

Théorie sur la transmission de la parole

1ère partie

2010/2011

Pascal Mouchard

1

Plan

- Principe du téléphone
- Le son et les contraintes
- la numérisation
- Les techniques de transmission
- le trafic téléphonique

2010/2011

Pascal Mouchard

2

Principe du Téléphone: établissement d'une communication téléphonique (analogique)

- En décrochant le combiné, un commutateur se ferme et un courant est établi. (48 V= ; 30 à 50 mA)
- L'équipement distant (central téléphonique) détecte ce courant et renvoi une tonalité d'invitation à numéroté. (440 Hz)
- L'utilisateur compose le numéro de son correspondant.
- Lorsque l'appel abouti sur le téléphone distant, le central téléphonique envoi un courant sur les deux fils: Le téléphone sonne (80 Veff)
- l'utilisateur demandé décroche le combiné.
- L'action de fermer la boucle de courant est détectée par le central téléphonique et la communication est ainsi établie.



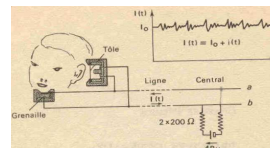
2010/2011

Pascal Mouchard

3

Principe du téléphone

La liaison téléphonique:



- Le signal de la parole est transmis sur la ligne (correspond à la partie variable du schéma)
- La ligne: 48 Volt continu avec un courant de ligne de 30 à 50 mA.
- Le courant de sonnerie: tension alternative 80 Veff 50hz

2010/2011

Pascal Mouchard

4

Principe du téléphone

- Le **réseau Téléphonique mondial** est constitué par une interconnexion des **Opérateurs**:
 - La **normalisation** assure la comptabilité des opérateurs:
 - G711: voix numérique à 64kb/s
 - **Plan de numérotage** du service téléphonique international **E164**. (UIT)
 - Adressage SIP: xxxxxx@domain:5060
 - ENUM: Electronic Numbering. L'annuaire téléphonique dans les DNS
 - Idem pour **Internet**:
 - interconnexion d'opérateur
 - Gestion du nommage (ICANN)
 - Normes: H323, SIP

2010/2011

Pascal Mouchard

5

Principe du téléphone

- Au début de la téléphonie le traitement du signal est **ANALOGIQUE** avec des centraux mécaniques/ électromécaniques.
 - Dans les années 60 le codage **MIC** ou **PCM** (Modulation par Impulsion et Codage ; Pulse Code Modulation) lance les **techniques de numérisation** qui se généraliseront dans les années 80/90 sur le réseau Téléphonique .
 - Aujourd'hui les techniques de codage numériques permettent de **transmettre la voix de qualité téléphonique à 8kb/s**.
 - Actuellement la **VoIP** permet la **convergence des services sur le réseau Internet et d'adapter la transmission numérique** à la bande passante du support
 - Codeur dynamique et augmentation de la bande passante G722 (8KHz)
- NB: A noter la compatibilité des Terminals 'analogiques' avec l'évolution des techniques Opérateurs .
MOS (Mean Opinion Score)

2010/2011

Pascal Mouchard

6

Le son et contraintes

- Le son
- le signal analogique
- la bande passante
- les contraintes de la téléphonie
- exercices

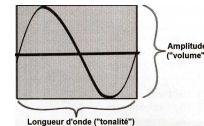
2010/2011

Pascal Mouchard

7

Le son

- **Définition:** Le son est un ensemble d'ondes acoustiques qui se propagent dans l'air et dont la fréquence est mesurée en Hertz correspondant au nombre d'oscillations par secondes
- Le son se propage dans l'air avec une vitesse de 330 m/s.



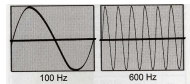
2010/2011

Pascal Mouchard

8

Le son

- La bande de fréquence perceptible pour l'Homme est de 10 à 20 000 Hz:
 - Les chiens perçoivent jusqu'à 65 000 Hz
 - La sensibilité de l'oreille humaine est maximale entre 1 000 et 4 000 Hz.
 - Les sons aigus ont une longueur d'onde très courte
 - Effet Doppler: son perçu avec une fréquence différente
 - Surround 5.1



2010/2011

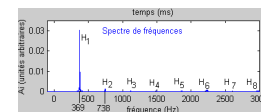
Pascal Mouchard

9

Le signal analogique

- Les vibrations vocales dans un microphone parfait génèrent un courant électrique variable. Le courant produit sera analogue aux vibrations vocales
- Théorème de Fourier:
 - une fonction périodique quelconque peut être décomposée en une suite de fonctions périodiques sinusoïdales et cosinusoidale.
- La fréquence fondamentale détermine la hauteur du son, tandis que les harmoniques caractérisent le timbre propre de chaque son.

$$G(t) = 1/2 c + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(2\pi n f t) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cos(2\pi n f t)$$



2010/2011

Pascal Mouchard

10

Le signal analogique

- Les ondes sonores sont regroupés en Octaves
 - 10 Octaves de 16,35hz à 16744hz
- L'harmonique en musique: il s'agit d'une fréquence multiple de la fréquence fondamentales
 - Un accord parfait: les harmoniques des notes de l'accord sont en concordance avec les harmoniques de la fondamentale

2010/2011

Pascal Mouchard

11

La bande passante

- On distingue aujourd'hui 5 catégories de qualité audio :
 - la **bande téléphonique** de 300 à 3400 Hz
 - la **bande élargie** de 30 à 7000 Hz : transmission de la parole d'excellente qualité mais reste insuffisante pour la musique
 - la **bande « hi fi »** de 20Hz à 15kHz
 - la **qualité CD** de 20Hz à 20kHz
 - la **qualité professionnelle** (studio d'enregistrement) de 20Hz à 48kHz.

2010/2011

Pascal Mouchard

12

Codage du son

Les normes pour la Musique:

- Son MultiCanal: Dolby
 - norme AC3: compression numérique pour le son qui permet d'utiliser jusqu'à 6 canaux sonores indépendants avec un taux d'échantillonnage de 32, 44,1 ou 48 kHz et avec un taux de transfert allant de 32 à 640 kbit/s. Le **Dolby Digital** utilise ce principe de codage, c'est pourquoi on le désigne souvent sous ce nom.
- Le Dolby Digital 5.1 dispose de 6 canaux dont 5 (avant gauche, central, avant droit, arrière gauche et arrière droit) utilisent la totalité de la bande passante (20 Hz à 20 kHz) et le dernier canal optionnel utilise seulement les extrêmes graves (en dessous de 120 Hz) pour alimenter un caisson de grave couramment appelé subwoofer

- DOLBY 2.0
- DOLBY 5.1
- DOLBY Digital EX
- DOLBY Headphone
- Standard DTS

Code	BD DVD			Blu-ray			DVD		
	Player support	Channels (max)	Max Bit Rate	Player support	Channels (max)	Max Bit Rate	Player support	Channels (max)	Max Bit Rate
Dolby Digital		5.1	504 kbit/s	Mandatory	5.1	640 kbit/s	Mandatory	5.1	448 kbit/s
	Mandatory								
Dolby Digital Plus		7.1	3 Mbit/s	Optional	7.1	1.7 Mbit/s	N/A		
Dolby TrueHD		8	18 Mbit/s		8	18 Mbit/s			

2010/2011

Pascal Mouchard

13

La bande passante

- Le but de la transmission:
 - restituer à l'extrémité de la ligne des courants identiques à ceux qui sont émis à l'origine
 - Mais aussi optimiser la bande passante
- En **1938 l'UIT définit la bande passante** d'une communication téléphonique:
 - **300 - 3400Hz** correspond à 90% de netteté.

2010/2011

Pascal Mouchard

14

Les contraintes de la téléphonie

- **Le Comptage collaboratif:** pour mettre en évidence les délais de transmission de la voix
 - Sur une liaison téléphonique: vous entendez votre interlocuteur dire N et vous devez immédiatement dire N+1. Jusqu'à 25
 - Ensuite vous comparez la durée avec la téléphonie classique.
- **Toll quality:** Qualité du réseau téléphonique classique
- **MOS**

2010/2011

Pascal Mouchard

15

Les contraintes de la téléphonie

- La téléphonie est une application **isochrone**: elle doit satisfaire une parfaite synchronisation et respecter un délai de transfert
- Le délai de transmission est soumis à trois **contraintes**:
 - L'interactivité
 - Le phénomène d'écho
 - La Gigue

2010/2011

Pascal Mouchard

16

Les contraintes de la téléphonie

- **contrainte d' interactivité:**
 - c'est la durée de transmission maximale pouvant prendre un signal sans avoir l'impression que les deux interlocuteurs sont éloignés.
La valeur limite est de 300ms (ou 600ms A/R)
- Ensuite s'ajoute un **phénomène d'écho:**
 - Les signaux analogiques provoquent un écho sur les équipements traversés.
 - Ils ne sont pas perceptibles à l'oreille si le signal revient en moins de 56 ms.
 - **Écho électrique et l'écho acoustique**

2010/2011

Pascal Mouchard

17

Les contraintes de la téléphonie

- **Les sources de dégradation de la voix dans un réseau IP:**
 1. Un réseau IP introduit des pertes de paquets
 2. Les mémoires tampons de compensation de gigue ont une influence sur le délai
 3. **Les interfaces acoustiques introduisent de l'écho acoustique**
 4. **Les interfaces analogiques introduisent de l'écho électrique**
- NB: des contraintes fonction des techniques de transmission (commutation et routage)

2010/2011

Pascal Mouchard

18

Les techniques de transferts

- **La commutation de circuits**
 - 60: la première technique
 - RNIS
- **Les techniques de transferts**
 - ROUTAGE
 - COMMUTATION
 - X25; Frame Relay; ATM, Routage IP; MPLS; Ethernet
 - Commutation de Trames et Routage de Paquets
 - **Les commutateurs-routeurs (Label Switch Router)**



2010/2011

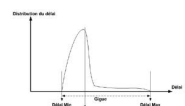
Pascal Mouchard

19

Les contraintes de la téléphonie

La Gigue:

- Le temps de traversé d'un paquet IP dans un réseau est caractérisé:
 - Une partie fixe = délais de propagation + délais d'attente moyens
 - Une partie variable (gigue) = correspond à la variation des tailles des files d'attente dans les routeurs et d'autres paramètres.



2010/2011

Pascal Mouchard

20

exercice 1

- Calculez la distance maximale entre deux interlocuteurs en satisfaisant les contraintes d'interactivité et d'écho.

La vitesse de propagation du signal est de **200 000 km/s**.

2010/2011

Pascal Mouchard

21

Solution exercice 1

Il faut respecter un temps de traverser du réseau de 28ms.

Avec une vitesse de propagation de 200 000 km/s,

- on obtient une distance maximale de $200\,000 \times 0,028 = \mathbf{5600\ km}$.

Conclusion : dans les pays Européens pas d'annulateur d'écho sur le RTCP

2010/2011

Pascal Mouchard

22

exercice 2

- Expliquez les contraintes de transmission:

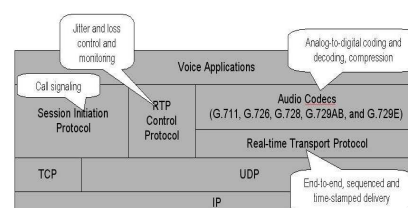
- ☐ GSM et poste sur le RTCP
- ☐ RTCP et VOIP
- ☐ GSM et VOIP

2010/2011

Pascal Mouchard

23

Les couches protocolaires VOIP



SDP, MGCP, IAX, SCCP, H323

2010/2011

Pascal Mouchard

24

La numérisation

- **Principe:**
 - échantillonnage; quantification; codage
 - numérisation de la parole téléphonique
- Les différents types de codage de la parole
- Les techniques de compression de la parole:
 - waveform coding; source coding; hybrid coding
 - ADPCM; CELP; audio haute définition

2010/2011

Pascal Mouchard

25

La numérisation: principe

- Numériser une information consiste à la représenter sous forme d'une suite de 0 et de 1.
- les artères de transmission moyen et haut débits transportent les informations sous formes numériques : téléphone, TV numérique, Web, données....
- **Trois opérations successives sont nécessaires à la numérisation:**
 - phase 1: l'échantillonnage
 - phase 2: la quantification
 - phase 3: le codage

2010/2011

Pascal Mouchard

26

La numérisation: l'échantillonnage

■ Théorème de Shannon:

Si un signal $f(t)$ est échantillonné à intervalles réguliers dans le temps et à un taux supérieur **au double de la fréquence significative la plus haute**, alors les échantillons contiennent toutes les informations du signal original.

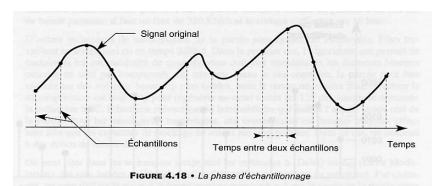
- Et la fonction $f(t)$ peut être reconstituée

2010/2011

Pascal Mouchard

27

La numérisation: l'échantillonnage



Calculez la vitesse d'échantillonnage pour représenter sous forme numérique un signal de bande passante de 10 000 Hz

2010/2011

Pascal Mouchard

28

La numérisation: la quantification

- La **quantification** consiste à **définir le nombre de valeurs numériques** permettant de représenter les échantillons et définir **une loi de correspondance**
- fonction du nombre de bits:
 - Un codage sur 8 bits donne 2 puissance 8 divisions soit 256 segments.
- Bruit de Quantification

2010/2011

Pascal Mouchard

29

La numérisation: La quantification

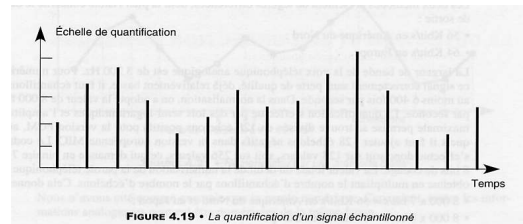


FIGURE 4.19 • La quantification d'un signal échantillonné

2010/2011

Pascal Mouchard

30

La numérisation: La quantification

- Loi de correspondance:

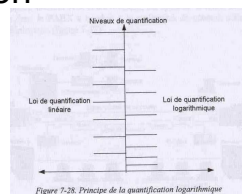


Figure 7-28: Principe de la quantification logarithmique

- En téléphonie, on ne prendra pas une loi avec des segments égaux mais plutôt de type semi logarithmique donnant une meilleure précision. Il existe deux lois: la loi A en Europe et la loi μ en Amérique du Nord.

2010/2011

Pascal Mouchard

31

La numérisation: Le codage

- La troisième phase est le codage, qui consiste à affecter une valeur numérique aux échantillons obtenus lors de la première phase. Ce sont ces valeurs qui seront transportées dans le signal numérique.

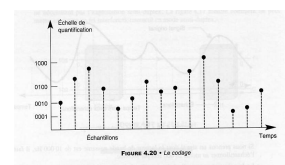


FIGURE 4.20 • Le codage

2010/2011

Pascal Mouchard

32

La numérisation de la voix

- Numérisation de la voix téléphonique: PCM (Pulse Code Modulation) ou MIC (Modulation par Impulsion et Codage)

- **en Europe**

débit de 64 Kbit/s. $2 * 4\text{Khz} * 8 \text{ bits} = 64 \text{ Kbit/s}$

-

- **Version Américaine**

seulement 7 bits: $8000 * 7 \text{ bits} = 56 \text{ Kbit/s}$

2010/2011

Pascal Mouchard

33

La numérisation: l'audio haute définition

- **CD audio avec un son numérique**

Lancé par Sony et Philips en 1982

- Caractéristiques:

- Codage PCM sans compression
 - bande passante de **20 à 20 Khz**
 - Une **fréquence d'échantillonnage à 44,1 Khz**
 - codage sur **16 bits**

- Le débit de transmission:

- $44,1 * 16 * 2 \text{ canaux} = \mathbf{1,411 \text{ Mbit/s}}$

- 1 heure de musique: 5,08 Gbit soit 635 Mo (sans compression)

2010/2011

Pascal Mouchard

34

La numérisation de la voix

- Exercices:

1/ Calculez le **débit numérique** nécessaire pour transmettre la parole sur une bande passante de **10 000hz** avec un codage à 8 bits.

2/ Calculez **l'espace occupé (Mo)** de **trois minutes de musique sur un CD**

3/ Un **CD audio enregistre sous forme numérique** un signal d'une bande passante de **100 000 Hz** et la capacité du **CD est de 500 Mo**.

Calculez la **durée de l'enregistrement** possible en supposant qu'il y a pas de compression et un codage sur 16 bits

2010/2011

Pascal Mouchard

35

La numérisation de la voix

- **Exercice 1:**

échantillonnage 20 000 Hz

codage sur 8 bits

soit $20\,000 * 8 = \mathbf{160 \text{ Kbit/s}}$

- **Exercice 2:**

3 Minutes = 180 secondes

$180 \text{ sec} * 44\,100 \text{ échantillon/s} * 2 \text{ canaux} = 15\,876\,000 \text{ échantillons}$

$15\,876\,000 * 2 \text{ Octets} = \mathbf{31,7 \text{ Mo}}$

2010/2011

Pascal Mouchard

36

La numérisation: exercice

- **Exercice 3:**
- Un signal de 100 000 hz nécessite un échantillonnage de **200 000 échantillons par seconde**.
- Le codage s'effectue sur 16 bits ou 2 Octets, le débit nécessaire est de **400 000 Octets par secondes**.
- La capacité du CD est de 500 Mo soit 524 288 000 Octets
- on obtient une durée de $524\,288\,000 / 400\,000 = 1310$ s soit environ **21 minutes**.

2010/2011

Pascal Mouchard

37

Numérisation: les différents formats

ISO/IEC	MPEG - Motion JPEG 2000 - MPEG-1 - MPEG-2 - MPEG-4 ASP - MPEG-4 AVC
UIT-T	H.120 - H.261 - H.262 - H.263 - H.264
Autres	AMV - AVS - Bink - Divx - Indeo - RealVideo - RTVideo - SorenVideo - Smacker/Smacker - Snow - VP6 - VP7 - WMV
ISO/IEC	MPEG-1 Layer III (MP3) - MPEG-1 Layer II - MPEG-1 Layer I - AAC - HE-AAC
UIT-T	G.711 - G.722 - G.722.1 - G.722.2 - G.723 - G.723.1 - G.726 - G.728 - G.729 - G.729.1 - G.729.2
Autres	AC3 - AMR - Apple Lossless - eAAC - CELT - ELAC - ILBC - Monkey's Audio - mp3 - Musepack - Nellymoset - OptimFROG - RealAudio - RTAudio - SHN - Siren - SoX - TAK - Vorbis - WavPack - WMA
ISO/IEC/JVT	JPEG - JPEG 2000 - JPEG-LS - JBIG - JBIG2 - PNG - WBMP
UIT	BMP - GIF - ICFR - ILBM - PCX - PGM - TGA - TIFF - JPEG XR / HD Photo
Format	ASF - ASE - AVI - Bink - DME - DPX - FLV - Matroska - MP4 - MXF - NUT - Ogg - Ogg
Audio	Media - QuickTime - RealMedia - Smacker - RIFF - Vob
Audio	AIF - AI - WAV - RWF - CAF

2010/2011

Pascal Mouchard

38

La numérisation: l'audio haute définition

- Au-delà du CD:
 - Les formats compressés du type **MP3** pour la souplesse
 - **Les chaînes Surround:**
 - **DVD Audio** développé par Panasonic, JVC, Kenwood, Toshiba et Technics
 - **SACD** développé par Sony et Philips en 1999
 - **Système 5.1**
- Le disque Blu-ray ou Blu-ray Disc (Sony) capacité de 25 Go

	CD audio	SACD	DVD-A
Capacité	650 MB	4,7 - 8,5 GB	4,7 - 8,5 - 17 GB
Canaux	2	2-6	2-6
Durée	80 min.	110 min.	70-260 min.
Echantillonnage	44,1 kHz	2 822,4 kHz	Surround 96 kHz, Stéréo 192 kHz
Résolution (quantification)	16 bits	1 bit	16, 20, 24 bits
Aigus	22 kHz	100 kHz	96 kHz
Dynamique	96 dB	120 dB	Jusqu'à 144 dB

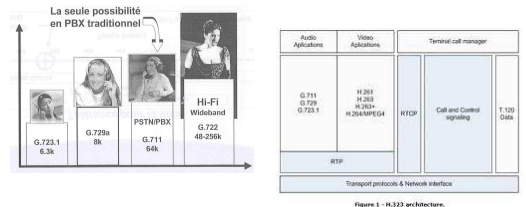
2010/2011

Pascal Mouchard

39

La numérisation: les codages

Le MIC ou G711 est le codage de base de la téléphonie



2010/2011

Pascal Mouchard

40

La numérisation: les techniques de compression

Les techniques de compression sont regroupées en trois catégories:

- **Waveform coding**
- **Source coding**
- **Hybrid coding**

Le MOS → Unité de mesure de Qualité

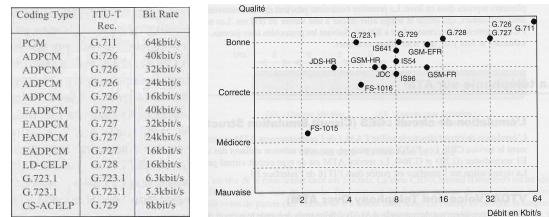
NB: évolutions → Codeurs Dynamiques et Hiérarchiques.

2010/2011

Pascal Mouchard

41

La numérisation: les techniques de compression



2010/2011

Pascal Mouchard

42

La numérisation: les techniques de compression

■ **Waveform coding**

- le codeur travaille sur le signal
- simple à implémenter
- efficace jusqu'à 16 Kbit/s

■ **exemple: MIC, PCM, ADPCM (Adaptative Differential Pulse Code)**

2010/2011

Pascal Mouchard

43

La numérisation: les techniques de compression

■ **Source Coding**

- permet de faire de la compression jusqu'à 2,4 Kbit/s
- Le signal de **la voix est analysé et un modèle de la source sera généré**
- essentiellement utilisé dans **les applications militaires**

2010/2011

Pascal Mouchard

44

La numérisation: les techniques de compression

■ Hybrid Coding

- c'est un **mélange des deux techniques précédentes**. Le 'waveform' pour la qualité et le 'source coding' pour des débits très bas.
- Les codeurs disposent d'un **jeu de modèles** et le codeur source cherchera celui qui se rapproche au mieux du signal. Il **communiquera au destinataire le modèle sélectionné** pour pouvoir reconstruire le signal.

- Exemple: **les codeurs CELP** (Code Excited Linear Prediction)

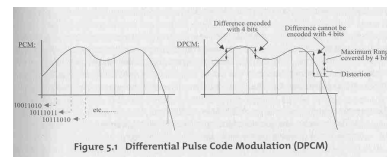
2010/2011

Pascal Mouchard

45

La numérisisation: le codeur ADPCM

- C'est le codeur « waveform coding » le plus utilisé:



- Norme G726 couvre les débits 16, 24, 32 et 40 Kbit/s

2010/2011

Pascal Mouchard

46

La numérisation: le codeur CELP

- Les **codeurs CELP** « hybrid coding » sont utilisés aujourd'hui pour des **débits inférieurs à 16 Kbps**.
- L'IUT a normalisé:
 - **LD-CELP G728**
 - **CS- ACELP G729**
- Ils présentent des **inconvenients**:
 - introduction d'un **délai significatif de 50 à 100 ms**
 - ce sont des **algorithmes pour la voix humaine** donc pas adapté pour la transmission de données et le fax.

2010/2011

Pascal Mouchard

47

La numérisation: les codeurs

- **Transmission discontinue** pour réduire de débit:
 - VAD: Voice Activity Detection
 - CNG: Confort Noise Generation
- **Codeurs adaptatifs** au support de transmission
 - Codeurs AMR (Adaptative Multi Rate)
- Le développement est aujourd'hui orienté vers des **codages de haute qualité**
 - Ex: NGN codeur Bp de 7Khz

2010/2011

Pascal Mouchard

48

La numérisation: les codeurs

• Comparatif des codeurs:

	Codeurs G711	G729	G723	GSM 6.10	GSM 6.60
débit (kbit/s)	64	8	6,3/5,3	13	12,2
MIPS	0,1	22	16/18	2,5	15,4
trame (ms)	0,125	10	30	20	20
Qualité (MOS)	4,2	4	3,9/3,7	3,6	4,1

2010/2011

Pascal Mouchard

49

Codeurs: et débit

Débits théoriques pour le codec G.729 (trames 20/40/60 ms)

Débits théoriques pour le codec G.711 (trames 20/40/60 ms)

Débits théoriques pour le codec G.723.1 (codage 5,3 kbit/s - trames 30/60/90 ms)

Débits théoriques pour le codec G.723.1 (codage 6,4 kbit/s - trames 30/60/90 ms)

2010/2011

Pascal Mouchard

50

Les codeurs video

- CIF: Common Intermediary Format
 - H261; H263
- Streaming : Video Flash

R TELNET	S IP	Audio: G.711, G.722, G.723.1, G.728, G.729, MPEG, ...
V SMTP	SIP (Session Initiation Protocol)	Vidéo: H.261, H.263, MPEG, ...
P HTTP		
...		
	RTP / RTCP	
	TCP	UDP
	IP	
	IEEE 802.2 / 802.3 / 802.11 / MPLS / ...	
	LAN IEEE 802.3 / 802.11 / SDH / DWDM / ...	

2010/2011

Pascal Mouchard

51

La transmission

- La transmission **analogique remplacée par le numérique**
- Les liaisons **permanentes** et **commutées**
- Le trafic: lois d'Erlangs

2010/2011

Pascal Mouchard

52

La transmission

- On distingue la **transmission analogique et numérique** par:
 - **Analogique**: Des déformations importantes
 - **Numérique**: une bande passante plus grande

2010/2011

Pascal Mouchard

53

La transmission: numérique

- **Le débit**
- En 1948, Claude SHANNON démontre la limite fondamentale du débit binaire sur un canal de transmission:

Pour un canal de transmission de bande passante H soumis au bruit dont le rapport signal sur bruit est S/N .

La capacité de transmission maximale C , en bit/s, est donnée par l'équation:

- $$C = H \log_2 (1 + S/N)$$

2010/2011

Pascal Mouchard

54

La transmission: numérique

- **exercice:**
Avec une bande passante de 4 KHz et un rapport S/B de 1000, calculez le débit binaire max de cette liaison

2010/2011

Pascal Mouchard

55

La transmission: numérique

Un canal de bande passante de 4000 Hz et un rapport S/N de 1000 on obtient **40 000 bit/s**.

C'est une valeur typique pour le réseau téléphonique analogique.

2010/2011

Pascal Mouchard

56

La transmission: analogique

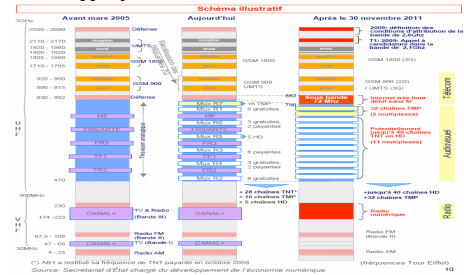
- Remplacement de l'analogique par le numérique:
 - sur la **boucle locale la partie téléphonie RTCP** → VoIP
 - **CATV** (câble d'antenne TV) remplacé par la norme Docsis
 - Diffusion analogique TV remplacé par la diffusion TNT.

2010/2011

Pascal Mouchard

57

Suppression des Fréquence Analogiques



2010/2011

Pascal Mouchard

58

La transmission: analogique

- Les **réseaux urbains: la Boucle Locale**
 - correspond aux lignes de rattachement des abonnés au commutateur (CL ou CAA)
 - généralement une paire de cuivre de 4,6,8,10 dixième de mm2 et il y a souvent un découpage des liaisons.
 - Une ligne correspond électriquement à un **Quadripole élémentaire**

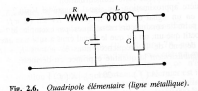


Fig. 2.6. Quadripole élémentaire (ligne métallique).

2010/2011

Pascal Mouchard

59

La transmission: analogique

- le **multiplexage analogique**
 - Sur un même support **plusieurs communications téléphoniques**
 - **multiplexage en fréquence**
- C'est une technique utilisée
 - sur le réseau téléphonique grande distance
 - sur les **CATV**
 - mais aussi sur la **boucle locale téléphonique** avec l'ADSL

2010/2011

Pascal Mouchard

60

La transmission analogique

■ Les CATV

□ **inconvenients**

- les services sont indépendants, il n'y a pas d'intégration des services
- il faut un modem pour chaque bande transportée

■ Aujourd'hui:

- utilisation de la **technique HFC** (Hybrid Fiber Coaxial)
- en mode numérique avec la norme **DOCSIS v3**
 - Débit de 160Mbit/s en descendant et 120Mbit/s montant

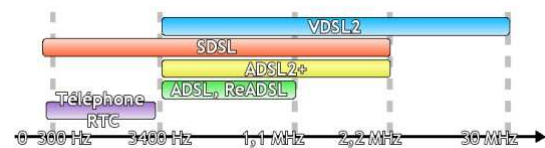
2010/2011

Pascal Mouchard

61

Multiplexage numérique et analogique sur le même support

Les technologies xDSL



2010/2011

Pascal Mouchard

62

Multiplexage numérique et analogique sur le même support



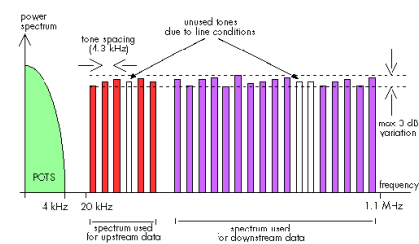
En ADSL2+ → 511 porteuses.

2010/2011

Pascal Mouchard

63

ADSL



2010/2011

Pascal Mouchard

64

La transmission: numérique

- **Rapidité de transmission**
 - en **Baud**
 - Et ne correspond pas nécessairement au débit binaire
- **Baud**: nombre de temps élémentaire, ou top d 'horloge, par seconde
- **Valence**: nombre d'états possible par temps élémentaire

NB: le temps nécessaire à la transmission d'un caractère dépend à la fois de la méthode de codage et de la rapidité de transmission.

2010/2011

Pascal Mouchard

65

la transmission: numérique

- Exercice:
- On considère une ligne de communication à **2400 bauds de capacité**.

Dans **quelle condition**, la vitesse, exprimée en bit/s, peut être égale à 2400 ?

2010/2011

Pascal Mouchard

66