

Travaux dirigés 1 - Introduction

Architectures, Codage, alphabets, numérisation

Exercice 1

Citer les codes ou alphabets que vous connaissez !
Quels sont les symboles représentables ?

Question a
Codage

La problématique des réseaux téléinformatiques

☐ **Comment faire communiquer les ordinateurs/processus sur une seule ligne ?**

☐ **La solution**

☐ **Coder les données et les informations de contrôle (logique à deux états)**

☐ **Les transmettre sur la même ligne**

Le codage est l'opération qui fait correspondre une configuration binaire à une information.

On distingue deux grands types de codes :

Les codes alphanumériques de longueur constante	Les codes de longueur variable
Les plus classiques Toutes les informations sont identifiées par une séquence binaire de taille fixe. [par exemple un octet]	Utilisé surtout lorsqu'on optimise la taille globale de la séquence binaire correspondant à un ensemble d'information.
ASCII	Les globales codes de Huffman Permettent de coder sur une séquence binaire courte les caractères les plus fréquents (par exemple un e en français) et sur des séquences longues les caractères plus rares (par exemple un z)
EBCDIC (développé par IBM)	Le morse Un exemple ancien de code à longueur variable
CCITT n° 5	

Télex, Unicode, UCS, ISO 10646

Quels sont les symboles représentables ?

Réponses possibles selon les codes :

- Les 26 lettres de l'alphabet (parfois minuscules ET majuscules).
- Les chiffres.
- Des accentuations - Accent aigu, Accent grave, Accent circonflexe..
- Les symboles de ponctuation - le point, point d'interrogation, parenthèses...
- Les symboles mathématiques
- Les symboles de monnaie
- Des éléments graphiques
- Des caractères de mise en page et de structures (non imprimables)

Des caractères spéciaux (! : % *)

Il y a parfois problème pour représenter les spécificités de chaque langue (lettres accentuées du français, par exemple)

A l'intérieur d'un code on peut en général distinguer :

- **Les codes d'information** qui comprennent les lettres majuscules et/ou minuscules, les signes diacritiques (é, ç, à, ë, y, ù, etc.) et les signes graphiques spéciaux (B, œ, etc.) ;
- **Les codes de commande utilisés**, par exemple pour transmettre des ordres à une imprimante : commandes de transmission, commandes de mise en page, commandes d'appareil auxiliaire, séparateurs d'information, caractères d'annulation, caractères d'échappement.

Comment représentons **la parole**, **la musique**, **les images** dans les applications usuelles :

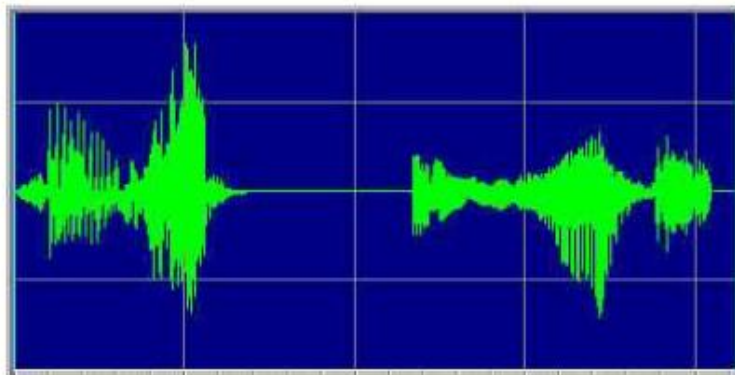
le téléphone, la télévision, le CD audio, ou le DVD ?

Question b Transmission

- L'information (analogique ou numérique) est véhiculée grâce à un signal physique.
- Ce signal peut être de nature analogique soit de nature digital (numérique).

- **4 combinaisons** possibles entre les différents types d'information et les modes de transmission:

- Information **Analogique** – Transmission **Analogique** (voix sur RTCP)
- Information **Analogique** – Transmission **Numérique** (voix sur GSM ou Internet)
- Information **Numérique** – Transmission **Analogique** (données ordinateur sur RTCP via modem)
- Information **Numérique** – Transmission **Numérique** (données ordinateur sur LAN ou Internet)



ci-dessus une information analogique : quatre syllabes de parole

ci-dessous une information numérique : une suite de 0 et de 1

01111010100010111010000011010101000101010

- **Informations analogiques** - elles correspondent à des signaux qui varient continûment dans le temps et qui peuvent prendre une infinité de valeurs distinctes.
- **Informations numériques** - elles correspondent à des signaux qui varient de manière discrète dans le temps et qui peuvent prendre un ensemble fini de valeurs distinctes.

Nature des informations transmises

Nous parlerons d'applications **téléphoniques**, **Informatiques** et **téléinformatiques**.

La nature des informations peut être très variée :

- **Parole humaine** et son haute-fidélité.
- Données alphanumériques, **textes** et autres données structurées en un ensemble de caractères.
- **Images fixes** en noire et blanc ou en couleur,
- **Images animée** - images de télévision par exemple.
- **Informations multimédias** qui intègrent plusieurs moyens de représentation de l'information, tels que textes, sons, images fixes ou animées.

Par nature même, certaines informations sont analogiques :

la parole, la musique, les images animées de la télévision sont des informations de nature analogique.

D'autres informations sont par nature numériques.

Par exemple, un texte est une suite de caractères appartenant à un alphabet d'un nombre fini de symboles : c'est une information de nature numérique.

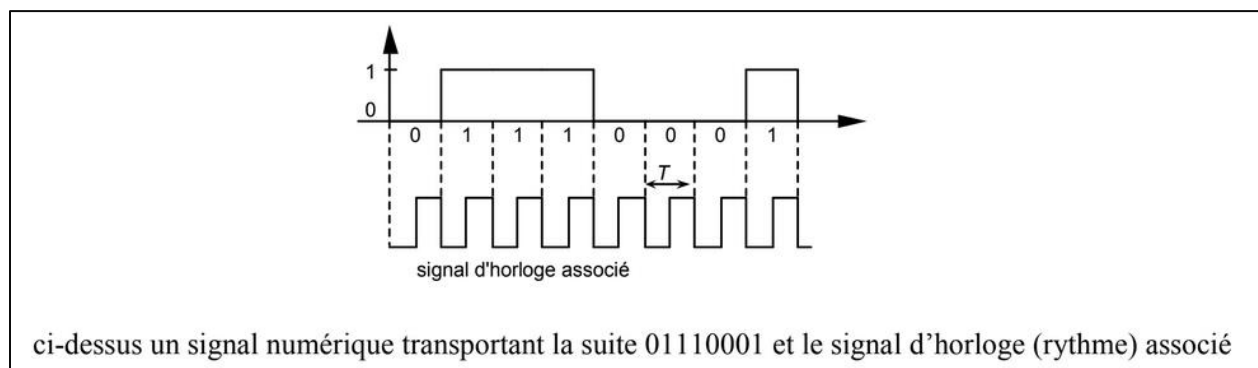
Les informations numériques

- Sont facilement transformées en une suite de données binaires grâce à une opération de *codage* qui fait correspondre à chaque symbole de l'alphabet une configuration binaire particulière.
- Plusieurs codes existent pour l'ensemble des caractères courants (les vingt-six lettres de l'alphabet, les chiffres, les symboles de ponctuation, les symboles mathématiques...)
- On en imagine également pour des symboles graphiques afin de créer des images fixes.

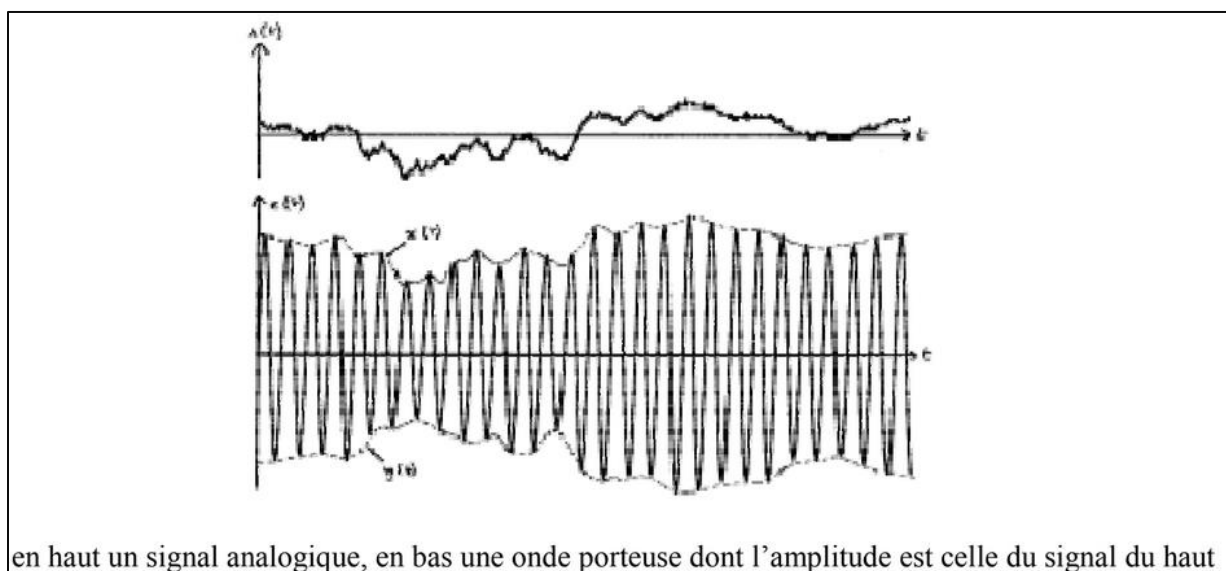
Nature des transmissions

La transmission des informations sur un support peut être analogique ou numérique selon que le signal transporté varie de manière continue ou discrète dans le temps, et que son espace de valeurs est infini ou non.

Transmission numérique - Une suite de données binaires permet de construire un signal qui prend par exemple, deux valeurs 0 et 1 et qui varie dans le temps à des intervalles de temps réguliers kT où k est un entier.



Transmission analogique - Un signal de parole module de manière analogique l'amplitude ou la fréquence d'une onde porteuse avec des variations dans le temps qui sont continues.



Amplitude [?] = Ecart, différence entre deux valeurs extrêmes d'une grandeur.

La correspondance entre nature de l'information et nature de la transmission ne se réduit pas à une telle bijection.

- On sait transformer une information analogique pour la mettre sous forme numérique et ensuite la transmettre.
- Cette opération s'applique aussi bien à un signal de parole qu'à une image fixe, une bande son haute fidélité ou des images de télévision animées et en couleur.

Aujourd'hui la quasi-totalité des transmissions sont numériques.

Seul l'accès au réseau téléphonique, c'est-à-dire la liaison entre le poste téléphonique et le réseau, est encore majoritairement analogique.

Le téléphone

- **Téléphone résidentiel** : signal analogique (accès = analogique, transport dans le réseau = numérique)
- **Téléphonie mobile, RNIS** : numérique.

La télévision

- **Télévision hertzienne** : analogique ou numérique (TNT).
- **Télévision satellite** : numérique.
- **Télévision ADSL** : numérique.

CD audio, DVD

- Informations numériques.

Comment réalise-t-on la conversion de ces informations de l'analogique au numérique ?

Question c

La numérisation

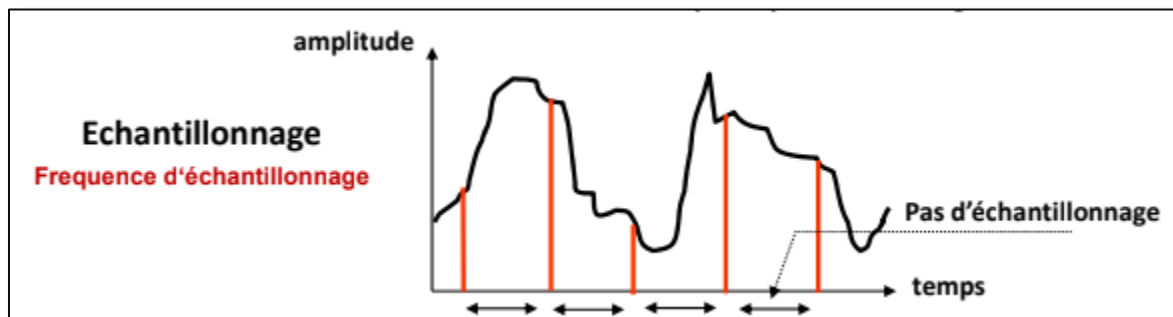
La numérisation s'effectue en 3 étapes/phases

1. Échantillonnage (échantillonner)

Prendre en compte seulement l'amplitude du signal à des intervalles de temps régulier T.

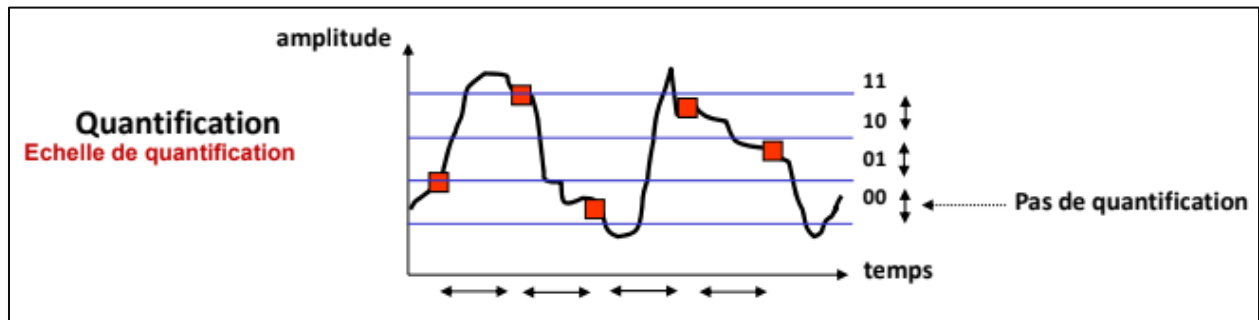
La fréquence d'échantillonnage est donc de $f = 1/T$.

- **Le signal analogique** est un signal continu qui par définition contient un nombre infini d'éléments.
- **L'échantillonnage** consiste à prélever un nombre déterminé d'éléments (échantillons) qui seront suffisants pour reconstituer à l'arrivée un signal analogique de qualité.
- **Les différentes études** ont montré qu'il suffit d'échantillonner à deux fois la fréquence supérieure contenue dans le signal.
- **Ainsi, pour un signal de la parole où l'information est contenue dans une bande de 4000 Hz (0-4000),** un échantillonnage à 8000 Hz suffit (c'est-à-dire toutes les 125 µs).
- **Pour la musique haute fidélité** où l'information est contenue dans la bande audible (20-20000 Hz), l'échantillonnage a été défini à 44,1 kHz.
- **Echantillonner à une fréquence plus faible** conduit à un signal restitué de mauvaise qualité.
- **Un échantillonnage** plus élevé augmente le volume de données à transmettre sans augmentation significative de la qualité.



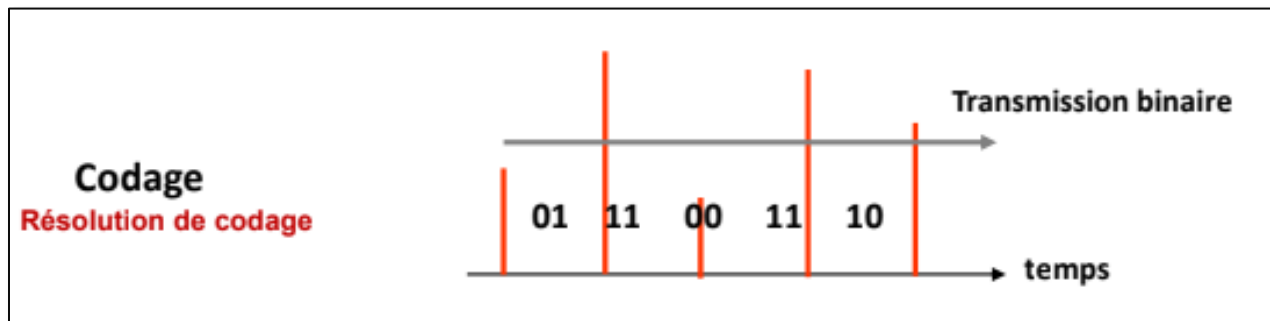
2. Quantification

- Attribue à chaque échantillon une valeur prise dans une échelle finie de valeurs.
- L'erreur effectuée dans l'approximation est appelée bruit de quantification.



3. Codage

Chaque échantillon sera codé sur un ensemble de bits.



Quels sont les intérêts du numérique par rapport à l'analogique ?

Question d

Facilite et permet des traitements suivants :

- Archivage/stockage
- Protection de l'information,
- Compression des données (réduction du volume)
- Copie de l'information sans altération de la qualité
- Combinaison des informations (multimédia)

Exercice 2

Architecture des réseaux et modèle OSI

Qu'est ce qu'un protocole de communication ?
une architecture de communication ?

Question a

Un protocole de communication

La spécification d'un **ensemble de règles** qui doivent être respectées par des entités paires pour **permettre l'envoi et la réception d'information** à travers un système de communication.

- Un protocole définit en particulier la **signification et le format des messages échangés** ainsi que les procédures à exécuter en cas d'événements particuliers (erreurs, anomalies)
- De manière plus générale : **Protocole de niveau N** - l'ensemble des processus de transmission mis en œuvre par une couche N.
- **Les protocoles de communication les plus utilisés** sont les protocoles réseau qui sont mis en œuvre **dans les réseaux téléinformatiques**.
- **On peut par exemples citer**, les protocoles réseau suivants : IP, TCP, et HTTP.

Architecture de communication

L'ensemble de ces couches et protocoles de communication.

- On peut citer l'architecture du réseau Internet, ou l'architecture du réseau numérique à intégration de services (RNIS).
- L'ensemble des protocoles utilisés par un système ayant un protocole par couche est aussi appelé **pile de protocoles**.
- Exemple de pile : la pile TCP/IP.

La problématique des réseaux téléinformatiques

- ☐ **Comment faire communiquer les ordinateurs/processus sur une seule ligne ?**
- ☐ **La solution**
 - ☐ Coder les données et les informations de contrôle (logique à deux états)
 - ☐ Les transmettre sur la même ligne
- ☐ **Les protocoles**
 - ☐ Règles de codage des informations
 - ☐ Règles de dialogue entre ordinateurs
 - ☐ Gérés par les logiciels et matériels de communication
- ☐ **Les architectures**
 - ☐ Cadres d'environnement et de définition des protocoles
 - ☐ Ensemble de protocoles, procédures et équipements de communications
 - ☐ Permettre l'interconnexion des réseaux hétérogènes aux moyens de dispositifs de conversion

Quels sont les intérêts d'un modèle d'architecture de communication hiérarchique (en couches) ?

Question b

Basé sur le principe de « **diviser pour régner** », une architecture de communication hiérarchique permet de décomposer une fonction complexe (l'échange d'information entre deux systèmes distants) en plusieurs fonctions plus simples à implémenter, gérer et faire évoluer.

Une architecture de communication peut être vue comme le regroupement de plusieurs protocoles de communication associés à une couche de communication.



ISO
Interconnexion des Systèmes Ouverts

LE MODELE DE REFERENCE ISO de L'OSI

Le Modèle de référence ISO pour Interconnexion des Systèmes Ouverts a été proposé en 1984 par l'OSI (Organisation de standardisation Internationale) :

- Modèle fondé sur un principe énoncé par Jules César :

- « Diviser pour Régner »

- Le principe de base est la représentation des réseaux sous la forme de couche de fonctions superposées les unes aux autres.

- Leur nombre, leur nom et leur fonction varient selon les réseaux

- L'étude du système de communication revient alors à l'étude de ses éléments élémentaires et offre une plus grande :

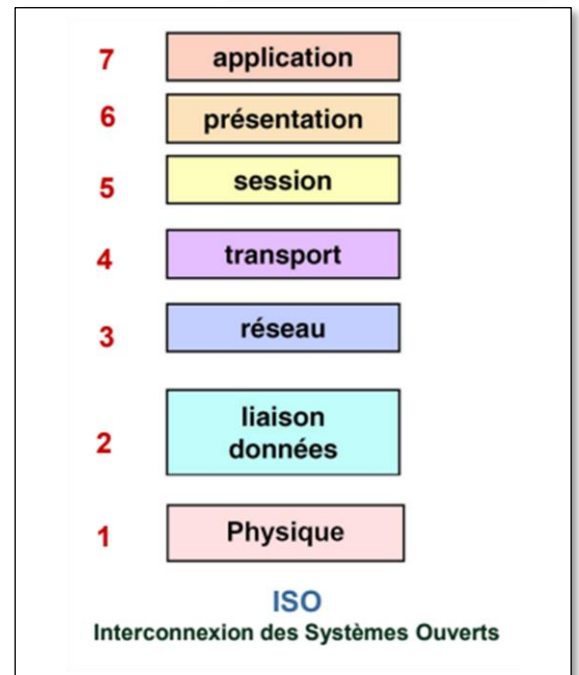
- Facilité d'étude
- Indépendance des couches
- Souplesse d'évolution

Niveau	Nom	Fonction	Protocoles
7	Couche application	Assurer l'interface avec les applications.	HTTP, FTP, tel-net, SSH, DNS
6	Couche présentation	Formater des données (leur représentation, éventuellement leur compression).	
5	Couche session	Fournir les moyens pour organiser et synchroniser les dialogues et les échanges de données.	
4	Couche transport	Transporter les données et, selon le protocole, gérer les erreurs.	TCP, UDP
3	Couche réseau	Gérer l'adressage et le routage.	IP, ICMP, IGMP, ARP
2	Couche liaison	Définir l'interface avec la carte réseau et la méthode d'accès.	Ethernet, LLC, SNAP, PPP
1	Couche physique	Convertir des données en signaux numériques.	Ethernet, 802.3, 802.5 (token ring), 802.11 (wireless)

Quelles sont les principales fonctionnalités de la couche Physique ? de la couche Liaison ?

Question c

- **La couche physique** s'occupe de la transmission et de la réception du signal.
- **La couche Liaison** a pour rôle de fiabiliser la transmission en détectant, et corrigeant dans la mesure du possible les erreurs pouvant se produire dans la couche physique.



Exercice 3

Unités de mesures en informatique

Pour représenter physiquement une information binaire
utiliser la polarisation magnétique, le courant électrique, l'intensité lumineuse ...

Bit

(abréviation de **B**inary **digi**T)

Plus petite quantité d'information

Prend que deux valeurs **0** ou **1**

["faux" ou "vrai"]

Octet

byte en anglais

Prononcer baït

Composé de 8 bits

(Exemple : 0 1 1 0 0 1 0)

Les octets sont utiles pour exprimer des quantités de données.

Un octet peut représenter

$2^8 = 256$ informations différentes

1 Kilooctet (Ko)

$2^{10} = 1024$ octets

1 Mégaoctet (Mo)

$1024 \text{ Ko} = 2^{20} \text{ octets}$

$2^{20} = 2^{10} \times 2^{10}$

1 Gigaoctet (Go)

$1024 \text{ Mo} = 2^{30} \text{ octets}$

$2^{30} = 2^{10} \times 2^{10} \times 2^{10}$

- En informatique on utilise,
 $2^{10}=1024$, $2^{20}=2^{10} \times 2^{10}$,
 $2^{30}=2^{10} \times 2^{10} \times 2^{10}$.
et non pas les puissance de 10
($10^3=1000$, $10^6=10^3 10^3$, ...)
utilisées dans le Système
international d'unités (SI).

Les préfixes multiplicateurs et diviseurs pour les unités

kilo (k)

milli (m)

Méga (M)

micro (μ)

Giga (G)

nano (n)

Téra (T)

pico (p)

Péta (P)

femto (f)

Exa (E)

atto (a)

Yotta (Y)

yocto (y)

Zéta (Z)

zepto (z)

La représentation graphique couleur d'un PC

est réalisée par une carte graphique avec **65536** couleurs

et une **résolution spatiale** de 1024 par 768 pixels.

Quelle doit être la capacité mémoire de la carte graphique en Mo ?

$$1 \text{ Mégaoctet (Mo)} = 2^{20} \text{ octets}$$

La **résolution spatiale** est une mesure de la finesse des détails d'une image pour une dimension donnée. Une image matricielle est composée de pixels ; une image affichée est définie par une taille (en centimètre ou en pouce) ; la conjonction de ces deux données s'exprime en nombre de pixels par unité de longueur. Cette résolution spatiale, qui indique la « densité de pixels », est couramment simplement nommée « **résolution** ».

Une carte vidéo 16 bits gère une palette de 65536 couleurs (2^{16}).

- 65536 couleurs = 2^{16}
- $1024 \times 768 \times 16 \text{ bits} = 12\,582\,912 \text{ bits}$

Pour avoir le résultat en Mo - il faut diviser par 8 puis par 1024 puis encore par 1024.

$$\frac{12\,582\,912}{8} = 1\,572\,864, \quad \frac{1\,572\,864}{1024} = 1\,536$$

$$\frac{1\,536}{1024} = 1.5$$

La capacité mémoire de la carte est de : 1,5 Mo

Exercice 4

Exemple d'informations à transmettre : la voix et sa numérisation

On considère un signal de parole de bande passante 4 KHz.

On souhaite numériser ce signal et le transmettre sur le réseau NUMERIS en France.

Quel sera le débit binaire de cette communication ?

Veuillez préciser la fréquence d'échantillonnage, l'échelle de quantification, et la résolution de codage.

Le **hertz** (symbole : **Hz**) est l'unité dérivée de fréquence du Système international (SI). Un hertz est la mesure de la fréquence de répétition d'un événement qui se répète une fois par seconde (s^{-1} ou $1/s$).

1000

kHz



1. (Métrologie) Symbole du kilohertz, unité de mesure de fréquence du Système international (SI), valant 10^3 hertz.

1. Fréquence d'échantillonnage

Prendre en compte seulement l'amplitude du signal à des intervalles de temps régulier

T. La fréquence d'échantillonnage est donc de $f = 1/T$.

L'échantillonnage : le signal analogique est un signal continu qui par définition contient un nombre infini d'éléments. L'échantillonnage consiste à prélever un nombre déterminé d'éléments (échantillons) qui seront suffisants pour reconstituer à l'arrivée un signal analogique de qualité.

Les différentes études ont montré qu'il suffit d'échantillonner à deux fois la fréquence supérieure contenue dans le signal. Ainsi, pour un signal de la parole où l'information est contenue dans une bande de 4000 Hz (0-4000), un échantillonnage à 8000 Hz suffit (c'est-à-dire toutes les 125 μs).

milli (m)

micro (μ)

Echantillonner à une fréquence plus faible conduit à un signal restitué de mauvaise qualité, et un échantillonnage plus élevé augmente le volume de données à transmettre sans augmentation significative de la qualité.

Pour être capable de reconstituer le signal d'origine,

le théorème de l'échantillonnage fourni par la théorie du signal dit que

la fréquence d'échantillonnage doit être supérieure ou égale à $2f_{max}$.

Soit dans notre exo : $2 * 4000 = 8000 \text{ Hz} = 8000 \text{ échantillons par seconde}$

La période d'échantillonnage est donc de $1/8 \text{ ms}$ soit $125 \mu\text{s}$.

milli (m)
micro (μ)

2. Echelle de Quantification

Il faut quantifier le signal échantillonné,

c'est-à-dire lui associer une valeur parmi un ensemble fini de valeurs.

La quantification - elle attribue à chaque échantillon une valeur prise dans une échelle finie de valeurs.

L'erreur effectuée dans l'approximation est appelée bruit de quantification. Ce bruit ayant une répercussion importante pour les faibles niveaux, l'échelle n'est pas une échelle linéaire.

Pour le signal de parole dans le réseau téléphonique, 256 niveaux ont été retenus.

Echelle de Quantification de 256 paliers

La quantification peut se faire sur 256 niveaux.

3. Résolution de chaque échantillon (le codage du niveau)

Le codage : chaque échantillon sera codé sur un ensemble de bits.

Le codage du niveau est finalement effectué sur 1 octet (= 8 bits)

Pour permettre le codage des différentes valeurs, 8 bits sont nécessaires si l'on a retenu 256 niveaux.

La numérisation d'un signal vocal produit donc un flux régulier d'informations numériques de 1 octet toutes les 1/8 ms, soit un débit de 64 kbit/s.

Débit binaire d'une communication de parole

$= 8000 \times 8 = 64000 \text{ bits/s} = 64 \times 10^3 \text{ bits/s} = 64 \text{ Kbit/s}$

Cette technique, appelée MIC (Modulation par Impulsion et Codage), est utilisée dans le réseau téléphonique.

Exercice 5

Un CD audio contient 12 chansons pour une durée totale de 46 minutes 14 secondes.

Sachant que le son est échantillonné à 44,1 KHz avec 16 bits par échantillon, et qu'il y a deux canaux de son (stéréo),

Quelle est la quantité d'information enregistrée sur le CD (en Mo) ?

46mn 14 secondes = 2774 secondes

Le débit audio numérique du CD est :

$44100 \times 16 \text{ bits} \times 2 \text{ canaux} = 1\,411\,200 \text{ bits/s}$

Le volume de stockage de l'audio pour 46 mn 14 sec =

$1\,411\,200 \times 2774 = 3\,914\,668\,800 \text{ bits}$

Pour avoir le résultat en Mo - il faut diviser par 8 puis par 1024 puis encore par 1024.

$((((3\,914\,668\,800)/8)/1024)/1024) = 466,66 \text{ Mo}$

1 Mégaoctet (Mo) = 2^{20} octets

$2^{20} = 2^{10} \times 2^{10} = 1024 \times 1024$

1 Kiloctet (Ko) = 2^{10} octets = 1024 octets

Exercice 6

Soit à coder en binaire pour la transmission et le traitement informatique, une page A4 (A4 = 297 x 210 mm).

On choisit de représenter chaque pixel par un bit
(0 s'il est blanc, 1 s'il est noir).

Sachant qu'il y a (pour le fax) 1728 pixels par ligne
et 3,85 lignes par mm,

Quel est le volume de données binaires pour représenter
ainsi une page (en mode portrait) ?

Question a

Le volume binaire pour de la page N&B est de :

$$1728 \times 1 \times 3,85 \times 297 = 1\,975\,881,6 \text{ bits}$$

$$1\,975\,881,6 / 8 = 246\,985,2 \text{ octets}$$

$$246\,985,2 \text{ octets} / 1024 = 241,19 \text{ Koctets (Kilooctets)}$$

$$1 \text{ Kilooctet (Ko)} = 2^{10} \text{ octets} = 1024 \text{ octets}$$

Soit à coder en binaire pour la transmission et le traitement informatique, une page A4 (A4 = 297 x 210 mm).

Combien de temps faut-il pour transmettre la page numérisée à 9600 bit/s, à 64 Kbit/s ?

Question b

DELAIS

Soit :

- C: Capacité/Débit de la ligne (bit/s)
 - L: Longueur de la trame (bits)
 - V: vitesse du support (m/s)
- d: distance de propagation (m)
L': Longueur de l'acquittement (bits)

Te: délai d'émission de la trame	= L / C
Tp: délai de propagation de la trame	= d / V
T'e : délai d'émission de l'acquittement	= L' / C
T'p: délai de propagation de l'ACK	= $Tp = d / V$
Texec : délai de traitement de la trame/ACK	= négligeable
T: délai de transmission (total)	= $Te + 2Tp + T'e = ((L+L')/C) + 2d/V$
délai de blocage de l'émetteur	= $2Tp + L'/C$

cours2_physique.pdf
page 30

Efficacité d'un protocole = Taux d'occupation du canal
= délai d'émission des données/Délai de transmission
= Débit utile / Débit de la ligne

Délai (N&B – 9600) = 1 975 881,6 bits / 9600 = 205,82 sec = 3 mns 25 sec.

Délai (N&B – 64K) = 1 975 881,6 bits / 64000 = 30,87 sec

(a)

Conclusion

Que le débit soit 9600 ou 64000 bit/s, le temps de transmission est inacceptable !

Le volume binaire pour de la page N&B est de :

$1728 \times 1 \times 3,85 \times 297 = 1\,975\,881,6$ bits

Dans la pratique, les télécopieurs effectuent une compression de l'image de la page avant de transmettre → le temps de transmission devient acceptable (et il est variable, suivant le contenu de la page)

Soit à coder en binaire pour la transmission et le traitement informatique, une page A4 (A4 = 297 x 210 mm).

Mêmes questions si l'on veut transmettre la page avec 256 nuances de gris (possibles pour chaque pixel).

Question c

Codage source et Normes

Informations sous forme binaire 0 et 1 :

cours2_physique.pdf
page 11

Image → Noire et blanc (1 bit : 0 noir et 1 blanc)

Nuances de gris (8 bits par point)

S'il y a des couleurs, 256 couleurs nécessitent un codage sur 8 bits.
Il faut multiplier les résultats précédents par 8....

Le volume binaire de la page (256 gris) est de :

Question a

$$1728 \times 8 \times 3,85 \times 297 = 15\,807\,052,8 \text{ bits}$$

$$15\,807\,052,8 \text{ bits} / 8 = 1\,975\,881,6 \text{ octets}$$

$$1\,975\,881,6 \text{ octets} / 1024 = 1\,929,57 \text{ Koctets [Kilooctets]}$$

...

Sachant qu'il y a (pour le fax) 1728 pixels par ligne et 3,85 lignes par mm,

Quel est le volume de données binaires pour représenter ainsi une page (en mode portrait) ?

$$1 \text{ Kilooctet (Ko)} = 2^{10} \text{ octets} = 1024 \text{ octets}$$

$$\text{Délai (Gris - 9600)} = 15\,807\,052,8 \text{ bits} / 9600 = 1646,56 \text{ sec} = 27 \text{ mn } 26 \text{ sec.}$$

$$\text{Délai (Gris - 64K)} = 15\,807\,052,8 \text{ bits} / 64000 = 246,96 \text{ sec} = 4 \text{ mn } 7 \text{ sec}$$

Soit à coder en binaire pour la transmission et le traitement informatique, une page A4 (A4 = 297 x 210 mm).

Que peut on déduire quant à la méthode de codage utilisée dans un télécopieur classique ?

Question d

Le Fax effectue une compression des données binaires avant transmission en exploitant les longues suites de 0 (correspondant à des zones blanches).

Le délai de transmission réel est variable et dépend du contenu de la page à faxer.