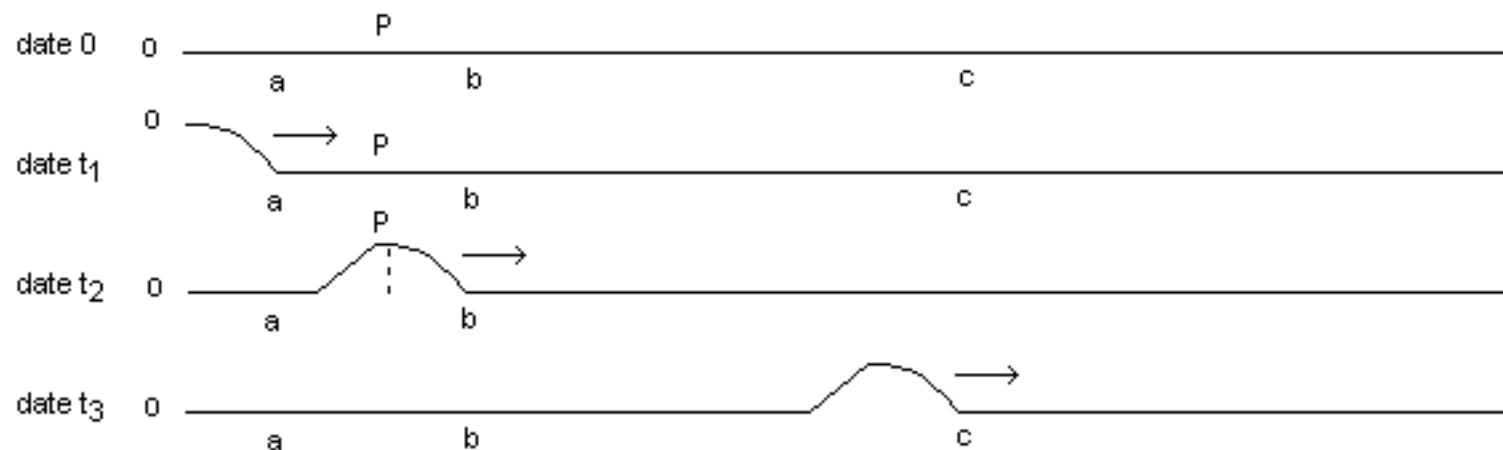


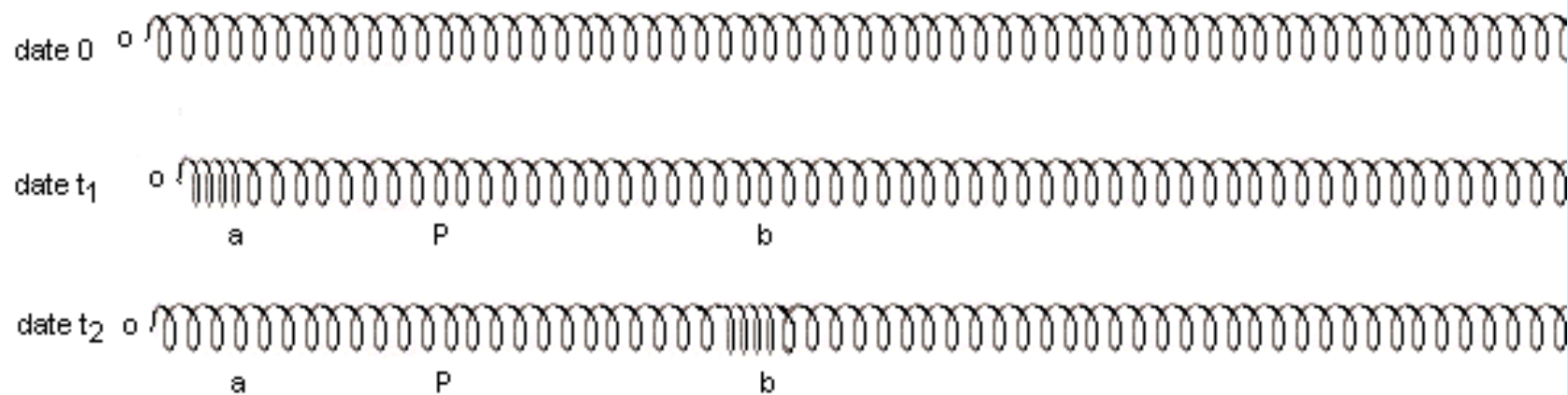
La corde vibrante



Chaque point P de la corde se soulève **verticalement**. Le signal se propage **horizontalement**. Il est **transversal**.

La **vitesse** de propagation est $v = \frac{ab}{t_2 - t_1} = \frac{bc}{t_3 - t_2}$

Le ressort

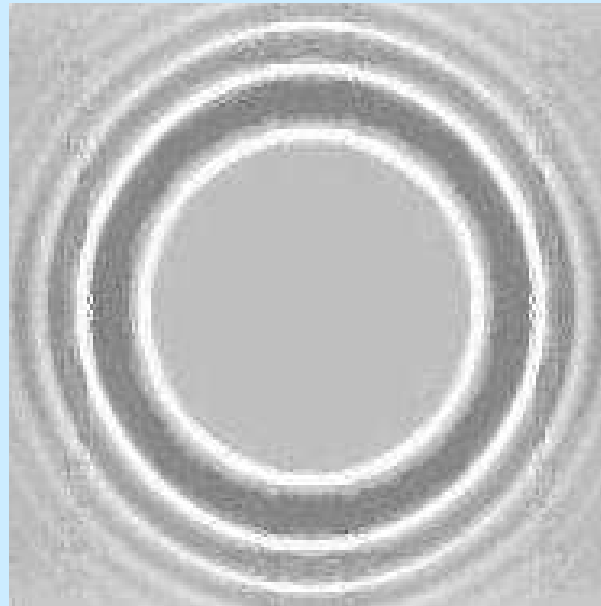


Chaque point P du ressort se déplace **horizontalement**. La perturbation se déplace également **horizontalement**.

L'onde est **longitudinale**.

La **vitesse** de propagation est $v = \frac{ab}{t_2 - t_1}$

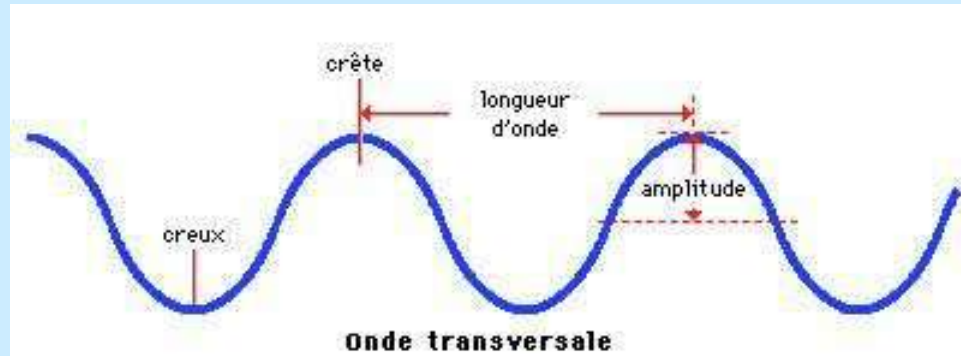
Rides à la surface de l'eau



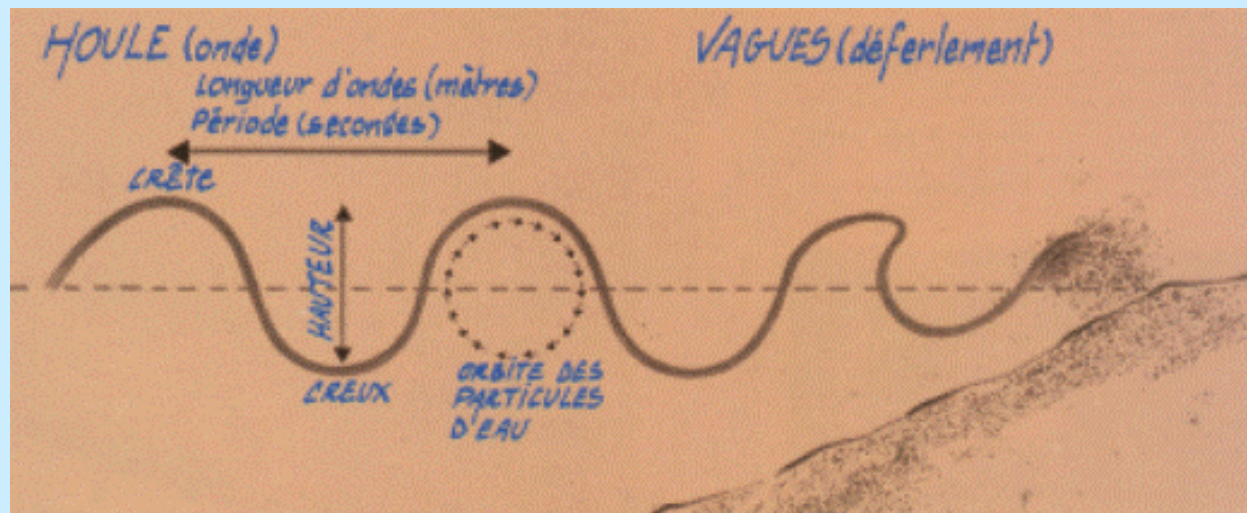
Vagues



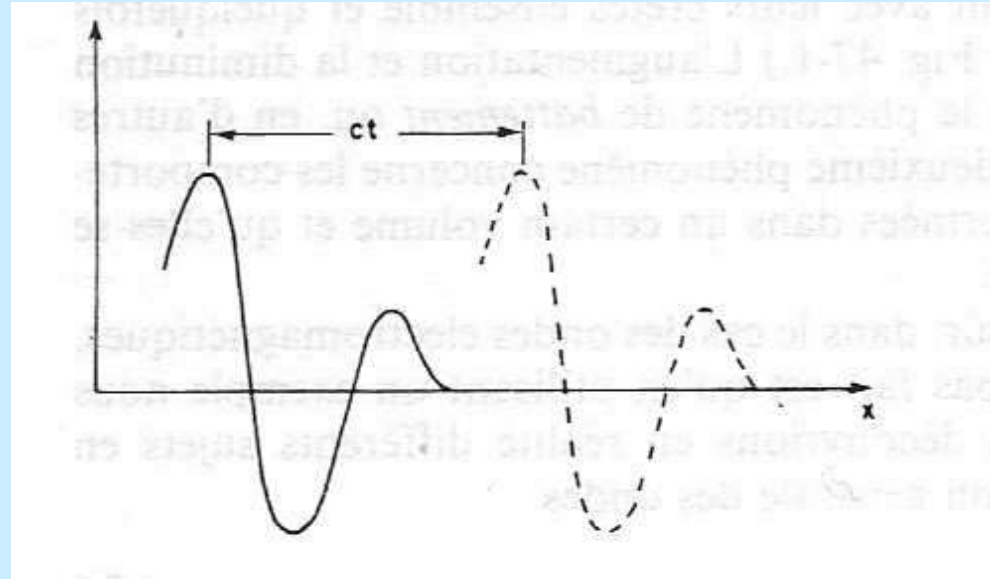
Houle



Vagues

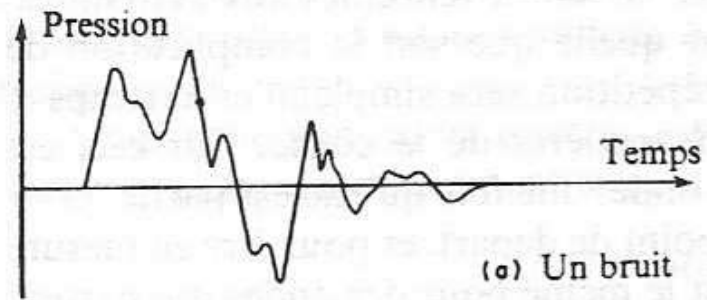


Onde Progressive

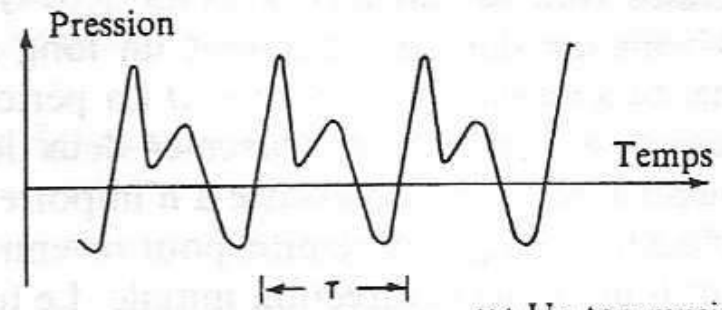


Onde progressive transverse

Bruit et Musique

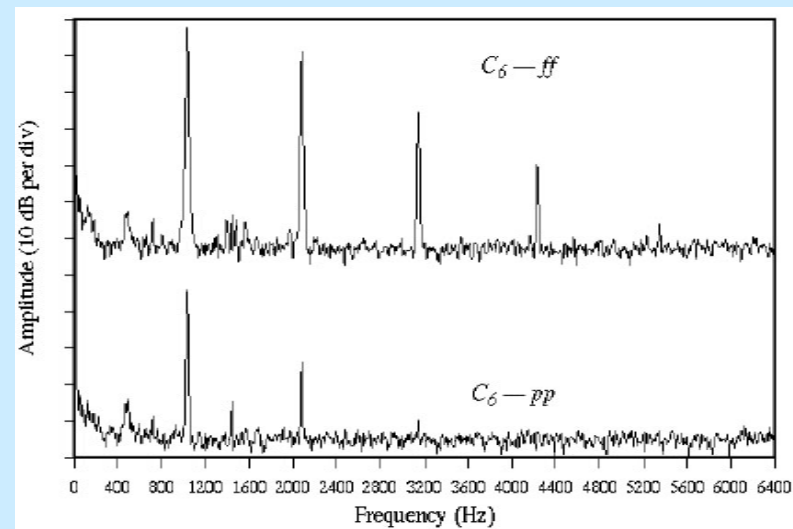
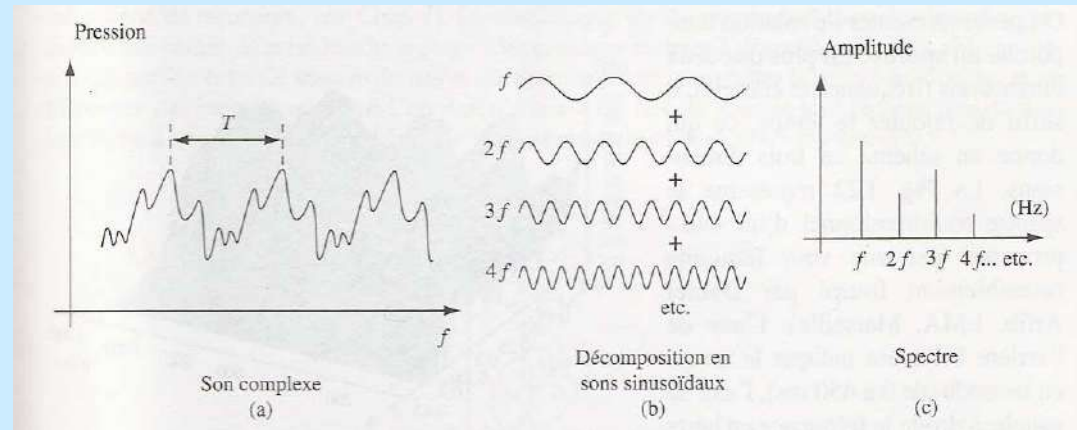


(a) Un bruit

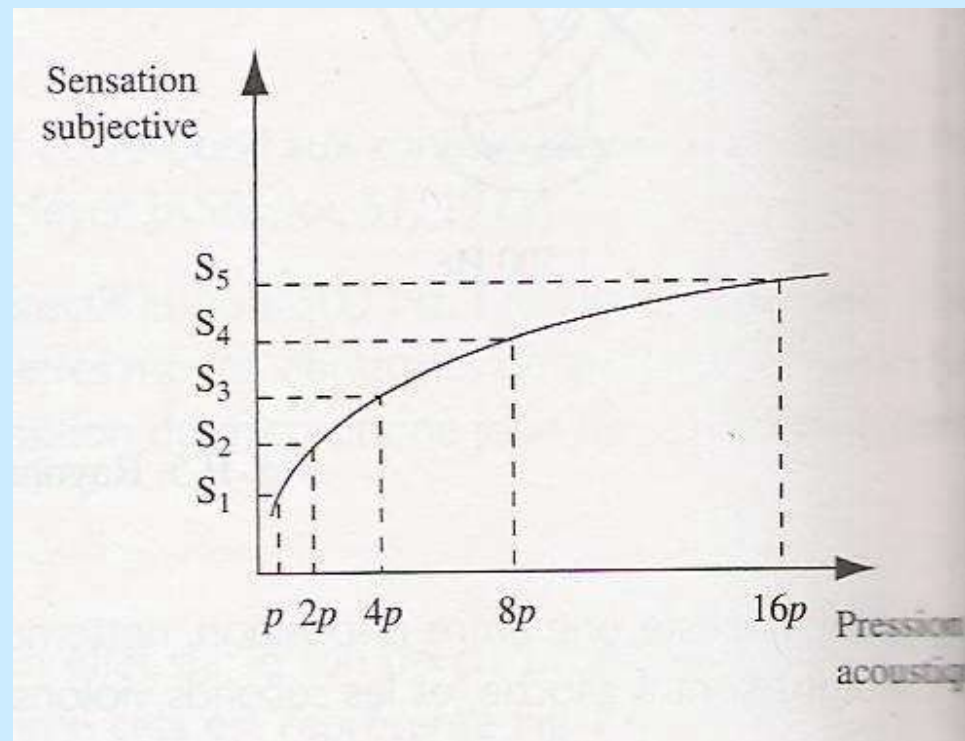


(b) Un ton musical

Décomposition harmonique d'un son



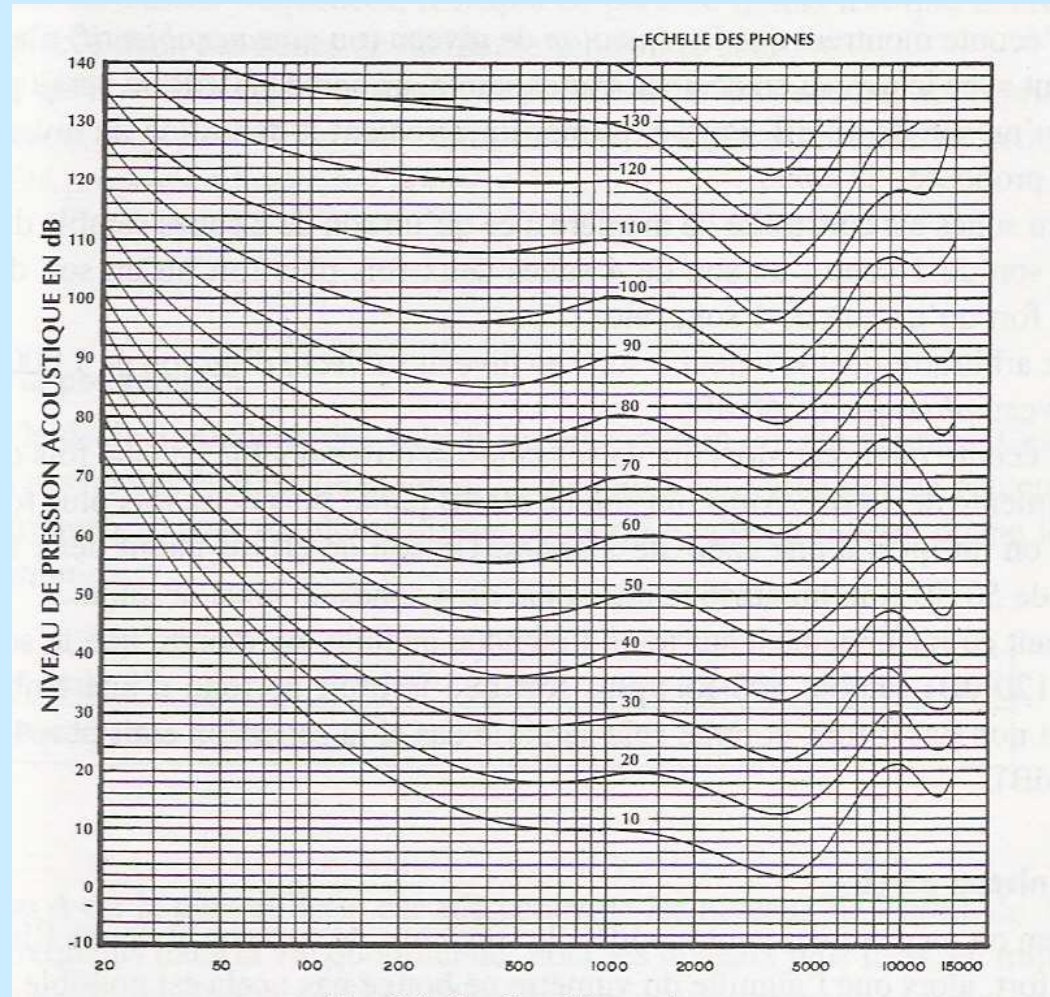
Sensibilité auditive



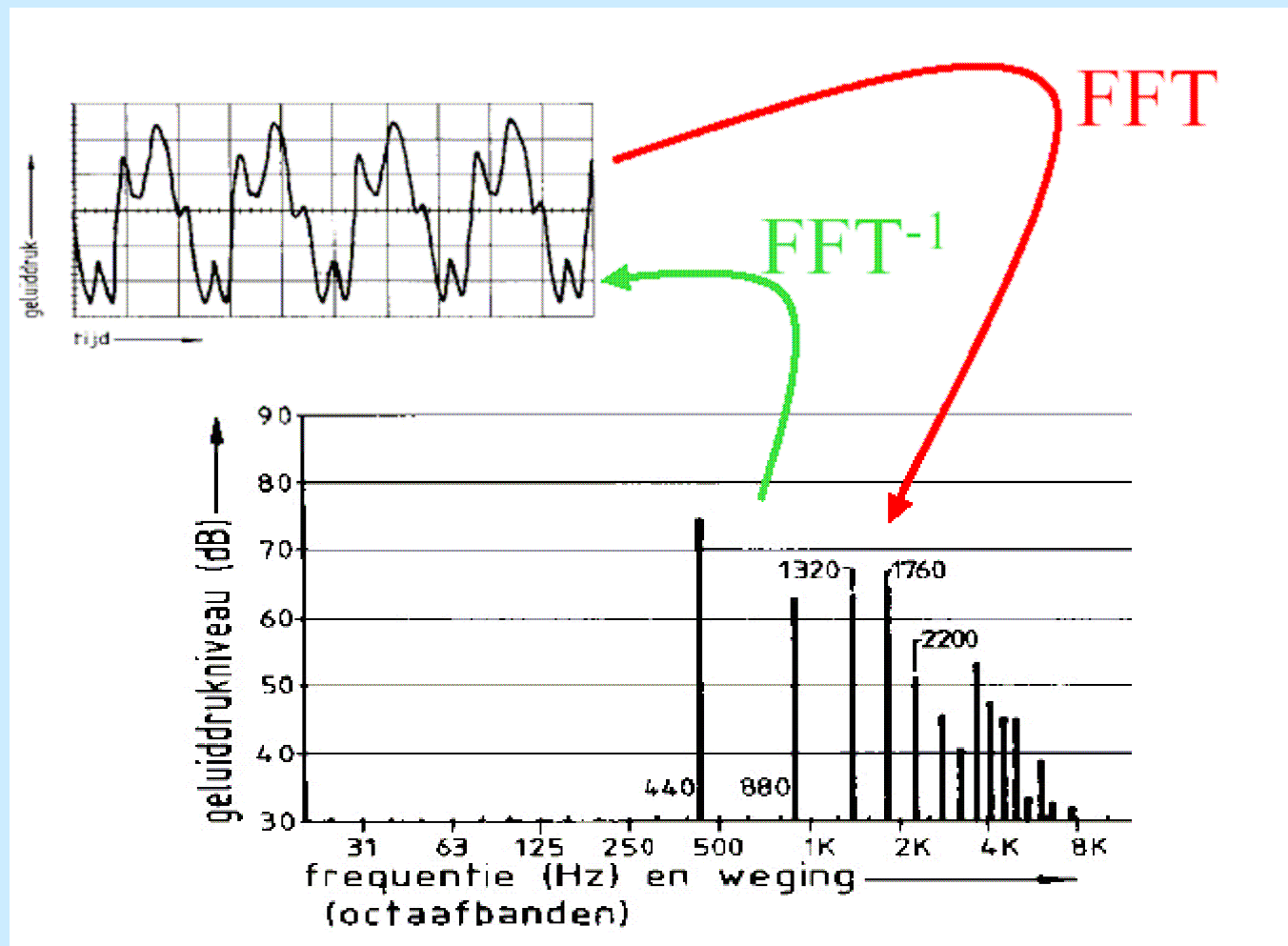
Échelle des niveaux sonores

Niveau (dB)	Pression (Pa)	Intensité (W.m ⁻²)	Effets	Exemple
194	101 300	25 10 ⁶		Pression atmosphérique
180	20 000	10 ⁶		Fusée
140	200	100	lésions irréversibles	Avion à réaction
120	20	1	Seuil de douleur	Atelier Industriel
100	2	10 ⁻²	Perte d'audition après une exposition brève	Discothèque
80	0.2	10 ⁻⁴	Perte d'audition après une exposition prolongée	Orchestre
60	0.02	10 ⁻⁶		Rue
40	0.002	10 ⁻⁸		Conversation
20	0.0002	10 ⁻¹⁰		Chuchotement
0	0.00002	10 ⁻¹²		Silence

Courbes isophoniques



Décomposition harmonique



6. Transmission des sons

Portée du son : quelques mètres

1. On transforme le signal acoustique en un signal électrique ou électromagnétique

2. On lui trouve un support de transmission

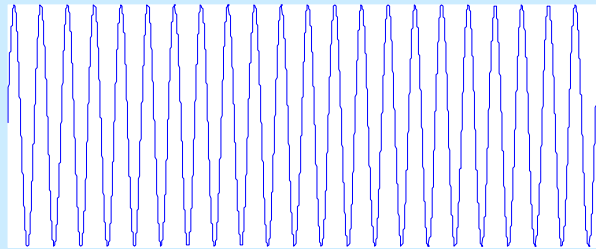
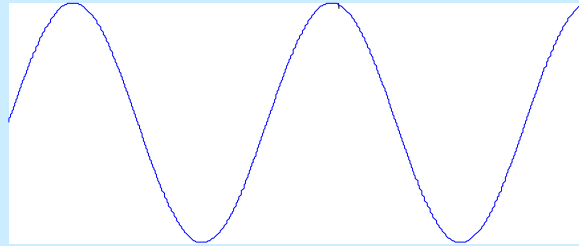
Radiodiffusion: espace hertzien

Télécommunications: câble en cuivre, fibre optique, espace hertzien

3. On trouve, si nécessaire, un véhicule du signal

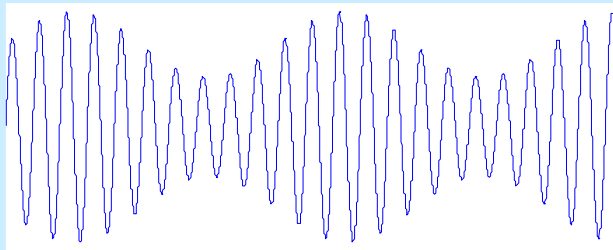
= porteuse dont le choix des caractéristiques dépend du support de propagation

Modulation



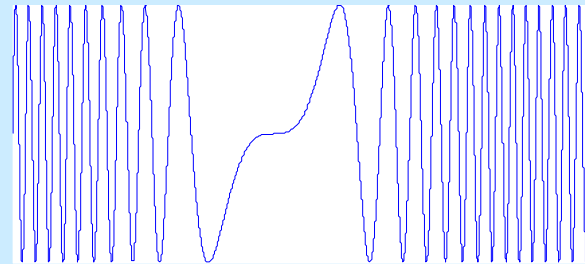
AM

$$I = (I_0 + I_{s\max} \sin \omega_s t) \sin \omega_0 t$$



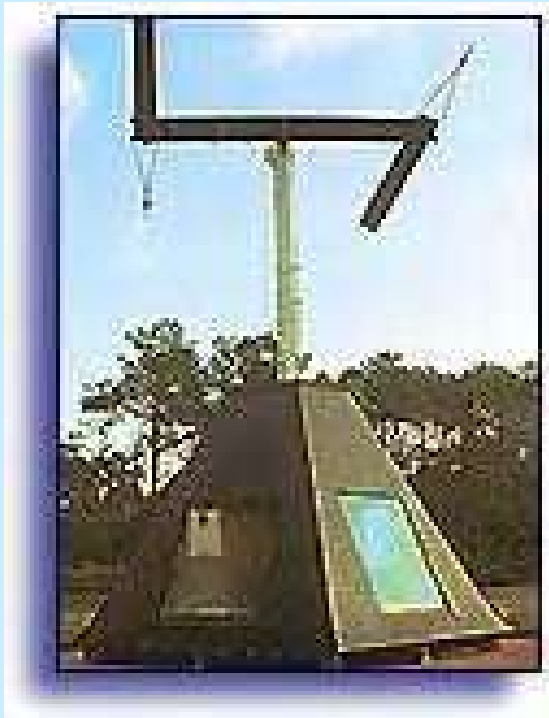
FM

$$I = I_{0\max} \sin(\omega_0 t + (\omega_0/\omega_s) \sin \omega_s t)$$



6. *Transmission du son*

Histoires parallèles des télécommunications (modernes)



Téléphonie



TSF



Histoire de la téléphonie

1792 : Claude Chappe propose à la convention un système de communications fondé sur la transmission de messages entre des stations espacées d'une dizaine de kilomètres et situées sur des points élevés : le télégraphe optique (2000 km/h).

1837 : L'Américain Samuel Morse invente un télégraphe électrique simple: des piles, un interrupteur, un électro-aimant et des fils suffisent. Il conçoit également un code très simple fondé sur des combinaisons de signaux courts et longs. Huit années plus tard, la première ligne télégraphique française fonctionne entre Paris et Rouen. Le développement du réseau national se fera grâce à des fonds privés.



1876: Graham Bell invente le téléphone

Le principe

Dans les premiers postes téléphoniques, la voix fait vibrer une plaquette en bois solidaire de crayons en graphite. Les vibrations de ces derniers établissent un contact électrique imparfait et, donc une résistance variable. Des batteries envoient dans la ligne un courant électrique rendu variable en traversant cette résistance. Le *signal acoustique* est ainsi transformé en un *signal électrique analogique* (car leurs variations sont analogues).

Dans le récepteur, le courant électrique venant de la ligne téléphonique est envoyé dans un électroaimant qui agit sur une plaque souple dont les vibrations reconstituent la voix.



Téléphone Marty : 1910

1889 : premier autocommutateur (électromécanique)

= naissance du téléphone urbain

...

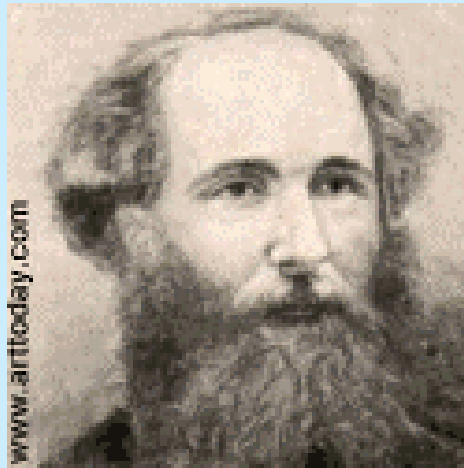
1970 : premier central électronique à commutation temporelle au monde, après l'étude du prototype Platon dans les laboratoires du Centre National d'Etudes des Télécommunications (CNET) de Lannion.

Début de la numérisation (MIC) de la liaison entre centraux téléphoniques (achevé depuis 1994) : le signal vocal est représenté par des échantillons mesurés 8000 fois par seconde, chacun d'entre eux étant codé sur 8 bits = liaison numérique à 64 kbits/s

1971 : première liaison automatique entre la France et les USA

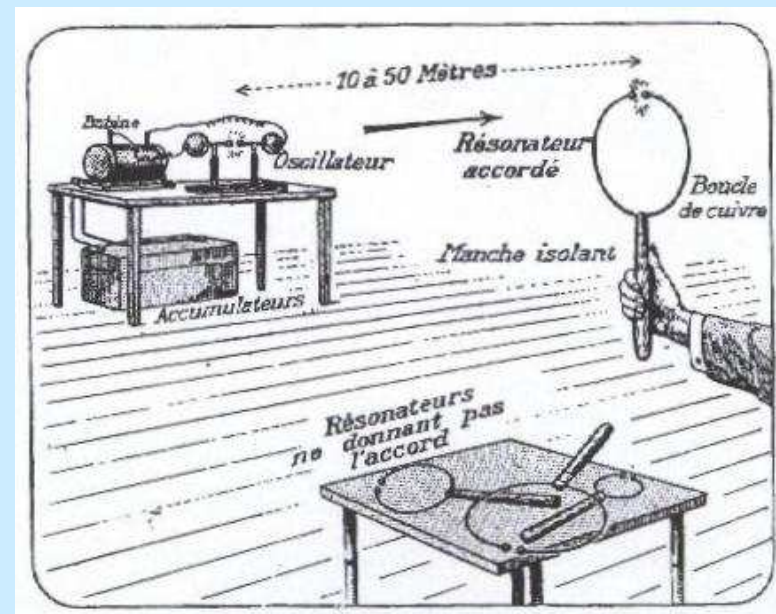
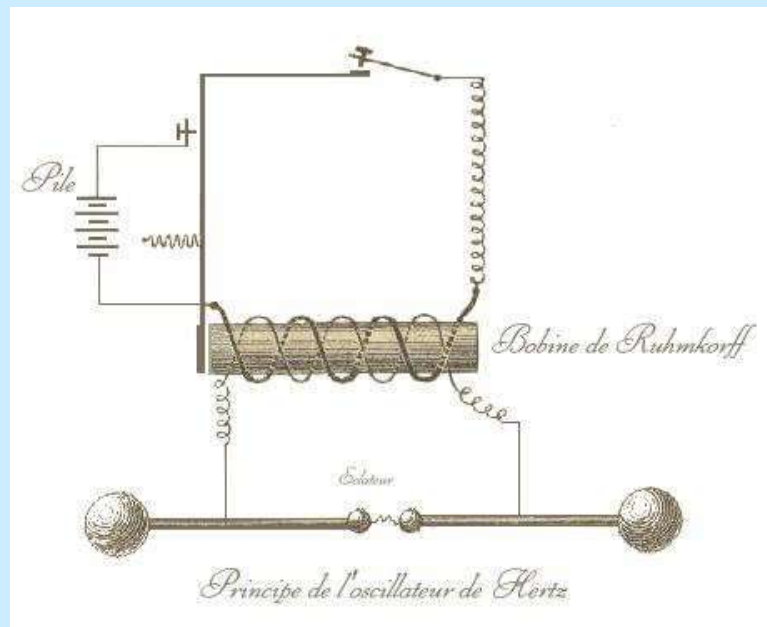
Histoire de la TSF

Maxwell



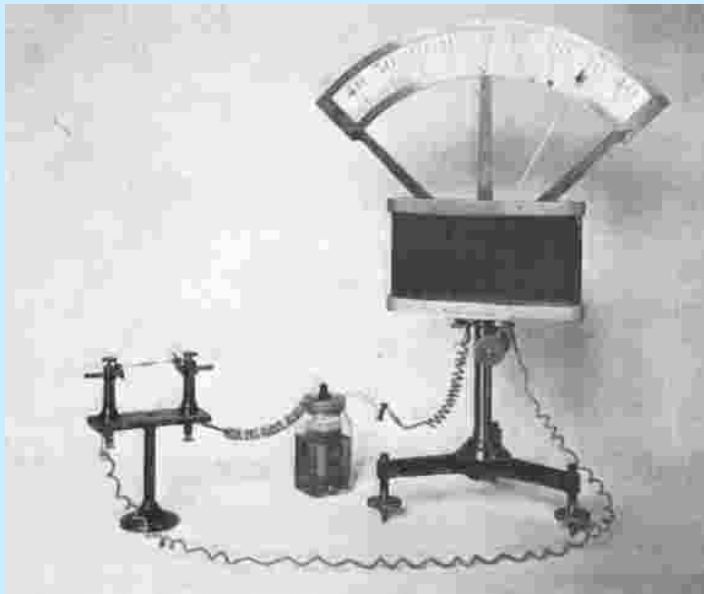
**1873: Traité d'électricité
et de magnétisme**

1887: Expérience de Hertz



6. Transmission du son

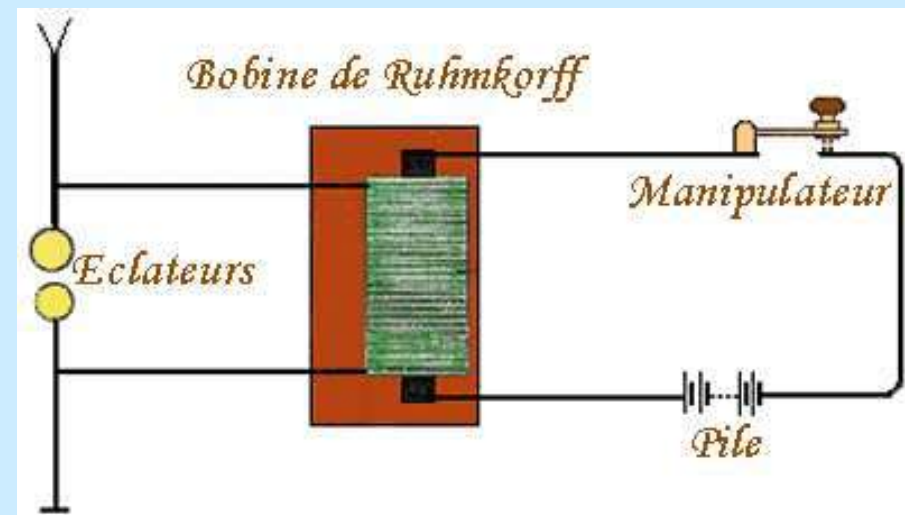
**1890 : le premier récepteur
= le cohéreur (radioconducteur) de Branly**



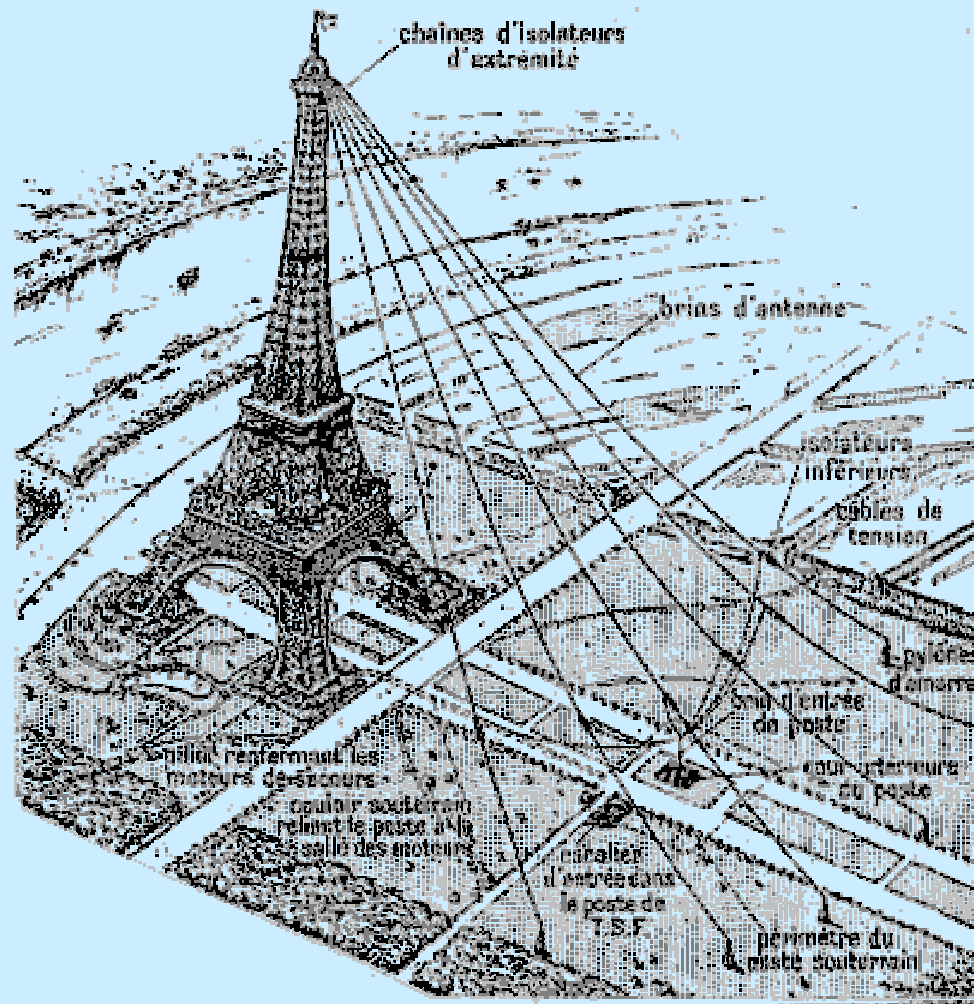
6. Transmission du son

1896: naissance de laTSF

Marconi combine l'émetteur à étincelles de Hertz, l'antenne de Popoff (1895), et le cohéreur de Branly-Lodge (1894) pour transmettre des signaux Morse.



1904 : Ferrié crée la station de la Tour Eiffel



6. Transmission du son

1904 : Flemming invente la lampe à vide (diode)

1906 : Lee Forrest invente la lampe triode



Poste Péricaud 1922 : Ce poste à 2 lampes est un des premiers récepteurs pour amateurs. Muni de lampes TM (Télégraphie militaire). Voici ce qu'en dit la publicité de l'époque: *Spécialement étudié pour la téléphonie sans fil, il donne d'excellents résultats à Paris sur cadre et a une portée de 500 km sur antenne.* Ce poste fonctionne sur batteries: 4 V pour le chauffage et 80 V pour la tension plaque. Il est même assez puissant pour marcher sur haut-parleur!

1925 : premières émissions télévisées (Allemagne, Angleterre, USA)

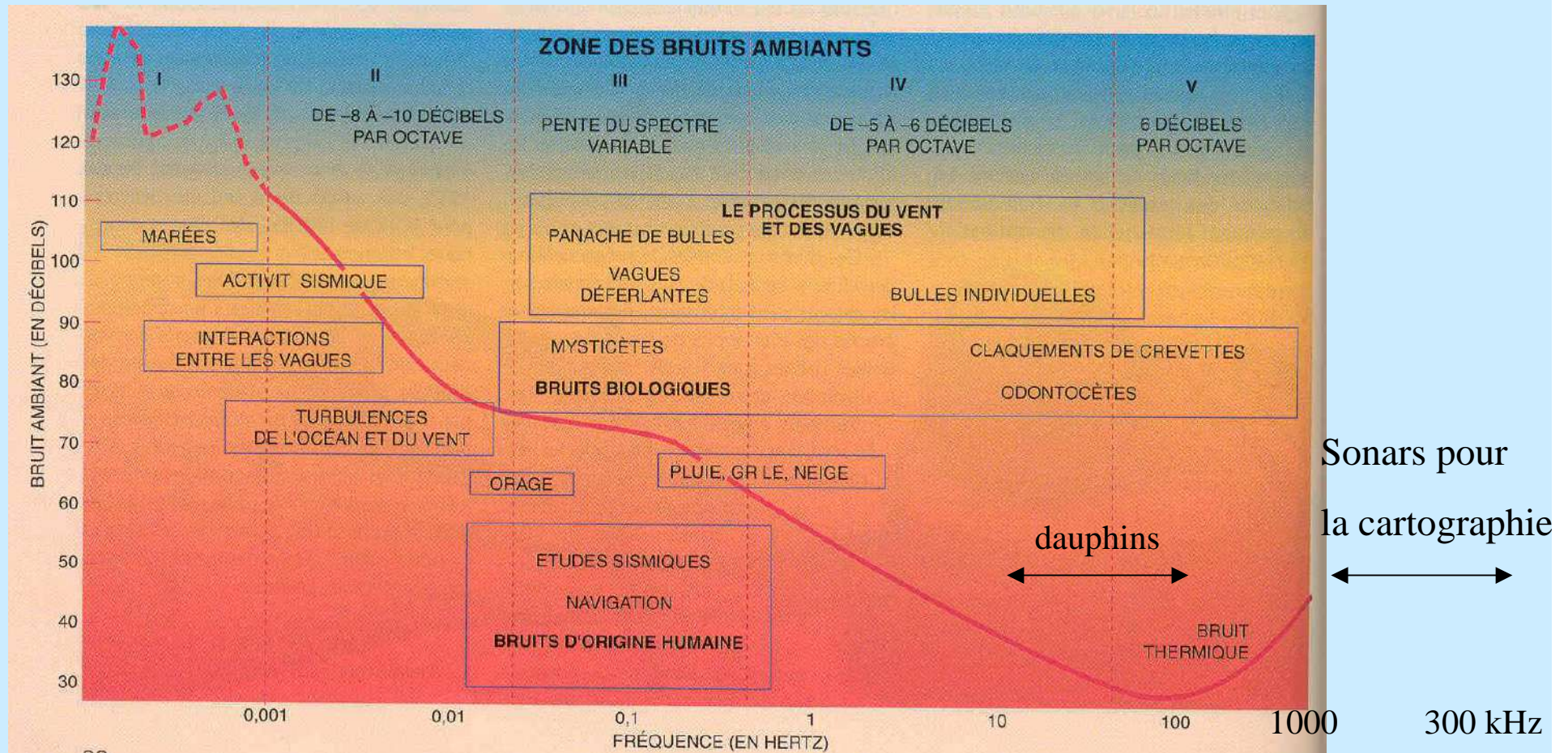
6. *Transmission du son*

7. Les ondes acoustiques comme véhicules de l'information

1. A l'écoute de la mer (acoustique sous-marine)
2. A l'écoute du corps humain (échographie médicale)
3. A l'écoute de la terre (sismologie)
4. A l'écoute du soleil (héliosismologie)
5. A l'écoute des matériaux (contrôle non destructif par US)

7. Les ondes acoustiques comme véhicules de l'information

A l'écoute des océans



7. Les ondes acoustiques comme véhicules de l'information

A l'écoute des océans



La crevette «claquante», qui aime les eaux chaudes peu profondes, emplît l'océan d'un son caractéristique dû à sa pince surdimensionnée : en refermant sa pince très rapidement (en haut), la crevette crée une bulle de cavitation qui, en disparaissant, engendre un claquement.

7. Les ondes acoustiques comme véhicules de l'information

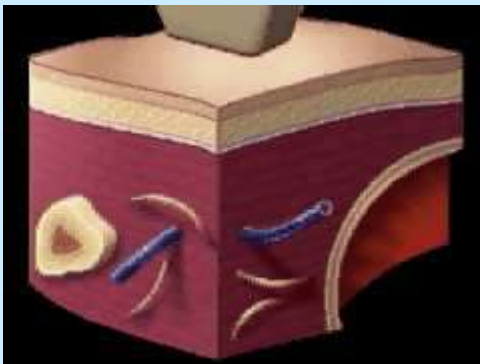
A l'écoute du corps humain (imagerie échographique)



Génération et réception d'ondes ultrasonores

- Réseaux de transducteurs piézoélectriques réversibles
 - réseaux 1D de 128 à 512 transducteurs (1.5 D et 2D), pas d'échantillonnage $\lambda/2$
 - Emission de pulses formés d'une oscillation de sinusoïde.
 - Très bonne résolution axiale (correspondance temps/profondeur)
 - Focalisation électronique pour la résolution latérale.
 - Synthèse de lentilles acoustiques
- Imagerie de réflectivité : $Z = \rho_0 c_0$

• Milieu **faiblement** hétérogène

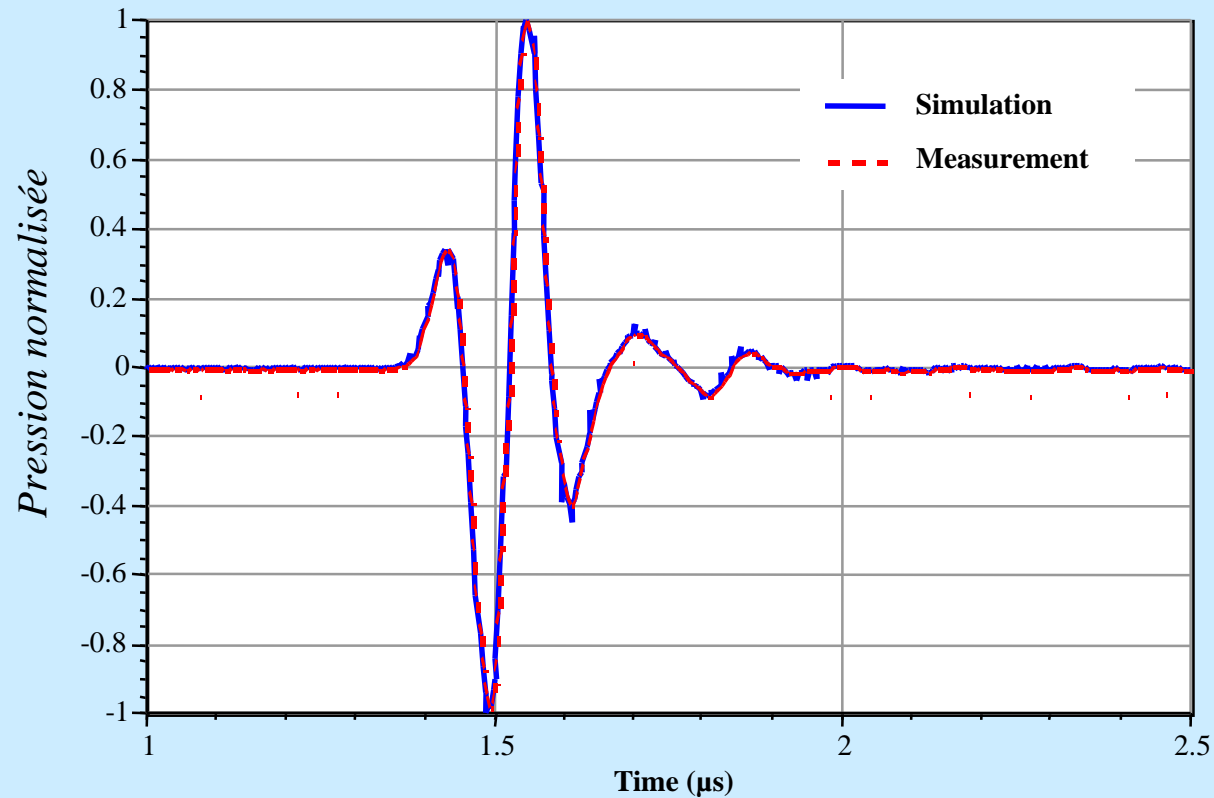


Milieu	c_0 (m.s ⁻¹)	ρ_0 (kg.m ⁻³)
Sang	1566	1060
Graisse	1446	960
Muscle	1542	1070
Foie	1566	1060

- Longueur d'onde typique : à 5 MHz, $\lambda = c_0/f = 0.3$ mm

7. Les ondes acoustiques comme véhicules de l'information

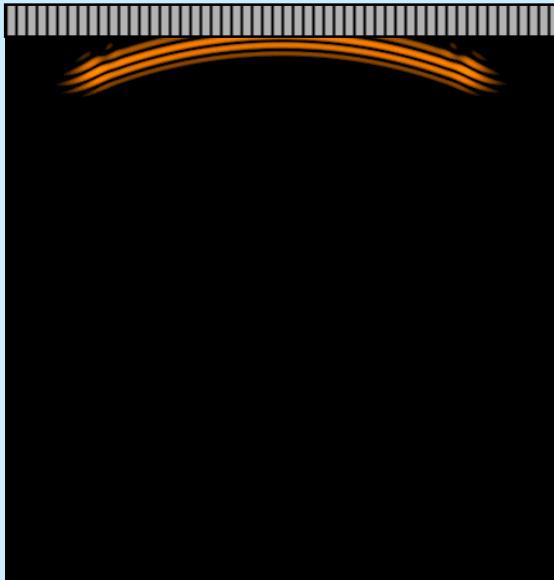
Forme d'onde classique émise par un élément de réseau piezo-électrique



A l'écoute du corps humain (imagerie échographique)

7. Les ondes acoustiques comme véhicules de l'information

Focalisation électronique en milieu homogène : formation de l'image



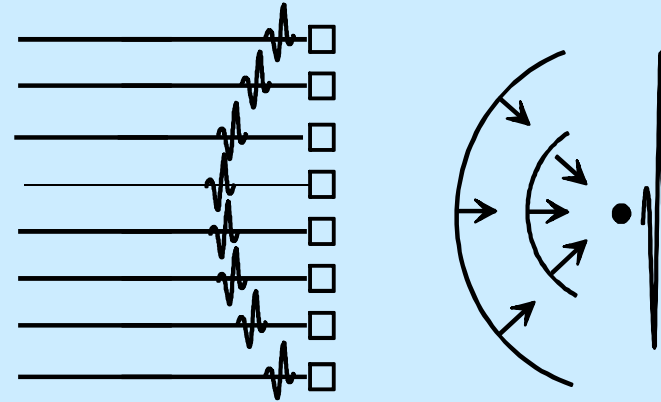
*Modélisation
par différences finies*

*Maillage : 500 x 500 points
taille de la grille : 50 x 50 mm²
Codes Couleur : -40 à 0 db*

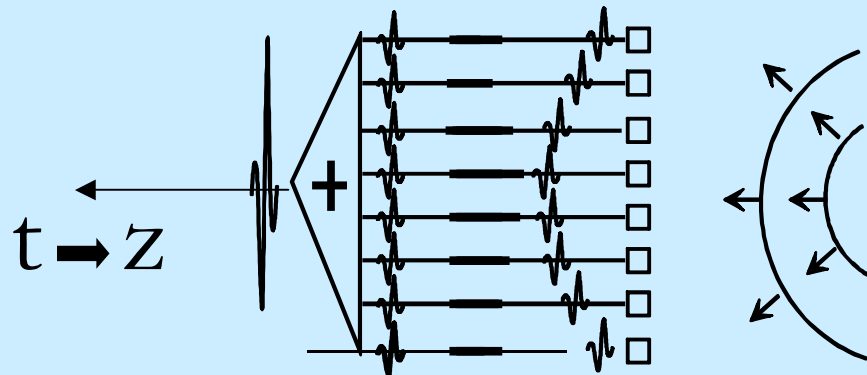
A l'écoute du corps humain (imagerie échographique)

7. Les ondes acoustiques comme véhicules de l'information

Focalisation à l'émission



Focalisation à la réception



- Approximation de la diffusion simple
- Diffuseurs de rayleigh répartis aléatoirement : bruit de “speckle”



7. Les ondes acoustiques comme véhicules de l'information

Avantages et inconvénients de l'échographie : exemples



- *Bruit de Speckle*



Difficulté d'analyse

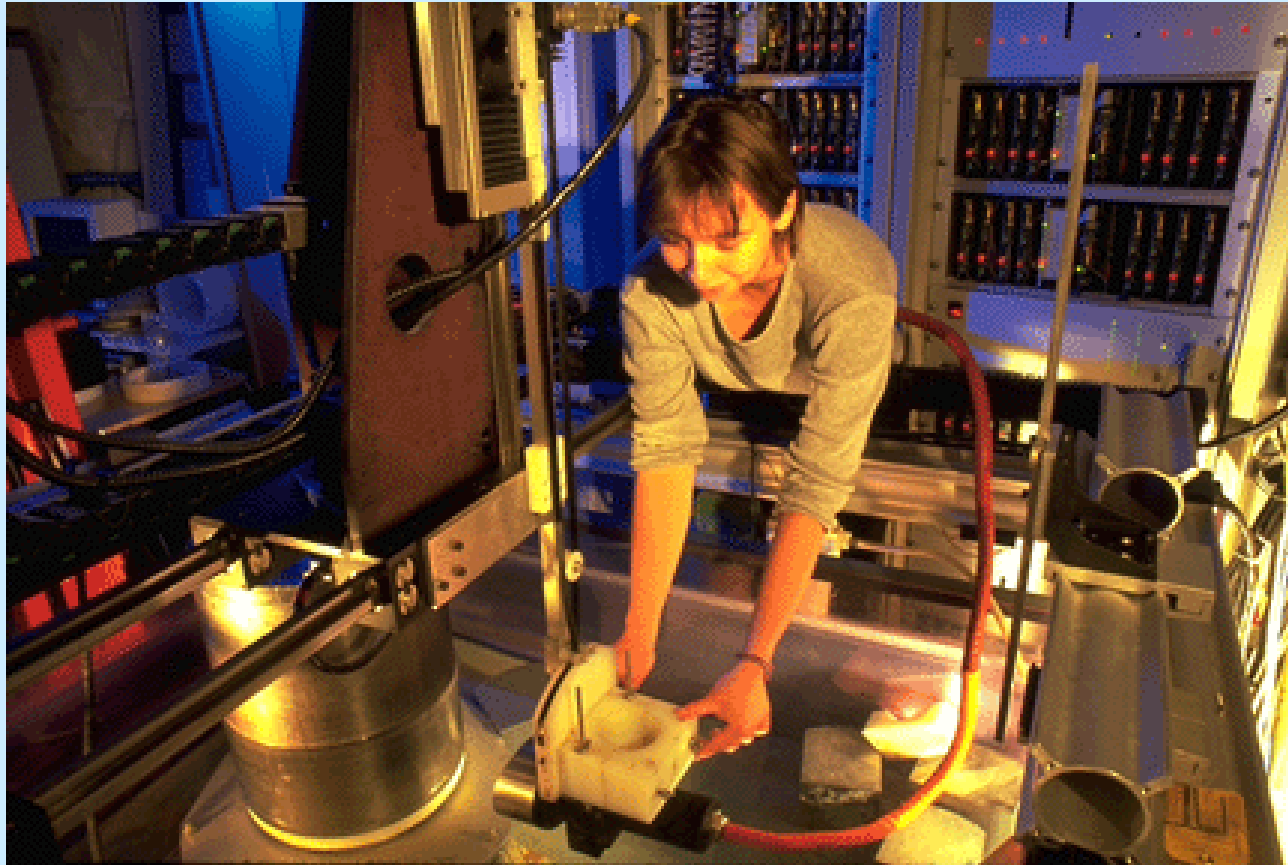
- *Cadence d'images*



*Imagerie fonctionnelle
incomparable*

7. *Les ondes acoustiques comme véhicules de l'information*

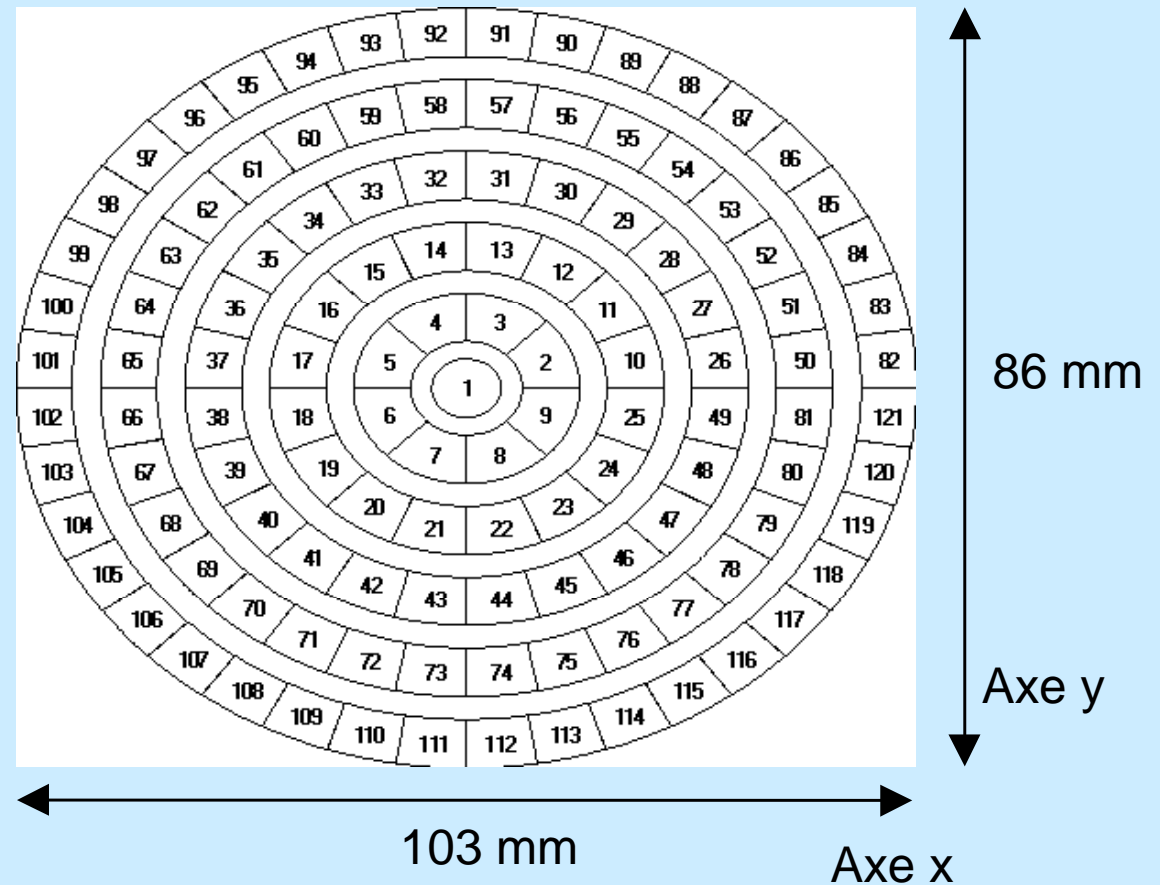
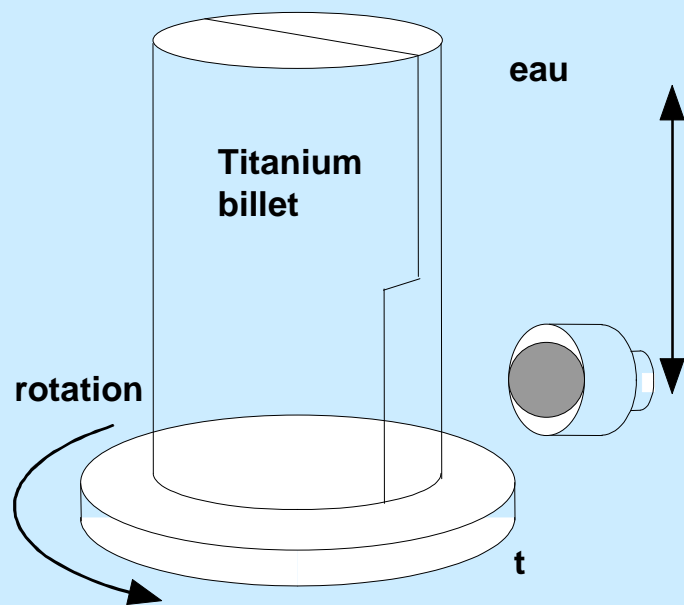
A l'écoute des matériaux (contrôle non destructif par US)



7. Les ondes acoustiques comme véhicules de l'information

A l'écoute des matériaux (contrôle non destructif par US)

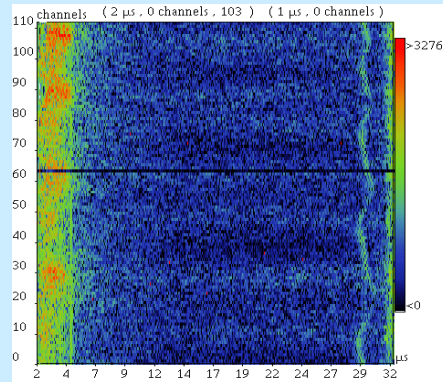
Array of 128 transducers
5 MHz central frequency



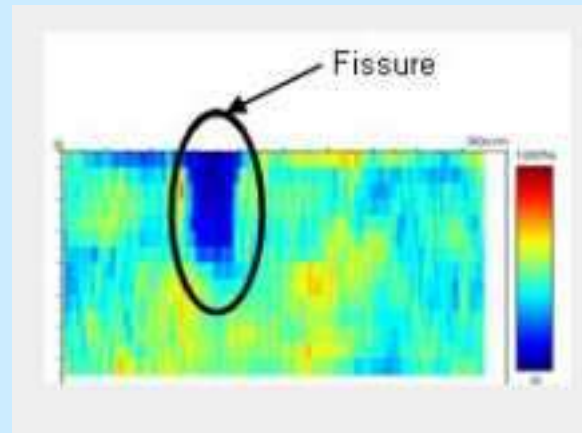
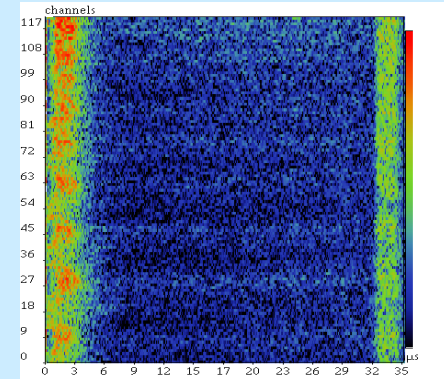
7. Les ondes acoustiques comme véhicules de l'information

A l'écoute des matériaux (contrôle non destructif par US)

Zone with
a flat
bottom
hole at
140mm
depth

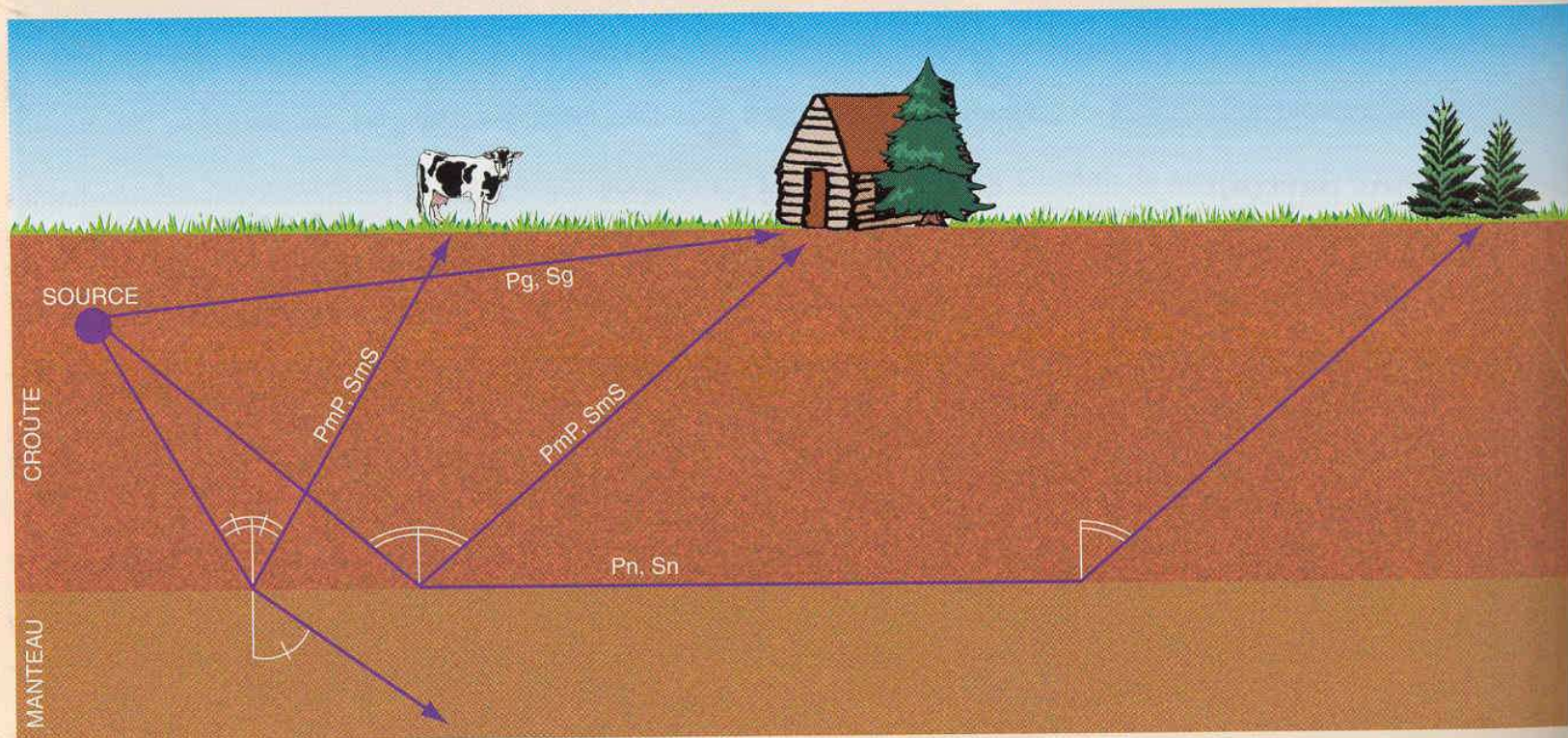


Zone
without
defect
(speckle)



7. Les ondes acoustiques comme véhicules de l'information

A l'écoute de la terre (sismologie)

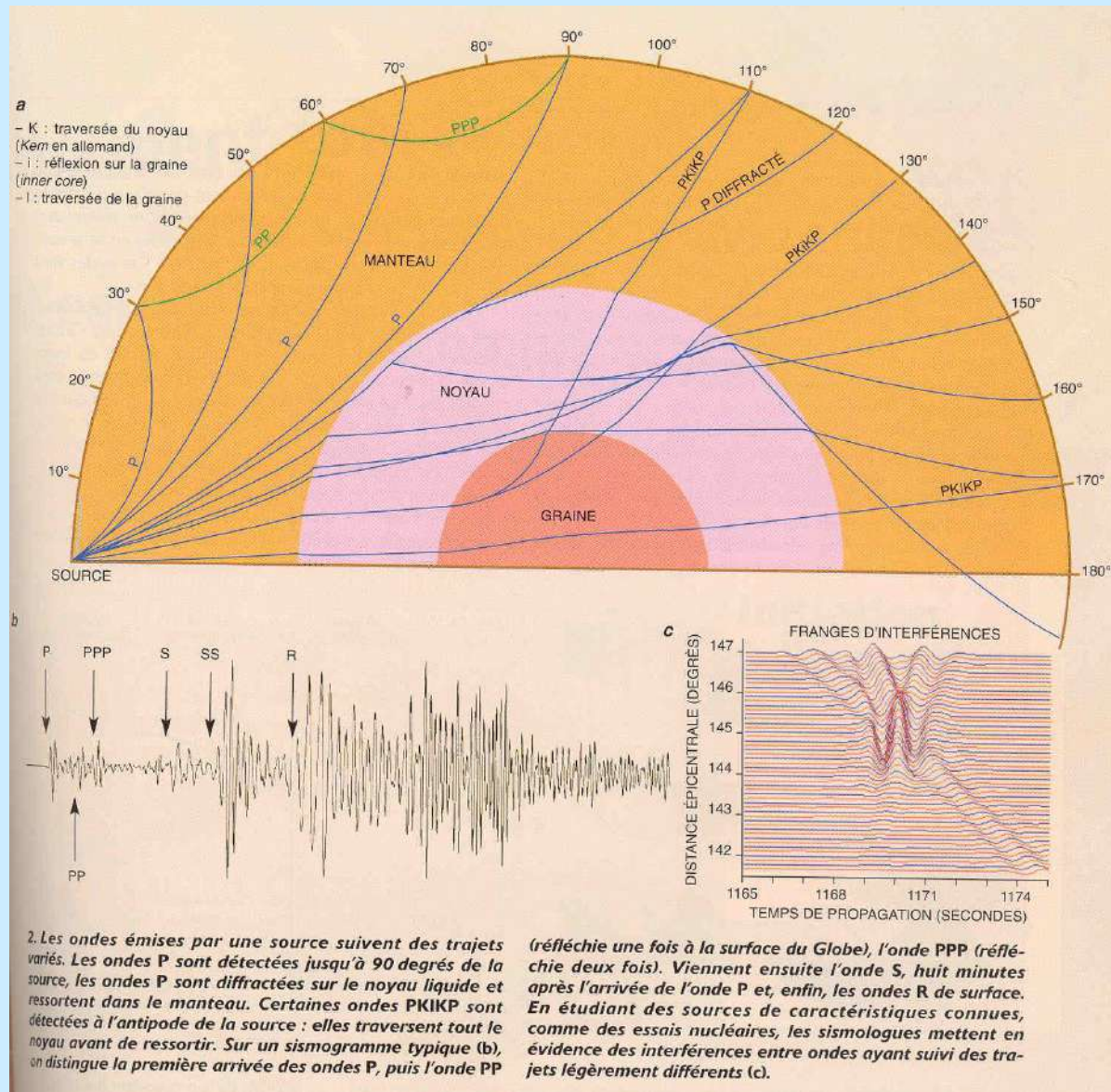


1. Pour la propagation jusqu'à 1 500 kilomètres de la source, on assimile la Terre à une succession de couches géologiques. Dans ce cadre, les ondes sismiques se propagent comme les rayons de lumière de l'optique géométrique. Des rayons sismiques se propagent directement (Pg, Sg; g pour granit),

d'autres sont réfléchis (PmP, SmS; m, signal réfléchi sur le manteau), d'autres encore se propagent le long de l'interface entre la croûte et la manteau (Pn, Sn; n, pour normal), puis réapparaissent sous forme d'ondes de type P et S, atténuées par rapport aux ondes qui se sont propagées directement.

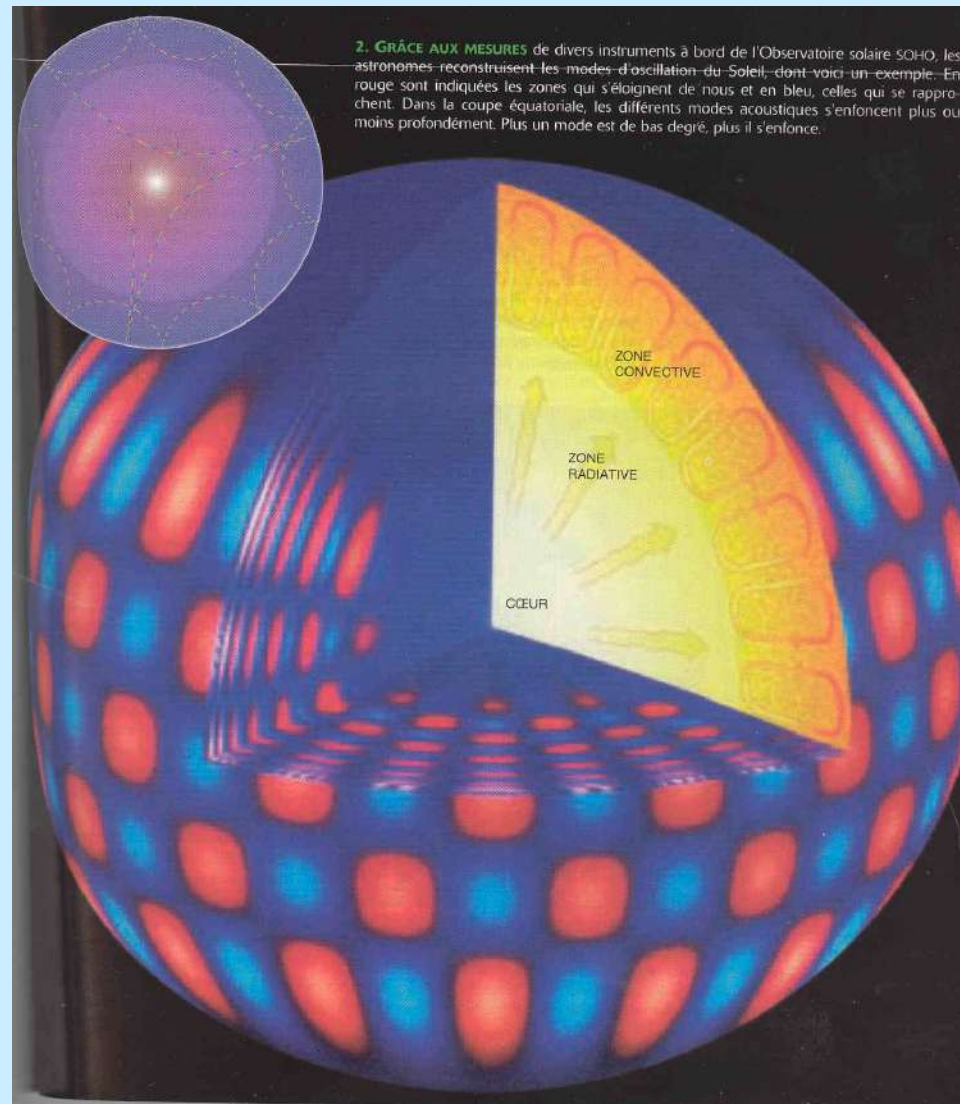
7. Les ondes acoustiques comme véhicules de l'information

A l'écoute de la terre (sismologie)



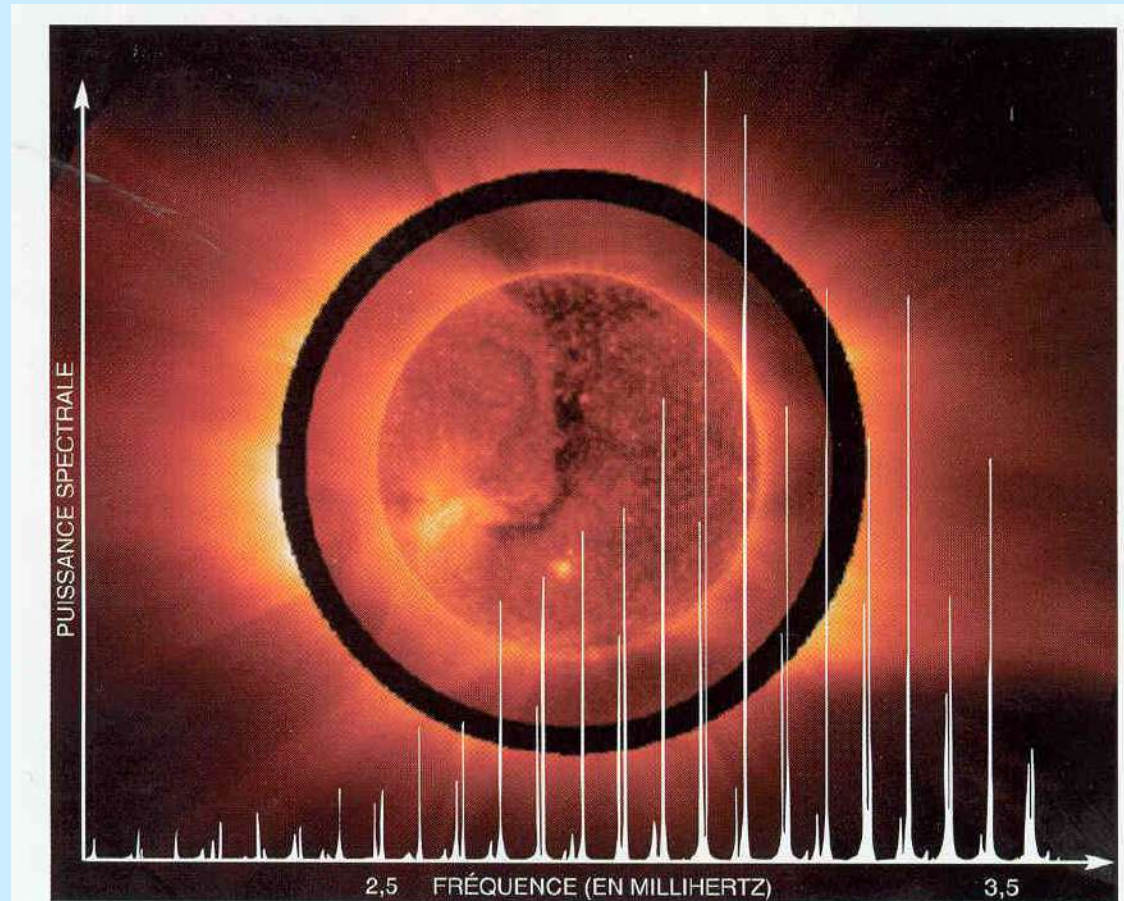
7. Les ondes acoustiques comme véhicules de l'information

A l'écoute du soleil (héliosismologie)



7. Les ondes acoustiques comme véhicules de l'information

A l'écoute du soleil (héliosismologie)



3. SPECTRE DE PUISSANCE des oscillations du Soleil déduit des vitesses de déplacement de la surface solaire. Chaque pic représente un mode d'oscillation (une note de musique solaire!). L'intervalle de fréquence montré s'étale sur une octave. Le maximum de puissance est centré sur les modes autour de trois millihertz, les oscillations de période cinq minutes de plus grande amplitude, les premières détectées sur le Soleil dans les années 1960-1970.

7. Les ondes acoustiques comme véhicules de l'information