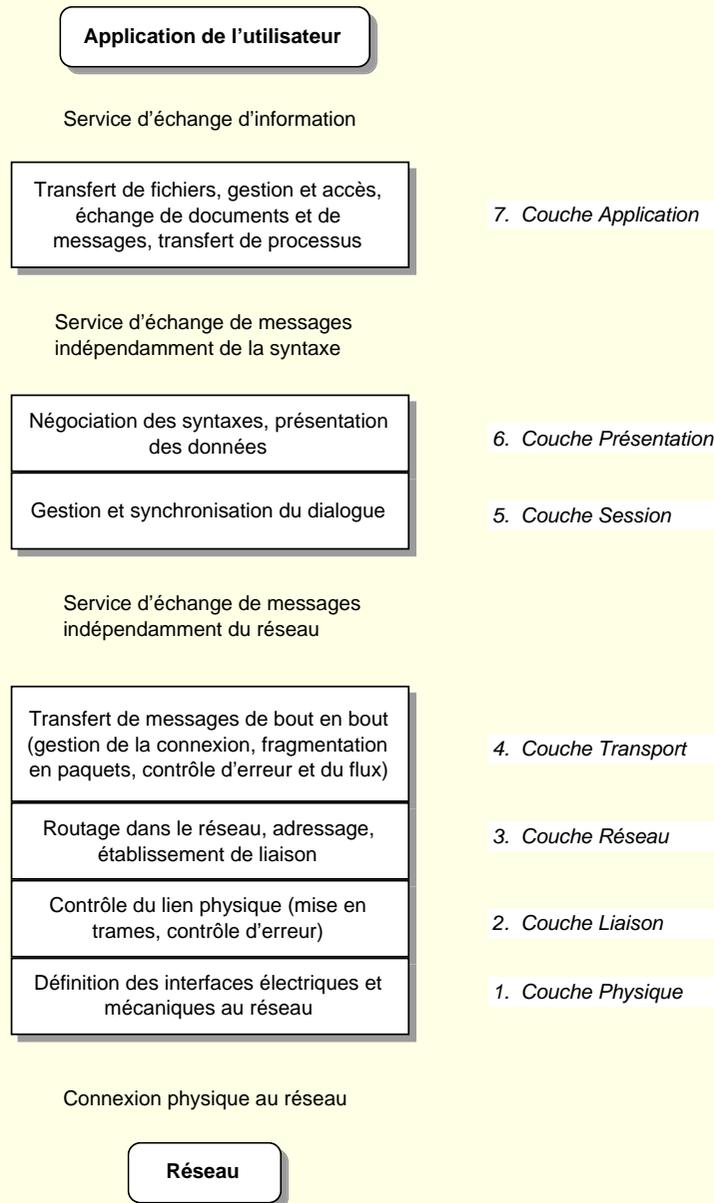


FIG. 37: Modèle de référence OSI.

Notions de :

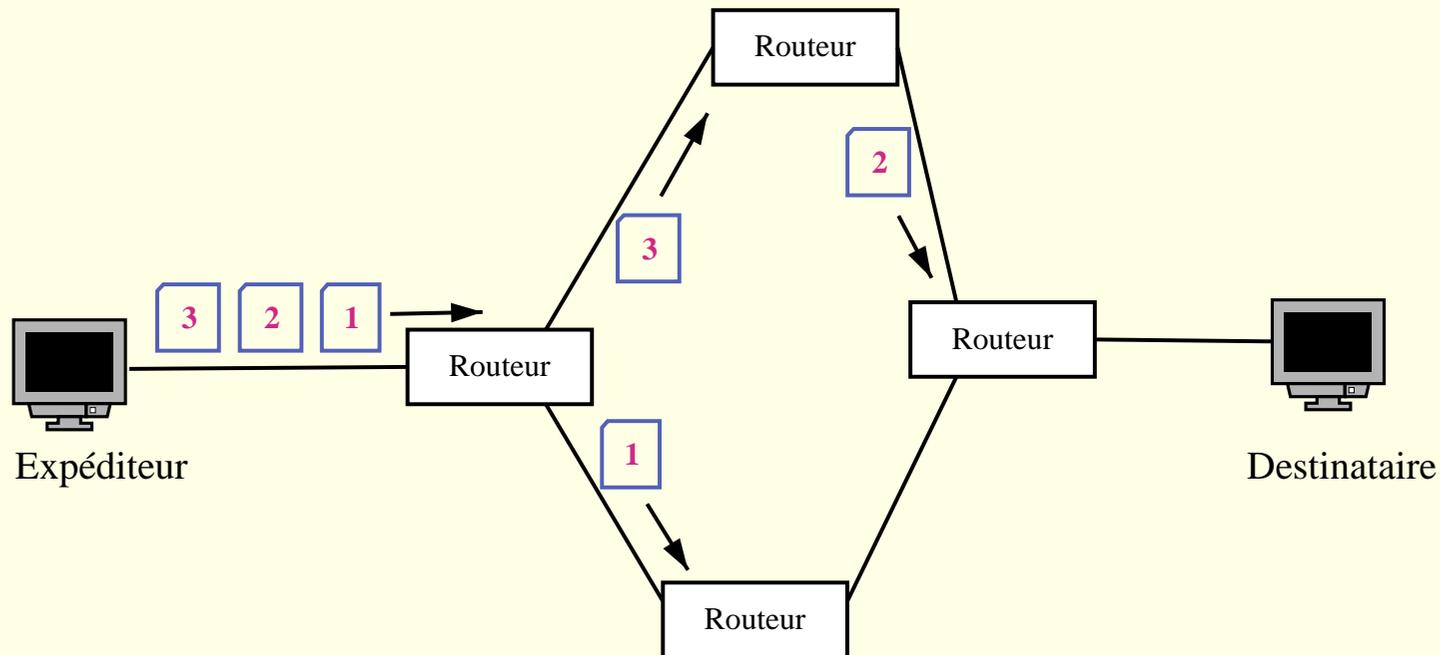
- services (entre couches)
- protocoles (entre couches similaires de deux entités distinctes)

Résumé des fonctions du modèle OSI



Caractéristiques réseau (3^è couche)

- Modes de connexion : connexion permanente (circuit) ou non (transmission par paquets)
- Fonctions de routage



Internet

- Transmission Control Protocol / Internet Protocol (TCP/IP)
- Un équivalent au modèle OSI pour Internet

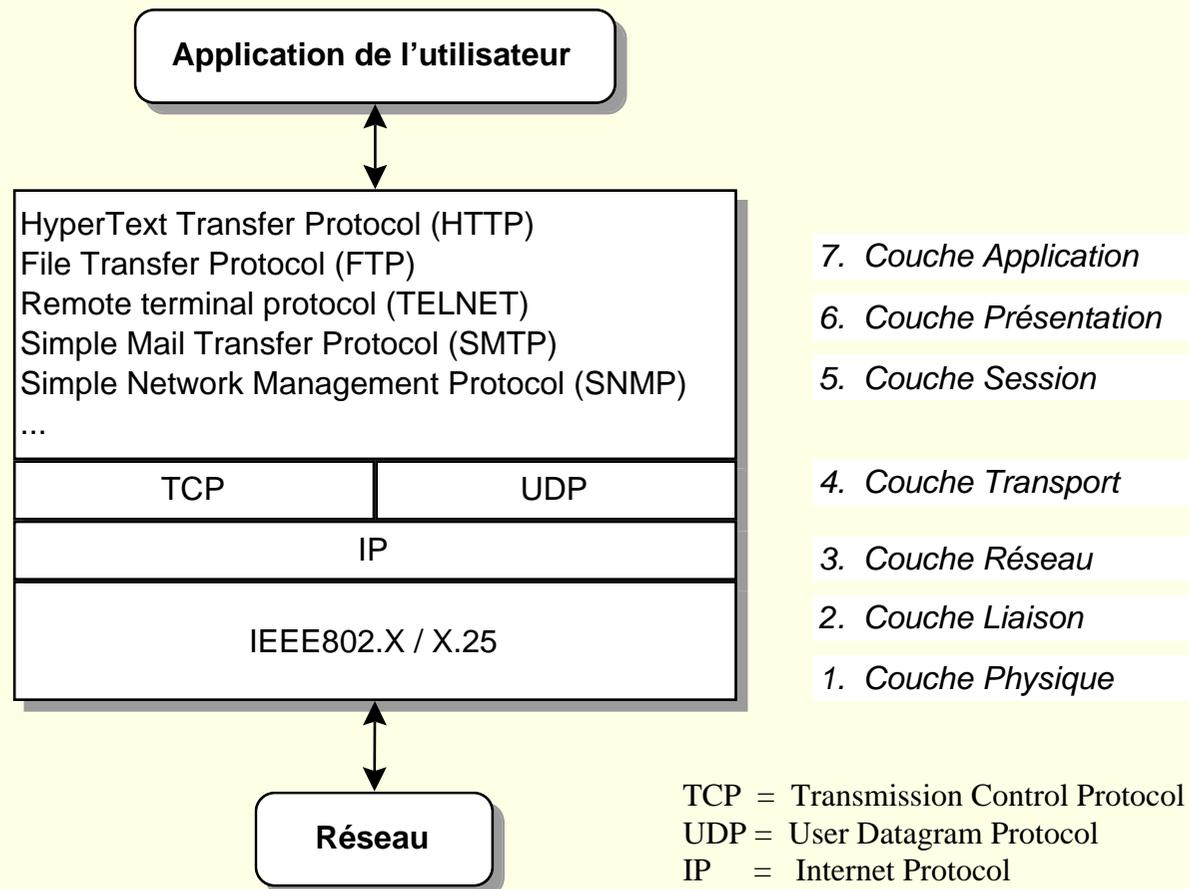


FIG. 38: Éléments de l'architecture TCP/IP.

Transmission de l'information numérique dans les réseaux

- Encapsulation : le message utile est “entouré” d'informations de service
- Segmentation : le message utile est sectionné en plusieurs morceaux qui sont envoyés séparément

En-tête du protocole IP : IP header

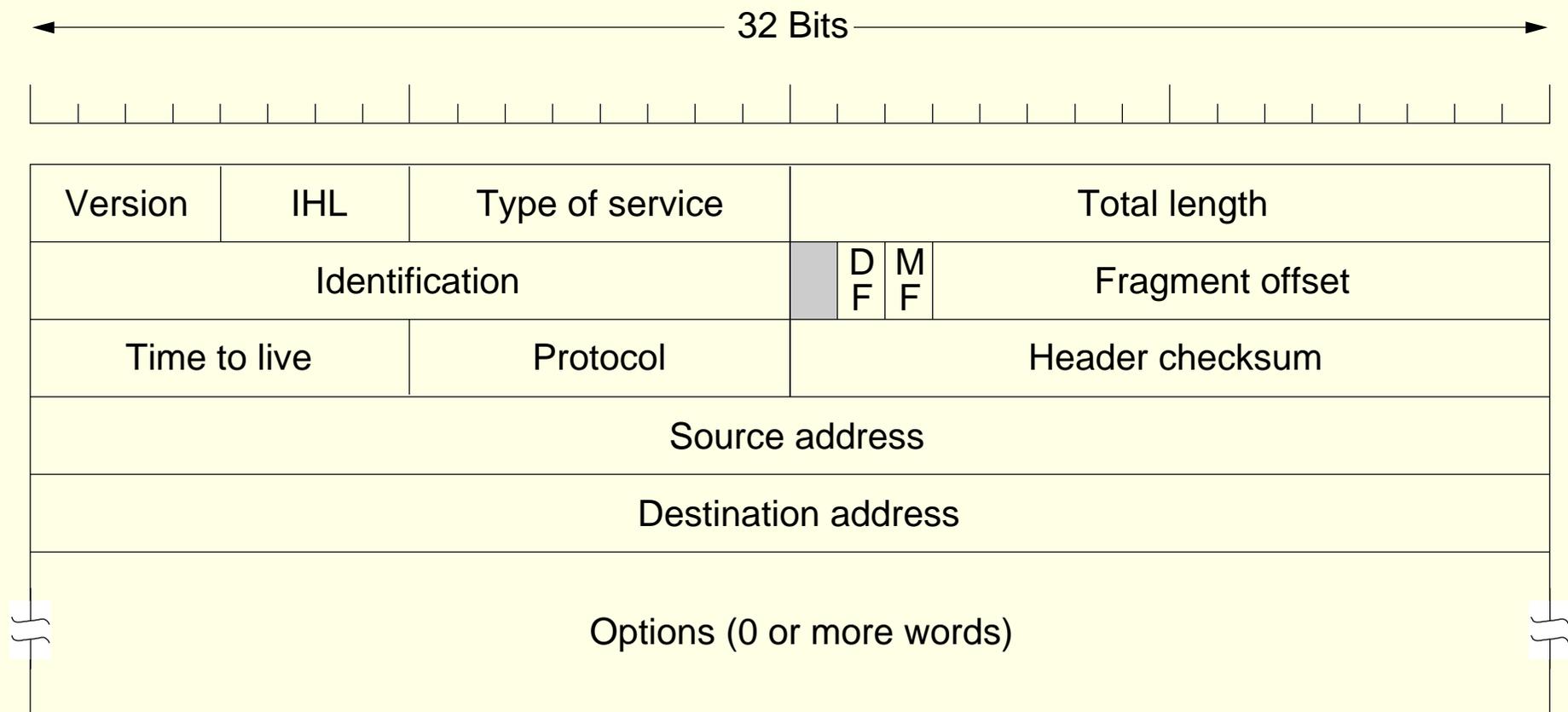


FIG. 39: En-tête du protocole IP.

Contenu d'un paquet IP

No.	Source	Destination	Protocol	Info
53	circpc8.montefiore.ul	stoch01.montefiore.ul	TCP	6000 > 42487 [PSH, ACK] Seq=603390095 Ack=3
54	stoch01.montefiore.ul	circpc8.montefiore.ul	TCP	42487 > 6000 [ACK] Seq=3487107646 Ack=60339
55	ring.aist.go.jp	circpc12.montefiore.u	TCP	ftp-data > 1174 [ACK] Seq=1209320986 Ack=39
56	ring.aist.go.jp	circpc12.montefiore.u	FTP	Response: 200 PORT command successful.
57	161.253:2	0.255:2	DDP	AnnieTalk Name Binding Protocol packet

[-] Frame (84 on wire, 84 captured)

- [-] Ethernet II
 - Destination: 00:00:00:00:00:00 (00:00:00:00:00:00)
 - Source: 00:60:83:7c:04:eb (Cisco_7c:04:eb)
 - Type: IP (0x0800)
- [-] Internet Protocol
 - Version: 4
 - Header length: 20 bytes
 - [-] Type of service: 0x10 (Minimize delay)
 - Total Length: 70
 - Identification: 0x4d87
 - [-] Flags: 0x4
 - Fragment offset: 0
 - Time to live: 231
 - Protocol: TCP
 - Header checksum: 0x0a9c
 - Source: ring.aist.go.jp (150.29.9.6)
 - Destination: circpc12.montefiore.ulg.ac.be (139.165.16.182)
 - [-] Transmission Control Protocol
 - Source port: ftp (21)
 - Destination port: 1165 (1165)
 - Sequence number: 1178723011
 - Acknowledgement number: 3911994
 - Header length: 20 bytes
 - [-] Flags: 0x18
 - Window size: 8760
 - Checksum: 0xb5f3
 - [-] File Transfer Protocol
 - Response: 200
 - Response Arg: PORT command successful.

0000	00 00 00 00 00 00 00 60	83 7c 04 eb 08 00 45 10'E.
0010	00 46 4d 87 40 00 e7 06	0a 9c 96 1d 09 06 8b a5	.FM.@...
0020	10 b6 00 15 04 8d 46 41	e2 c3 00 3b b1 3a 50 18FA:P.
0030	22 38 b5 f3 00 00 32 30	30 20 50 4f 52 54 20 63	"8....20 0.PORT.c
0040	6f 6d 6d 61 6e 64 20 73	75 63 63 65 73 73 66 75	ommand.s successfu
0050	6c 2e 0d 0a		l...

Analyse du contenu d'un paquet IP.

Éléments relatifs à la couche physique

- Terminologie, enjeux et objectifs
- Efficacité spectrale
- Modulation
- Multiplexage

Terminologie, enjeux et objectifs

Au niveau de la couche physique, on se trouve devant le problème de transmettre une information représentée par un signal $m(t)$, qui sera appelé signal modulant.

Ce signal modulant $m(t)$ est à spectre limité, c'est-à-dire qu'il existe une fréquence telle que la transformée de FOURIER du signal modulant, supposée existante, satisfasse à la condition

$$\mathcal{M}(f) = 0 \quad \text{si} \quad |f| > W \quad (11)$$

Définition 12 Dès lors que l'intervalle de fréquences est borné par la fréquence W , on appelle bande de base l'intervalle de fréquences $[0, W]$.

Efficacité spectrale

L'efficacité spectrale compare la bande passante de la représentation analogique du signal d'information numérique au débit véhiculé dans ce canal.

Définition 13 *L'efficacité spectrale, notée η , est définie comme le flux binaire par Hz .*

Efficacité spectrale

L'efficacité spectrale compare la bande passante de la représentation analogique du signal d'information numérique au débit véhiculé dans ce canal.

Définition 13 *L'efficacité spectrale, notée η , est définie comme le flux binaire par Hz .*

Valeurs typiques :

- Pour une transmission mobile : $\eta \approx 1 [b/s/Hz]$
- Liaisons point à point ou connexions câblées : $\eta \approx 6 [b/s/Hz]$

Modulation

Cosinusoïde de référence appelée porteuse

$$c(t) = A_c \cos(2\pi f_c t + \phi_c) \quad (12)$$

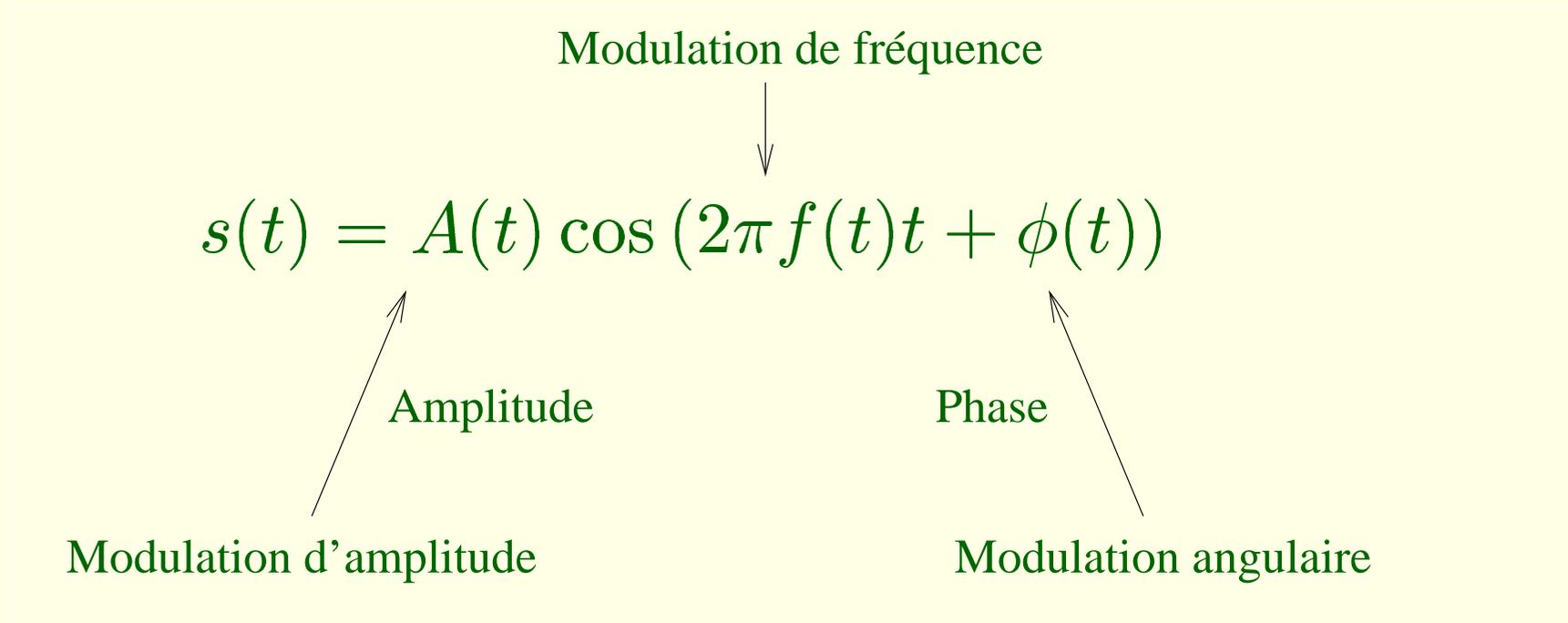


FIG. 41: Paramètres d'un signal modulé.

Modulation d'amplitude classique

Définition 14 *La modulation d'amplitude, dite modulation AM pour Amplitude Modulation, est le processus par lequel l'amplitude de la porteuse $c(t)$ varie linéairement avec le signal modulant $m(t)$.*

Après modulation, le signal modulé $s(t)$ est décrit par la fonction

$$s(t) = A_c k_a m(t) \cos(2\pi f_c t) \quad (13)$$

L'amplitude instantanée est donc rendue proportionnelle au signal modulant, et vaut

$$A(t) = A_c k_a m(t) \quad (14)$$

Exemple

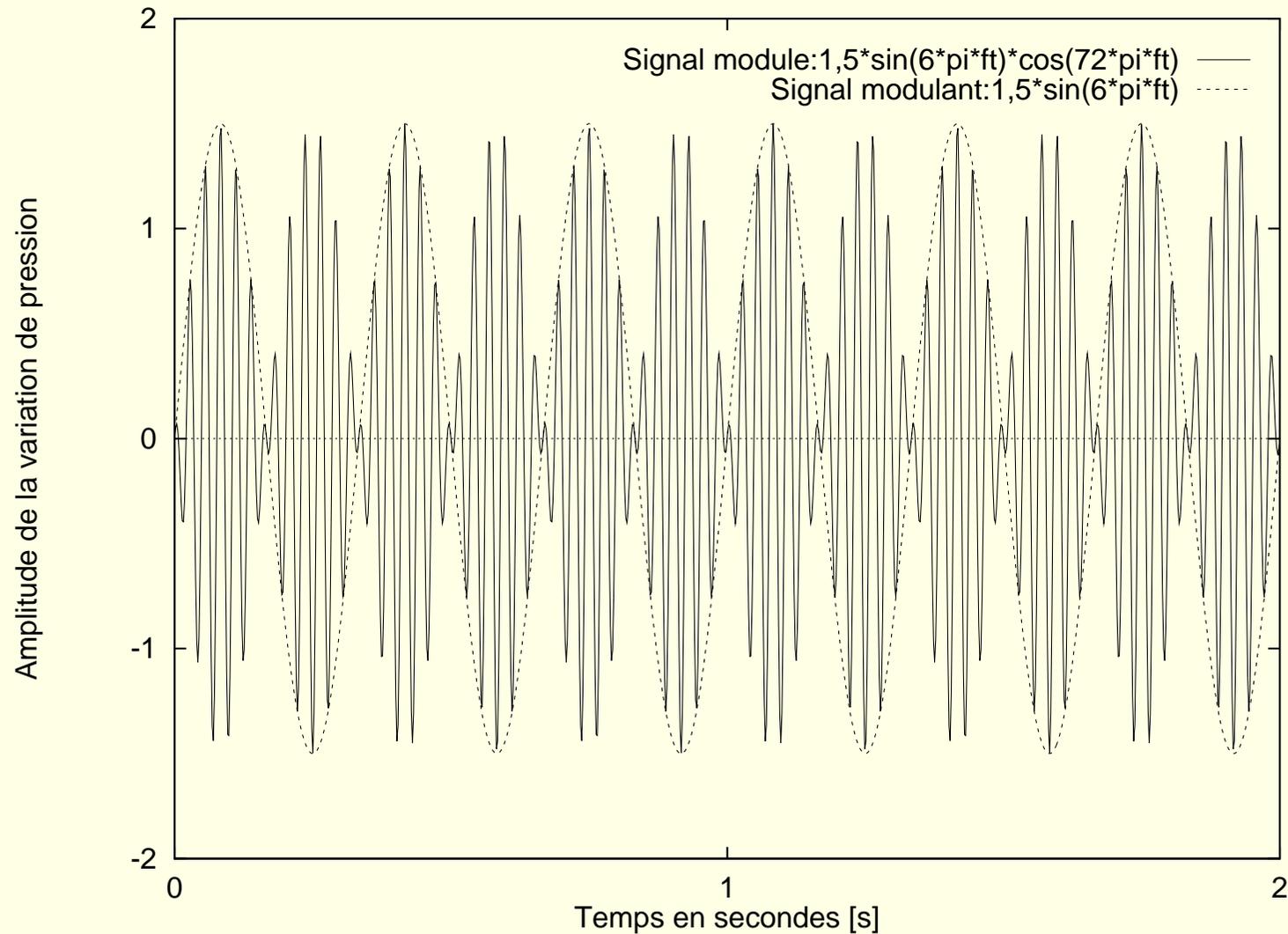


FIG. 42: Représentation d'un signal basse fréquence modulé par un signal haute fréquence.

Analyse spectrale

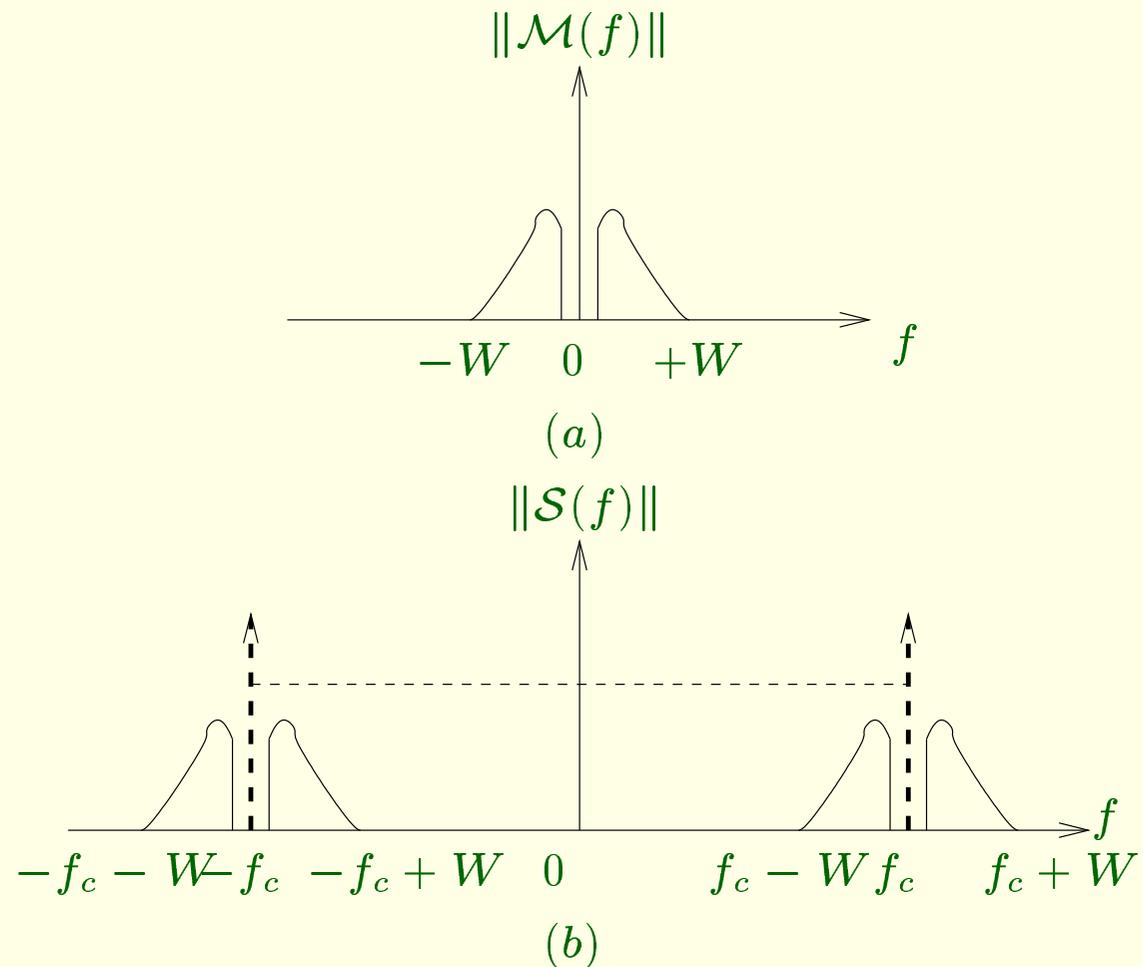


FIG. 43: Spectres de fréquence : (a) signal en bande de base, (b) signal modulé.

Illustration des techniques de modulation

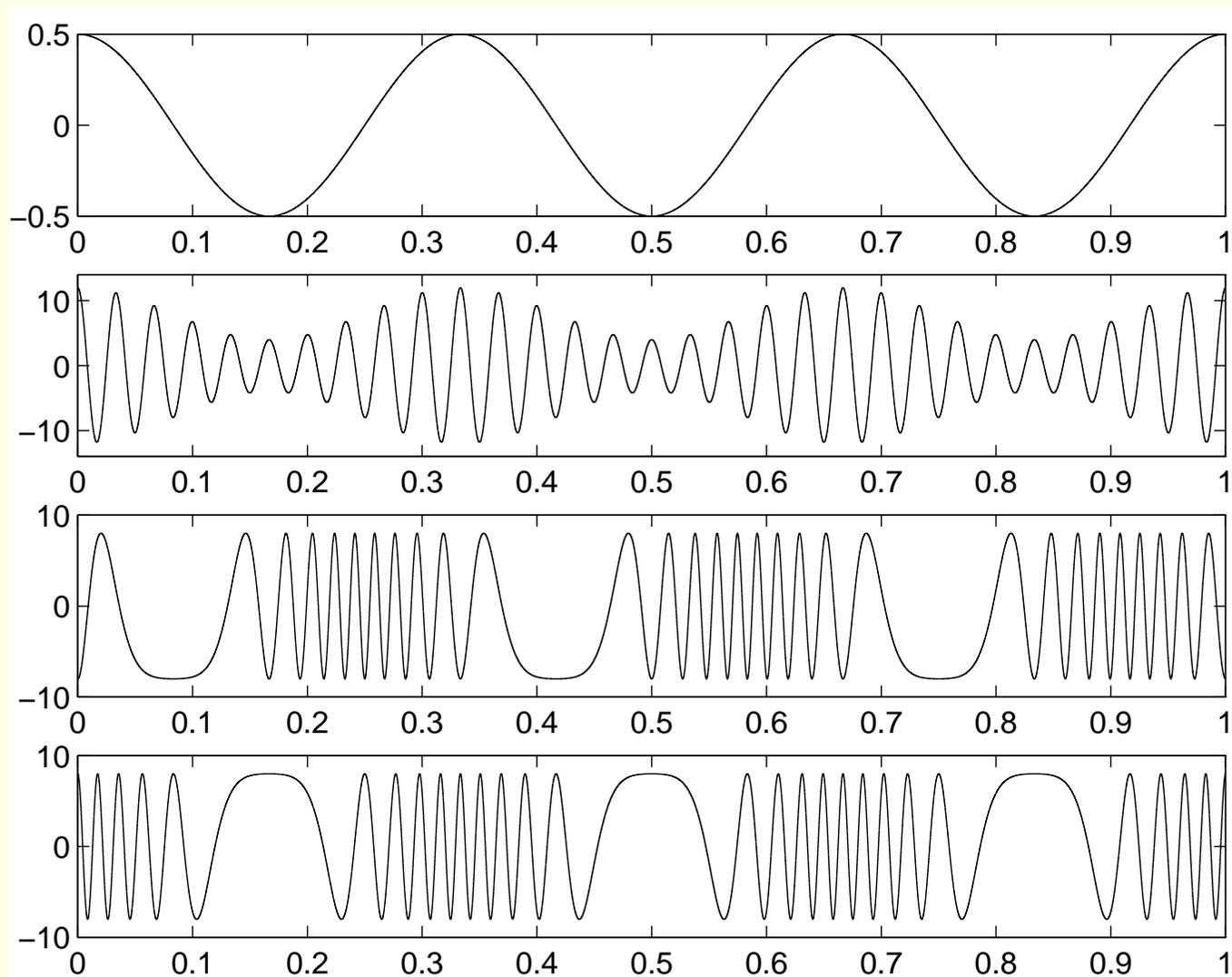


FIG. 44: Signal modulant et signaux modulés respectivement en AM, PM et FM.

Multiplexage et accès au multiplex

- Multiplexage : principes et modes d'accès
 - Multiplexage par répartition en fréquences
 - Multiplexage par répartition temporelle
 - Multiplexage par répartition de codes

Multiplexage

Historiquement, on distingue principalement :

- le multiplexage en fréquences (Frequency Division Multiplexing - FDM). Cette technique de multiplexage alloue une bande de fréquences spécifique à chaque signal.
- le multiplexage temporel (Time Division Multiplexing - TDM). Il consiste à réguler les moments d'occupation du canal pour chaque signal.

Multiplexage

Historiquement, on distingue principalement :

- le multiplexage en fréquences (Frequency Division Multiplexing - FDM). Cette technique de multiplexage alloue une bande de fréquences spécifique à chaque signal.
- le multiplexage temporel (Time Division Multiplexing - TDM). Il consiste à réguler les moments d'occupation du canal pour chaque signal.

Technique plus récente : multiplexage par étalement de spectre

Multiplexage

Historiquement, on distingue principalement :

- le multiplexage en fréquences (Frequency Division Multiplexing - FDM). Cette technique de multiplexage alloue une bande de fréquences spécifique à chaque signal.
- le multiplexage temporel (Time Division Multiplexing - TDM). Il consiste à réguler les moments d'occupation du canal pour chaque signal.

Technique plus récente : multiplexage par étalement de spectre

Pour les fibres optiques :

- techniques de multiplexage par longueurs d'onde (Wave Division Multiplexing - WDM)
- quelques variantes particulièrement adaptées à la transmission à très haut débit (Dense Wave Division Multiplexing - DWDM).

Accès multiple

Dès lors qu'il y a multiplexage et donc partage des ressources, il convient de définir :

- des moyens techniques pour accéder à ces ressources individuelles. On parle de méthodes d'accès telles que le FDMA (la lettre A désignant Access), TDMA, CDMA, ...
- des stratégies pour disposer du canal. C'est par le biais de stratégies qu'on espère atteindre au haut de performance (haut débit, faible délai, faible taux de congestion, ...).

Multiplexage par répartition en fréquences : principe

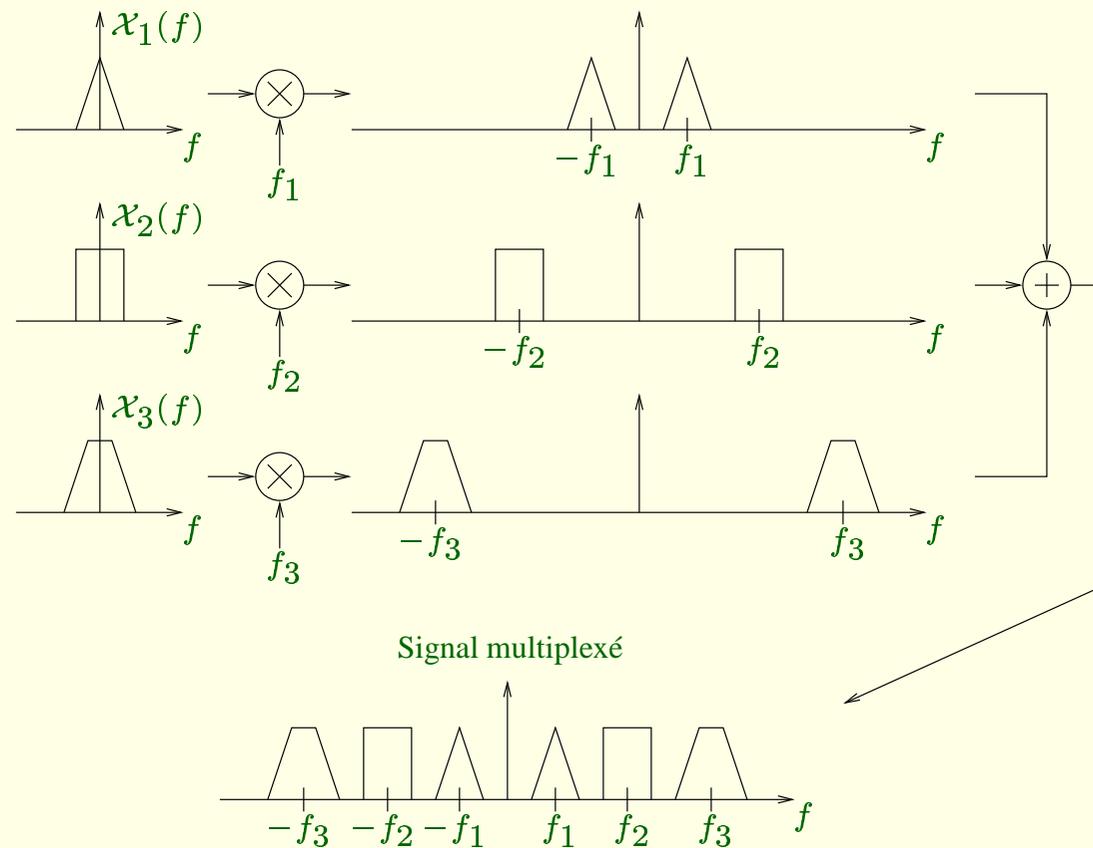


FIG. 45: Principe du multiplexage en fréquence.

Démultiplexage

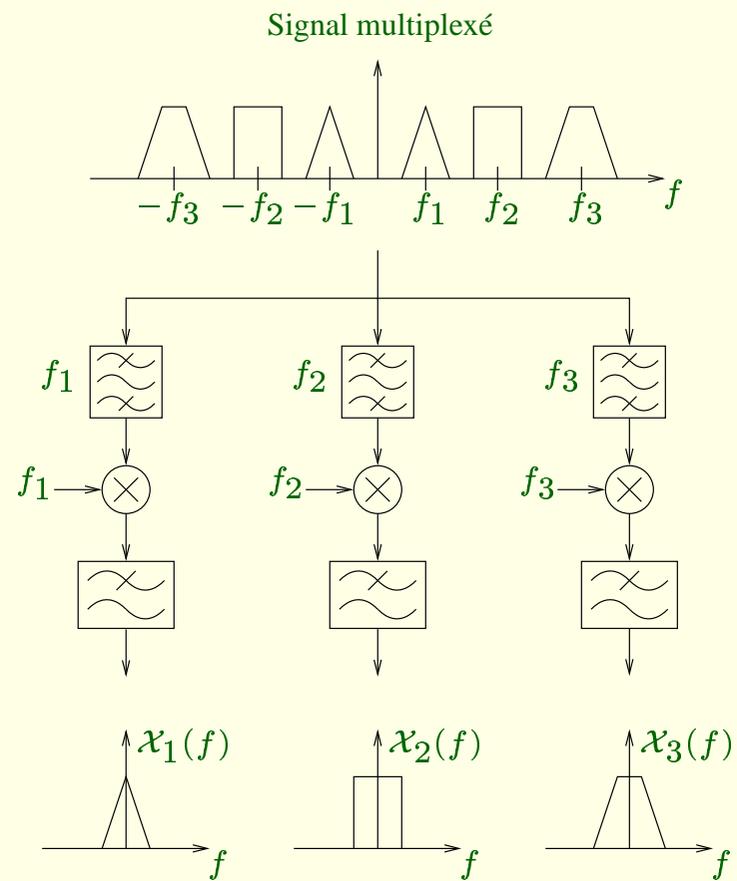


FIG. 46: Principe du démultiplexage en fréquence.

Schématiquement

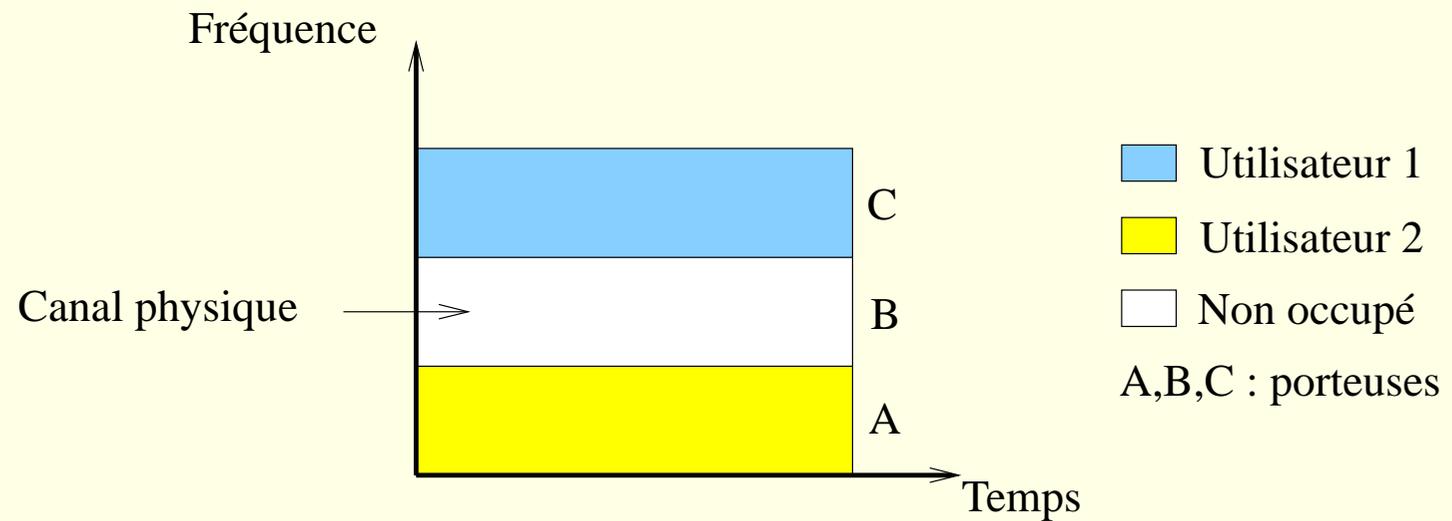


FIG. 47: Partage des ressources par multiplexage en fréquence : le FDMA (Frequency Division Multiple Access).

Multiplexage par répartition temporelle : principe

Le multiplexage par répartition temporelle = TDM (Time Division Multiplexing)

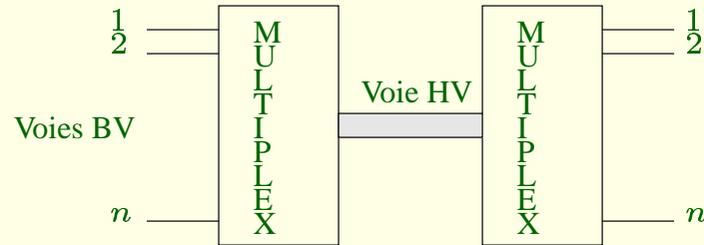


FIG. 48: Multiplex temporel.

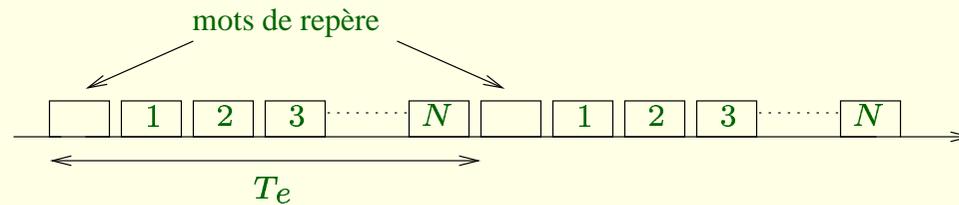


FIG. 49: Mot de repère.

L'ensemble constitué du mot de repère et de l'information de même rang pour toutes les voies est appelé trame.

Accès au multiplex

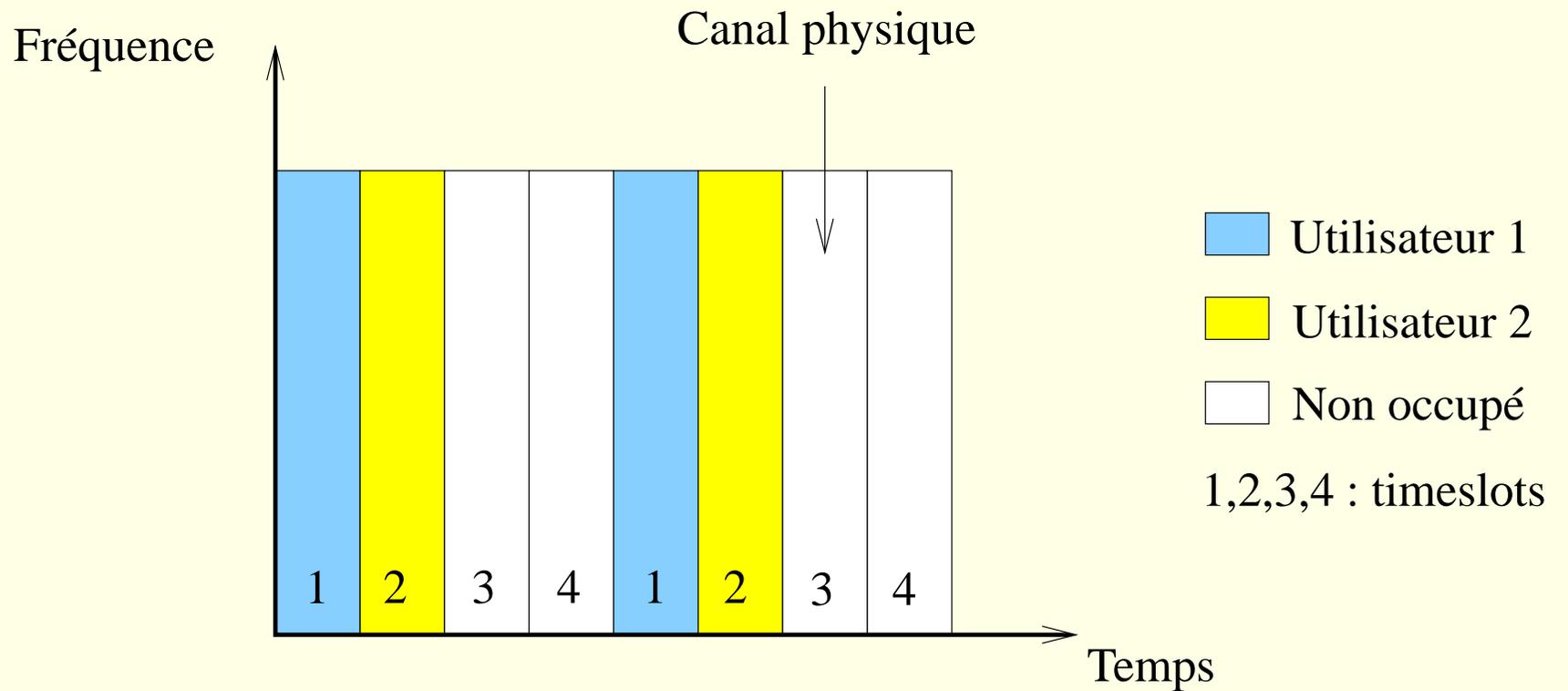


FIG. 50: Partage des ressources par multiplexage en temps : le TDMA (Time Division Multiple Access).

Multiplexage par répartition de codes

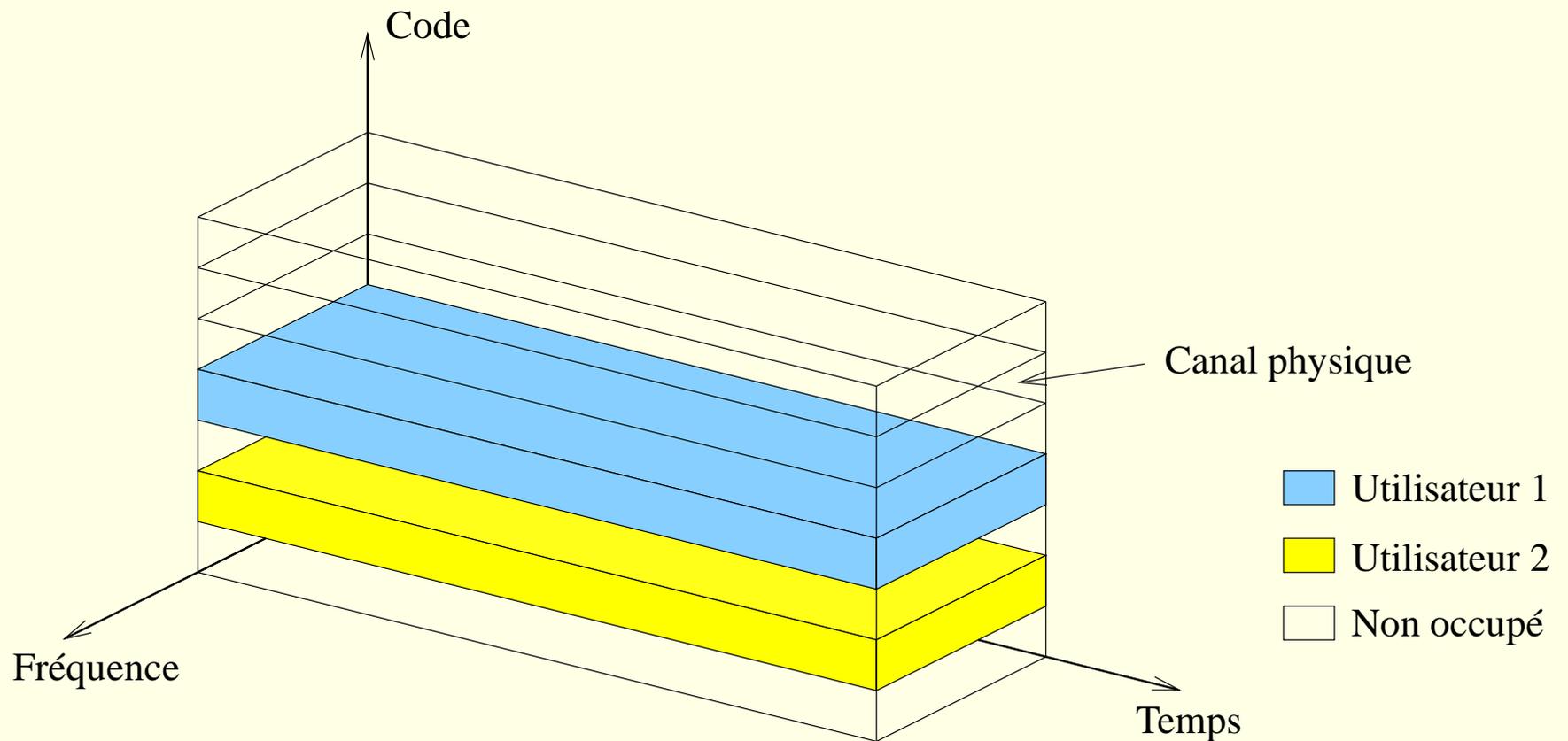


FIG. 51: Multiplexage de ressources par répartition de code (Code Division Multiple Access).

Combinaison de techniques de multiplexage

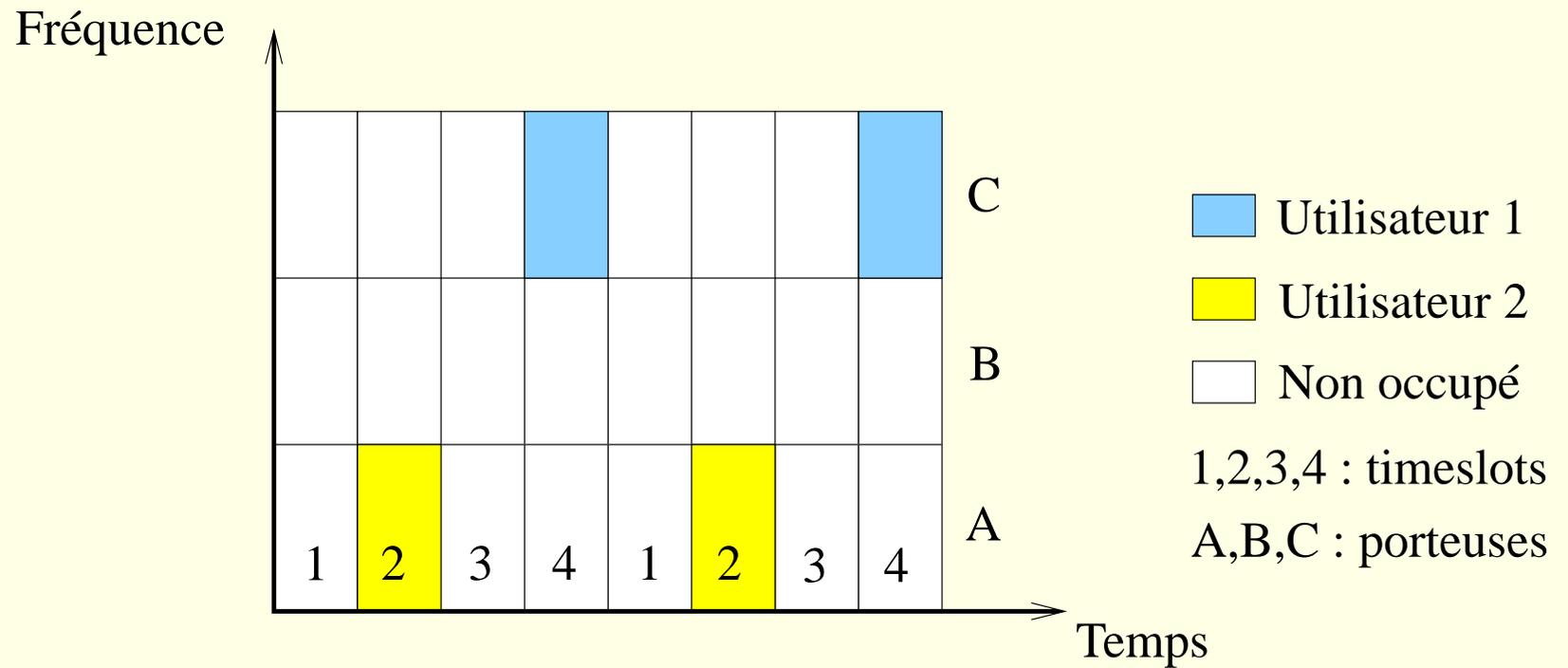


FIG. 52: Partage de ressources par multiplexage en temps et en fréquence, combinaison du TDMA et du FDMA.

Quid des licences GSM et UMTS ?

En Belgique, l'émission d'ondes électromagnétiques dans l'air est régulée par l'Institut Belge des services Postaux et des Télécommunications qui suit les recommandations de l'ITU.

La régulation se fait par bande de fréquences : chaque bande de fréquences est associée à certains types de services.

Le réseau téléphonique

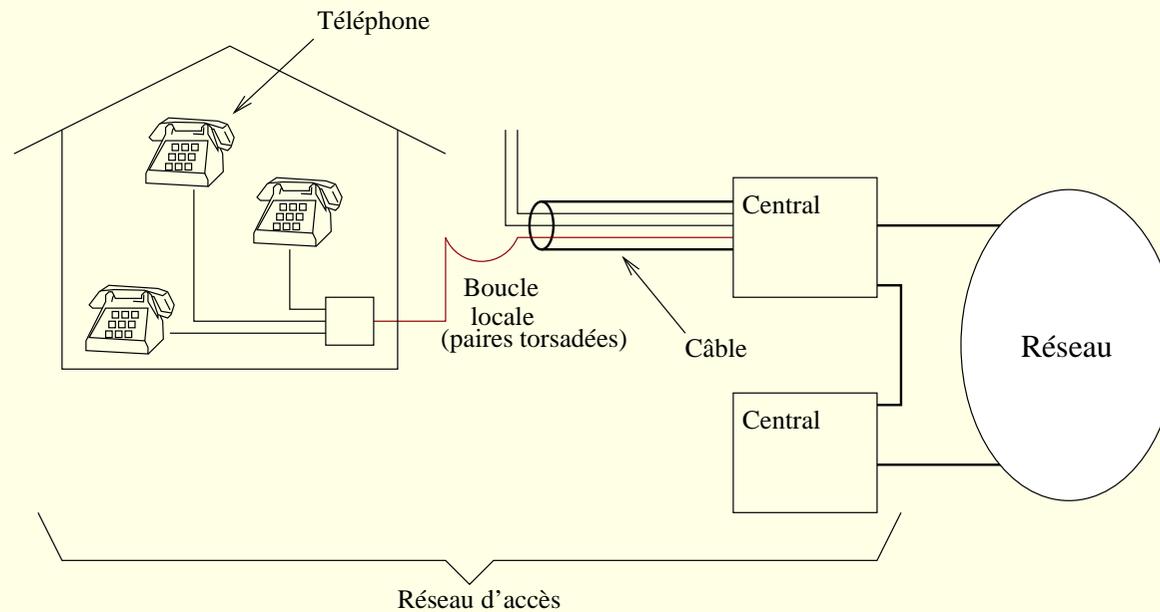


FIG. 53: Structure d'un réseau à paires de cuivre.

Éléments constitutifs d'une ligne dite analogique

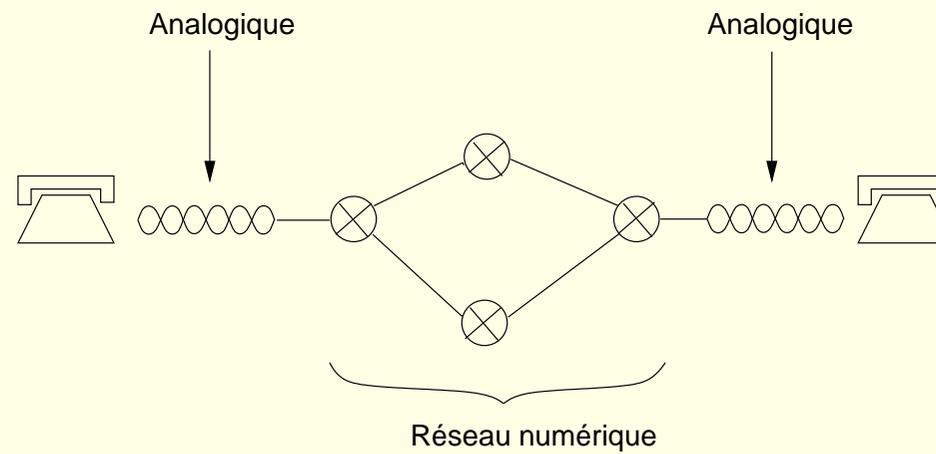


FIG. 54: Ligne analogique.

Transmission de données dans le réseau téléphonique

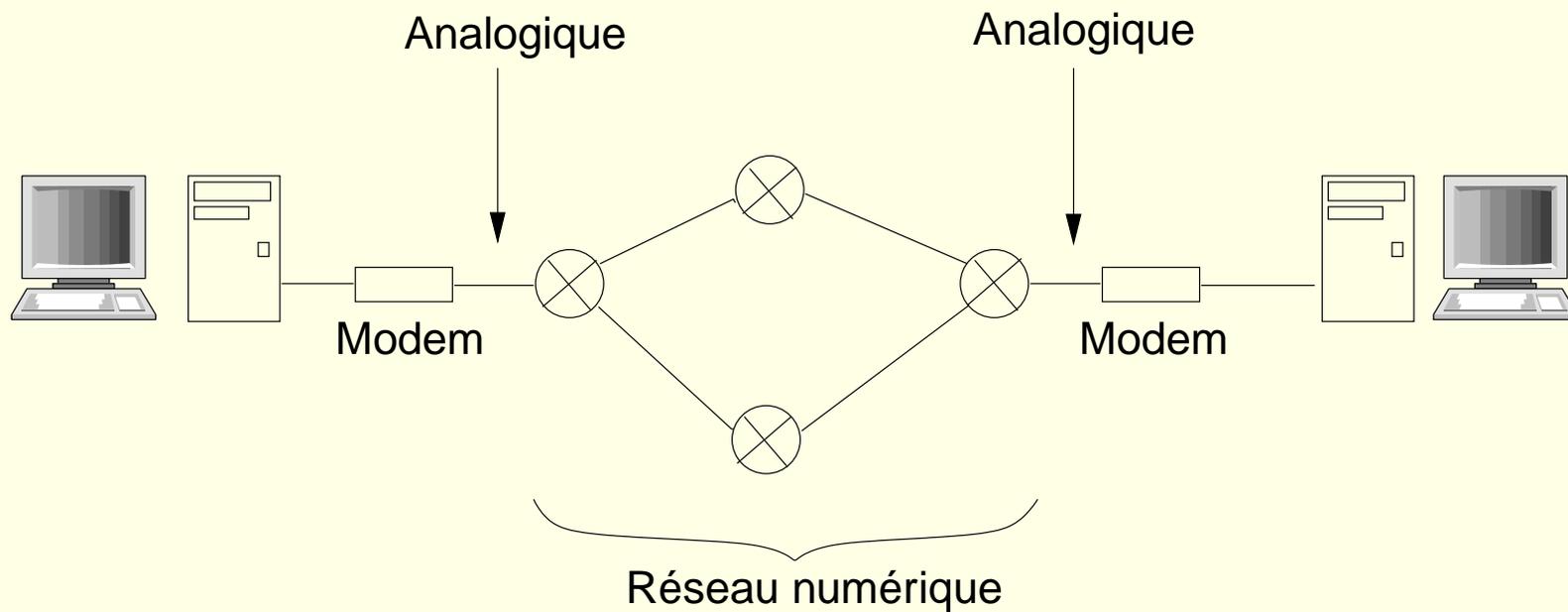


FIG. 55: Transmission par modem dans la bande $[300 \text{ Hz}, 3400 \text{ Hz}]$.

Le réseau numérique à intégration de services

Le Réseau Numérique à Intégration de Services (RNIS), ou Integrated Services Digital Network (ISDN) en anglais, est l'équivalent numérique du réseau téléphonique analogique. Il s'agit d'un prolongement de l'accès numérique jusqu'à l'abonné.

Le débit d'un canal RNIS est de $64 [kb/s]$.

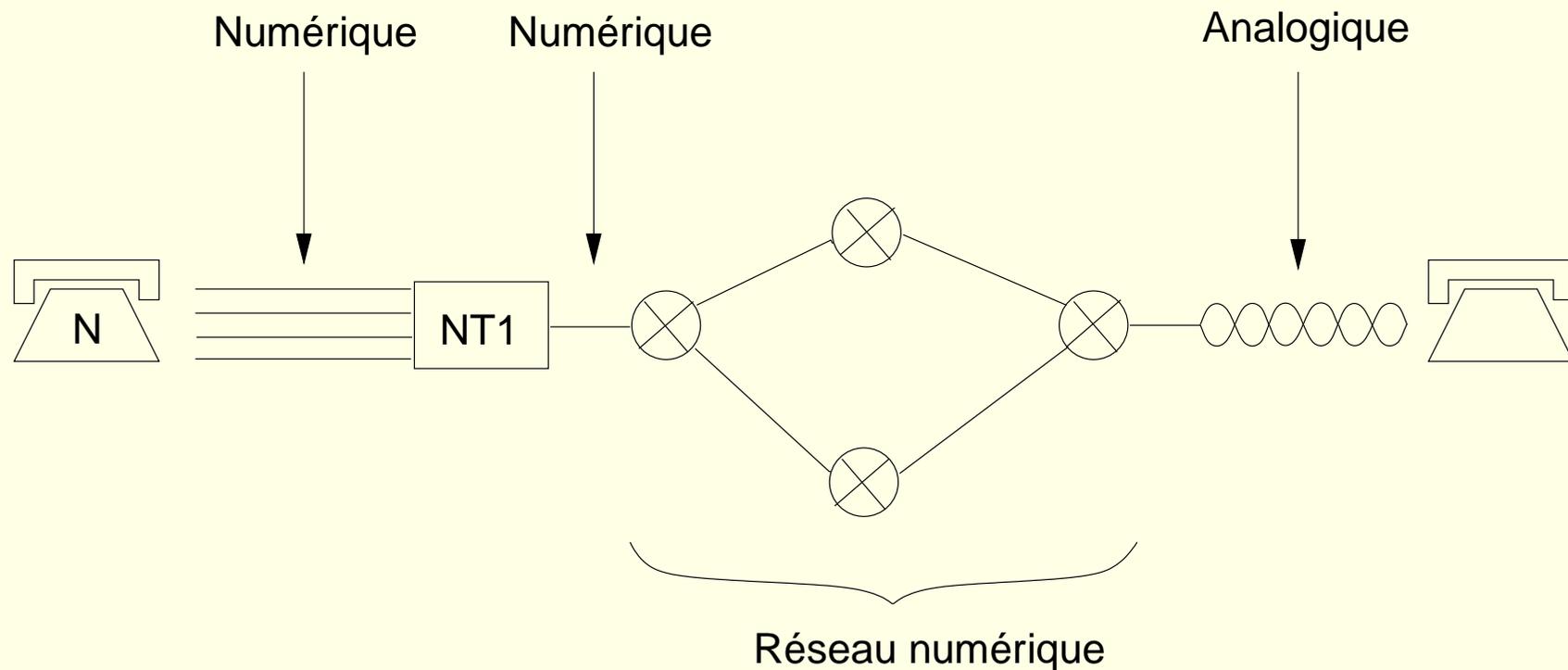


FIG. 56: Schéma du réseau RNIS.

Transmission ADSL

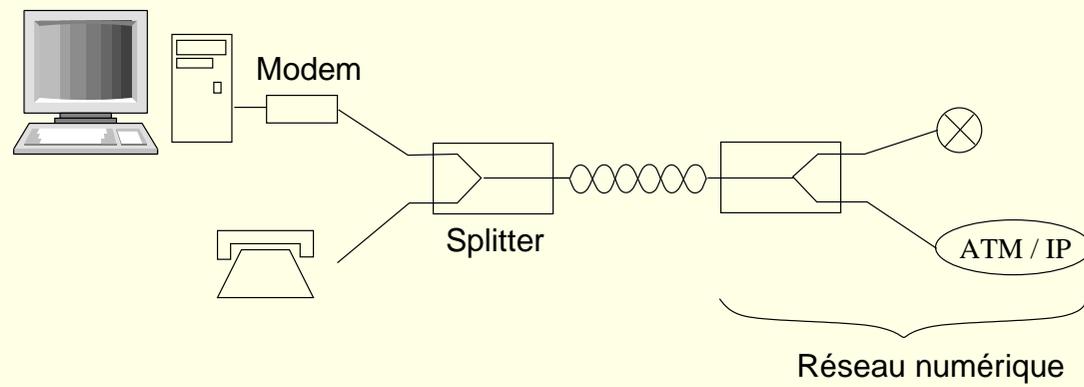


FIG. 57: Configuration d'une connexion ADSL.

Technologies de transmission à haut débit : ADSL

Nom	Signification	Débit	Mode de fonctionnement	Applications
HDSL	High Data Rate Digital subscriber Line	2 [Mb/s]	Duplex sur 2 paires	Service E1 : liaisons intercentraux, accès WAN/LAN, accès serveur, etc.
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line	1,5 à 9 [Mb/s] vers l'abonné, 16 à 640 [kb/s] vers le central	Lien asymétrique	Accès Internet, vidéo à la demande, accès LAN à distance, multimédia interactif, etc.
VDSL (ou BDSL)	Very High Data Rate Digital Subscriber Line (ou Broadband)	13 à 52 [Mb/s] vers l'abonné, 1,5 à 2,3 [Mb/s] vers le central	Lien asymétrique	cf. ADSL plus télévision haute définition

Réseaux de télédistribution

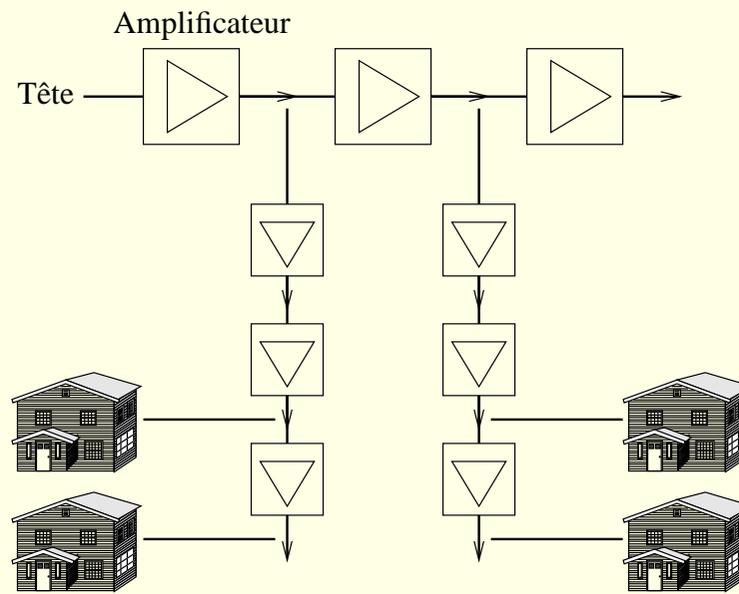


FIG. 58: Structure d'un réseau de télédistribution.

Phase 1

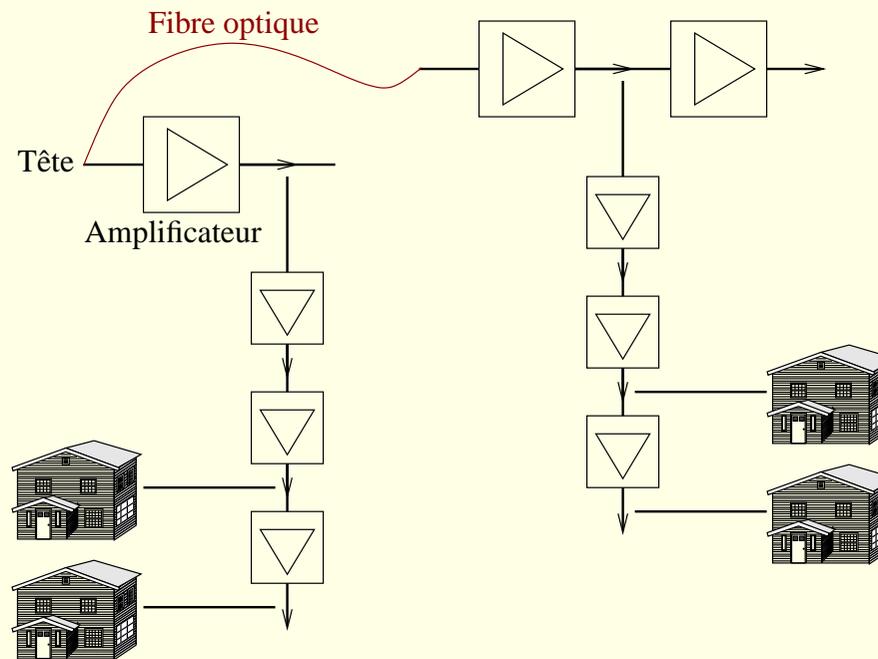


FIG. 59: Structure d'un réseau de télédistribution. Phase 1 : découpage en sous-réseaux.

Phase 2

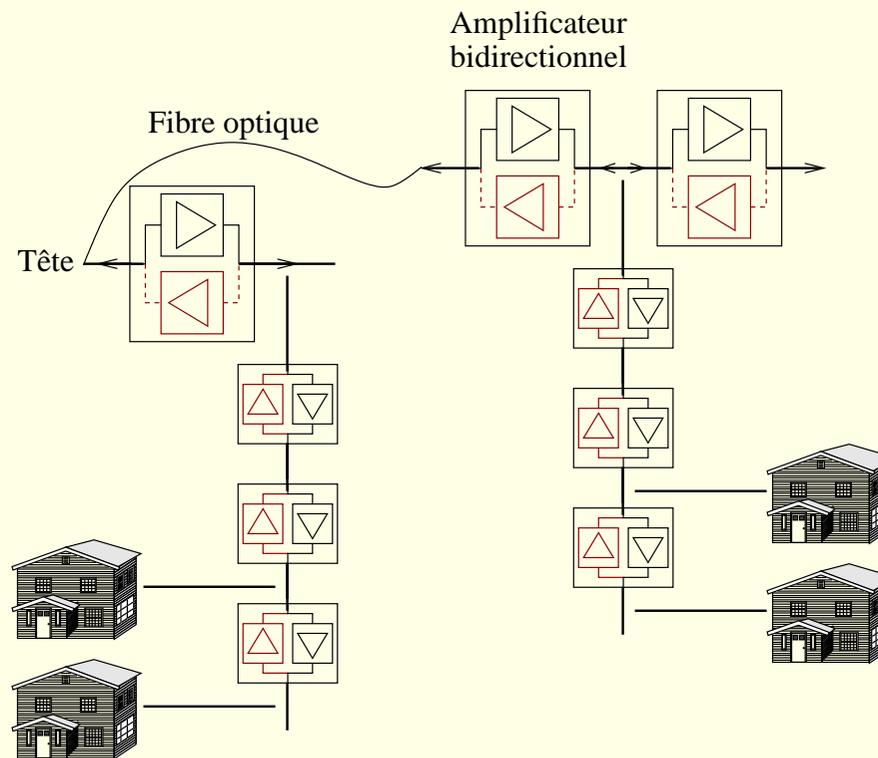


FIG. 60: Structure d'un réseau de télédistribution. Phase 2 : introduction d'amplificateurs bidirectionnels.

Communications sans fil

De nombreuses solutions de communications sans fil existent de nos jours :

- Les transmissions par satellite

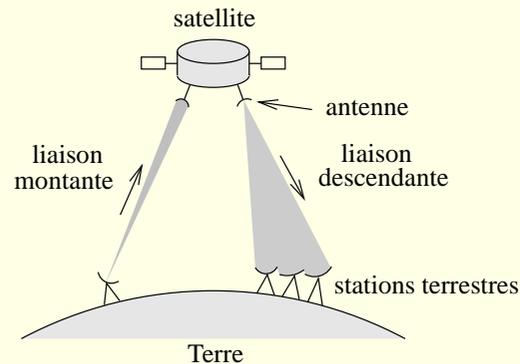
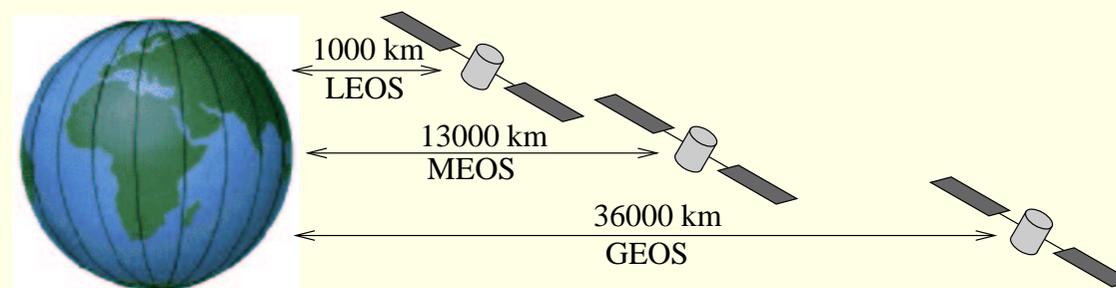


FIG. 61: La diffusion par satellite.

- La norme Global System for Mobile Communications (GSM).
- Les réseaux locaux sans fil. Ces réseaux offrent le même type de fonctionnalité que les réseaux locaux classiques.

Systèmes satellitaires

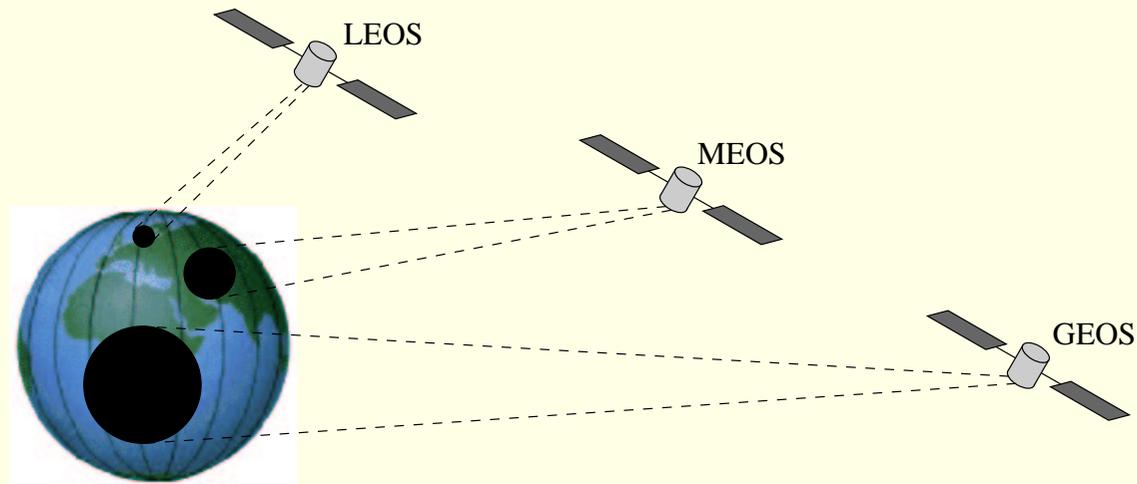


GEOS : Geostationary Earth Orbital Satellite

MEOS : Medium Earth Orbital Satellite

LEOS : Low Earth Orbital Satellite

FIG. 62: Les distances à la terre des différents systèmes satellitaires.



GEOS : Geostationary Earth Orbital Satellite
MEOS : Medium Earth Orbital Satellite
LEOS : Low Earth Orbital Satellite

FIG. 63: Les différents types de couverture des constellations de satellites.

Réseaux de télédiffusion

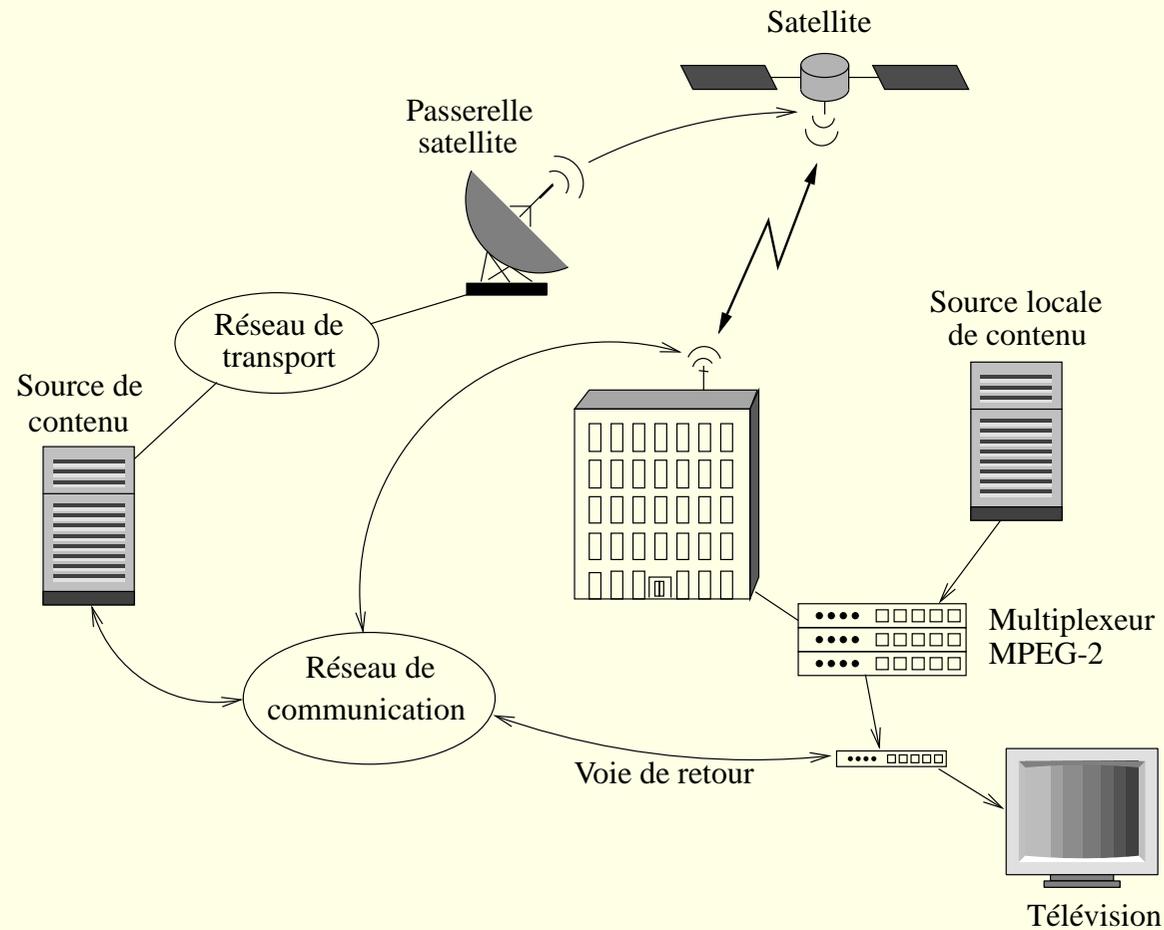


FIG. 64: Architecture d'un système DVB mixte satellite et câble.

La norme Global System for Mobile Communications (GSM)

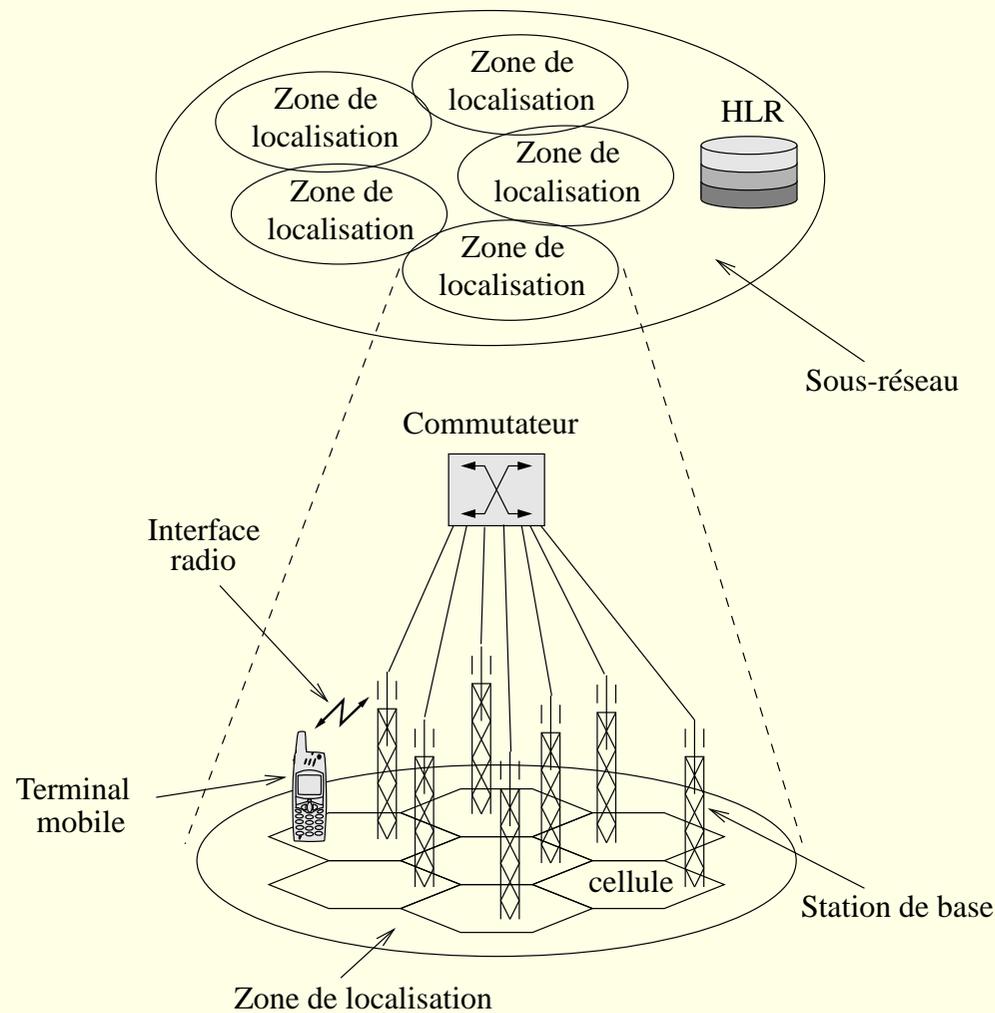
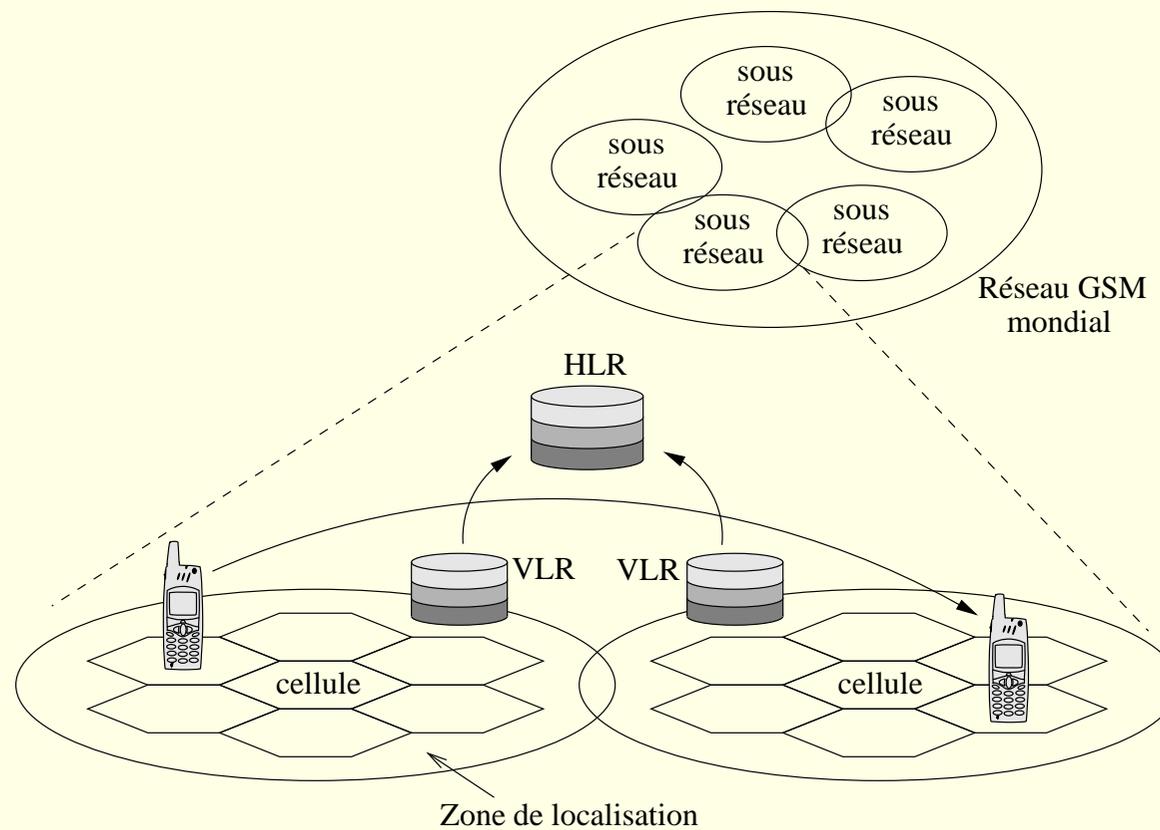


FIG. 65: Architecture d'un réseau cellulaire.

Gestion de la mobilité



HLR (Home Location Register) : registre global
VLR (Visitor Local Register) : registre local

FIG. 66: Base de données gérant la mobilité dans un réseau GSM.

Transfert inter-cellulaire (handover)

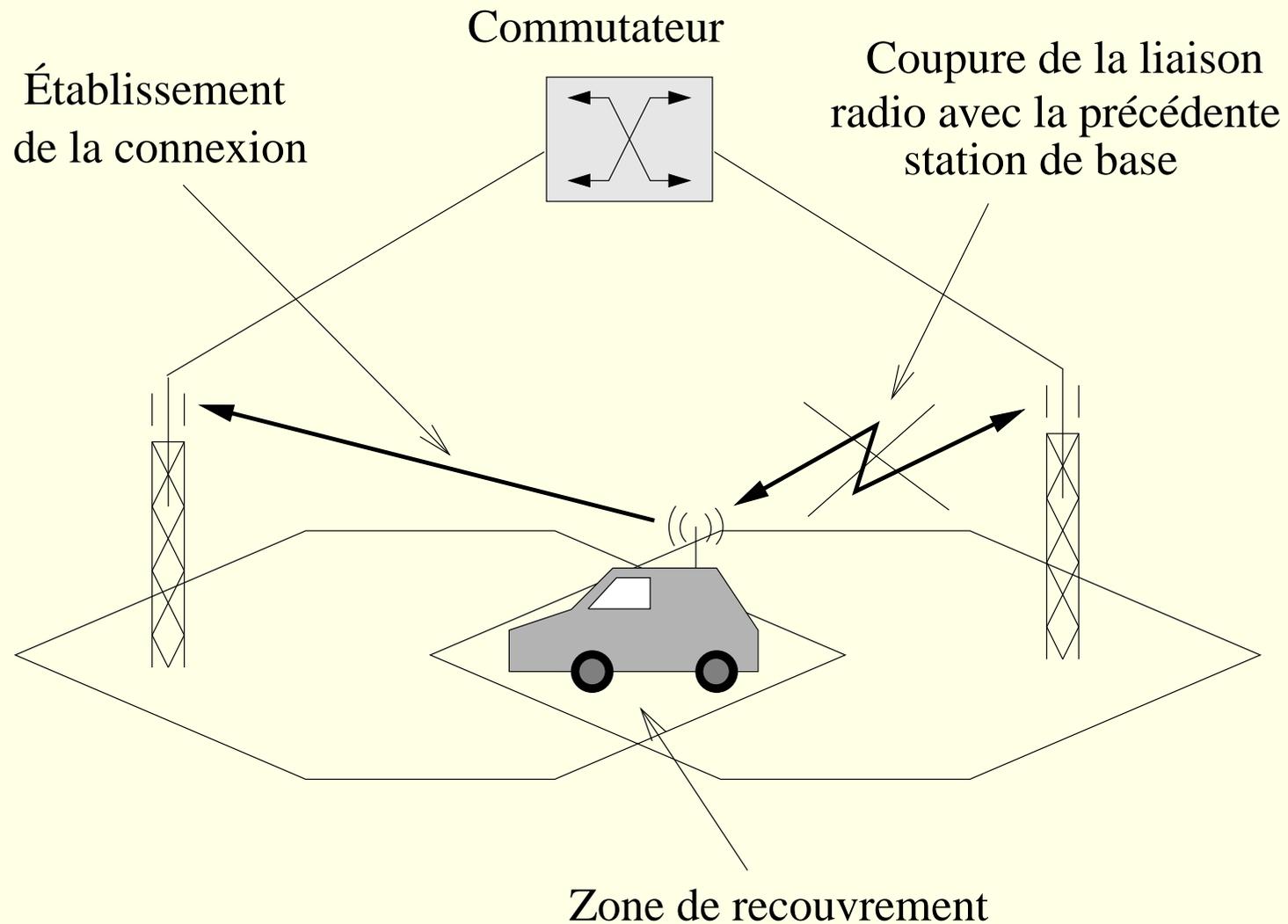
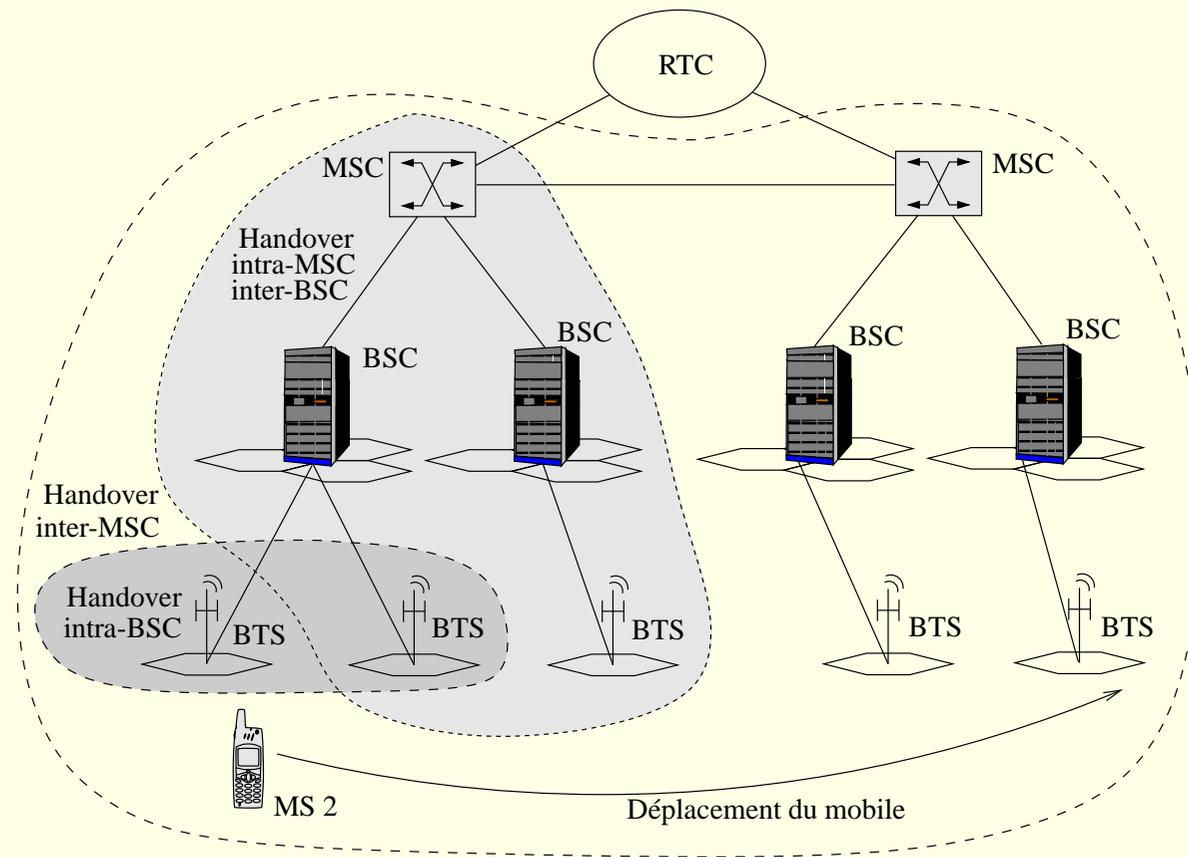


FIG. 67: Le transfert intercellulaire.



BSC : Base Station Controller
 BTS : Base Transceiver Station
 MS : Mobile Station
 MSC : Mobile Switching Center
 RTC : Réseau téléphonique commuté

FIG. 68: Différents niveaux de handovers.

Comparaison de normes de mobilophonie

Systeme	GSM	DCS-1800	IS-95 (DS)
Mode d'accès	TDMA/FDMA	TDMA/FDMA	CDMA/FDMA
Bande de fréquence			
Montée (Mhz)	935-960	1710-1785	869-894
Descente (Mhz)	890-915	1805-1880	824-849
	(Europe)	(Europe)	(USA)
Espacement des canaux			
Descente (kHz)	200	200	1250
Montée (kHz)	200	200	1250
Modulation	GMSK	GMSK	BPSK/QPSK
Puissance du mobile			
Max./Moyenne	1W/125mW	1W/125mW	600mW
Codage de voix	RPE-LTP	RPE-LTP	QCELP
Débit voix (kb/s)	13	13	8 (var.)
Débit binaire canal			
Montée (kb/s)	270,833	270,833	
Descente (kb/s)	270,833	270,833	
Trame (ms)	4,615	4,615	20

Réutilisation des fréquences

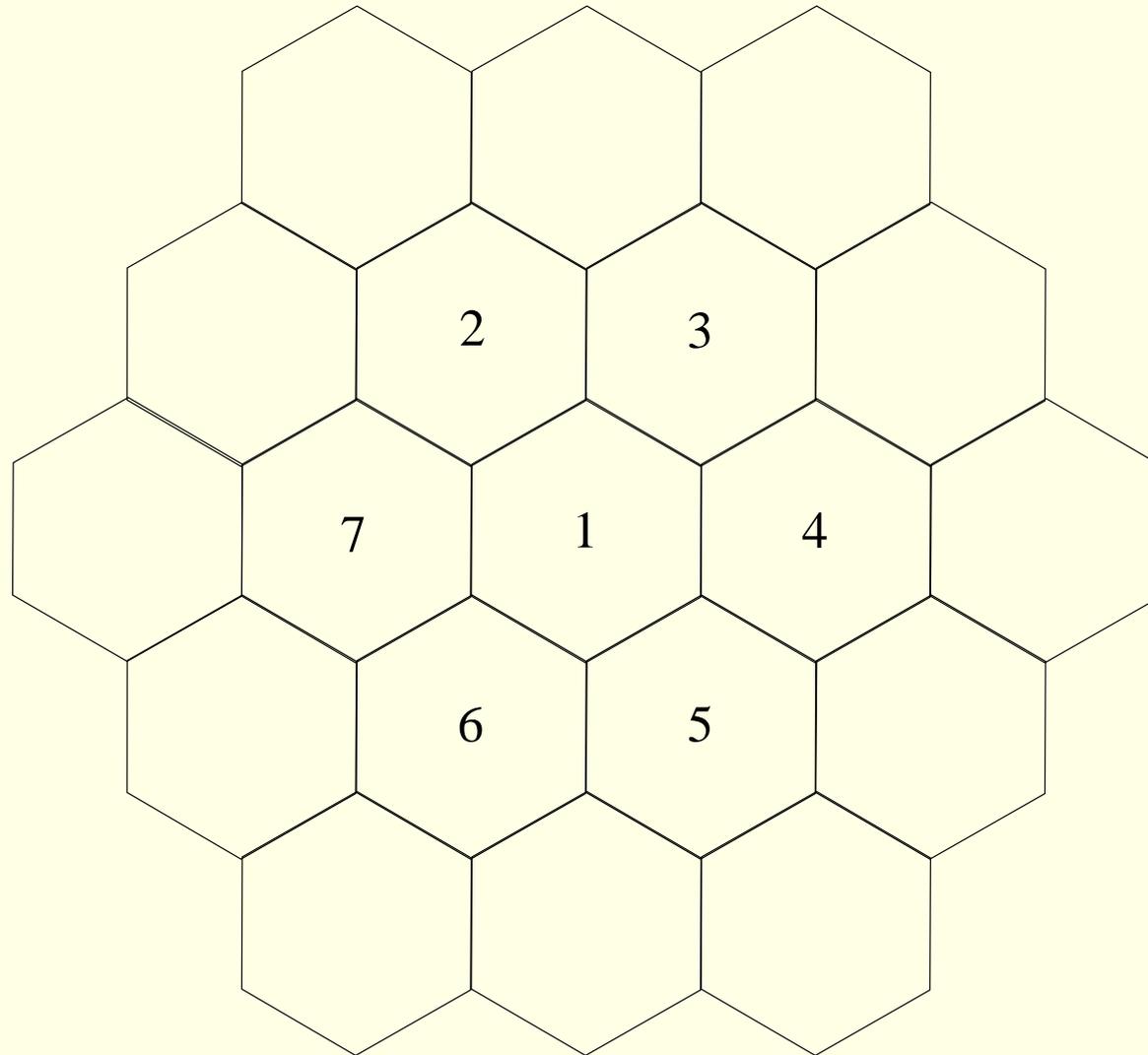


FIG. 69: Principe d'un réseau cellulaire.

Transmission de données dans un réseau mobile ?

- Courts messages, appelés SMS pour Short Message Service.
- Extension aux réseaux GSM pour faciliter la transmission de données. La technologie choisie est généralement le GPRS (General Packet Radio Service), qui permet des transmissions jusqu'à 115 [kb/s].

La norme UMTS

L'Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) est la norme de téléphonie mobile de troisième génération sélectionnée pour l'Europe. Contrairement aux normes de mobilophonie de deuxième génération (GSM, DCS1800), taillées sur mesure pour les transmissions vocales, l'UMTS

- intègre communications vocales et transmissions de données,
- permet le transfert de données jusqu'à $2 [Mb/s]$ et
- devrait offrir une couverture mondiale.

Malheureusement, l'UMTS ne présente aucune compatibilité avec les systèmes de deuxième génération.

Boucle locale radio

Wireless Local Loop (WLL) : techniques d'accès sans fil qui permettent d'établir des connexions entre les utilisateurs et un opérateur par voie hertzienne.

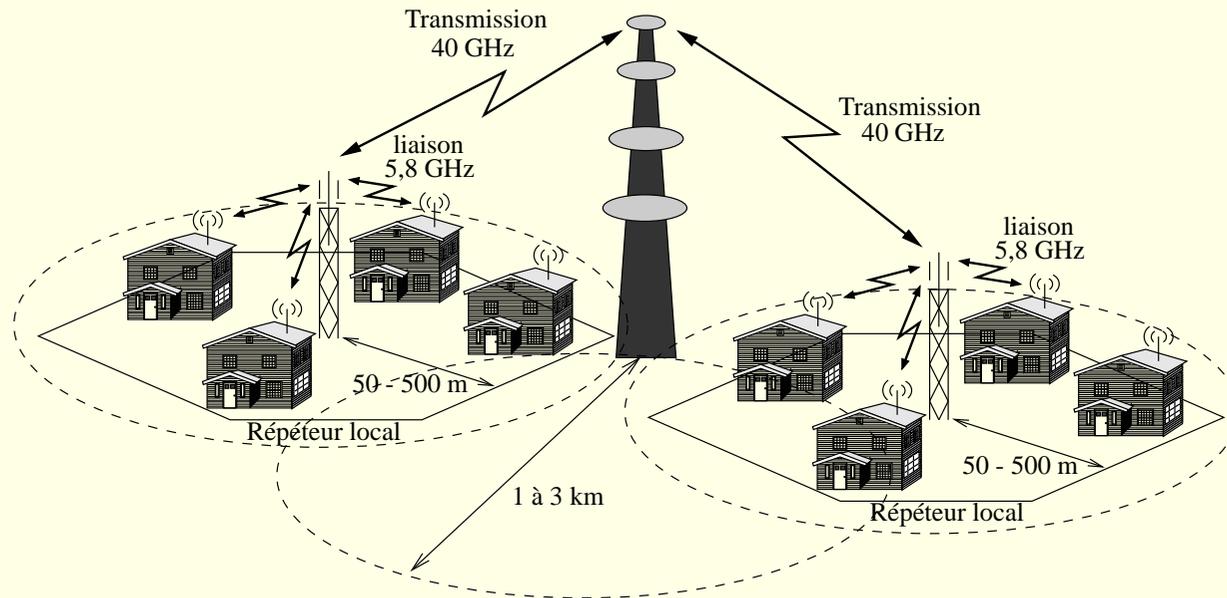


FIG. 70: Système de boucle locale radio.

Réseaux de transmission de données

Format	Débit	Taille d'un fichier de 5 minutes	Temps de réponse à 14,4 [kb/s]
Vidéo MPEG	1,5 [Mb/s]	56,4 [MByte]	8 [h]
Fichier son Sun.au	64 [kb/s]	2,4 [MByte]	22 [min]
Fichier son GSM	13 [kb/s]	412,5 [kByte]	4 [min]

TAB. 4: Temps de téléchargement d'une application basée sur HTTP à la demande pour des fichiers de 5 minutes.

Deux approches :

- téléchargement, puis visualisation
- temps réel (streaming)

Le réseau téléphonique pour accéder à Internet

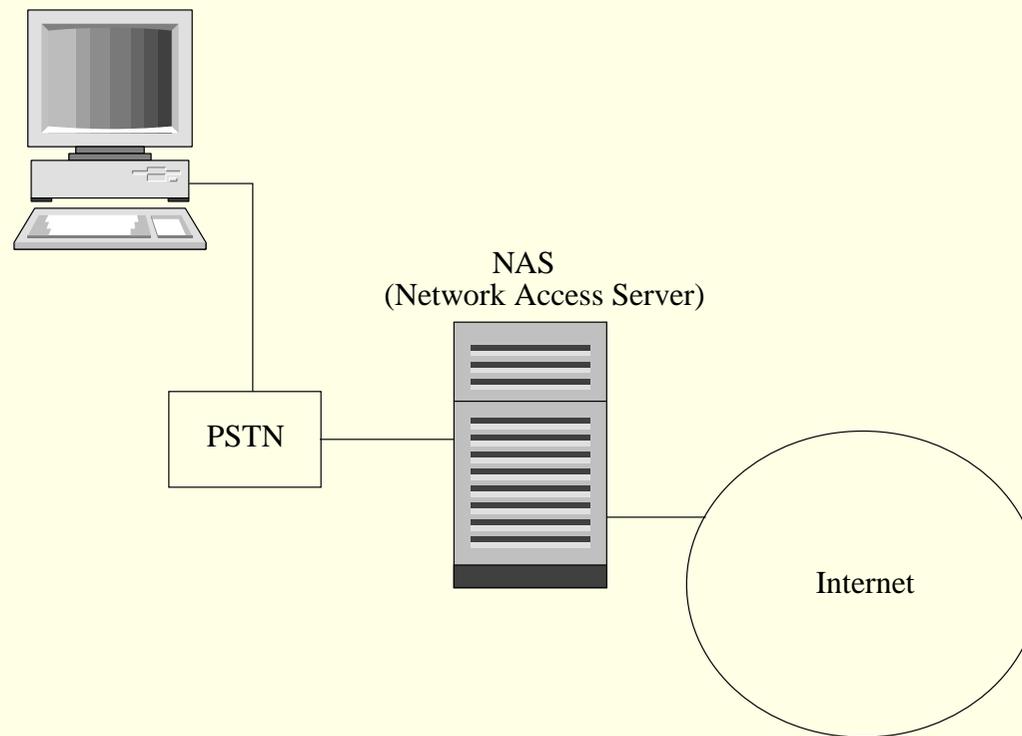


FIG. 71: Architecture Internet.

Transmission ADSL

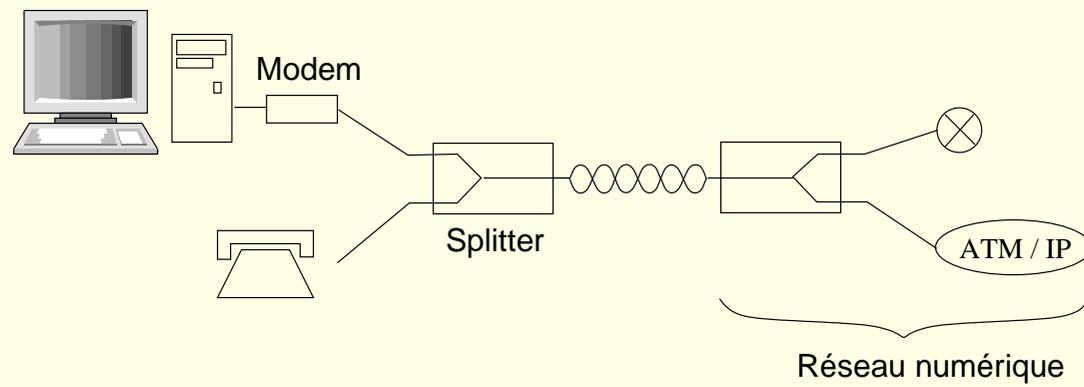


FIG. 72: Configuration d'une connexion ADSL.

Réseaux locaux ou LANs (Local Area Network)

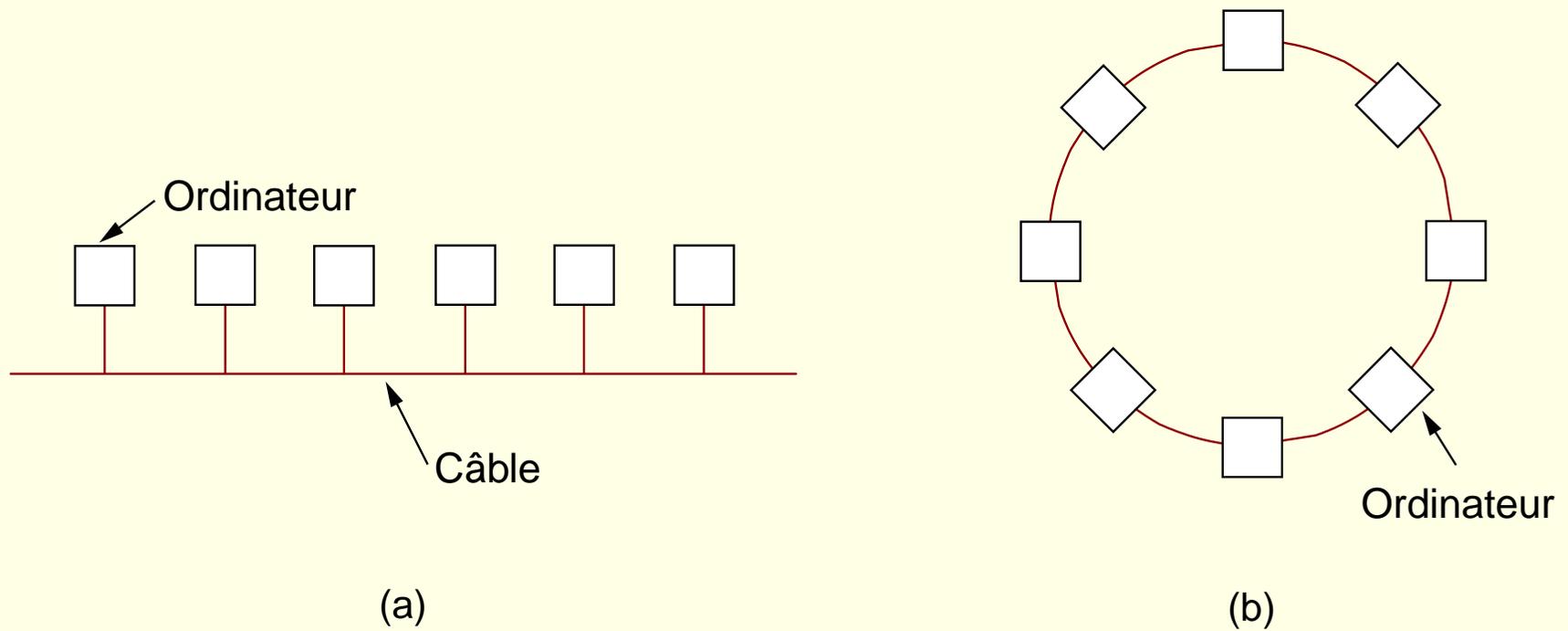
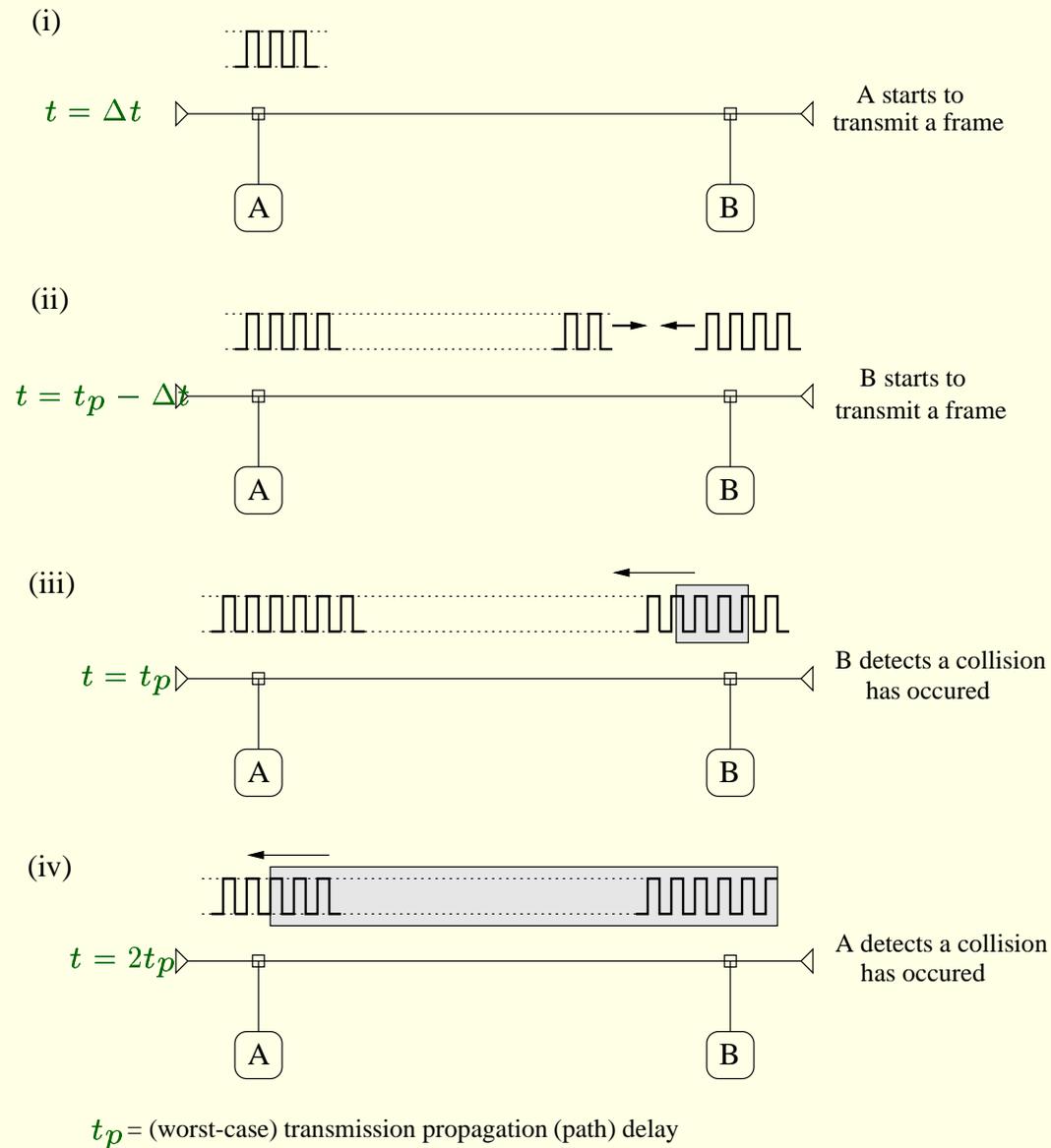


FIG. 73: Deux topologies : (a) topologie en bus, (b) topologie en anneau.

Ethernet : détection de collision

Stratégie d'accès



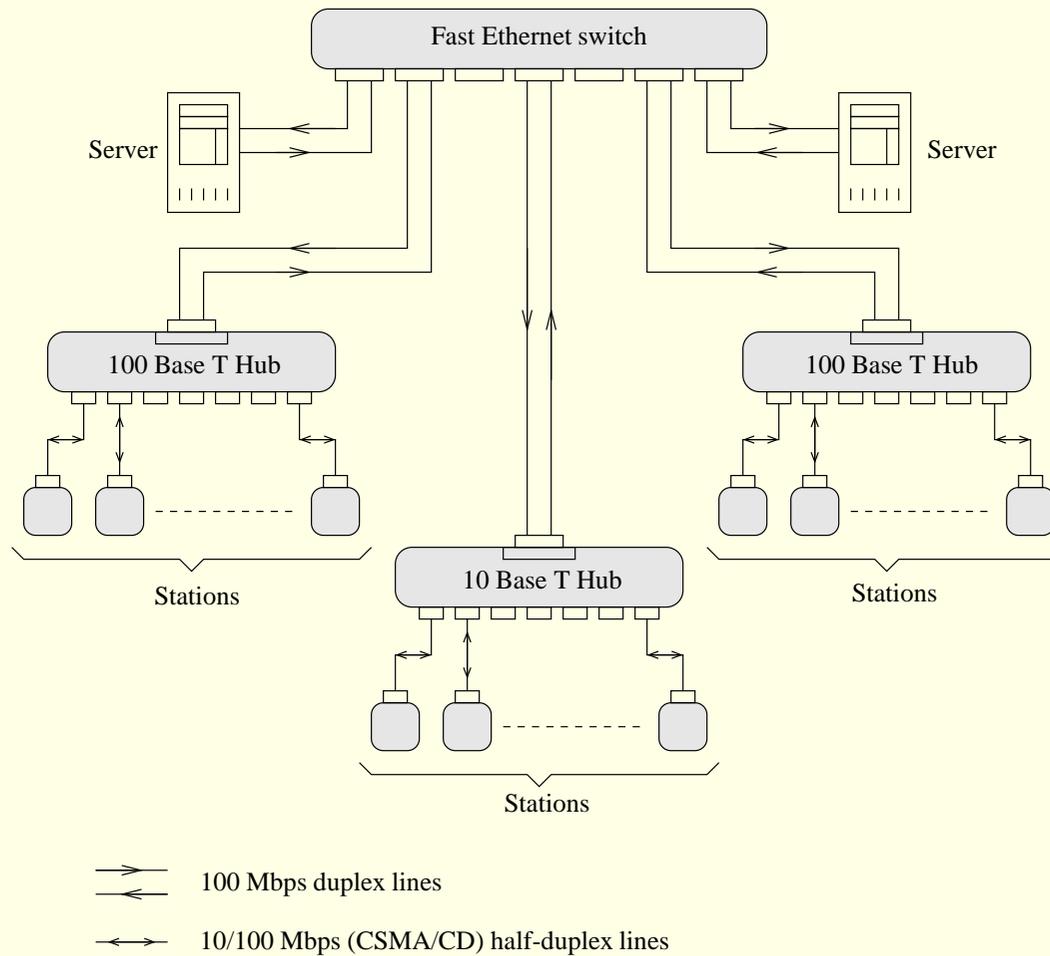


FIG. 74: Exemple de configuration réseau comprenant des commutateurs et des hubs.

Les réseaux locaux sans fil

La technologie Bluetooth

- Son utilisation ne requiert pas de licence.
- Une cellule peut prendre en charge jusqu'à 8 terminaux

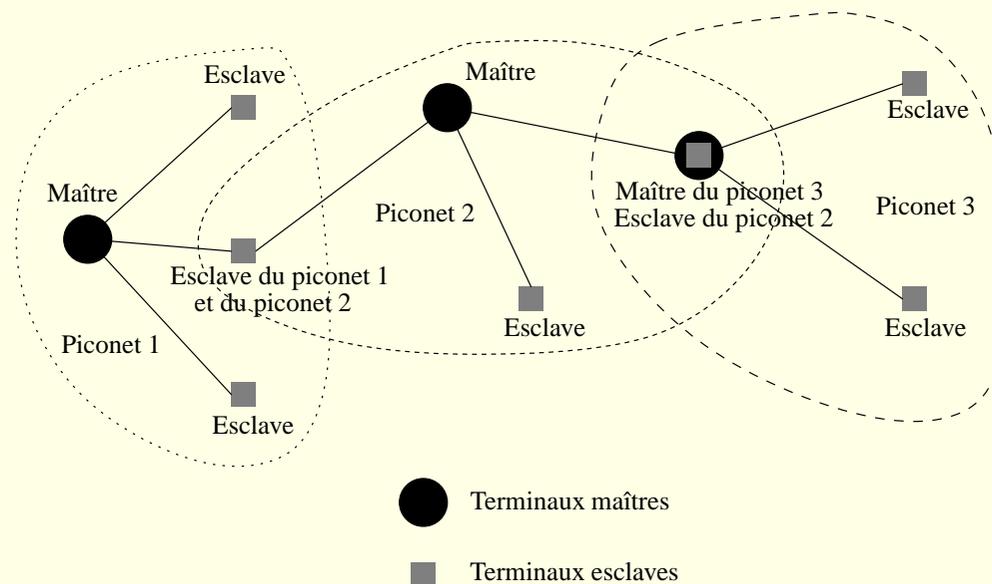


FIG. 75: Schéma de connexion de terminaux Bluetooth.

Conclusions

Type de réseau	Transmission	Bande passante ou débit	Bidirectionnel
Réseau de téléphonie	Analogique	4 [kHz]	Oui
Réseau de télédistribution	Analogique	300 [MHz]	Non
RNIS	Numérique	64 [kb/s]	Oui
ADSL	Numérique	2 [Mb/s] vers l'abonné 100 [kb/s] depuis l'abonné	Oui
LAN (Ethernet)	Numérique	2 – 3 [Mb/s]	Oui
GSM	Numérique	13 [kb/s]	Oui

Applications

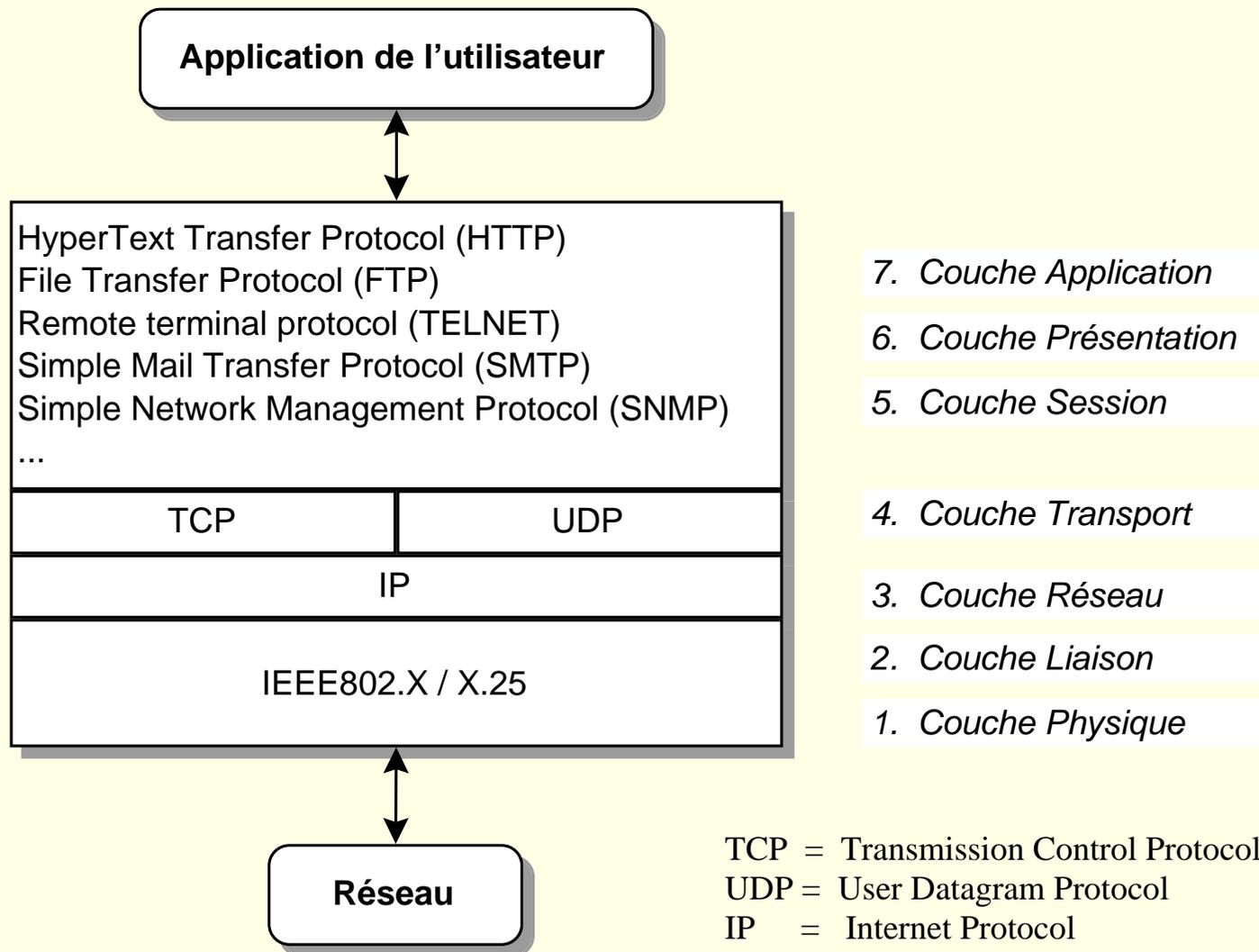


FIG. 76: Suite de protocoles TCP/IP.

Liste des principaux protocoles Internet

Messagerie

SMTP /TCP

POP3 - IMAP4 /TCP

Transfert de fichiers

FTP /TCP

HTTP /TCP

Gestion

SNMP /TCP

Contrôle à distance

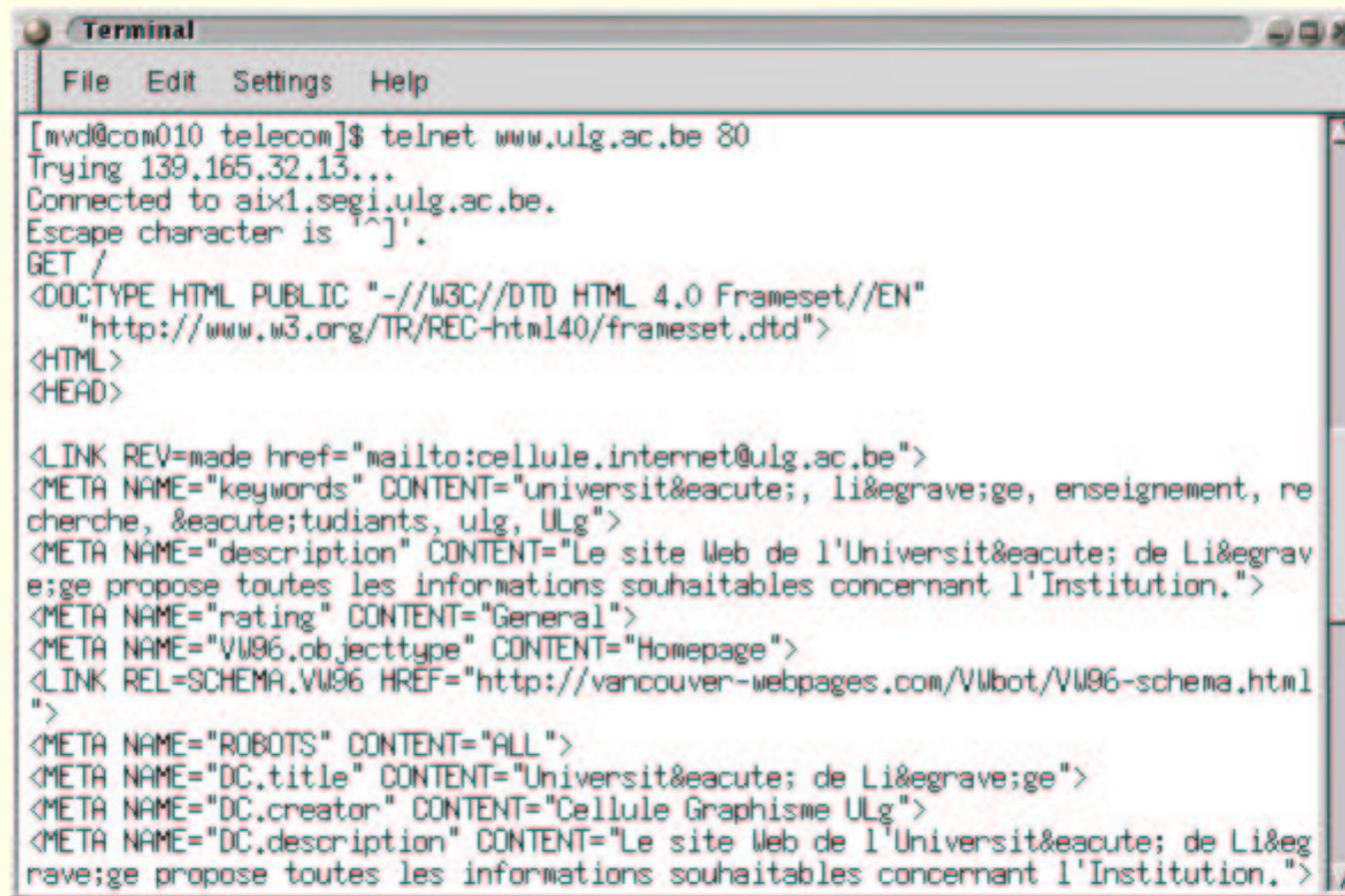
Telnet /TCP

Temps réel

RTP /UDP

Le Web et le protocole HTTP

Le protocole HTTP (HyperText Transfer Protocol) est celui utilisé pour l'échange de document HTML.

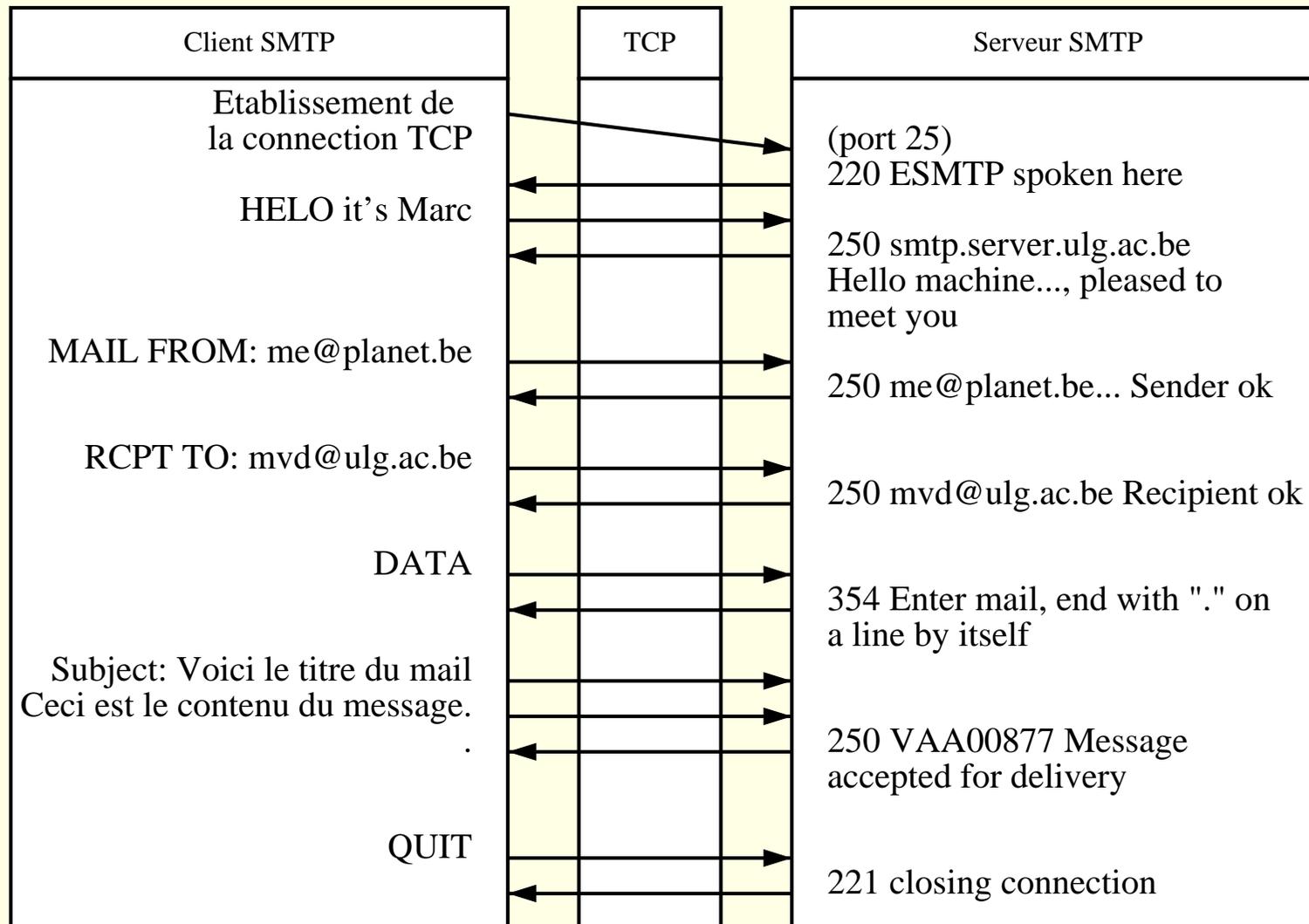


```
Terminal
File Edit Settings Help
[mvd@com010 telecom]$ telnet www.ulg.ac.be 80
Trying 139.165.32.13...
Connected to aix1.segi.ulg.ac.be.
Escape character is '^]'.
GET /
<DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.0 Frameset//EN"
"http://www.w3.org/TR/REC-html40/frameset.dtd">
<HTML>
<HEAD>

<LINK REV=made href="mailto:cellule.internet@ulg.ac.be">
<META NAME="keywords" CONTENT="universit&eacute;, li&egrave;ge, enseignement, re
cherche, &eacute;tudiants, ulg, ULg">
<META NAME="description" CONTENT="Le site Web de l'Universit&eacute; de Li&egrav
e;ge propose toutes les informations souhaitables concernant l'Institution.">
<META NAME="rating" CONTENT="General">
<META NAME="VW96.objecttype" CONTENT="Homepage">
<LINK REL=SCHEMA,VW96 HREF="http://vancouver-webpages.com/VWbot/VW96-schema.html
">
<META NAME="ROBOTS" CONTENT="ALL">
<META NAME="DC.title" CONTENT="Universit&eacute; de Li&egrave;ge">
<META NAME="DC.creator" CONTENT="Cellule Graphisme ULg">
<META NAME="DC.description" CONTENT="Le site Web de l'Universit&eacute; de Li&eg
rave;ge propose toutes les informations souhaitables concernant l'Institution."> /
```

Une requête HTTP envoyée à partir d'un terminal.

Messages échangés entre un client et un serveur de mails (suivant le protocole SMTP)



Performances

- Débit utile : débit associé au message de l'utilisateur
- Délai : temps qu'il faut pour que l'information parvienne au destinataire.
 - délai = temps de préparation du paquet + temps de transmission + temps d'analyse au récepteur
- Taux d'erreur sur une ligne \implies paquets incorrects, retransmission, etc

Exemple

```
PING www.next.com (17.254.3.217)
64 bytes from 17.254.3.217: ttl=234 time=189.6 ms
64 bytes from 17.254.3.217: ttl=234 time=197.6 ms
64 bytes from 17.254.3.217: ttl=234 time=270.3 ms

--- www.next.com ping statistics ---
3 packets transmitted,
3 packets received,
0% packet loss
round-trip min/avg/max = 189.6/219.1/270.3 ms
```

Temps de parcours sur Internet ?

Hostname 1.00 → Pause Restart Quit

Hostname	Loss	Rcv	Snt	Best	Avg	Worst
213-193-176-1.adsl.easynet.be	0%	6	6	19	25	32
mar-goplus.adsl0.access.be.easynet.net	0%	6	6	20	40	108
fa0-1-0.core1.router.be.easynet.net	0%	6	6	20	27	43
fa0-0-0.bbcore0.bru.router.easynet.net	0%	6	6	18	23	28
bbcore1.tclon.router.easynet.net	0%	5	5	27	34	44
bbtransit0.60hud.router.easynet.net	0%	5	5	92	101	110
if-10-0-0.bb6.NewYork.Teleglobe.net	0%	5	5	96	100	102
if-1-0.bb8.NewYork.Teleglobe.net	0%	5	5	97	101	104
ix-8-0-1.bb8.NewYork.Teleglobe.net	0%	5	5	99	107	120
0.at-6-1-0.XL1.NYC9.ALTER.NET	20%	4	5	96	106	113
0.so-7-0-0.XR1.NYC9.ALTER.NET	0%	5	5	98	116	150
0.so-4-0-0.TR1.NYC9.ALTER.NET	0%	5	5	100	106	123
125.at-5-1-0.TR3.SCL1.ALTER.NET	0%	5	5	185	202	220
399.ATM7-0.XR1.SFO4.ALTER.NET	0%	5	5	192	202	210
191.ATM7-0.GW8.SJC2.ALTER.NET	0%	5	5	190	208	227
???	100%	0	5	0	0	0
???	100%	0	5	0	0	0
???	100%	0	5	0	0	0
www.apple.com	0%	5	5	186	206	220

FIG. 78: Sondage des routeurs situés sur le passage d'une communication Internet.

Télévision interactive

Qualité du signal analogique	Débit associé au signal numérique
TVHD	50 [Mb/s]
PAL	5 [Mb/s]
VHS	1,5 [Mb/s]
Vidéotéléphonie	40 à 384 [kb/s]

TAB. 5: Qualité des signaux et débit du signal numérique correspondant.

Mise en œuvre

Enfin, concernant les modes de diffusion, on distingue :

- la distribution (ou broadcast). Le signal est envoyé vers tout le monde.
- la distribution limitée (ou multicast). Seuls les membres d'une communauté reçoivent le signal.
- la distribution à la demande (ou unicast). Le signal parvient à un seul utilisateur, à la demande de celui-ci.

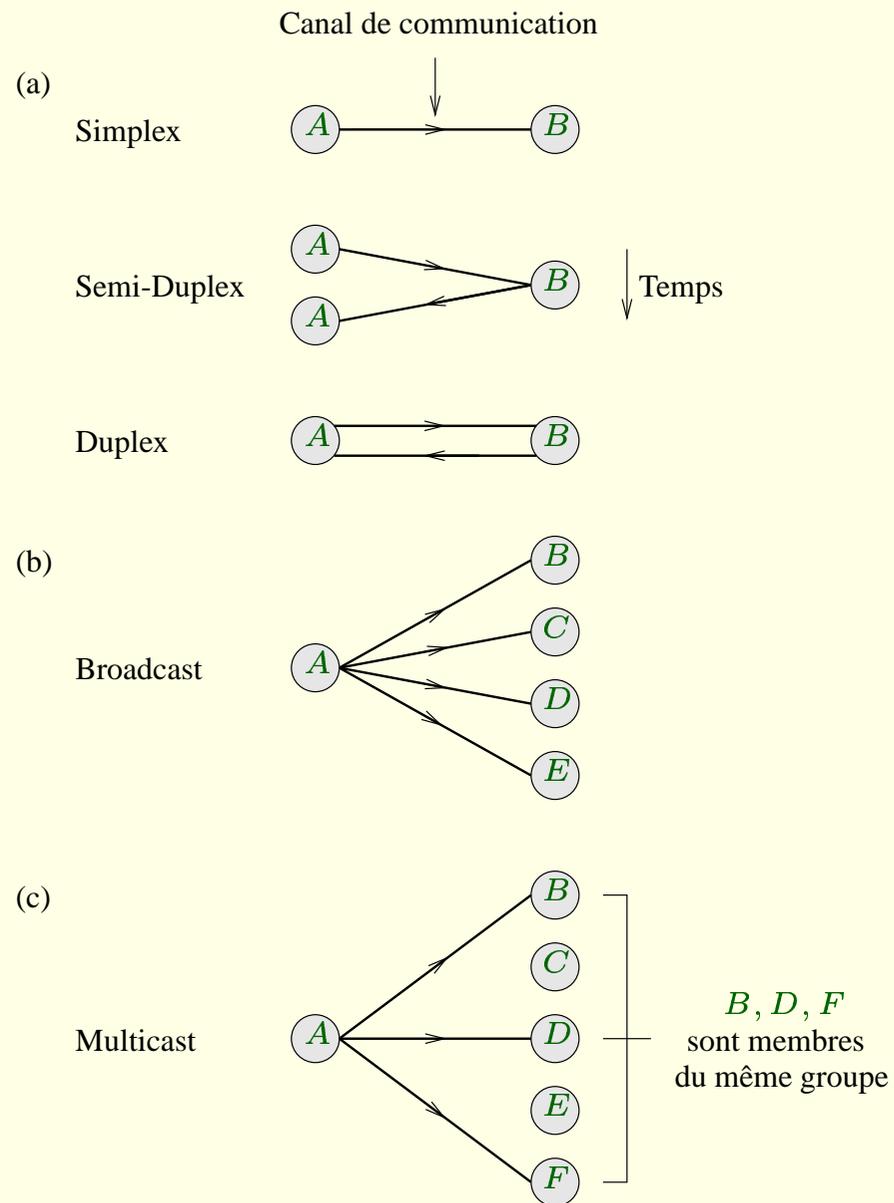


FIG. 79: Les différents modes de communication.

Protocoles de transmission et serveurs

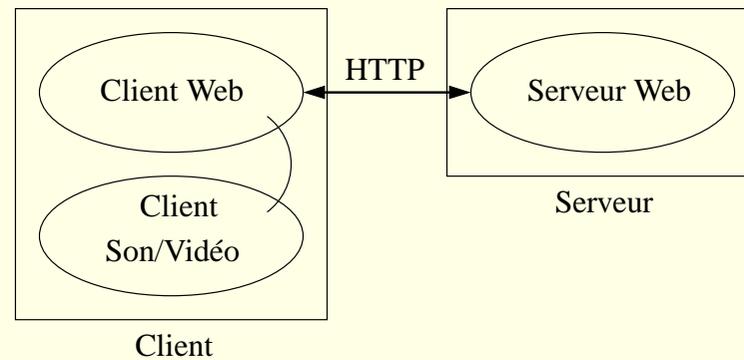


FIG. 80: Dialogue Client-Serveur.

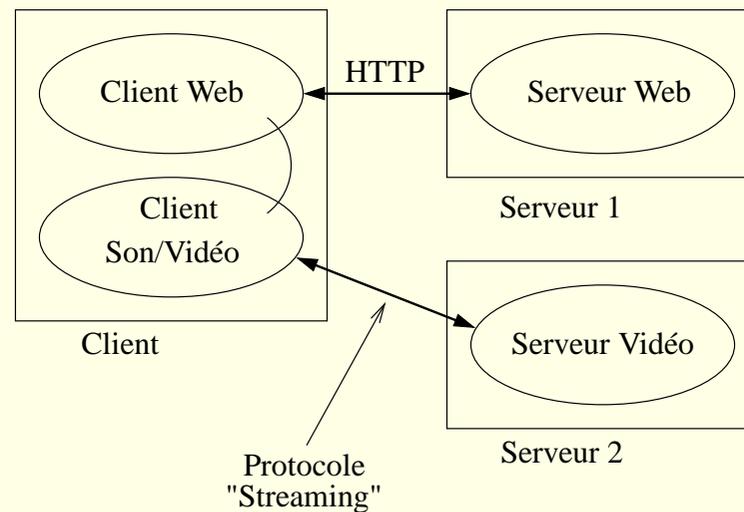
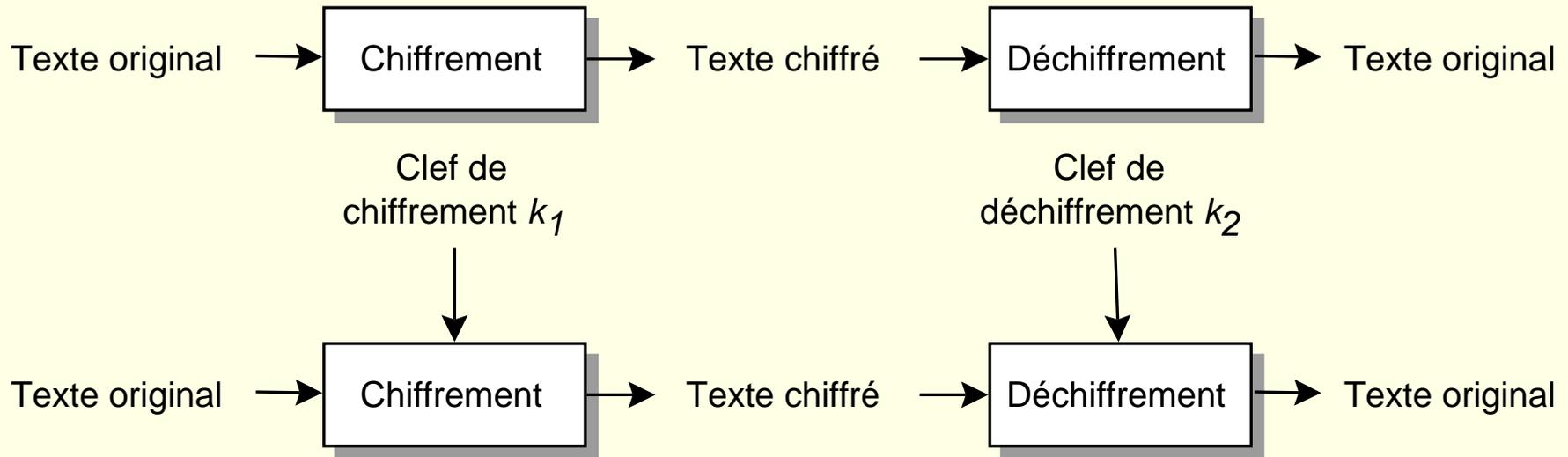


FIG. 81: Protocole de type streaming.

Sécurité et cryptographie

Chiffrement

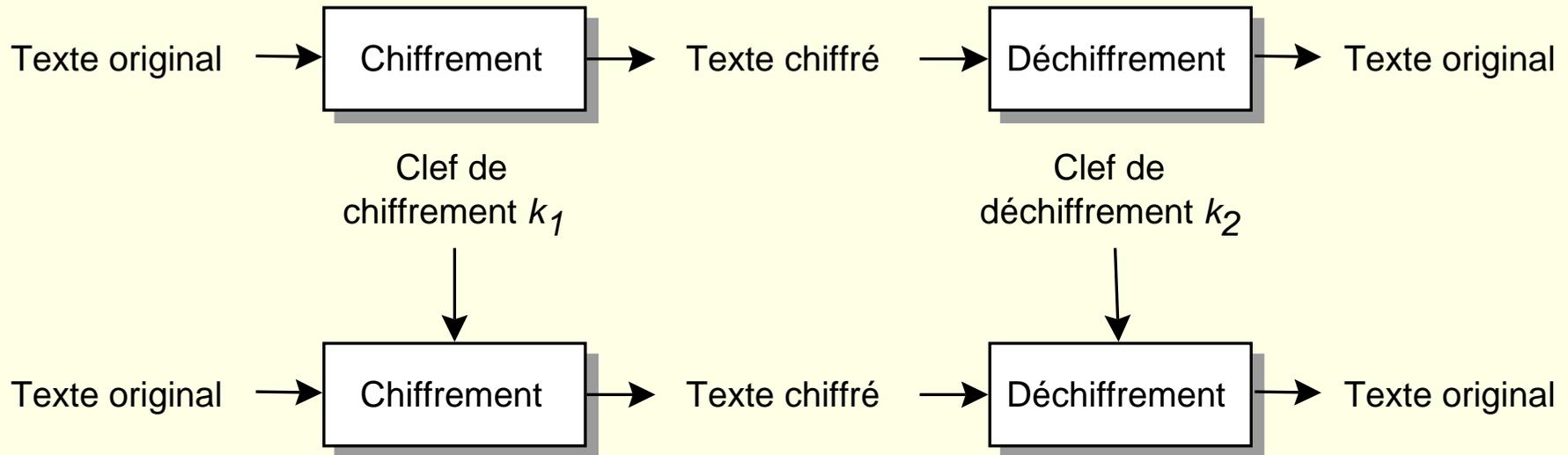
- un algorithme et une clef



Sécurité et cryptographie

Chiffrement

- un algorithme et une clef

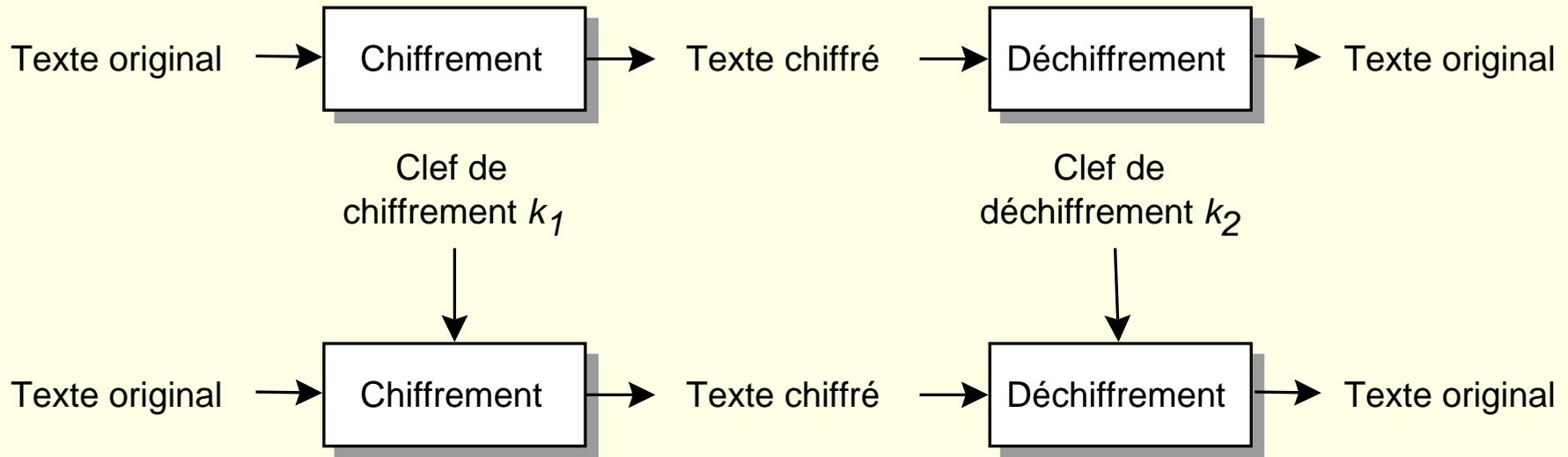


- clef secrète ou publique

Sécurité et cryptographie

Chiffrement

- un algorithme et une clef



- clef secrète ou publique

Fonctions de sécurité

Implémentations en réseau : correspondance entre fonctions et couches du modèle OSI

Quelques algorithmes de chiffrement connus

- DES (Data Encryption Standard)
- RSA (RIVEST, SHAMIR et ADLEMAN)
- IDEA (International Data Encryption Algorithm)
- AES (Advanced Encryption Standard)

Exemple de fonction : fonction d'authentification

```
[marc@sifnos ~]$ telnet machine.montefiore.ulg.ac.be
Trying 138.164.35.3...
Connected to machine.montefiore.ulg.ac.be (138.164.35.3).
Escape character is '^]'.
```

```
UNIX(r) System V Release 4.0 (machine)
```

```
login: marc
```

```
Password:
```

```
Last login: Wed Oct 18 15:36:40 from 195.67.167.98
```

```
MODE : STATIC
```

```
OPERATING SYSTEM : SOLARIS2 on Sun
```

```
machine:~>
```

Usage de la cryptographie

Fonctions ?

- Authentification
- Confidentialité
- Signature numérique
- Intégrité des messages
- Non-répudiation
- Anonymat

Un système de sécurité se décrit par les **fonctions** qu'il implémente !

Usage des algorithmes

Soit un algorithme à clef publique.

Deux usages sont possibles :

- l'émetteur chiffre un message avec la clef publique
 - \Rightarrow seul le destinataire possédant la clef privée peut déchiffrer le message
 - \Rightarrow fonction de confidentialité

Usage des algorithmes

Soit un algorithme à clef publique.

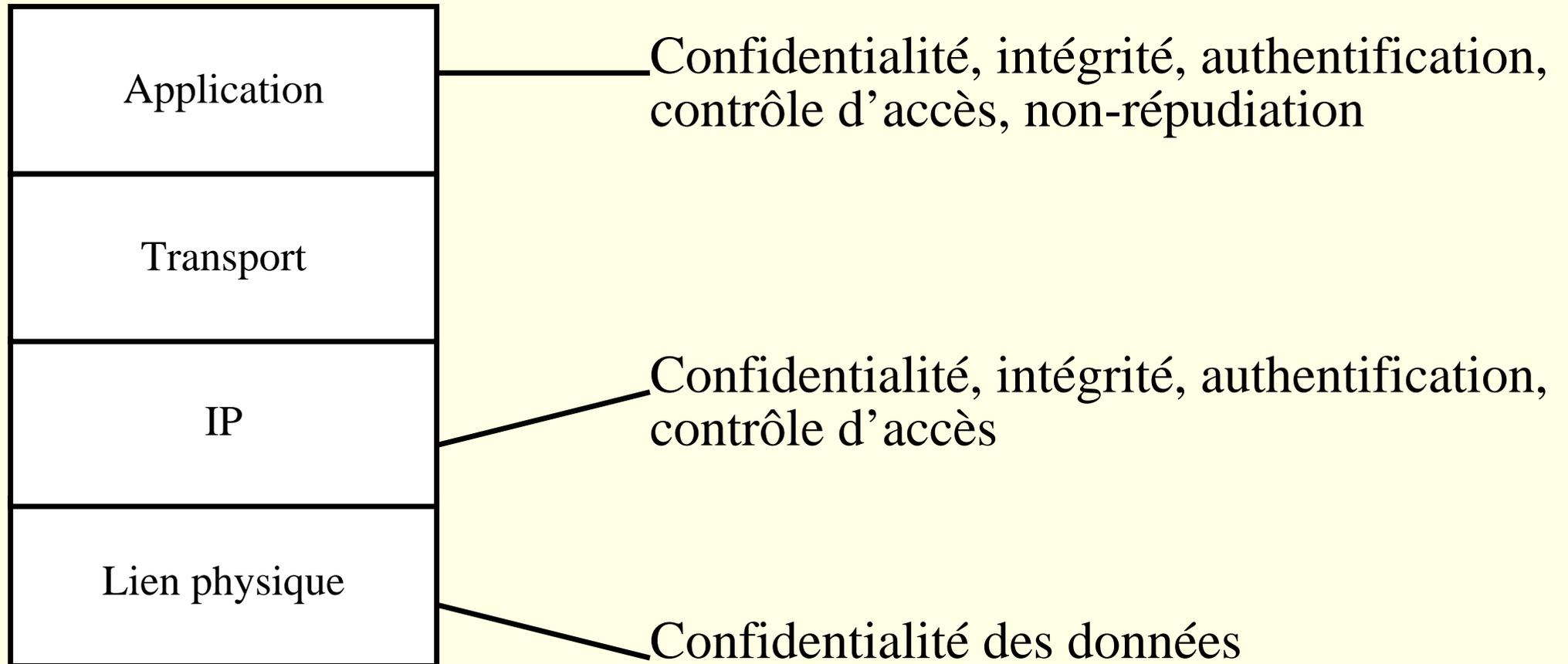
Deux usages sont possibles :

- l'émetteur chiffre un message avec la clef publique
 - \Rightarrow seul le destinataire possédant la clef privée peut déchiffrer le message
 - \Rightarrow fonction de confidentialité
- l'émetteur chiffre un message avec la clef privée
 - \Rightarrow le destinataire sait que seul l'émetteur possédant la clef privée pouvait chiffrer le message
 - \Rightarrow fonction d'authentification

Résumé

Systeme	Description	Algorithmes	Fonctions
PGP	Application pour le chiffrement du mail	IDEA, RSA, MD5	Confidentialité, authentification, intégrité, non-répudiation
SSL	Protocole pour le chiffrement des transmissions TCP/IP	RSA, RCZ, RC4, MD5 et autres	Confidentialité, authentification, intégrité, non-répudiation
IPsec	Protocole de chiffrement pour la couche IP	DIFFIE-HELMAN et autres	Confidentialité (optionnel), authentification, intégrité
SSH	Chiffrement d'un mode de communication par terminal	RSA, DIFFIE-HELMAN, DES, Triple-DES, Blowfish et autres	Confidentialité, authentification
SET	Protocole pour le paiement sécurisé par Internet	RSA, MD5, RC2	Confidentialité du numéro de carte, intégrité, authentification, non-répudiation

Modèle de sécurité



Protocole SSL (Secure Socket Layer)

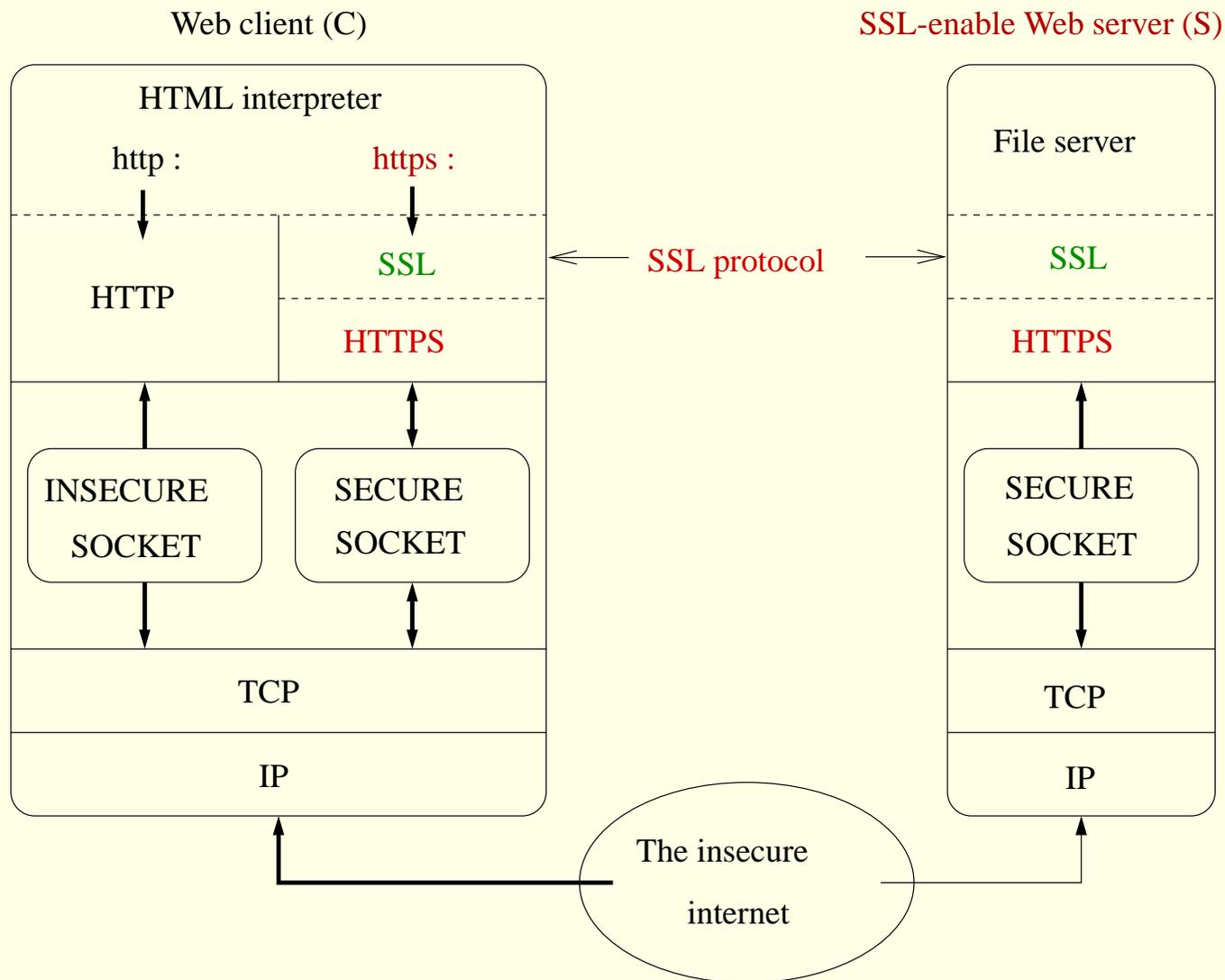


FIG. 82: La pile de protocoles associés au protocole SSL.

Techniques de sécurisation d'un réseau

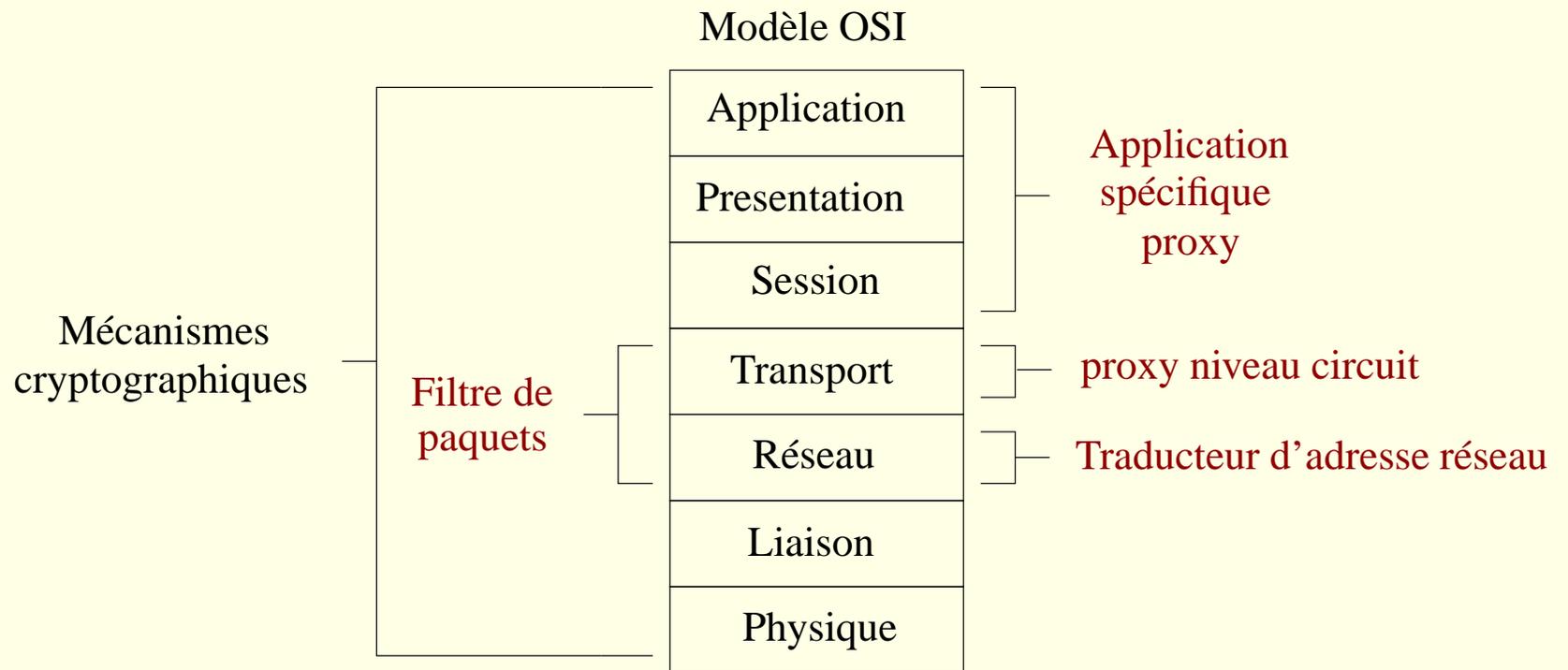


FIG. 83: Techniques de sécurisation d'un réseau.

On peut distinguer :

- le proxy
- le filtrage de paquets
- la traduction d'adresses ou Network Address Translation (NAT)
- la définition d'un tunnel

Proxy

Il faut autant de proxies que de services.

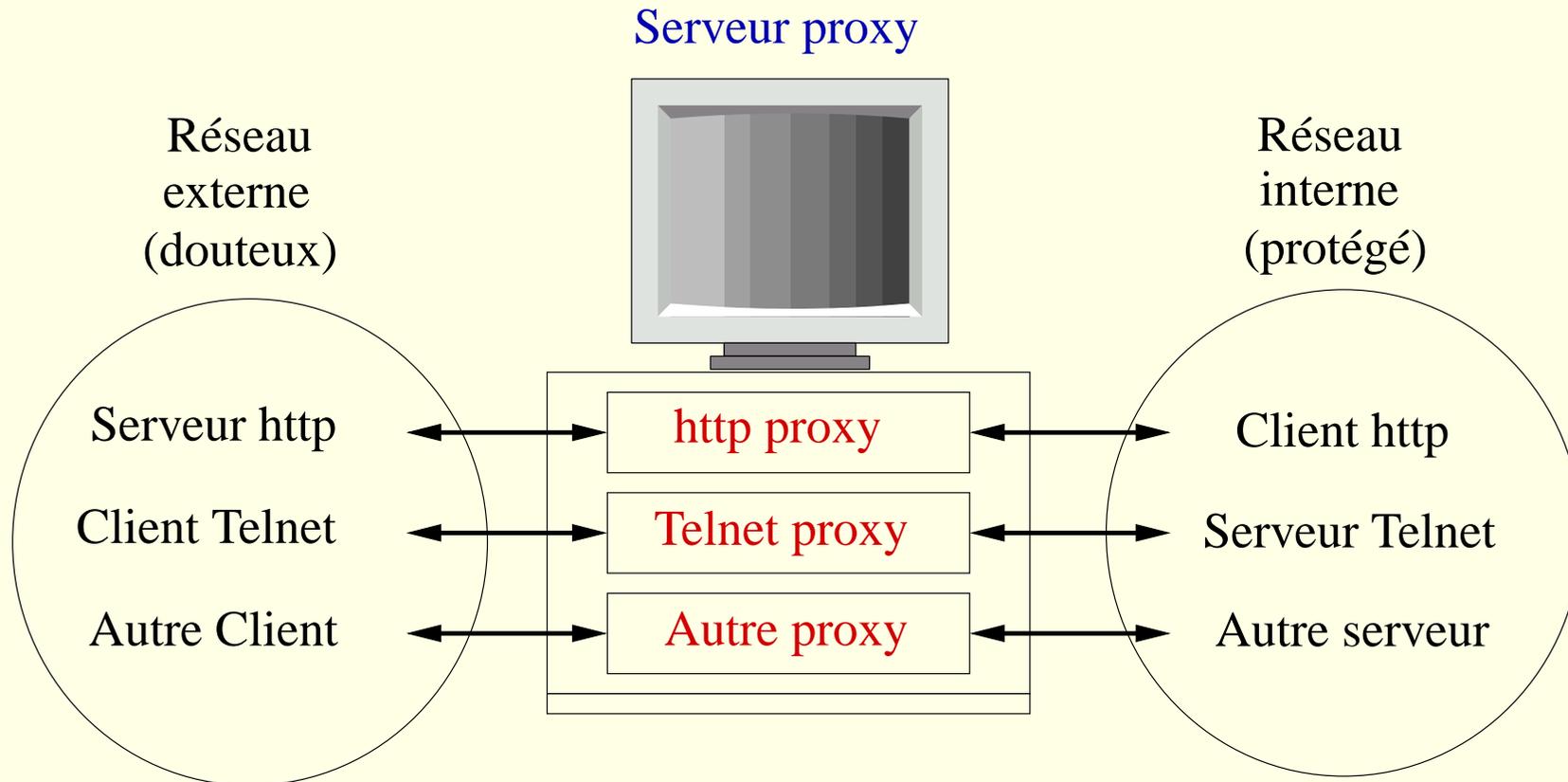


FIG. 84: Chaque protocole applicatif nécessite un proxy spécifique.

Authentification lors de l'établissement d'une connexion à Internet

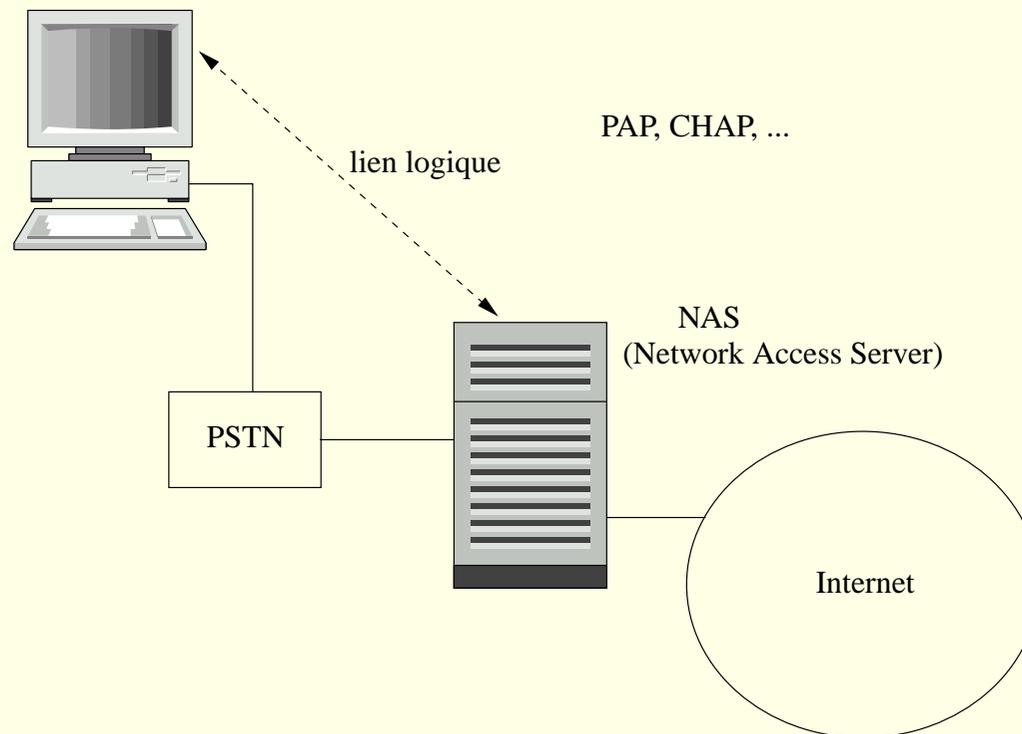


FIG. 85: Dialogue entre un ordinateur et un serveur d'accès.

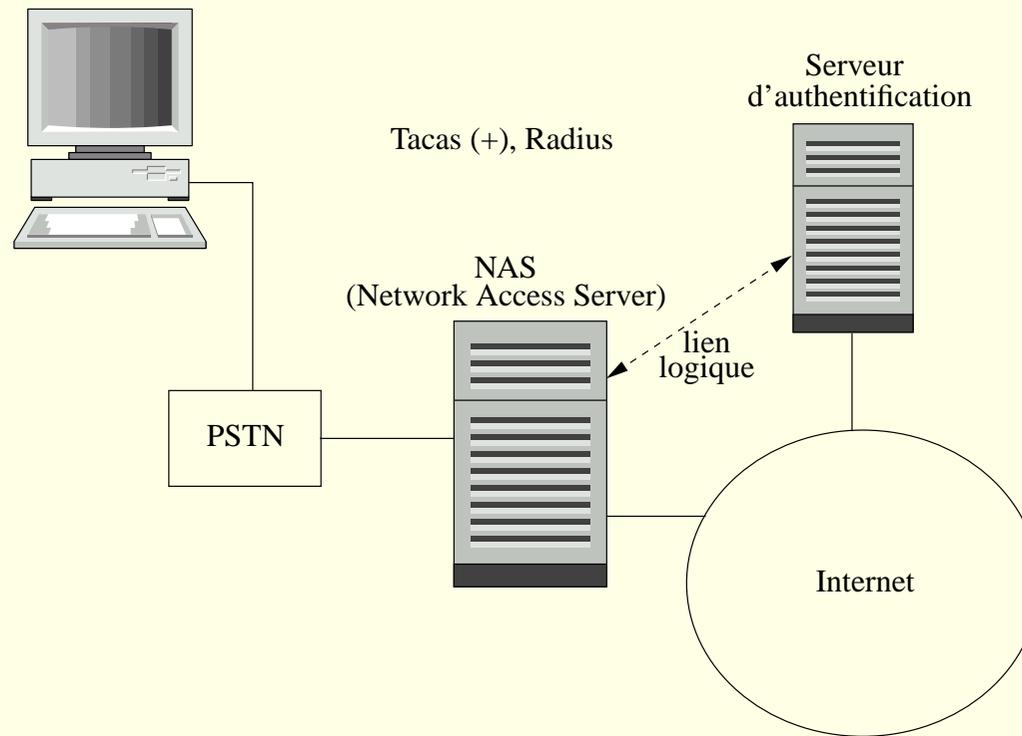


FIG. 86: Authentification de l'utilisateur.

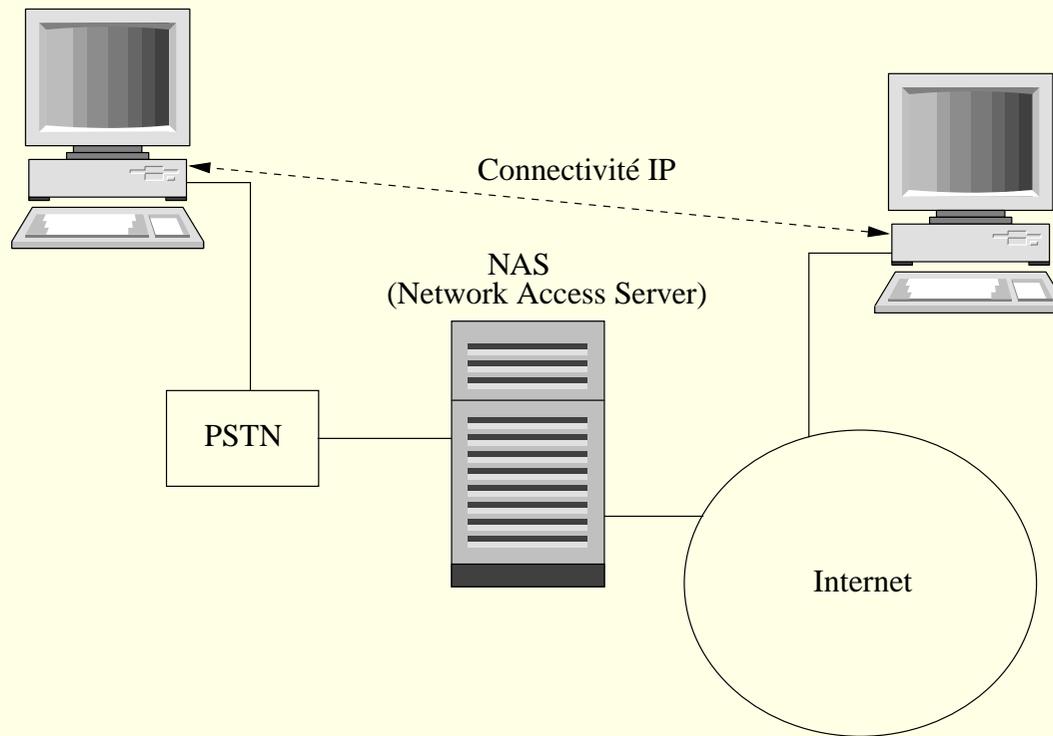


FIG. 87: Connectivité IP.

- Sécurité
- Vie privée

Lien entre un réseau d'entreprise et Internet

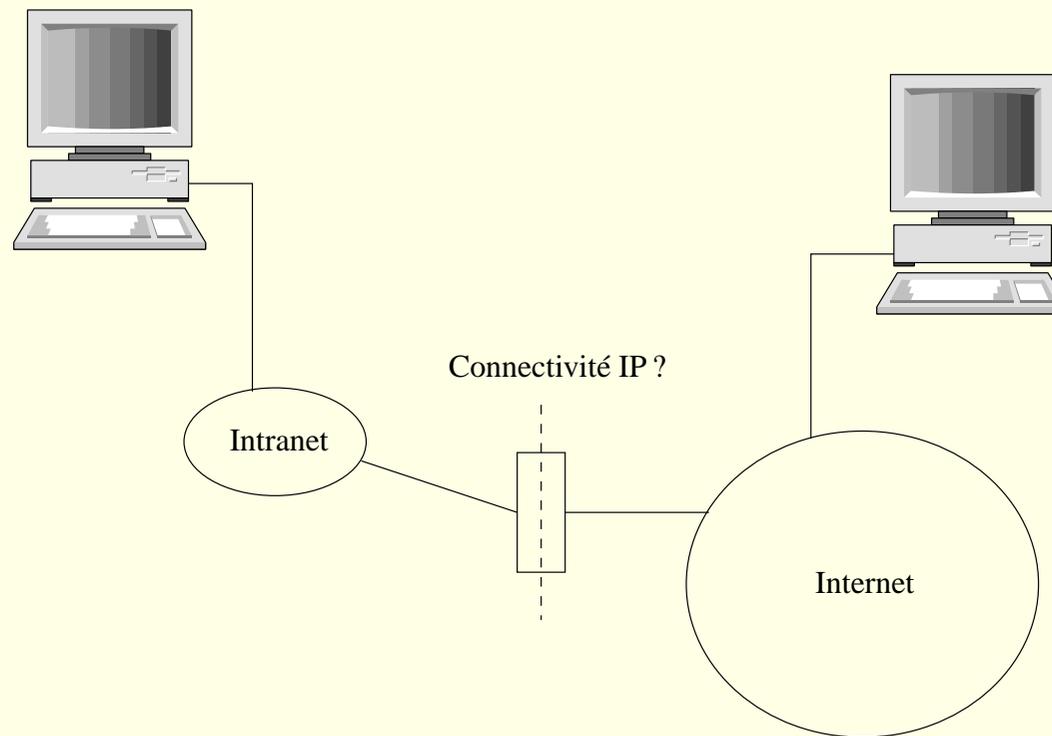


FIG. 88: Comment relier un intranet à Internet ?

Network Address Translation (NAT)

Le RFC1918 définit des adresses “privées”

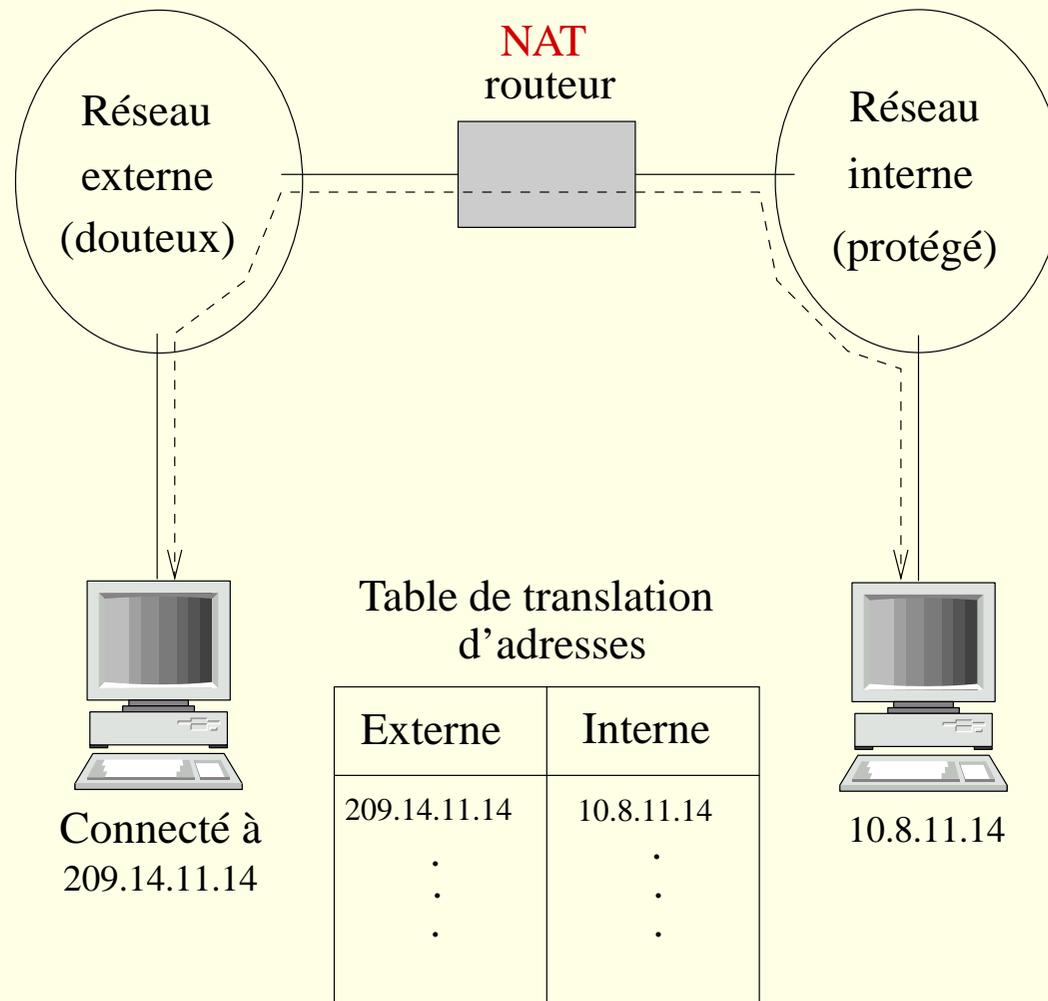


FIG. 89: Illustration du NAT.

Firewall

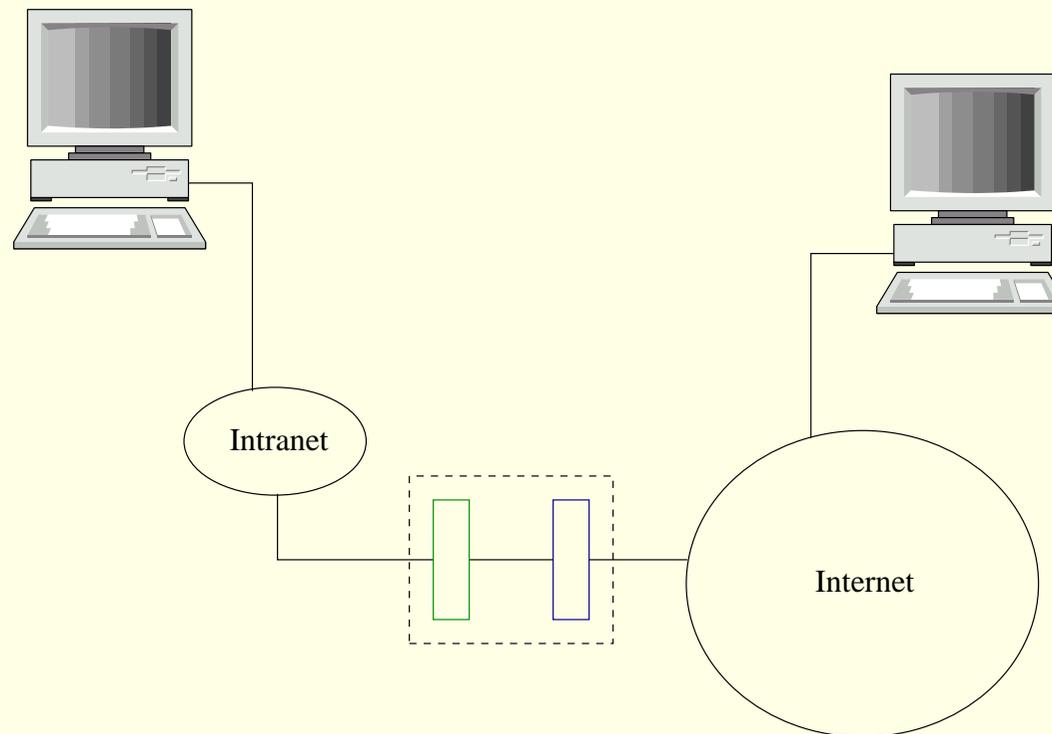


FIG. 90: Présence d'un double firewall.

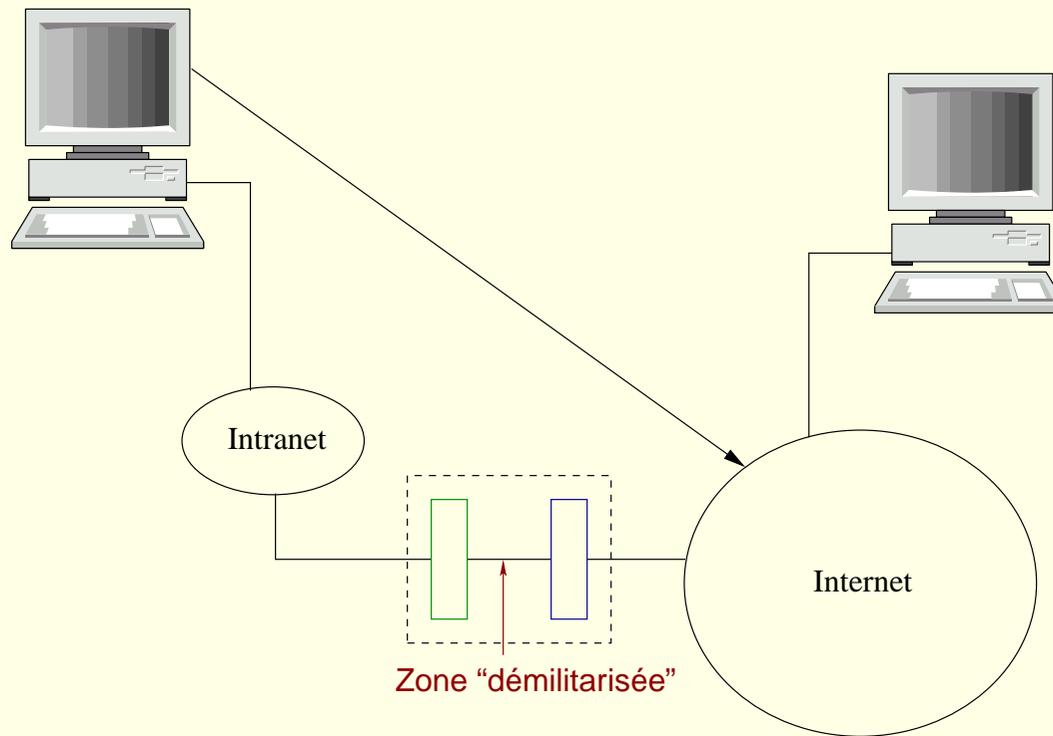


FIG. 91: Danger de court-circuit.

Table des matières

- Introduction
- Signaux multimédia
- Réseaux de télécommunications
- Matériel informatique