



# **L'histoire du numérique** *70 ans de découvertes et de bouleversements*

# PLAN DE LA SÉRIE

- 1. NUMÉRISATION*
- 2. FIBRE OPTIQUE**
- 3. AVÈNEMENT D'INTERNET**
- 4. WEB 2.0 : INTERACTIVITÉ**
- 5. IMAGE**

# PLAN DE LA SÉRIE

*Les cinq présentations sont disponibles en format .pdf, ainsi qu'un fichier incluant les références de livres et les « URL » des sites Internet mentionnés dans les présentations.*

# NUMÉRISATION

## Plan de la présentation

- *Communiquer à distance*
- Réseaux téléphoniques
- Numérisation : Passage du mode analogique centenaire au mode numérique d'aujourd'hui.
- Invention du transistor
- Codes
- Numérique : Partout !

# Communiquer à distance



Depuis des millénaires, communiquer à distance, était affaire de semaines, mois et même années.



# Communiquer à distance

- Les signaux de fumée des Amérindiens,
- Le télégraphe Chappe, par sémaphore,
- Le télégraphe électrique de Morse,
- Le téléphone de Bell,
- La radio de Marconi

prirent ensuite la relève.

# Communiquer à distance



# Communiquer à distance

Le télégraphe Chappe (ou télégraphe aérien) est un moyen de communication visuel par sémaphore, sur des distances de plusieurs centaines de kilomètres, mis au point par Claude Chappe en 1794.

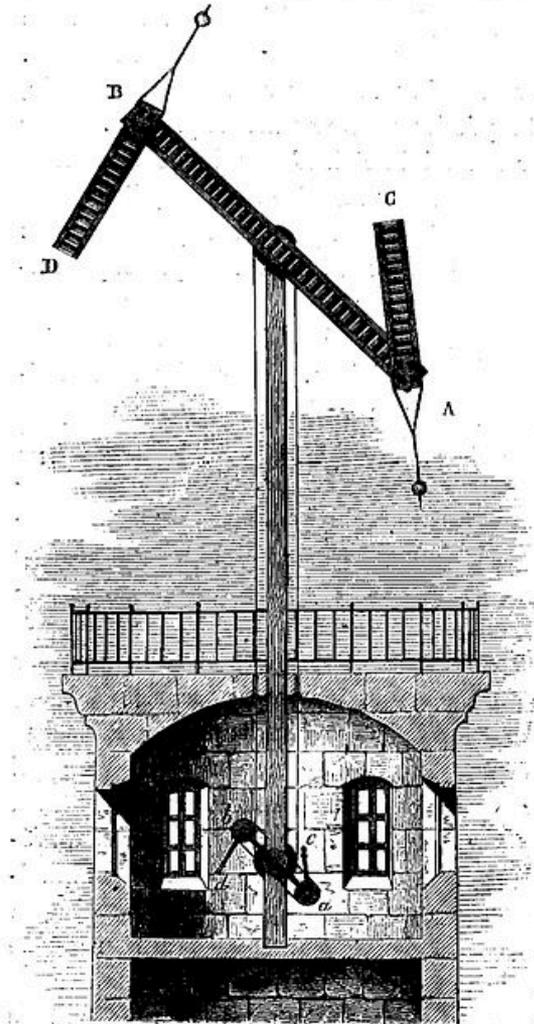


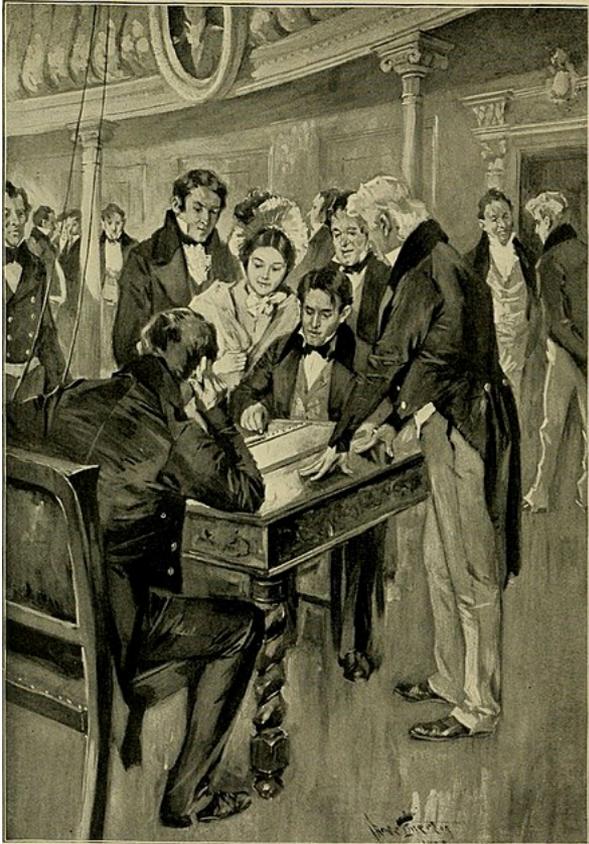
Fig. 19. — Télégraphe de Chappe.

# Communiquer à distance



- L'américain Samuel Morse, inspiré par les travaux d'Ampère et D'Arago invente un système simple et robuste.
- En 1840, un brevet lui est accordé pour l'invention du télégraphe électrique.

# Communiquer à distance



Le premier message  
télégraphique, à grande  
distance, fut transmis en  
1844 du Capitole de  
Washington à la gare de  
Baltimore :

"What hath God  
wrought"

# Communiquer à distance

Selon Alexander Graham Bell, c'est à Brantford, Ontario en 1874, qu'il se met à songer à la manière dont les ondes sonores voyagent dans l'air et se rend compte que grâce à l'électricité, « il devrait être possible de transmettre tous les sons » en réglant l'intensité du courant.

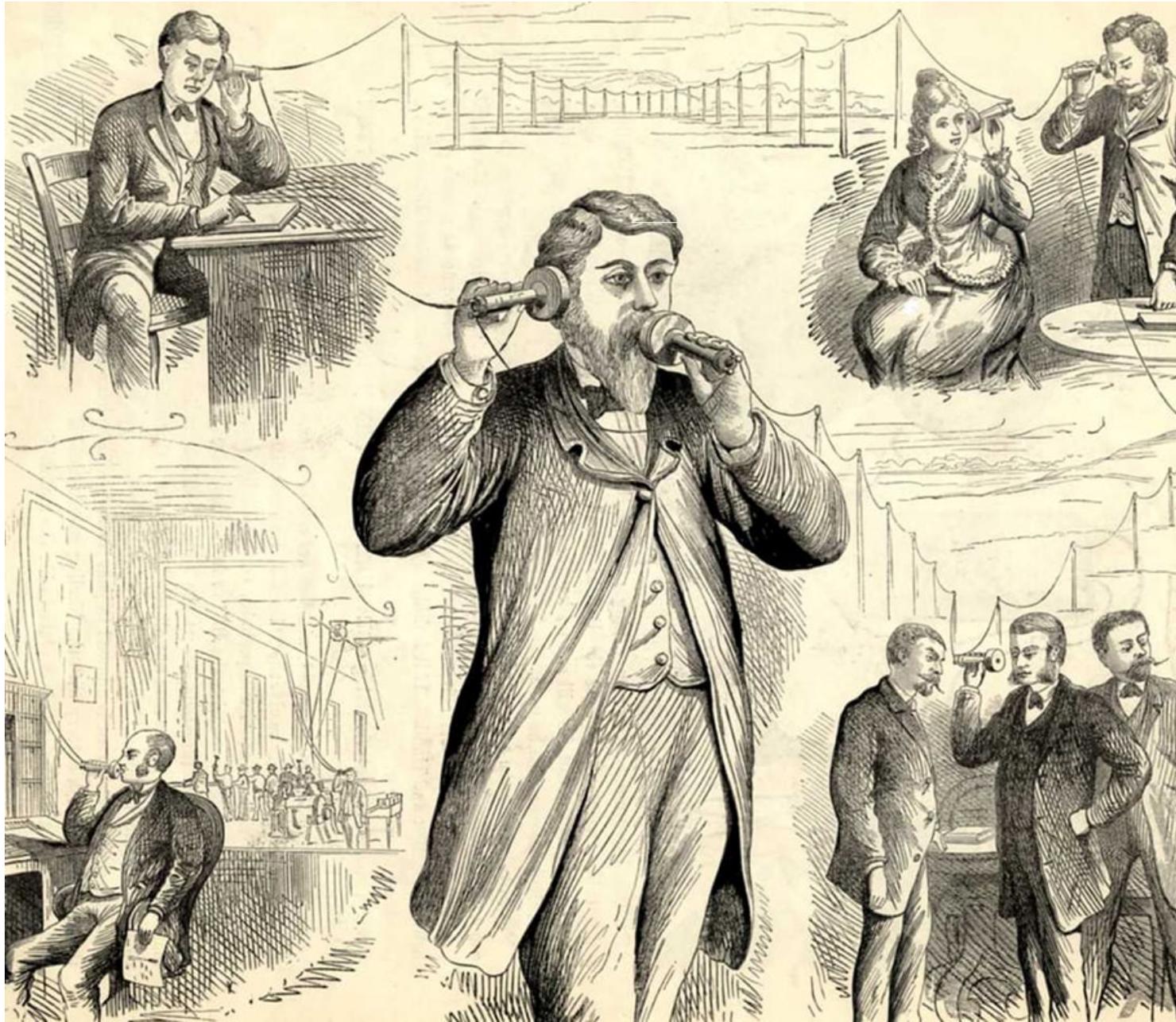
Inspiré par cette nouvelle réflexion, il dessine les plans d'un téléphone primitif.



# Communiquer à distance

*(« Mr. Watson -- Come here -- I want to see you. »)*

est la première conversation téléphonique de l'histoire (le 10 mars 1876, à Boston) qu'il eut avec son assistant qui se trouvait alors dans une autre pièce.



# Communiquer à distance



- **Guglielmo Marconi, est l'un des inventeurs de la radio et de la télégraphie sans fil.**
- **Il est le fondateur de la première compagnie internationale de radiodiffusion.**

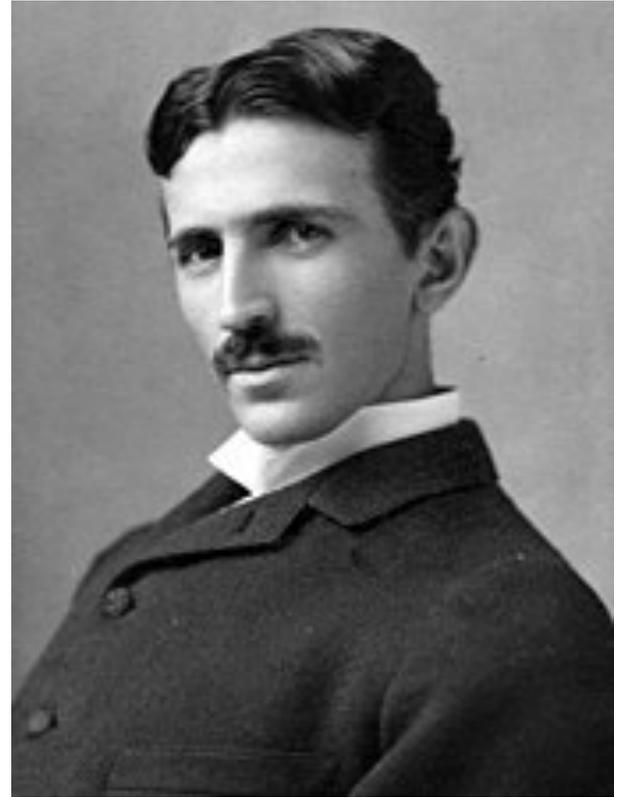
# Communiquer à distance

**Marconi reçoit avec  
Ferdinand Braun, le  
Nobel de physique  
(1909) « en  
reconnaissance de ses  
contributions au  
développement de la  
télégraphie sans fil. ».**



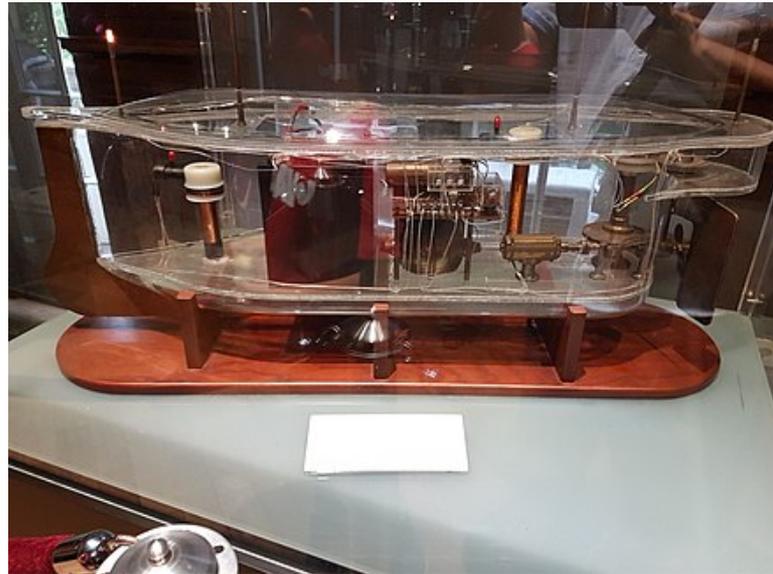
# Communiquer à distance

**La Cour suprême des États-Unis décida en 1943, qu'un des brevets qui avait permis à Marconi d'obtenir le prix Nobel était invalidé par un brevet antérieur accordé à Nikola Tesla.**



# Communiquer à distance

- Tesla a aussi joué un rôle prépondérant dans le développement et l'adoption du courant alternatif pour le transport et la distribution de l'électricité.
- Il inventa le premier robot télécommandé. (Brevet en 1898.)



# Communiquer à distance



**Pour mieux communiquer, des réseaux se mirent en place.**

# Communiquer à distance

Deux types de réseaux se développèrent en parallèle :

- Téléphonie et télégraphie en mode point-à-point.
- Radiodiffusion en mode point-à-multipoint.

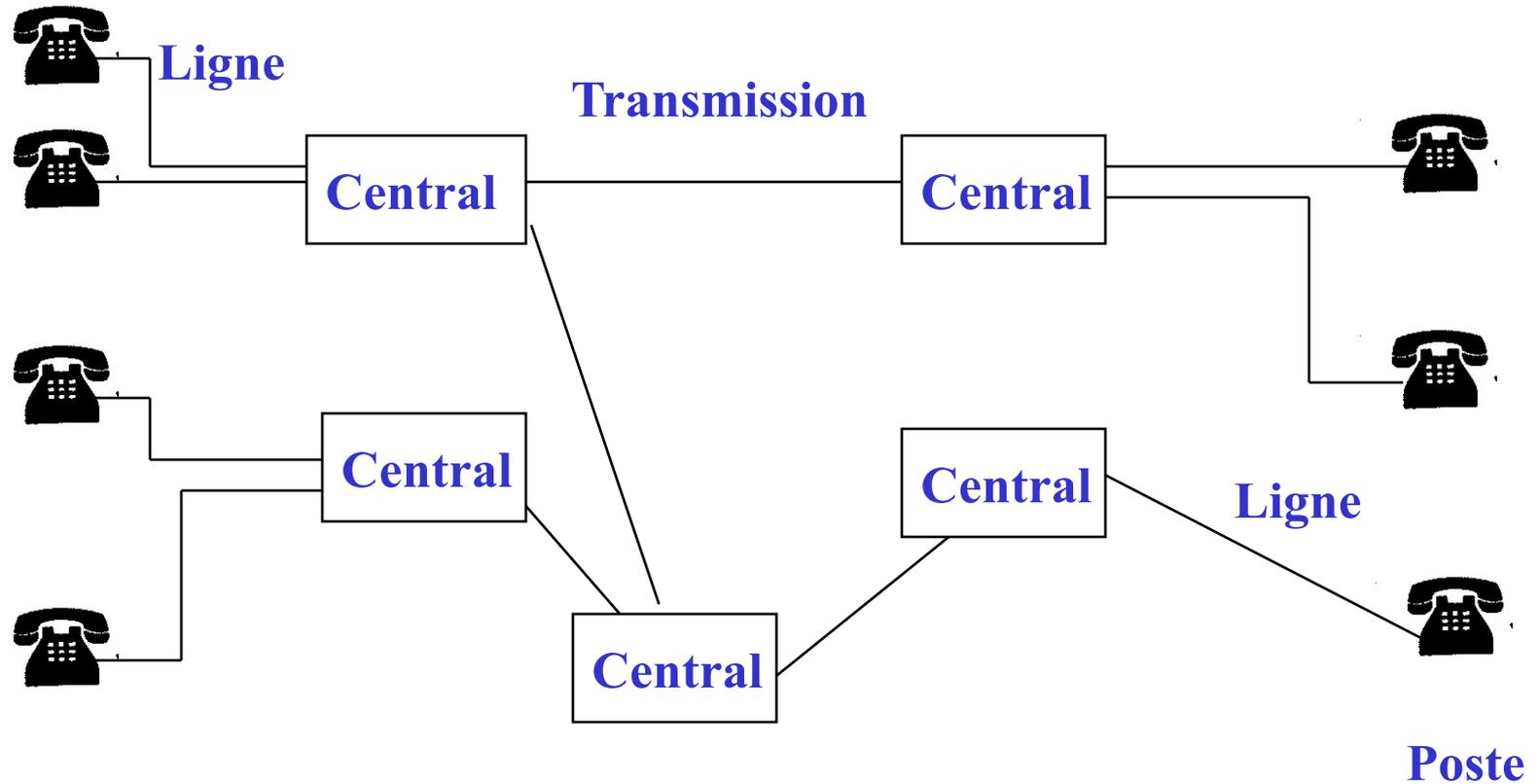
*Nous ne présenterons ici que les réseaux téléphoniques.*

# NUMÉRISATION

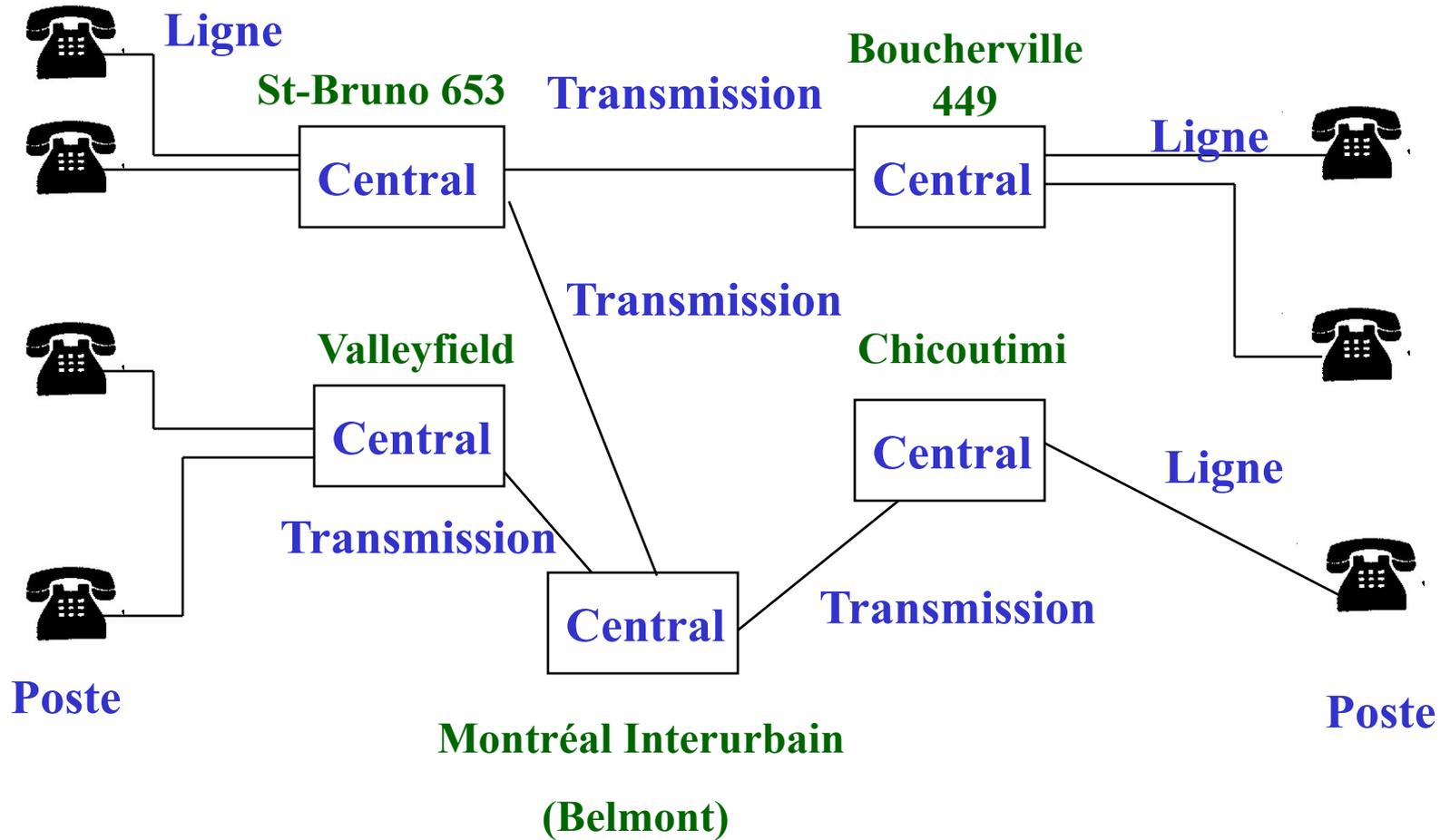
## Plan de la présentation

- Communiquer à distance
- *Réseaux téléphoniques*
- Numérisation : Passage du mode analogique centenaire au mode numérique d'aujourd'hui.
- Invention du transistor
- Codes
- Numérique : Partout !

# Les réseaux téléphoniques



# Les réseaux téléphoniques



# Les réseaux téléphoniques

## Le poste

*Trois rôles:*



**Parler**



**Écouter**



**Signaler**

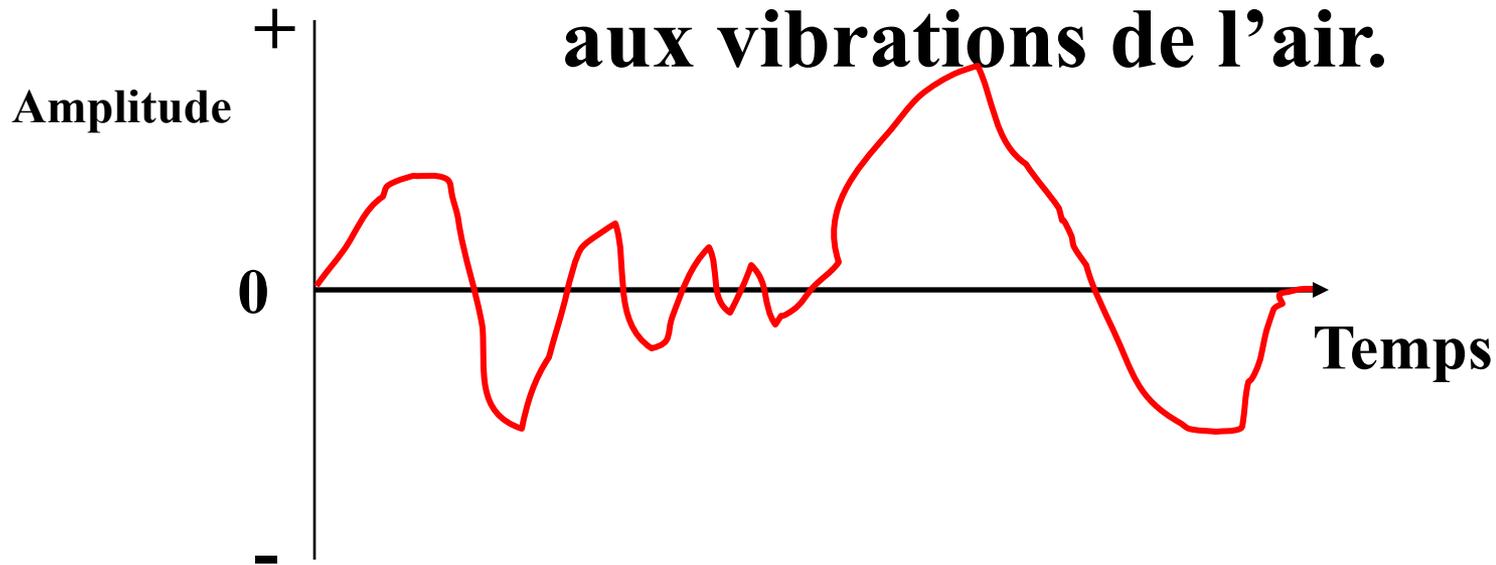
# Les réseaux téléphoniques

## Le poste

*Parler :*



**Le microphone du poste convertit le son de notre voix en signal électrique **analogue** aux vibrations de l'air.**



# Les réseaux téléphoniques

## Le poste

*Écouter :*



**Convertit le signal électrique venant  
du réseau en vibrations de l'air (son).**

**(L'écouteur)**

# Les réseaux téléphoniques

## Le poste

*Signaler :*



**Informer le réseau :**

- **Donner le numéro du correspondant**
- **Interrompre la communication**

**Être informé par le réseau :**

- **Sonnerie distante**
- **Ligne occupée**

# Les réseaux téléphoniques

## La ligne

**Relie le poste au central.**

*Comment ?*

- **Fil (paire de fils de cuivre dans un câble)**
- **Fibre optique**
- **Sans fil : Radio (Cellulaire)**

# **Les réseaux téléphoniques**

## **Le central**

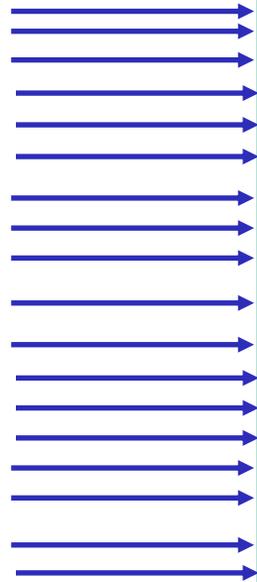
- **Achemine les communications dans la bonne direction selon les instructions émises par le poste.**
- **Établit la liaison.**
- **Interrompt la liaison lorsque demandé par un des correspondants.**

**La cour de triage...  
là où réside l'intelligence du réseau  
dans le commutateur.**

# Les réseaux téléphoniques

## Le central

Lignes



TRANSMISSION

A

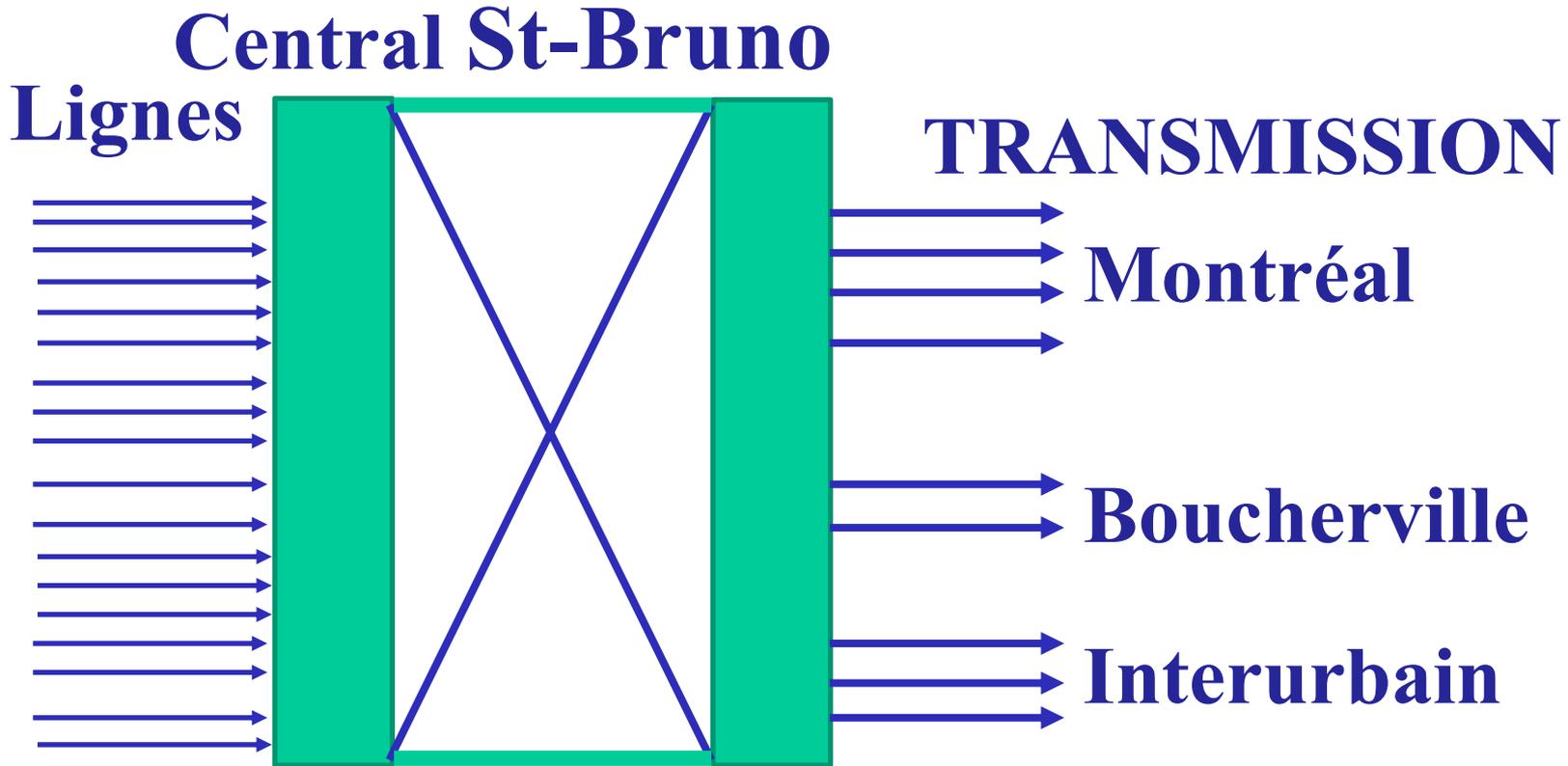
B

C

## Le Commutateur

achemine la communication vers une autre ligne du même central ou vers les liaisons de transmission.

# Les réseaux téléphoniques



## Le Commutateur

achemine la communication vers une autre ligne du même central ou vers les liaisons de transmission.

# Les réseaux téléphoniques

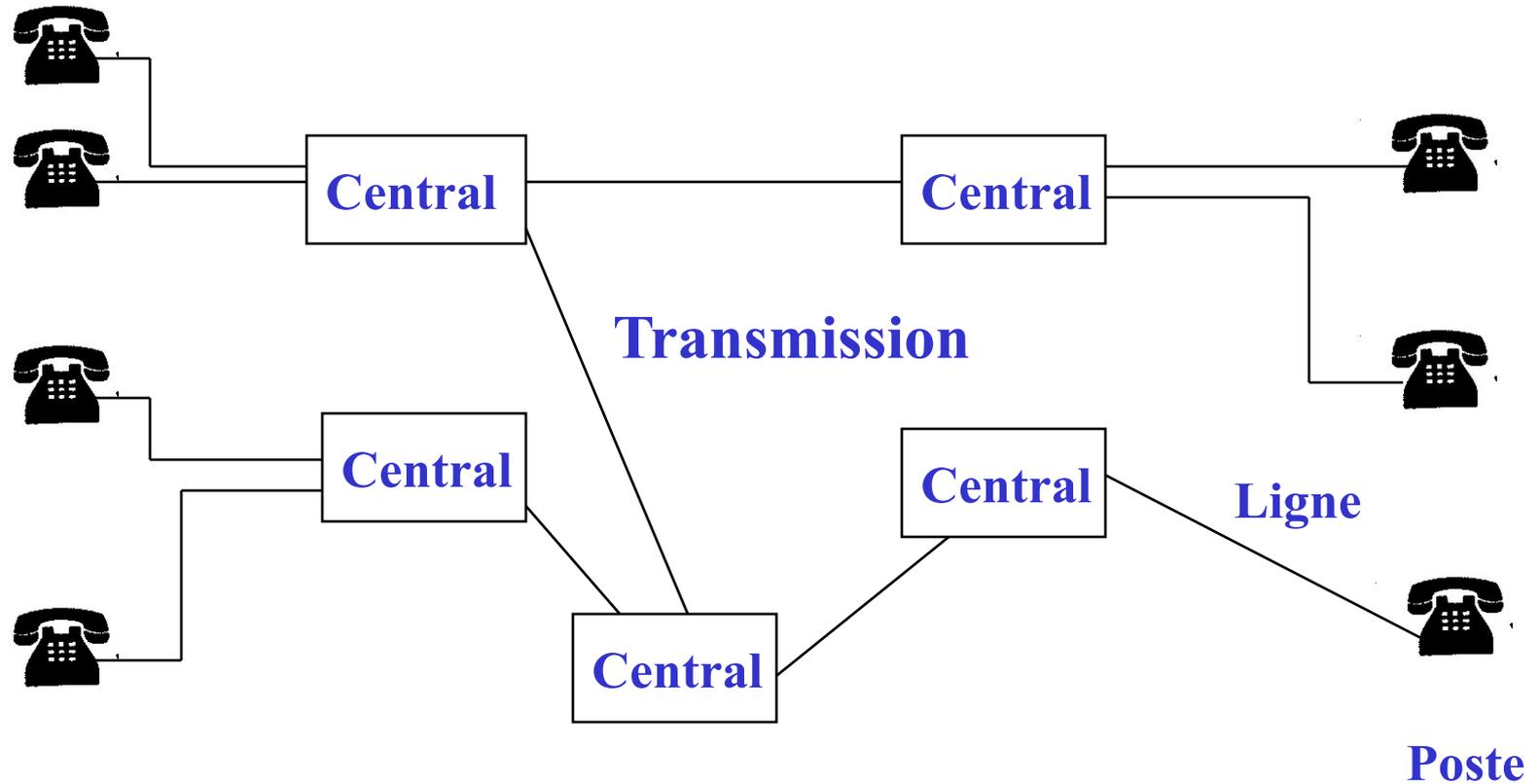
## La transmission

*( Liaison, transport )*

**Transmet les communications d'un central à un autre.**

- **Fil (paire de fils dans un câble).**
- **Radio**
- **Satellite**
- **Fibre optique**

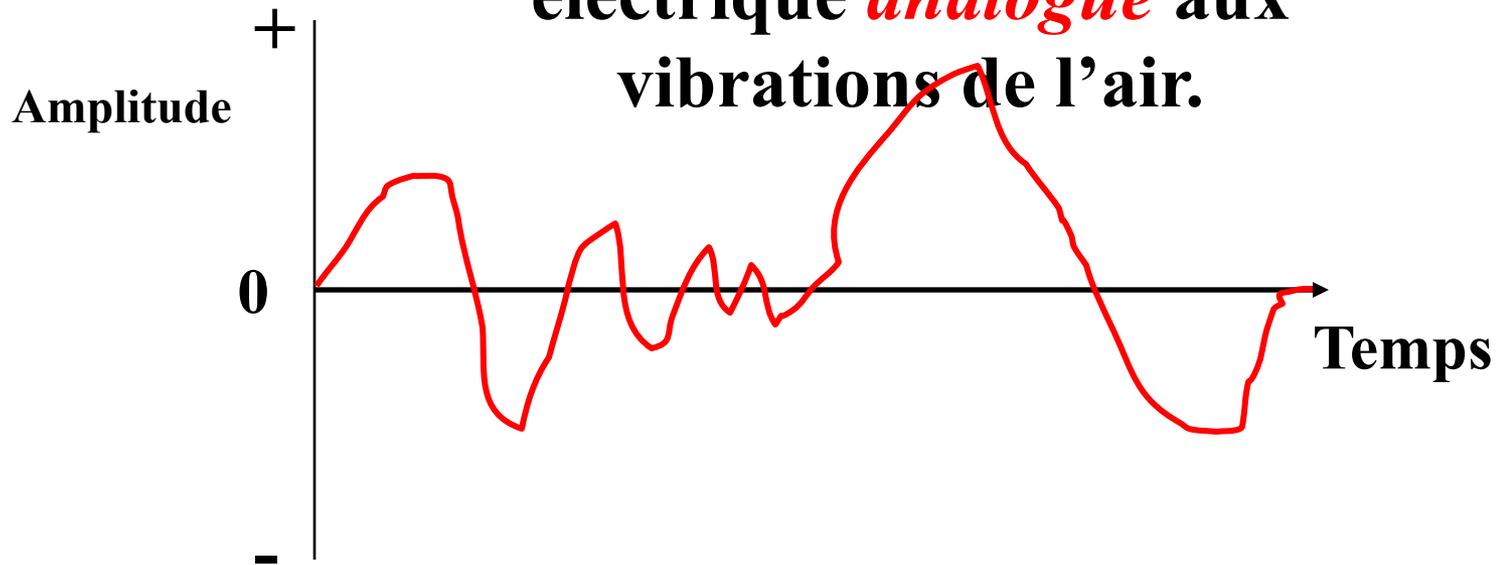
# Les réseaux téléphoniques



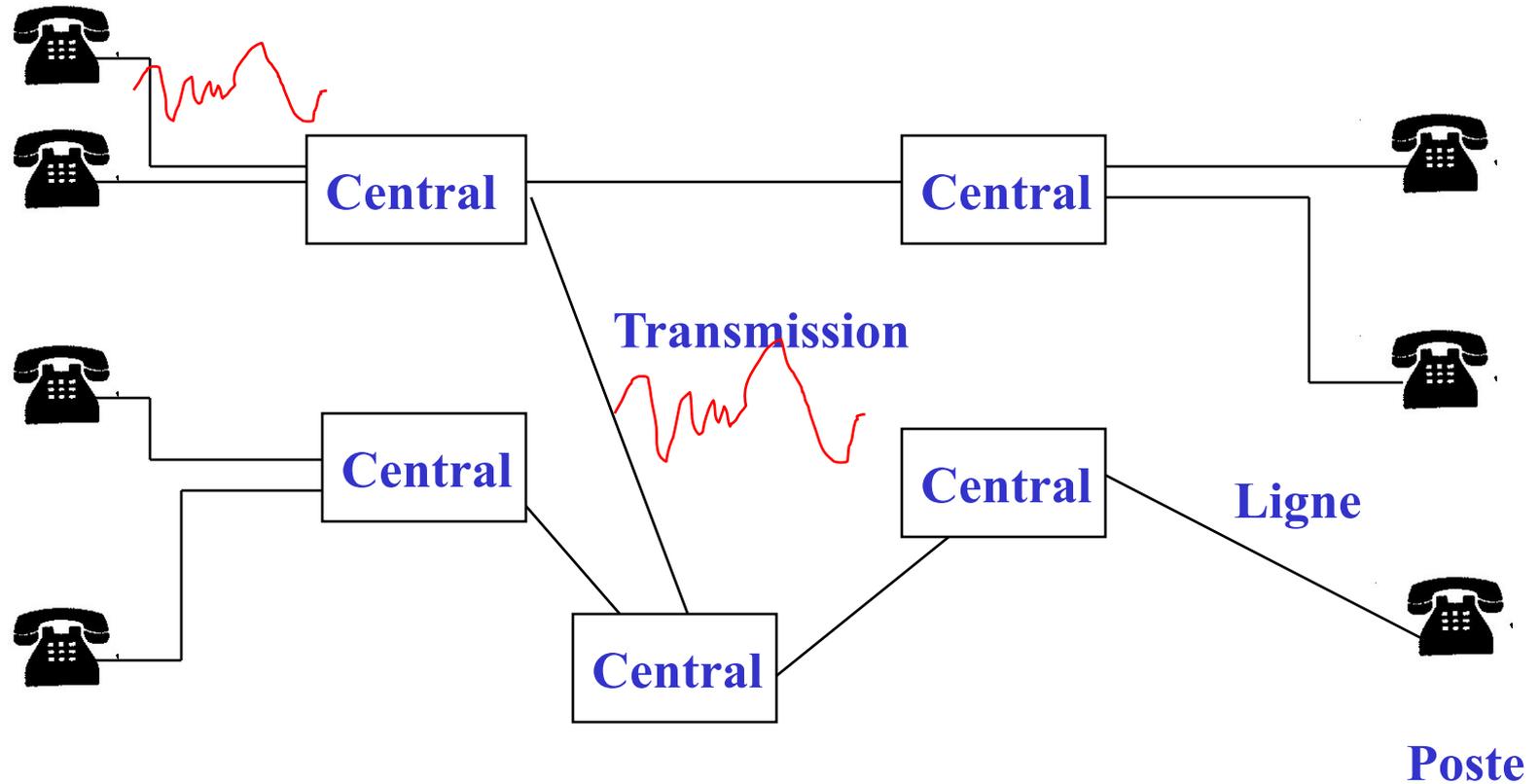
# Les réseaux téléphoniques

## *La transmission analogique*

Nous avons vu que le microphone du poste convertit le son de notre voix en signal électrique *analogue* aux vibrations de l'air.

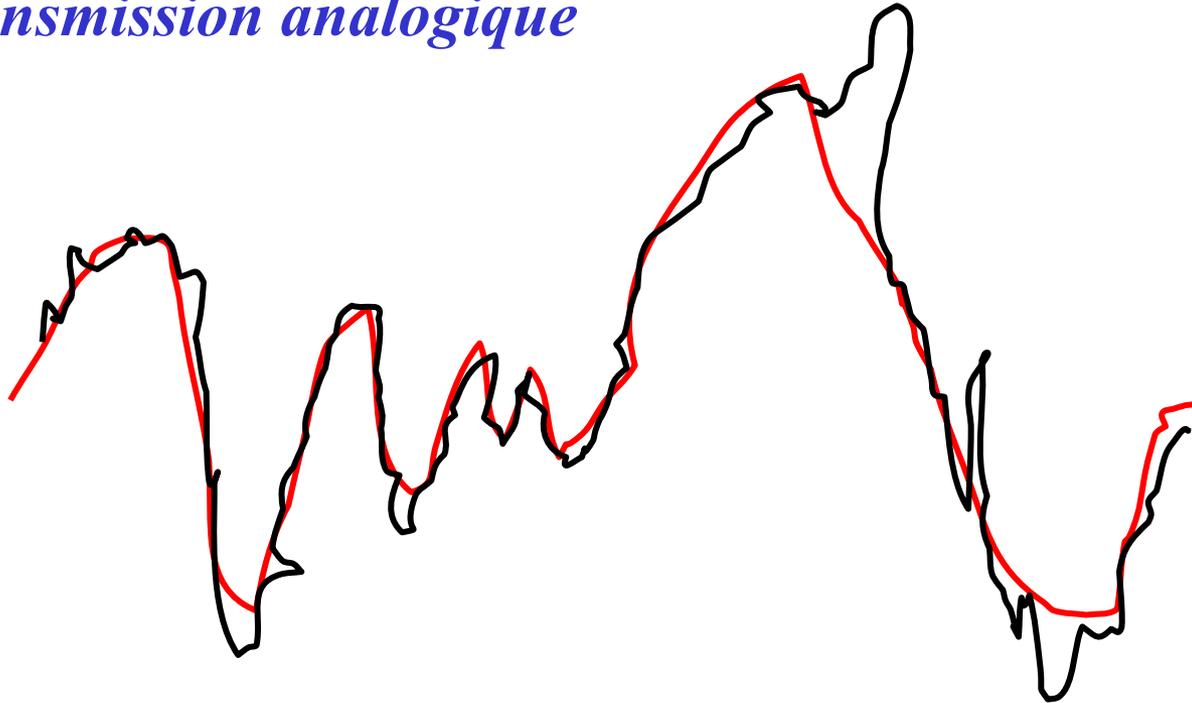


# Les réseaux téléphoniques



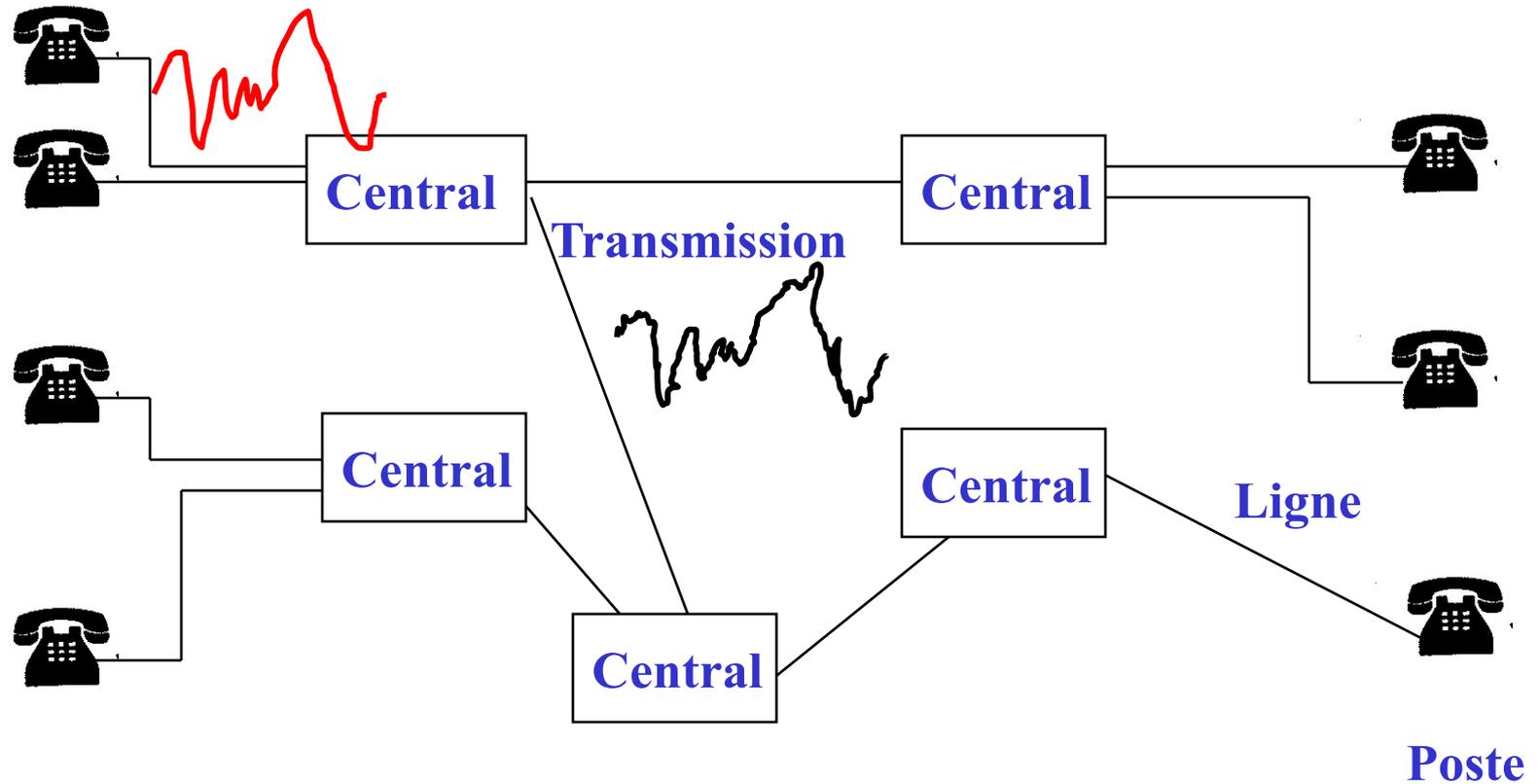
# Les réseaux téléphoniques

## *La transmission analogique*



**En analogique, des bruits s'ajoutent au signal tout au long de son parcours.**

# Les réseaux téléphoniques



# Les réseaux téléphoniques

*La transmission analogique,  
c'est comme les anciens disques de vinyle:  
Poussières, saletés, marques de doigts, en  
s'accumulant, causaient des bruits de toute  
sorte.*

# Les réseaux téléphoniques

## *La transmission analogique*

**accumulait non seulement du bruit,  
mais elle était également très  
coûteuse.**

**L'invention du transistor permet de  
résoudre le double problème du bruit  
et du coût en permettant la  
numérisation, comme nous le verrons  
plus loin.**

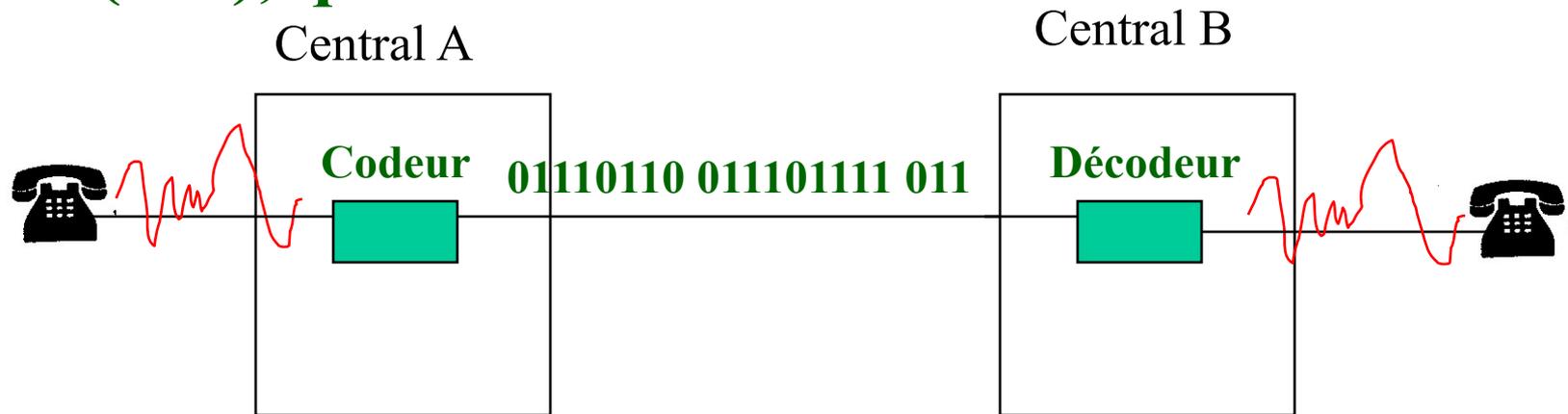
# NUMÉRISATION

## Plan de la présentation

- Communiquer à distance
- Réseaux téléphoniques
- *Numérisation : Passage du mode analogique centenaire au mode numérique d'aujourd'hui.*
- Invention du transistor
- Codes
- Numérique : Partout !

# La numérisation

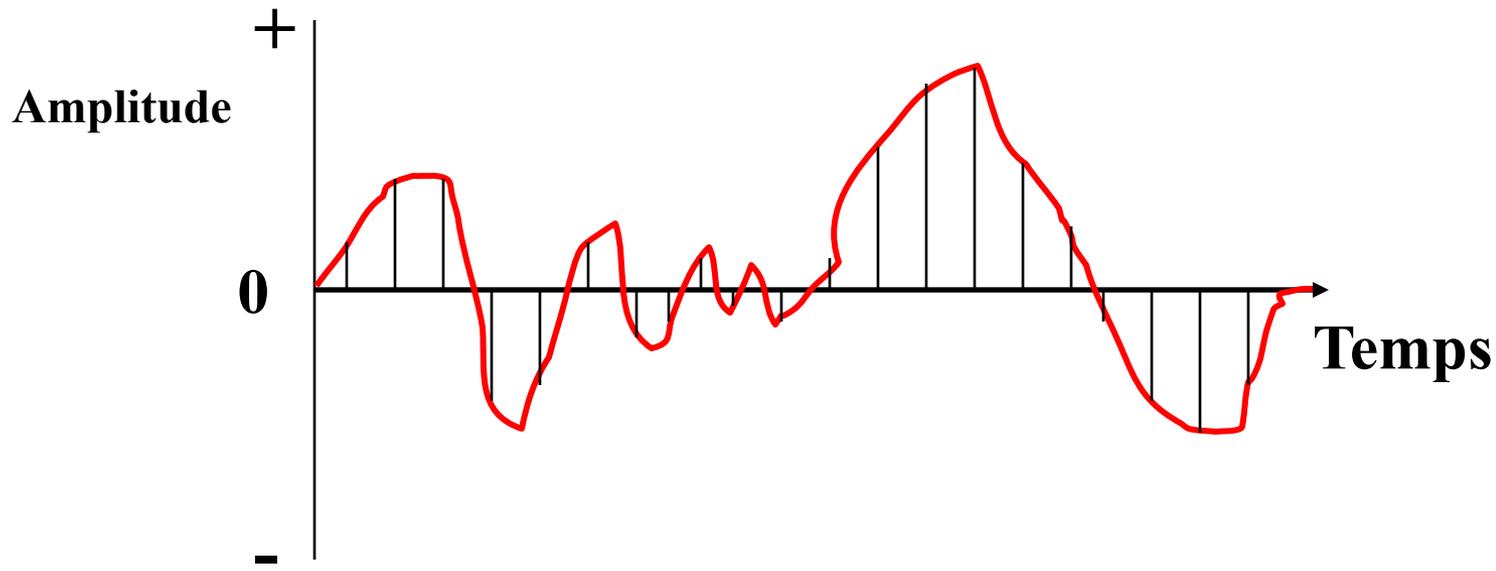
transforme au Central A, ce signal *analogique* en un signal numérique composé de 0 et de 1 (bits), qui *est reconstitué* au central B.



**Le numérique est aussi le langage des ordinateurs.**

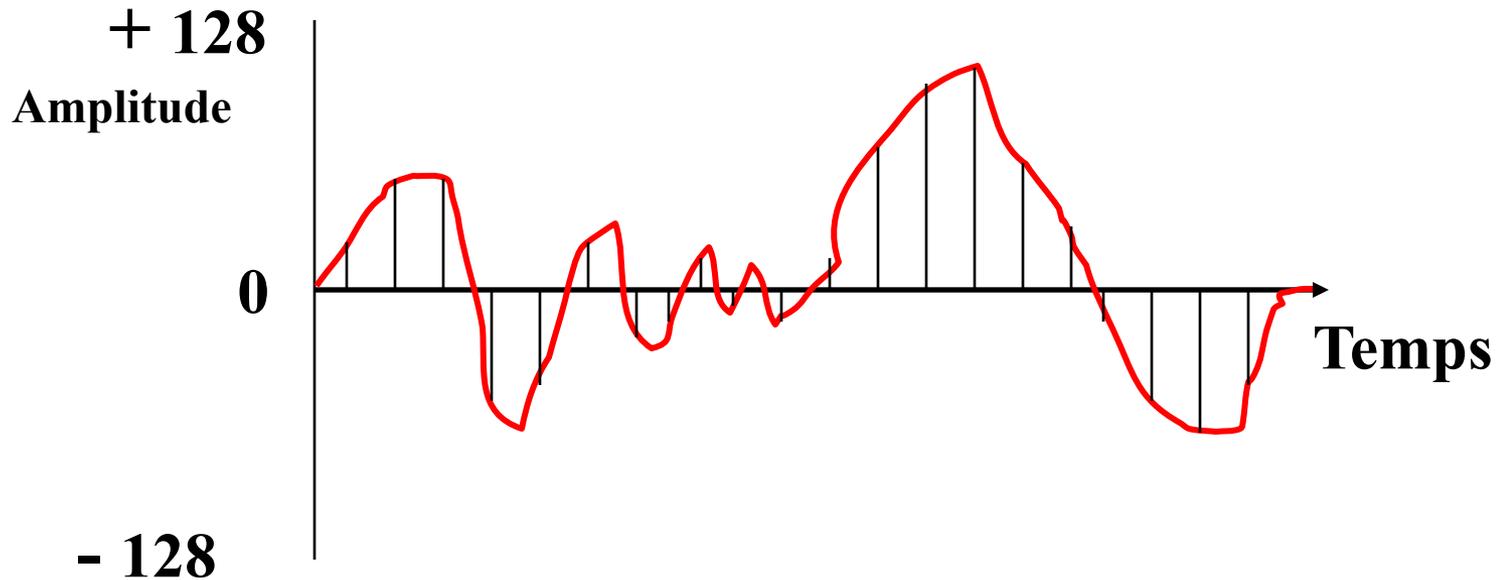
# La numérisation

En téléphonie moderne, au lieu de transmettre le signal analogique tel quel, on mesure son amplitude périodiquement et on transmet ses valeurs numériquement.



# La numérisation

La valeur est mesurée sur une échelle de  $-128$  à  $+128$ . (Donc, un total de 256 valeurs possibles).



# La numérisation

**Notre façon habituelle de compter est sur la base  
10:**

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

# La numérisation

Une autre façon de compter est sur la base 2:

0

1

10

11

100

101

110

111

1000

*Le langage des ordinateurs*

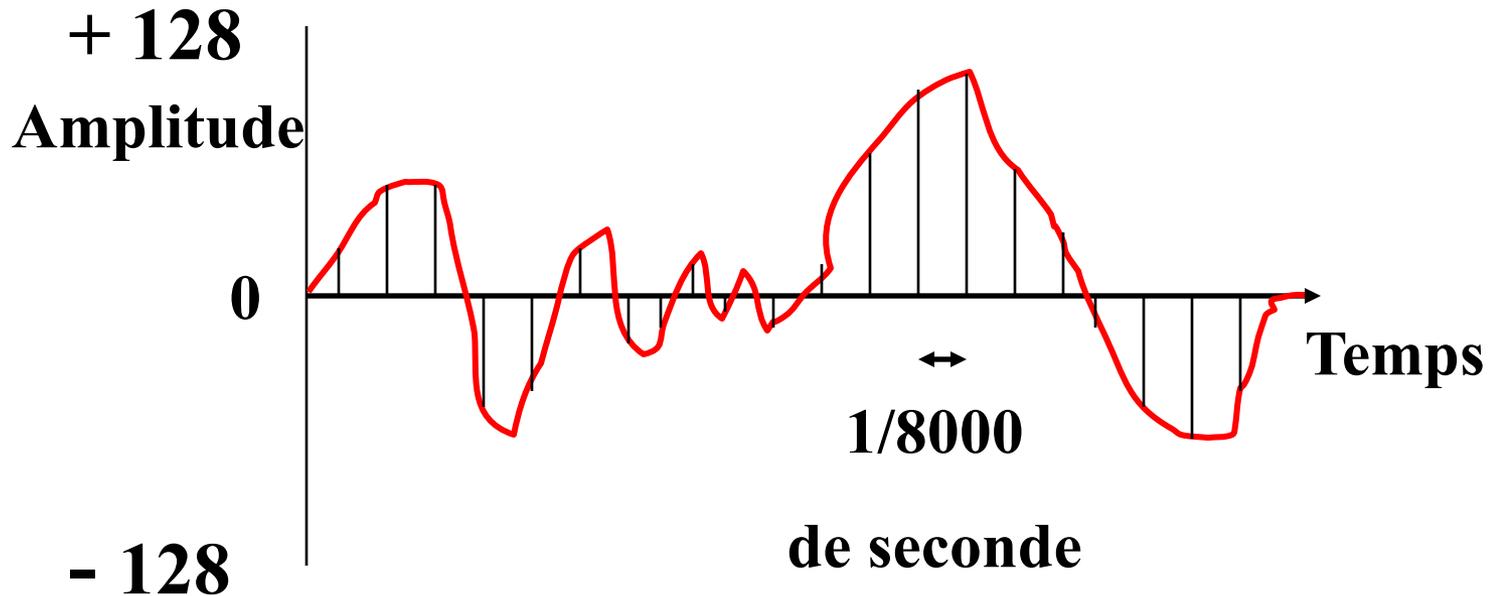
# La numérisation

Base 10	Base 2
<b>0</b>	<b>0</b>
<b>1</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>100</b>
<b>5</b>	<b>101</b>
<b>6</b>	<b>110</b>
<b>7</b>	<b>111</b>
<b>8</b>	<b>1000</b>
.....	.....
<b>256</b>	<b>11111111</b>



# La numérisation

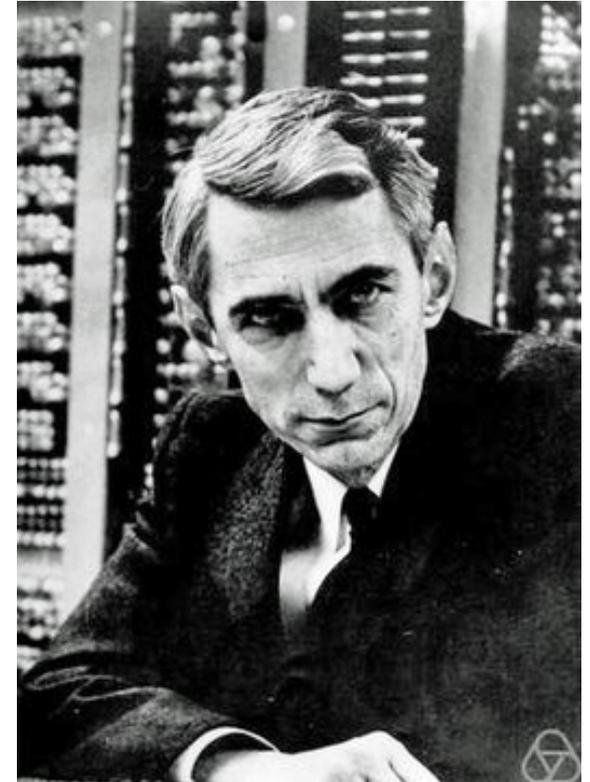
En téléphonie, on mesure la valeur **8000** fois par seconde.



# La numérisation

Pourquoi **8000** fois par seconde ?

Dans sa « Théorie de l'information », Claude Shannon avait démontré qu'en échantillonnant deux fois plus souvent que la plus haute fréquence à transmettre, le signal pouvait être reconstitué intégralement.



« *A Mathematical Theory of Communication* », 1948.

## La numérisation

**Nous avons vu que nous pouvions représenter les 256 valeurs possibles du signal par un octet de 8 bits (0 ou 1).**

**Et comme, on échantillonne 8000 fois par seconde, cela nous donne:**

$$8000 \times 8 = 64\ 000 \text{ bits/seconde}$$

**pour transmettre un signal téléphonique.**

# La numérisation

**Le codeur est l'équipement qui transforme le signal analogique du son en signal numérique.**

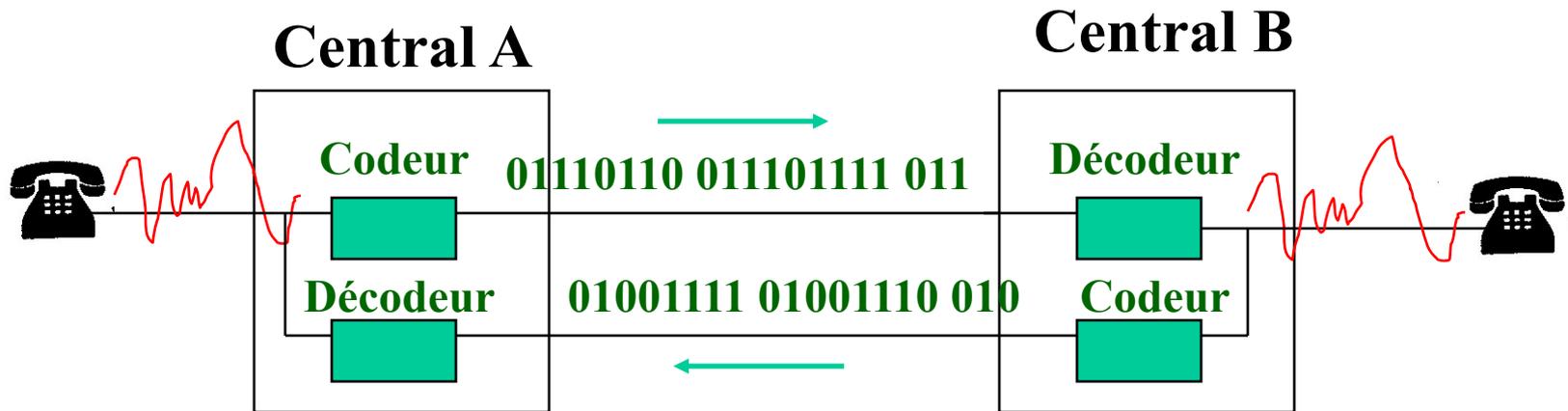
# La numérisation

Au central B qui dessert notre correspondant, le signal original analogique venant de A est reconstitué.



# La numérisation

Au central B, un autre codeur transforme le signal analogique du correspondant en sens inverse.



L'ensemble codeur-décodeur se nomme un «codec».

# La numérisation

**Pourquoi se donner tous ces tracas ???**

**Raison 1:**

**Pour éliminer les bruits accumulés:**

**En effet, comme on ne transmet que des 1 ou des 0, il suffit de s'assurer que l'on a bien un 1 ou un 0 :**

**Les bruits ne s'accumulent pas.**

# La numérisation

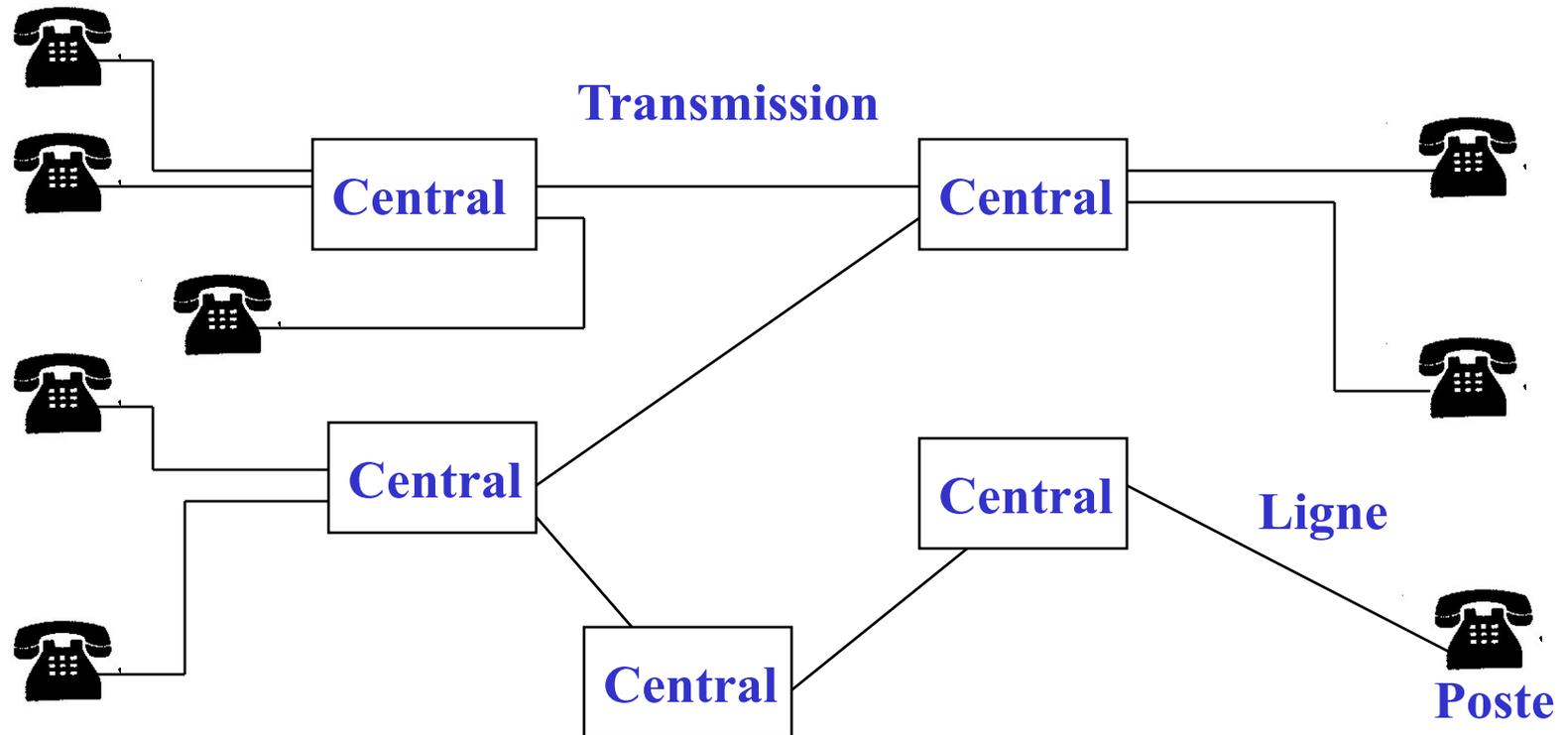
**Pourquoi se donner tous ces tracas ???**

**Raison 2:**

**C'est moins coûteux:**

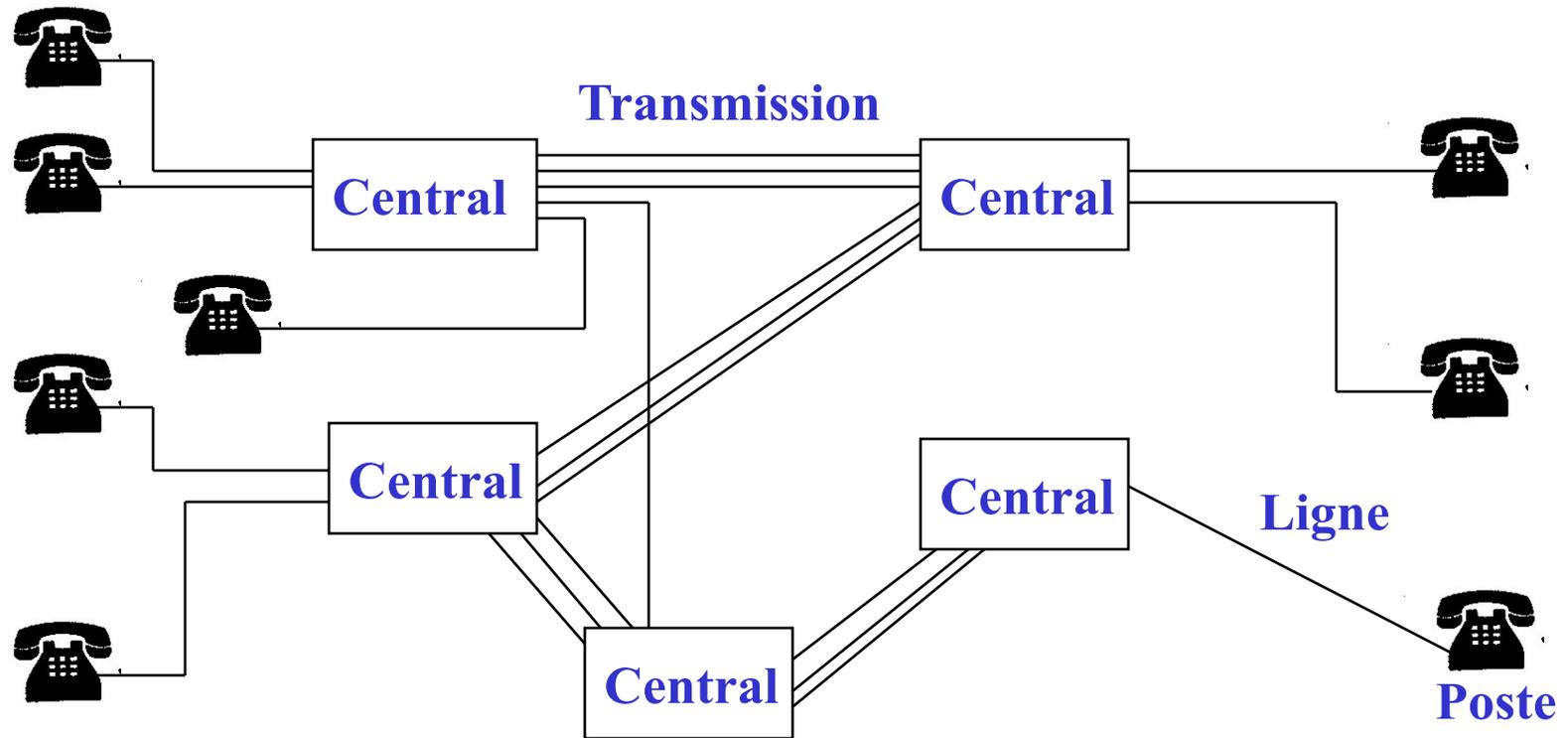
**En effet, comme on ne transmet que des 1 ou des 0, les transistors et leurs circuits peuvent être très simples et peu coûteux.**

# La numérisation



**Des milliers de postes sont reliés par des lignes au central, ce qui nécessite des centaines de liaisons entre les centraux.**

# La numérisation



**Ces centaines de liaisons étaient autrefois assurées par de gros câbles comptant des centaines de paires de fil.**

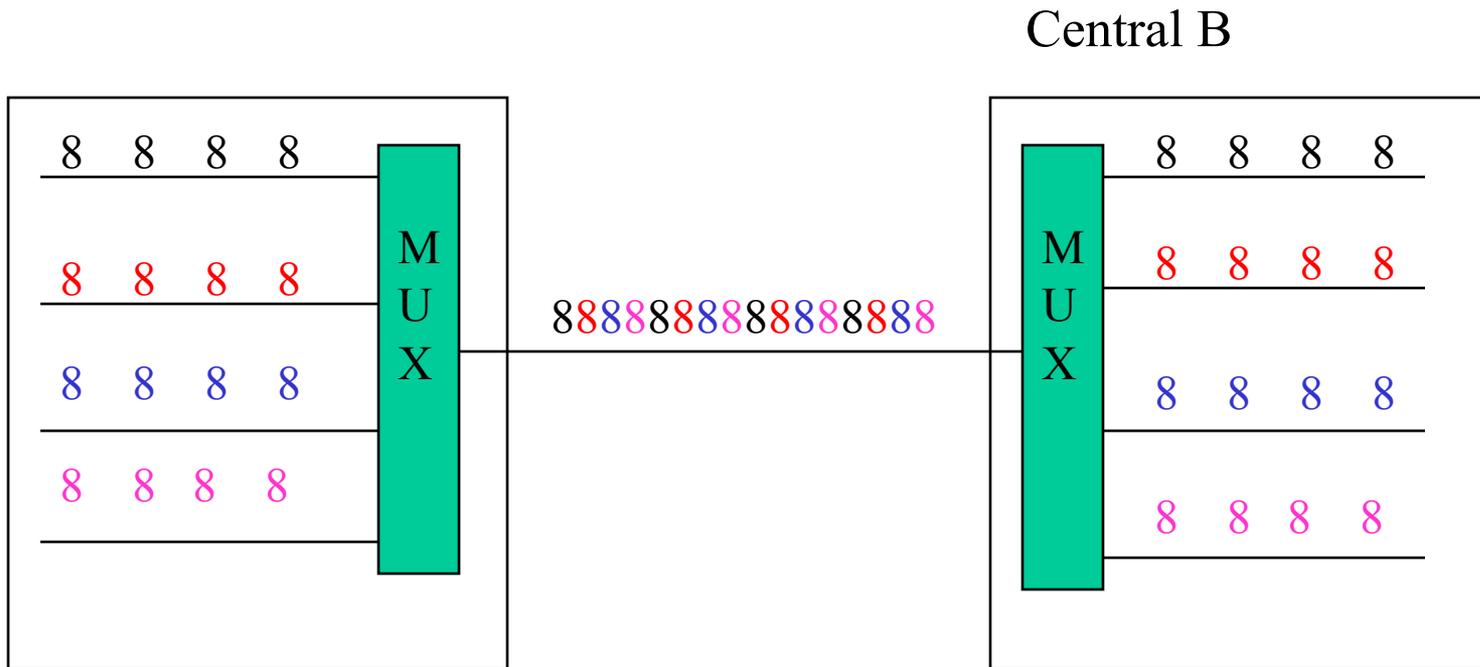
# La numérisation

Ces gros câbles de fils de cuivre sont aujourd'hui remplacés par de petits câbles ou systèmes radio, où circulent sur chaque paire de fils, de fibre optique ou de canal radio, des dizaines ou des milliers de conversations.

**C'est le multiplexage.**

# La numérisation

Le multiplexage par intercalation des octets.

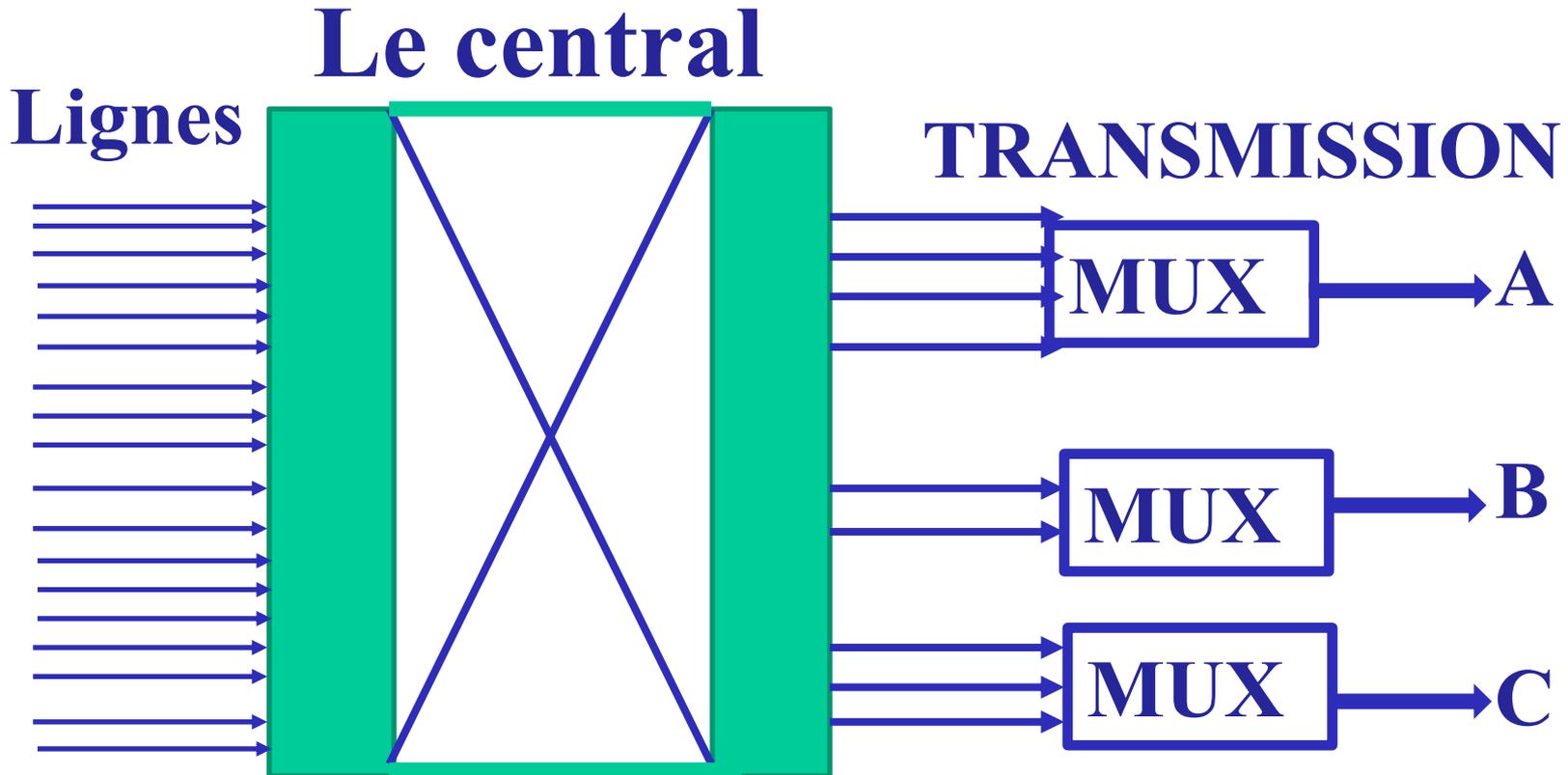


# La numérisation

## MULTIPLICATION NUMÉRIQUE Nord-américain (SONET)

<b>Niveau</b>	<b>Mbits/s.</b>	<b>Voies</b>
<b>DS-1</b>	<b>1,544</b>	<b>24</b>
<b>DS-2</b>	<b>6,312</b>	<b>96</b>
<b>DS-3</b>	<b>44,736</b>	<b>672</b>
<b>DS-4</b>	<b>274,176</b>	<b>4032</b>

# La numérisation



## Le Commutateur

achemine la communication vers une autre ligne du même central ou vers *les liaisons de transmission*.

# La numérisation

Depuis 1960, les réseaux de télécommunications du monde entier sont passés graduellement

- du mode analogique
  - au mode numérique,
- d'abord pour la transmission, puis plus tard pour la commutation.

# La numérisation

**Bell Labs et Western Electric développent en 1962 pour AT&T, un premier système de transmission numérique, le T1:**

- **Sur une paire de fils de cuivre dans un câble**
- **24 voies**
- **1,544 Mb/s.**
- **Régénération du signal («Répéteur») à 1,8 Km ( 6 000 pieds)**
- **Limité à 50 Km.**

# La numérisation

## *Au Canada*

- **En 1974, Bell Canada met en service un nouveau système de transmission numérique (24 voies à 1,544 Mb/s), mais avec une portée de 320 Km. : le LD-1.**
- **Conçu par les Recherches Bell-Northern (RBN) et construit par Northern Telecom.**

# La numérisation

*Au Canada*



**1975 : Système numérique de transmission de 274 Mb/s sur câble coaxial (LD-4) est installé entre Montréal et Toronto, via Ottawa.**

# La numérisation

- **Même si ces liaisons sont numériques, les interfaces vers les commutateurs sont analogiques.**
- **Donc, à chaque commutateur intermédiaire, on revient au mode analogique...**

# La numérisation

## *Au Canada* 1971

- Une étude des «Recherches Bell Northern» ( RBN) examine les scénarios d'évolution du réseau de téléphonie canadien pour les 30 années suivantes.
- Elle fut faite en coopération avec Bell Canada et le Réseau Téléphonique Trans-Canada.

# La numérisation

## *Au Canada*

**Cette étude compara deux scénarios:**

- **Croissance du réseau analogique**
- **Réseau entièrement numérique, donc impliquant l'introduction de commutateurs numériques temporels.**

# La numérisation

## *Au Canada*

- **L'étude conclut qu'un réseau entièrement numérique serait plus économique qu'un réseau analogique vers 1980 et**
- **recommande un programme de recherche pour valider les hypothèses.**

# La numérisation

## *Commutation Électronique Temporelle :*



En France, sous l'impulsion de l'ingénieur Louis-Joseph Libois, le Centre National d'Études des Télécommunications (CNET) reprend en 1960, l'étude sur la faisabilité d'un commutateur téléphonique entièrement numérique (*de type temporel*), à partir des travaux commencés par l'américain AT&T, mais abandonnés pour cause d'échec.

# La numérisation

**La conception, sous la direction de Pierre Lucas, s'accomplit en collaboration étroite avec la Compagnie Industrielle des Télécommunications (*CIT-Alcatel*).**



**Le 6 janvier 1970 : Mise en service pour 800 abonnés à Perros-Guirec de PLATON : premier commutateur de type temporel entièrement électronique du monde, relié au réseau téléphonique public.**

# La numérisation

Au *Canada*

6 mars 1975 :

Suite aux résultats probants de la recherche :

- Numérique : Droit devant !
- Un programme intensif de développement de commutateurs numériques (DMS) est lancé !!

# La numérisation

Au *Canada*, dès 1979 :

- **Commutateur numérique DMS-100 (Local) en service à Ottawa (Iona)**
- **DMS-200 (Interurbain) à Montréal (Oxenden = Aylmer).**

*Les premiers commutateurs numériques conçus et construits en Amérique.*

# La numérisation

**Au *Canada***

**2000 : *Numérisation complétée.***

**« GRANDS PROJETS & INNOVATIONS  
TECHNOLOGIQUES AU CANADA »  
*CHAPITRE 6 : LES GRANDS PROJETS DE  
NORTHERN TLECOM* PHILIPPE FAUCHER  
PRESSES DE L'UNIVERSITÉ DE  
MONTRÉAL**

<https://books.openedition.org/pum/12135>

# La numérisation

**En 1981, le « Colloque International de la Commutation » ( ISS '81 ) (2300 participants de plus de 40 pays à Montréal) consacre le mouvement mondial vers la numérisation.**

# NUMÉRISATION

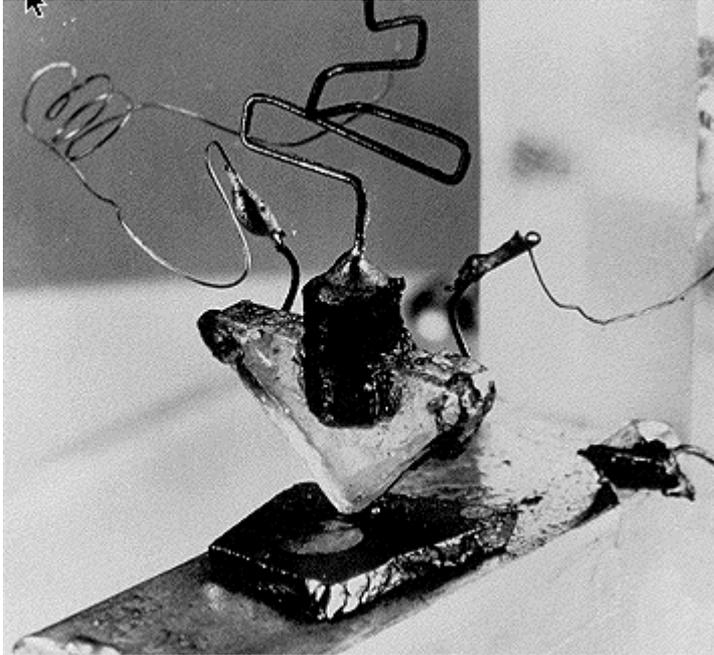
## Plan de la présentation

- **Communiquer à distance**
- **Réseaux de télécommunication**
- **Numérisation : Passage du mode analogique centenaire au mode numérique d'aujourd'hui.**
- ***Invention du transistor***
- **Codes**
- **Numérique : Partout !**

# **Invention du transistor**

- **Jusqu'à la mise au point du transistor en 1948, les développements dans le domaine de l'électronique dépendaient de l'utilisation des lampes à vide**
- **Le transistor fut mis au point dans les Bell Laboratories, par les physiciens et ingénieurs américains Walter Brattain, John Bardeen et William Shockley qui reçurent ainsi le prix Nobel de physique en 1956.**

# Invention du transistor



**Le 23 décembre 1947, les trois inventeurs présentent leur nouvelle invention, le transistor.**



# Invention du transistor

Le dispositif permet de détecter et d'amplifier les courants électriques.



Le transistor est aussi capable de produire des ondes électromagnétiques à ultra-haute fréquence.

# Invention du transistor

Dans les années 1950 et 1960, les américains développèrent principalement des produits à des fins militaires et de télécommunications. Des postes de radio eurent peu de succès.

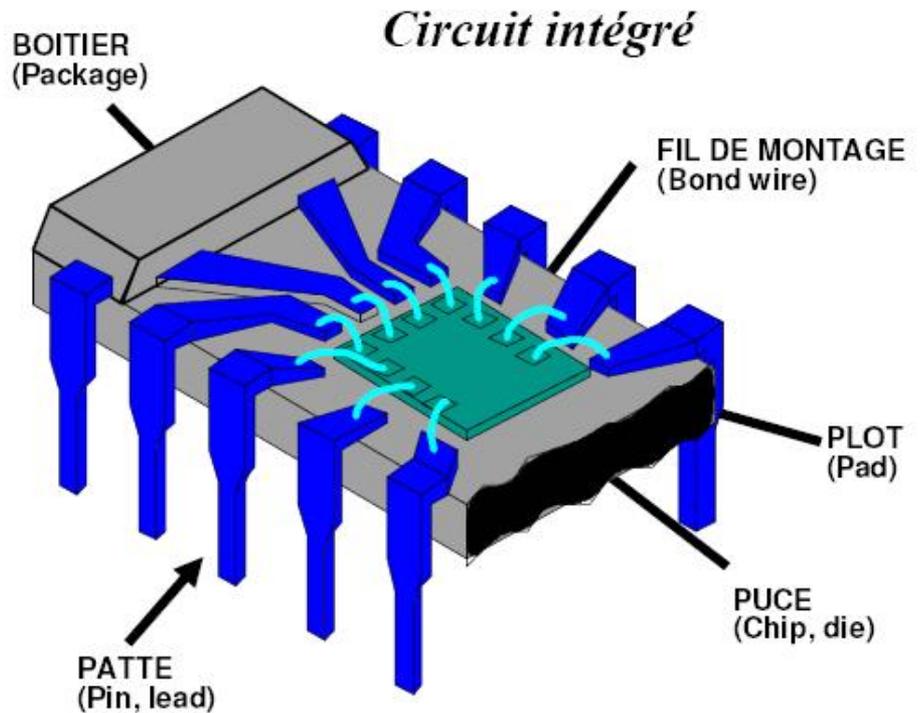


Deux ingénieurs japonais Masaru Ibuka et Akio Morita fondèrent Sony Electronics et produisirent des appareils de grande consommation dont un petit poste de radio : le « Transistor » et un peu plus tard, le «Walkman<sup>MD</sup>».



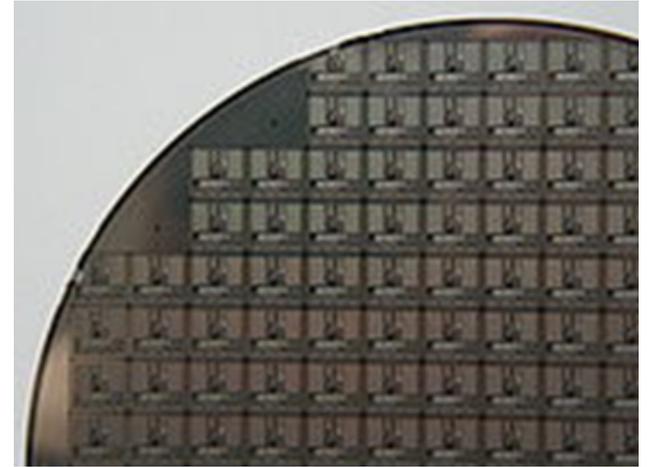
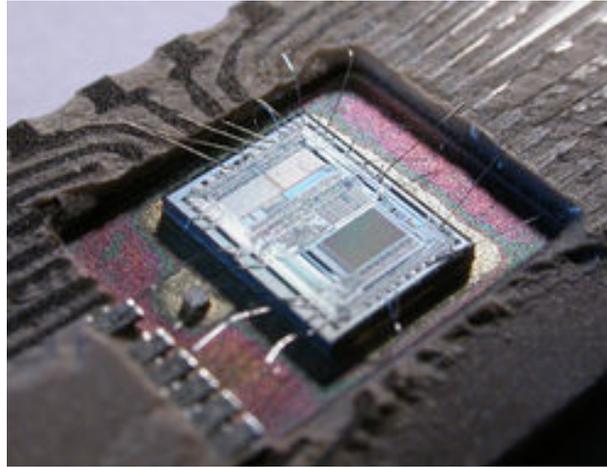
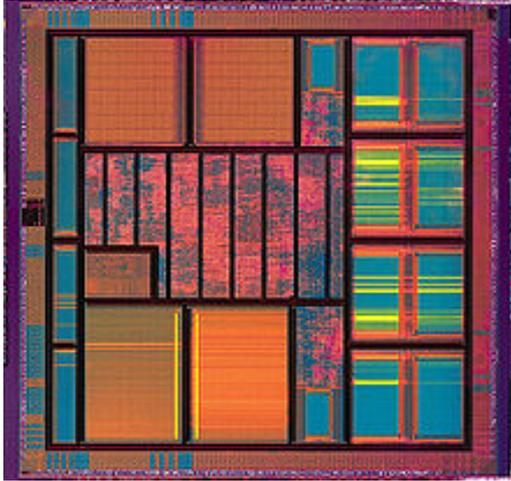
# Le circuit intégré

À la fin des années 60,  
le circuit intégré  
commença à  
remplacer le  
transistor dans les  
équipements  
électroniques  
complexes.



À peu près de même taille qu'un transistor,  
un circuit intégré peut alors remplir les  
fonctions de 15 à 20 transistors.

# Le circuit intégré

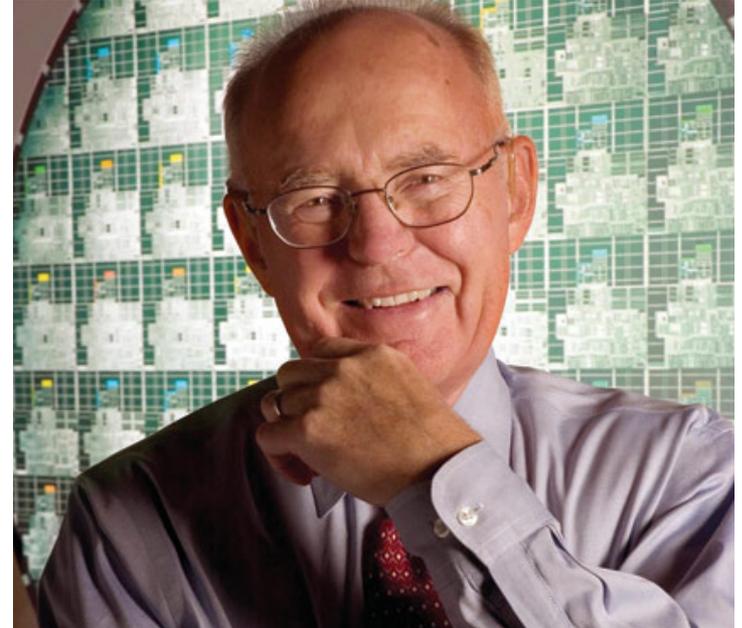


**Des puces récentes intègrent  
des centaines de millions de transistors.**

# Le circuit intégré

« Loi de Moore »

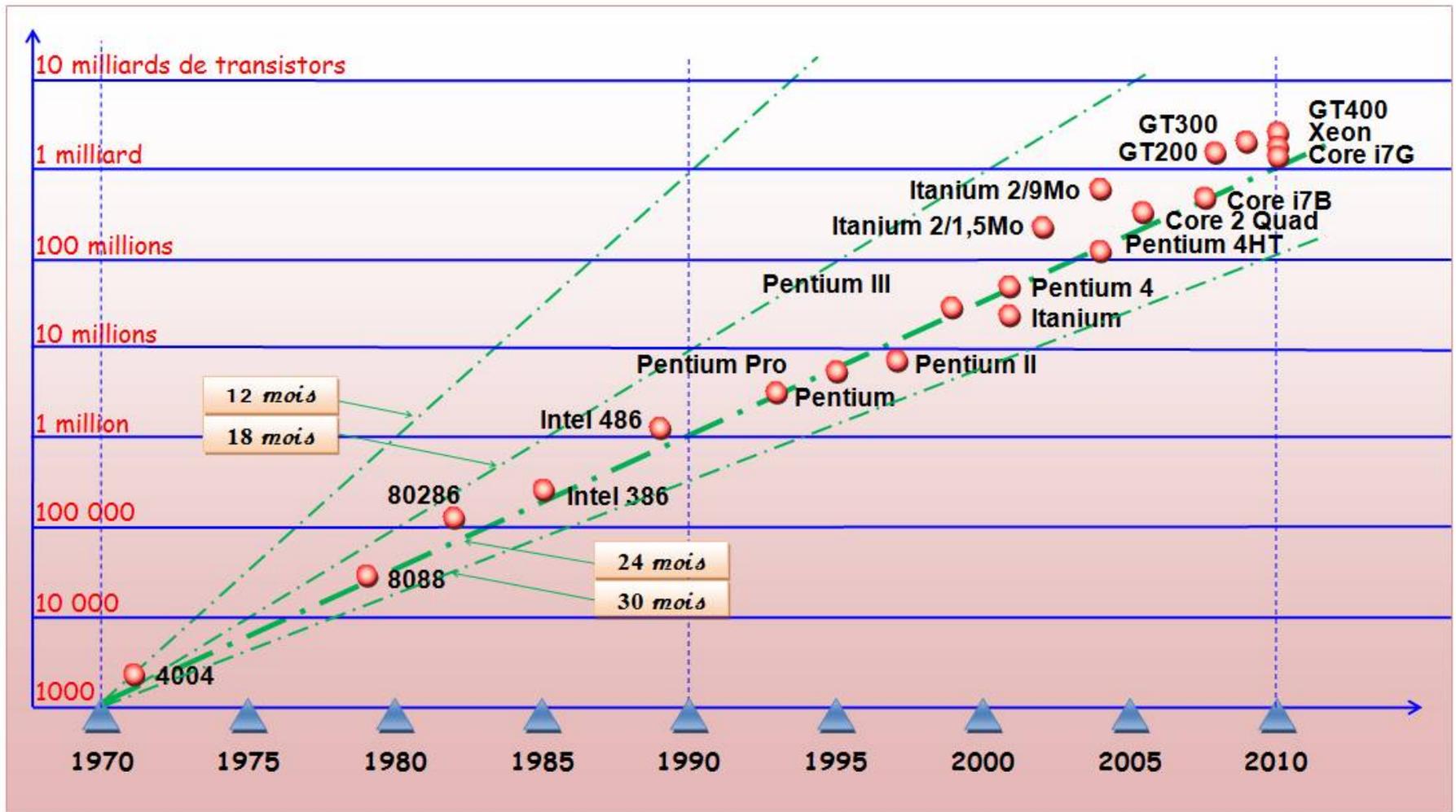
Énoncée dès 1965, elle prédit que le nombre de transistors sur une puce de silicium double tous les deux ans, au même coût. Entre 1971 et 2016, la densité des transistors a doublée chaque 1,96 année.



En conséquence, les machines électroniques sont devenues de moins en moins coûteuses et de plus en plus puissantes.

# Le circuit intégré

## Loi de Moore



# **Invention du transistor**

**Probablement, l'invention du XXe  
siècle qui aura eu le plus d'impact  
sur nos vies.**

# Invention du transistor

- *Maintenant que le transistor est à notre service, revenons au processus de la numérisation.*

# Invention du transistor

**Nous avons vu comment s'est effectuée la numérisation pour la transmission de la voix.**

*Comment transmettre textes, chiffres, images sur le réseau ?*

# **Invention du transistor**

***En les codant !***

**( Le codage des images  
sera vu dans la 5<sup>ème</sup> présentation. )**

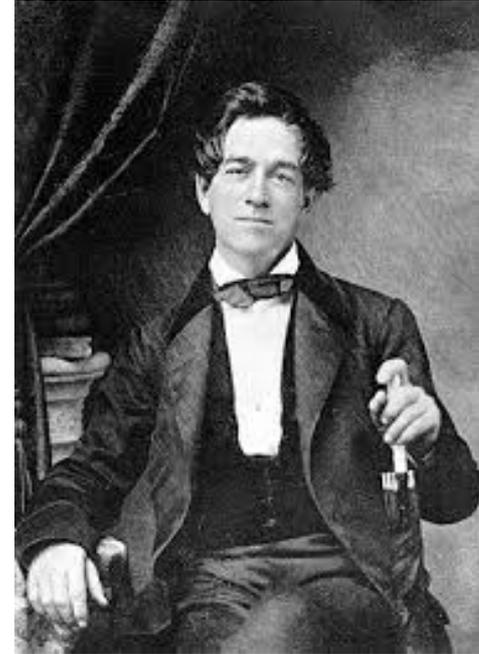
# NUMÉRISATION

## Plan de la présentation

- **Communiquer à distance**
- **Réseaux téléphoniques**
- **Numérisation : Passage du mode analogique centenaire au mode numérique d'aujourd'hui.**
- **Invention du transistor**
- ***Codes***
- **Numérique : Partout !**

# Les codes

**L'assistant de Morse, Alfred Vail, inventa un code original de transmission, le code Morse, via la transcription en une série de points et de traits des lettres de l'alphabet, des chiffres et de la ponctuation courante.**



**Le point est une impulsion brève et le trait une impulsion longue.**

# Les codes



CODE MORSE <i>MORSE CODE</i>					
A	· —	J	· — — —	S	···
B	— ···	K	— · —	T	—
C	— · — ·	L	· — ··	U	·· —
D	— ··	M	— —	V	··· —
E	·	N	— ·	W	· — —
F	·· — ·	O	— — —	X	— ·· —
G	— — ·	P	· — — ·	Y	— · — —
H	····	Q	— — · —	Z	— — ··
I	··	R	· — ·		

# Les codes

**ASCII : norme de codage de caractères (1960) :**

- **128 codes à 7 bits,**
- **95 caractères imprimables,**
- **Chiffres de 0 à 9,**
- **Lettres minuscules et capitales de A à Z,**
- **Symboles mathématiques et de ponctuation.**

*ASCII suffisant pour l'anglais, mais trop limité pour les autres langues, dont le français et ses lettres accentuées.*

# Les codes

**Exemples  
de codes  
ASCII  
7 BITS.**

<b>0110001</b>	<b>1</b>
<b>0110010</b>	<b>2</b>
<b>0110011</b>	<b>3</b>
<b>0111111</b>	<b>?</b>
<b>1000000</b>	<b>@</b>
<b>1000001</b>	<b>A</b>
<b>1000010</b>	<b>B</b>
<b>1000011</b>	<b>C</b>
<b>1000100</b>	<b>D</b>
<b>1100101</b>	<b>e</b>
<b>1100110</b>	<b>f</b>
<b>1100111</b>	<b>g</b>
<b>1101000</b>	<b>h</b>

# Les codes

*Comme de nombreux systèmes de transmission sont à 8 bits, [Octet (Byte)], on ajoute alors simplement un « 0 », au début de chaque code ASCII.*

Symbole	Bits
1	00110001
2	00110010
A	01000001
B	01000010
!	00100001
\$	00100100

**2 bits de contrôle s'ajoutent dans de nombreux systèmes pour un total de 10 bits par symbole.**

# Les codes

Le standard *Unicode* est constitué d'un répertoire de 137 929 caractères, couvrant une centaine d'écritures, d'un ensemble de tableaux de codes pour référence visuelle, d'une méthode de codage et de plusieurs codages de caractères standard, d'une énumération des propriétés de caractère (lettres majuscules, minuscules, APL, symboles, ponctuation, etc.)

# Les codes

## *Organismes de normalisation*

- **Au début de la télégraphie, pour envoyer un télégramme de Paris à Bruxelles ...**

# Les codes

## *Organismes de normalisation*

- **UIT : Union Internationale du Télégraphe**
- **UITT : Union Internationale du Télégraphe et du Téléphone**
- **UIT : Union Internationale des Télécommunications**

# NUMÉRISATION

## Plan de la présentation

- **Communiquer à distance**
- **Réseaux téléphoniques**
- **Numérisation : Passage du mode analogique centenaire au mode numérique d'aujourd'hui.**
- **Invention du transistor**
- **Codes**
- ***Numérique : Partout !***

# Partout

**Le numérique ne s'est pas imposée  
seulement en télécommunications, mais  
également dans**

- **le disque (CD ou disque laser)**
- **la photographie (appareil photo numérique)**
- **la cinématographie (caméra numérique)**
- **la télévision (TV numérique (Satellite, fibre ou câble), DVD)**
- **la musique (MP3: compression 10 à 1).**

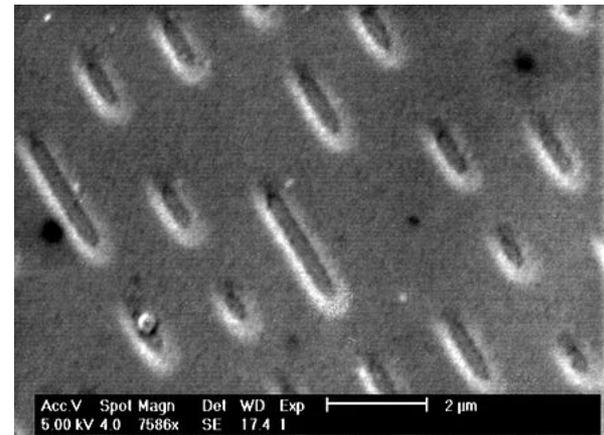
*L'image numérique sera présentée en 5<sup>ème</sup> présentation.*

# Partout

- Le « CD » ( « Compact Disc »), (Disque laser ) ou « Disque compact », est un disque optique utilisé pour stocker des données sous forme numérique, :
- Le Compact Disc a été développé par Sony et Philips et lancé en 1982.
- Capacité 0,21 à 0,91 Go, surtout 0,74 Go.
- Musique : Échantillonnage à 44.1 KHz à 16 bits = 700 kb/s X 2 (stéréo)

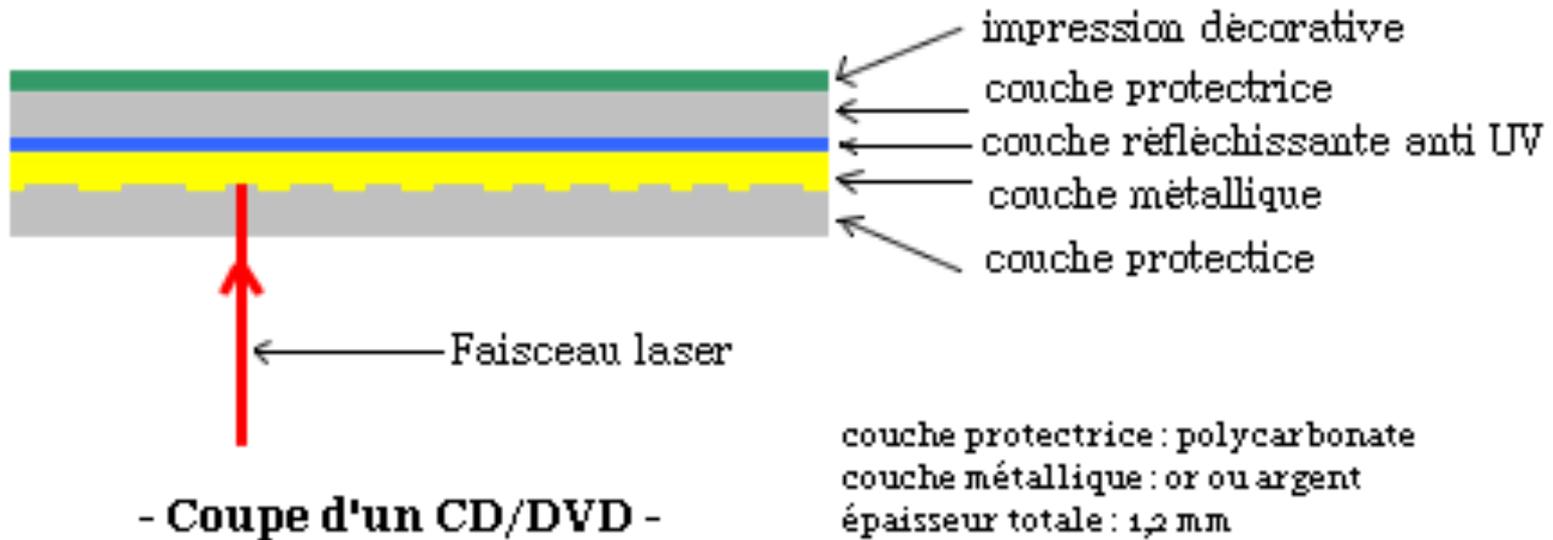
# Partout

- Un faisceau de lumière cohérente laser vient frapper le disque en rotation.
- Les irrégularités (appelées « *pits* », dans la surface réfléchissante de celui-ci produisent des variations binaires.



CD vu au microscope électronique.

# Partout



# Partout

- Lorsque le faisceau rencontre **une surface plane**, l'intensité lumineuse du faisceau réfléchi vers le capteur est maximale, et fait correspondre à cet état **la valeur binaire 0**.
- Quand le faisceau passe sur **le *pit***, l'intensité du signal reçu diminue. La **valeur binaire 1** est alors attribuée.

# Partout

- **Le DVD (« Digital Versatile Disc »), développé par Philips, Sony, Toshiba et Panasonic. (1997).**
- **Support semblable à celui du CD.**
- **Principales différences techniques :**
  - **densité / capacité de stockage peut atteindre 17 Go de stockage,**
  - **procédés,**
  - **traitements numériques,**
  - **logiciels.**

# CONCLUSION

*LA NUMÉRISATION EST DEVENUE  
LA BASE TECHNOLOGIQUE  
DE LA MAJORITÉ  
DE NOS COMMUNICATIONS  
EN À PEINE 70 ANS !*

# PLAN DE LA SÉRIE

1. NUMÉRISATION
2. *FIBRE OPTIQUE*
3. AVÈNEMENT D'INTERNET
4. WEB 2.0 : INTERACTIVITÉ
5. IMAGE



# La fibre optique

**Une idée lumineuse**