

Initiation à la production sonore

Prise de son, mixage, diffusion

Aurélien Roux¹

¹AMMD - <http://www.ammd.net>

© A. Roux 11 décembre 2012 - Copyleft: ce document est une oeuvre libre, vous pouvez la copier, la diffuser et la modifier selon les termes de la Licence Art Libre <http://www.artlibre.org>

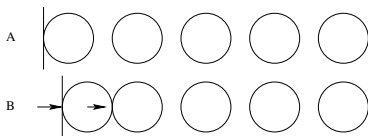
11 décembre 2012

Sommaire

- 1 Le Son
 - Qu'est-ce qu'un son ?
 - Les représentations du son
 - Le son et son environnement
- 2 Enregistrement & Diffusion du son
 - Diffusion du son
 - Prise de son
 - Acquisition du son
- 3 Traitement du son
 - Traitements temporels
 - Traitements fréquentiels
 - Traitements dynamiques
 - Sommation
 - Spatialisation

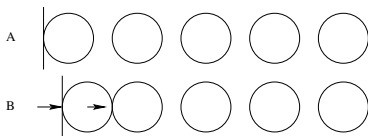
Une vibration

Une particule est mise en mouvement (vibration).

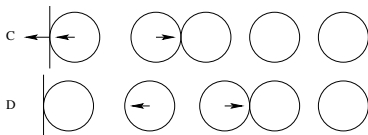


Une vibration

Une particule est mise en mouvement (vibration).

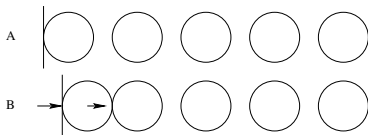


La vibration est transmise de proche en proche.



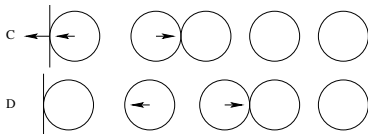
Une vibration

Une particule est mise en mouvement (vibration).



→ **Variation locale de pression**

La vibration est transmise de proche en proche.



→ **Nécessité d'un support (air, eau, bois...)**

Grandeurs pertinentes

- Amplitude
 - amplitude de vibration,
 - décrit le déplacement (distance) des particules,
 - en rapport avec le volume sonore perçu.

Grandeurs pertinentes

- Amplitude

- amplitude de vibration,
- décrit le déplacement (distance) des particules,
- en rapport avec le volume sonore perçu.

- Fréquence

- nombre d'allers-retours d'une particule par seconde (*vitesse*),
- en rapport avec la hauteur perçue.

Grandeurs pertinentes

- Amplitude
 - amplitude de vibration,
 - décrit le déplacement (distance) des particules,
 - en rapport avec le volume sonore perçu.
- Fréquence
 - nombre d'allers-retours d'une particule par seconde (*vitesse*),
 - en rapport avec la hauteur perçue.
- Célérité
 - vitesse de propagation de la vibration.

Unités - Pa, dB, V

- Pascal (Pa) : unité de pression

Unités - Pa, dB, V

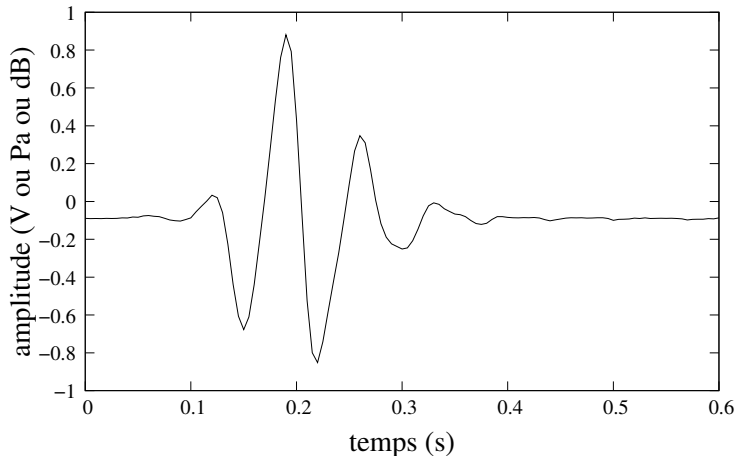
- Pascal (Pa) : unité de pression
- deciBel (dB) : unité relative ; valeur par rapport à quelque chose
 - dB_{SPL} : *sound pressure level* - adapté au son ; par rapport à $2 \cdot 10^{-5} Pa$ (pression de référence : *moustique à 3 mètres*)
 - dB_{FS} : *full scale* - adapté à l'audio numérique ; $0dB_{FS}$ maximum du système d'acquisition
 - atténuation de $3dB$: division de l'amplitude par 2

Unités - Pa, dB, V

- Pascal (Pa) : unité de pression
- deciBel (dB) : unité relative ; valeur par rapport à quelque chose
 - dB_{SPL} : *sound pressure level* - adapté au son ; par rapport à $2 \cdot 10^{-5} Pa$ (pression de référence : *moustique à 3 mètres*)
 - dB_{FS} : *full scale* - adapté à l'audio numérique ; $0dB_{FS}$ maximum du système d'acquisition
 - atténuation de $3dB$: division de l'amplitude par 2
- Volts V : unité de tension électrique ; sortie de microphone : $20mV$

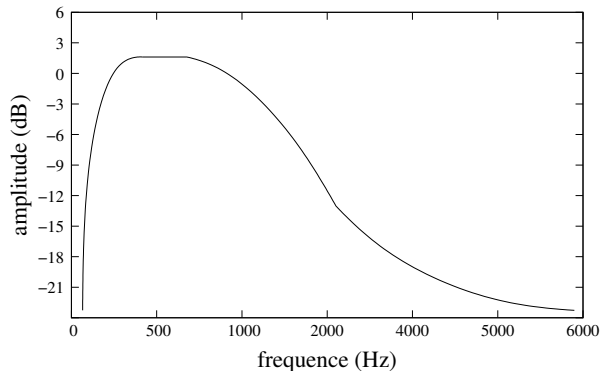
Représentation temporelle - forme d'onde

Variations de l'amplitude de vibration en fonction du temps



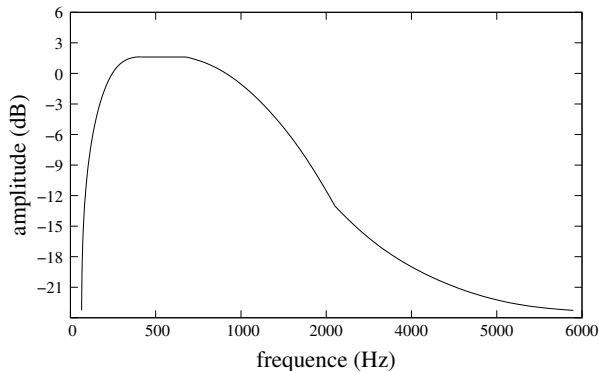
Représentation fréquentielle - spectre

Amplitude des vibrations en fonction de la fréquence



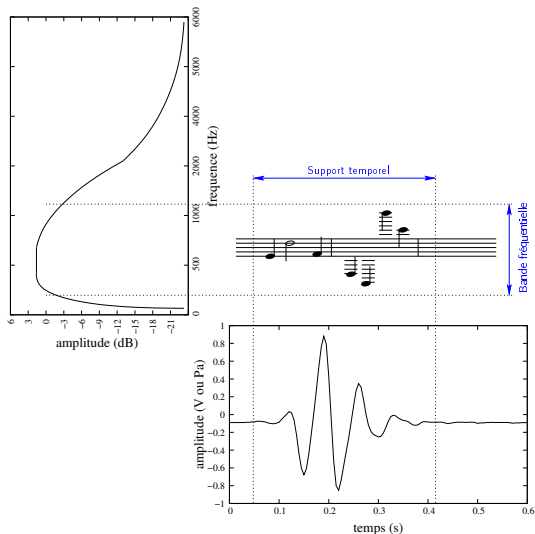
Représentation fréquentielle - spectre

Amplitude des vibrations en fonction de la fréquence



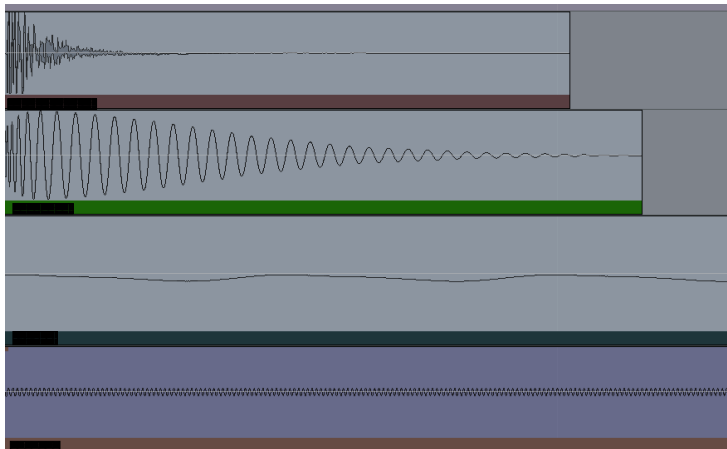
→ *ordre d'arrivée* des fréquences : phase

Représentations - analogie musicale



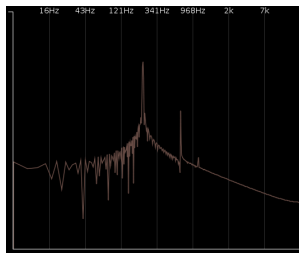
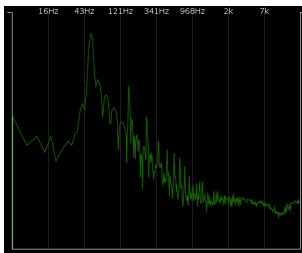
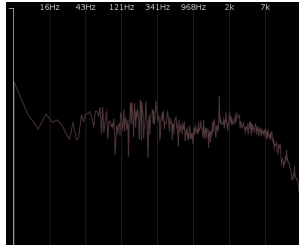
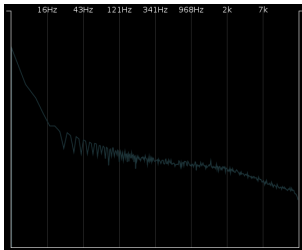
Représentations - quelques exemples

Grosse caisse, caisse claire, *son presque pur*, basse dubstep



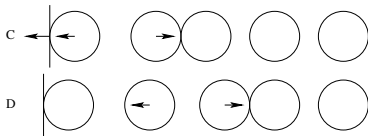
Représentations - quelques exemples (2)

Grosse caisse, caisse claire, *son presque pur*, basse dubstep



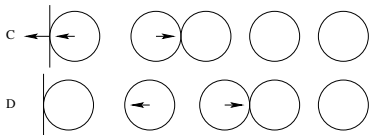
Propagation sonore

- Transmission de la vibration de proche en proche - célérité (340m.s^{-1})



Propagation sonore

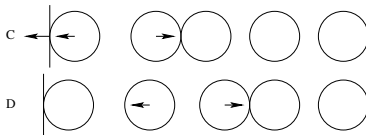
- Transmission de la vibration de proche en proche - célérité ($340m.s^{-1}$)



- Milieu de propagation → modifications du signal sonore

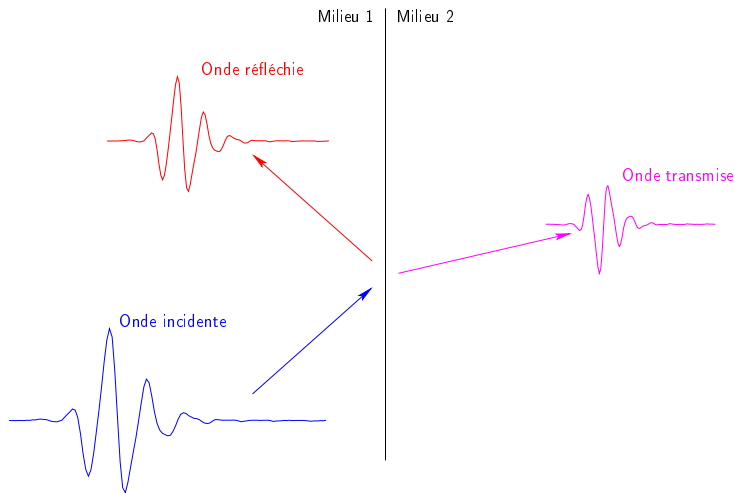
Propagation sonore

- Transmission de la vibration de proche en proche - célérité ($340m.s^{-1}$)

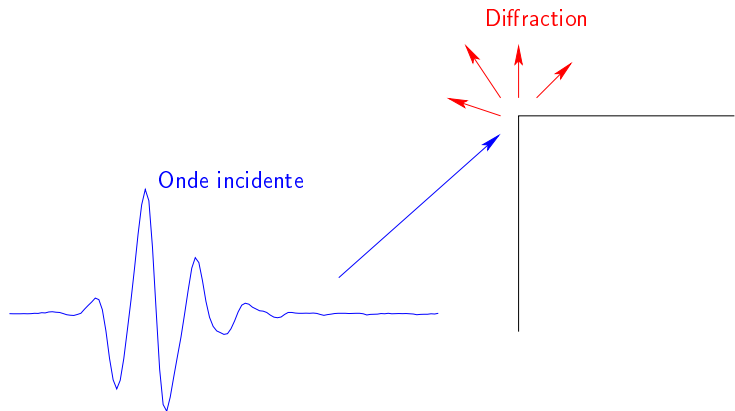


- Milieu de propagation → modifications du signal sonore
 - distance
 - nature du milieu
 - obstacles
 - ...

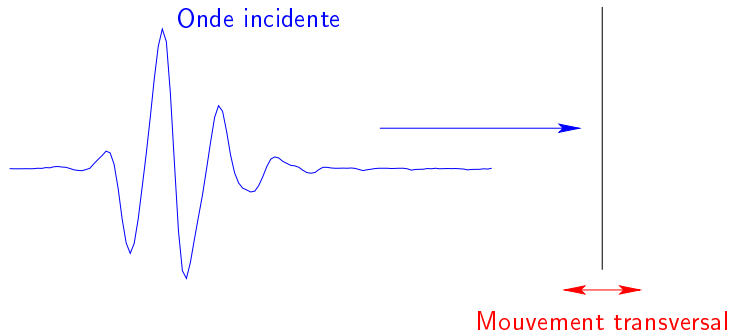
Interactions : réflexion, transmission



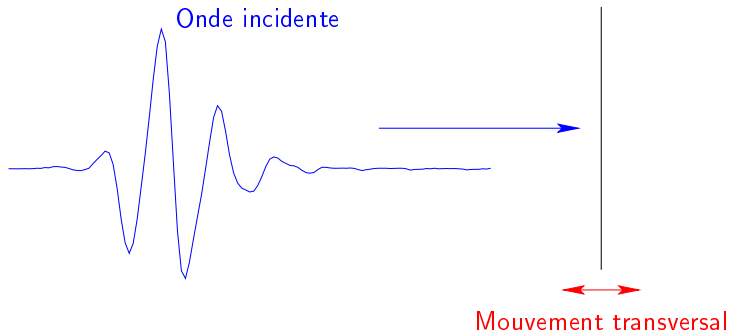
Interactions : diffraction



Interactions : mise en mouvement

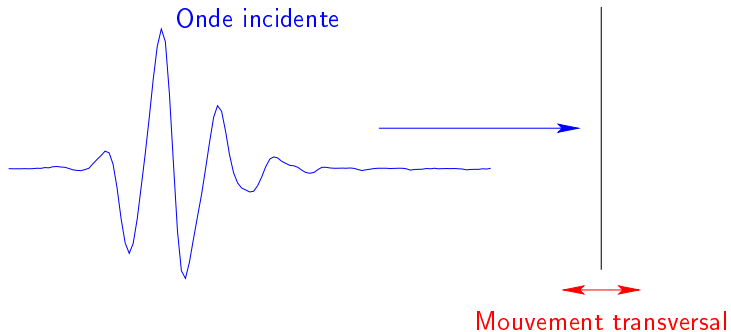


Interactions : mise en mouvement



- Exemple : parler près d'une peau de caisse claire

Interactions : mise en mouvement

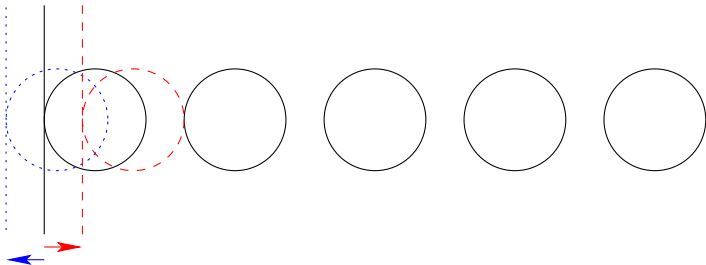


- Exemple : parler près d'une peau de caisse claire
- → mécanisme de captation du son (membrane)

Principe d'émission du son

- Mise en vibration locale de particules (modification de pression)

Membrane

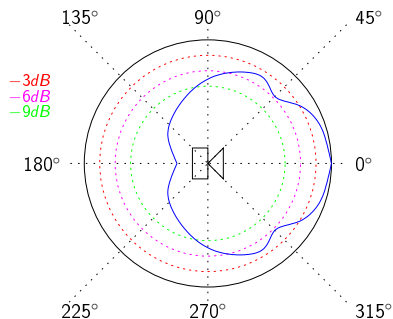


Sources audio (haut-parleur)

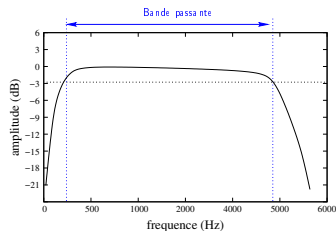
- Électro-dynamique (le plus courant)
- Trompe ou chambre de compression (klaxon)
- Piézoélectrique (oreillettes), magnétostrictif
- Électro-statique, à ruban, à plasma...

Caractéristiques

Directivité



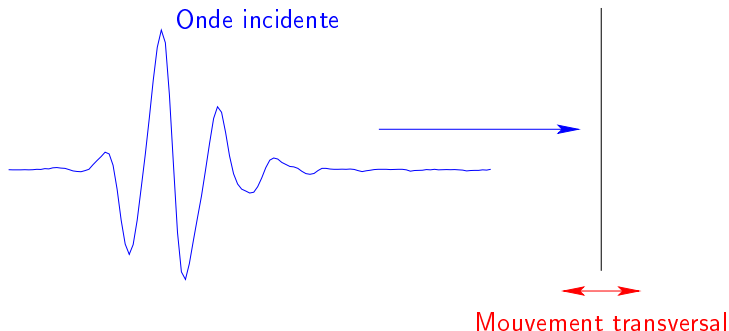
Bande Passante



- Efficacité
- Facteur de qualité...
- Dépend du montage (baffle, plan, bass-reflex...)

Principe de captation du son

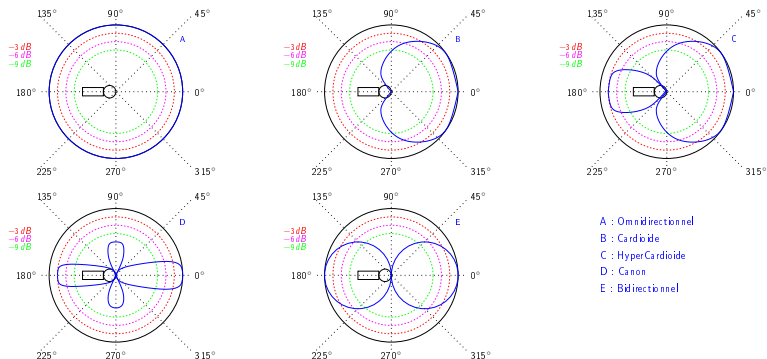
- Déplacement ou déformation d'une surface par l'onde sonore.



- Mesure du déplacement / déformation - transformation en courant électrique

Caractéristiques

Directivité



- Bande passante
- Sensibilité

Capteurs

- Accéléromètre (vibrations mécaniques de solide)
- Vibromètre laser
- Microphone

Capteurs

- Accéléromètre (vibrations mécaniques de solide)
- Vibromètre laser
- Microphone
 - Electro-dynamique
 - robuste
 - supporte de forts niveaux acoustiques

Capteurs

- Accéléromètre (vibrations mécaniques de solide)
- Vibromètre laser
- Microphone
 - Electro-dynamique
 - robuste
 - supporte de forts niveaux acoustiques
 - Electro-statique / électret
 - grande sensibilité (perte avec le temps pour l'électret)
 - meilleur rendu dans les aigus (fronts montant)
 - directivité contrôlable (optionnellement)
 - fragile

Capteurs

- Accéléromètre (vibrations mécaniques de solide)
- Vibromètre laser
- Microphone
 - Electro-dynamique
 - robuste
 - supporte de forts niveaux acoustiques
 - Electro-statique / électret
 - grande sensibilité (perte avec le temps pour l'électret)
 - meilleur rendu dans les aigus (fronts montant)
 - directivité contrôlable (optionnellement)
 - fragile
 - Piézoélectrique
 - idéal pour vibration de surface
 - très peu perturbable

Capteurs

- Accéléromètre (vibrations mécaniques de solide)
- Vibromètre laser
- Microphone
 - Electro-dynamique
 - robuste
 - supporte de forts niveaux acoustiques
 - Electro-statique / électret
 - grande sensibilité (perte avec le temps pour l'électret)
 - meilleur rendu dans les aigus (fronts montant)
 - directivité contrôlable (optionnellement)
 - fragile
 - Piézoélectrique
 - idéal pour vibration de surface
 - très peu perturbable
 - A ruban
 - ...

Capteurs - quelques exemples

Quel microphone pour :

- une trompette ?

Capteurs - quelques exemples

Quel microphone pour :

- une trompette ? *dynamique*
- un vibraphone ?

Capteurs - quelques exemples

Quel microphone pour :

- une trompette ? *dynamique*
- un vibraphone ? *statiques en couple*
- l'ambiance d'une pièce ?

Capteurs - quelques exemples

Quel microphone pour :

- une trompette ? *dynamique*
- un vibraphone ? *statiques en couple*
- l'ambiance d'une pièce ? *statiques*
- le bruit d'un graphiste dessinant sur sa feuille de papier ?

Capteurs - quelques exemples

Quel microphone pour :

- une trompette ? *dynamique*
- un vibraphone ? *statiques en couple*
- l'ambiance d'une pièce ? *statiques*
- le bruit d'un graphiste dessinant sur sa feuille de papier ? *piézo*
- une presse industrielle ?

Capteurs - quelques exemples

Quel microphone pour :

- une trompette ? *dynamique*
- un vibraphone ? *statiques en couple*
- l'ambiance d'une pièce ? *statiques*
- le bruit d'un graphiste dessinant sur sa feuille de papier ? *piézo*
- une presse industrielle ? *statiques*

Etude de cas : batterie

- Grosse caisse
- Caisse claire
- Toms
- Ambiance

Capteurs - quelques exemples

Quel microphone pour :

- une trompette ? *dynamique*
- un vibraphone ? *statiques en couple*
- l'ambiance d'une pièce ? *statiques*
- le bruit d'un graphiste dessinant sur sa feuille de papier ? *piézo*
- une presse industrielle ? *statiques*

Etude de cas : batterie

- Grosse caisse
 - *dynamique (type Beta 52)*
- Caisse claire
- Toms
- Ambiance

Capteurs - quelques exemples

Quel microphone pour :

- une trompette ? *dynamique*
- un vibraphone ? *statiques en couple*
- l'ambiance d'une pièce ? *statiques*
- le bruit d'un graphiste dessinant sur sa feuille de papier ? *piézo*
- une presse industrielle ? *statiques*

Etude de cas : batterie

- Grosse caisse
 - *dynamique (type Beta 52)*
- Caisse claire
 - *dynamique (type Beta 56)*
- Toms
- Ambiance

Capteurs - quelques exemples

Quel microphone pour :

- une trompette ? *dynamique*
- un vibraphone ? *statiques en couple*
- l'ambiance d'une pièce ? *statiques*
- le bruit d'un graphiste dessinant sur sa feuille de papier ? *piézo*
- une presse industrielle ? *statiques*

Etude de cas : batterie

- Grosse caisse
 - *dynamique (type Beta 52)*
- Caisse claire
 - *dynamique (type Beta 56)*
- Toms
 - *optionnels*
 - *dynamique (type e605) ou statique (type Opus 88, SM98)*
- Ambiance

Capteurs - quelques exemples

Quel microphone pour :

- une trompette ? *dynamique*
- un vibraphone ? *statiques en couple*
- l'ambiance d'une pièce ? *statiques*
- le bruit d'un graphiste dessinant sur sa feuille de papier ? *piézo*
- une presse industrielle ? *statiques*

Etude de cas : batterie

- Grosse caisse
 - *dynamique (type Beta 52)*
- Caisse claire
 - *dynamique (type Beta 56)*
- Toms
 - *optionnels*
 - *dynamique (type e605) ou statique (type Opus 88, SM98)*
- Ambiance
 - *statiques en couple (type C414)*

Stockage du son

- Partitions
- Cire, vinyle
- Bandes analogiques (cassettes...)
- Supports numériques (bandes, disques, ...)

Analogique & numérique

- Analogique : stockage des données à **chaque** instant : *continuum* sonore
- Numérique : stockage des données à certains moments : *liste d'échantillons* sonores

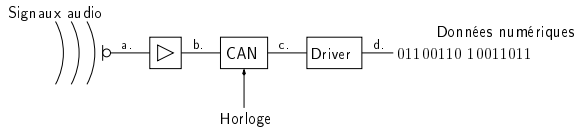
Transparence

- Garder les sources les plus neutres possible le plus longtemps possible
- Signal sonore source = quantité d'informations - objectif :
conservation de la quantité d'informations

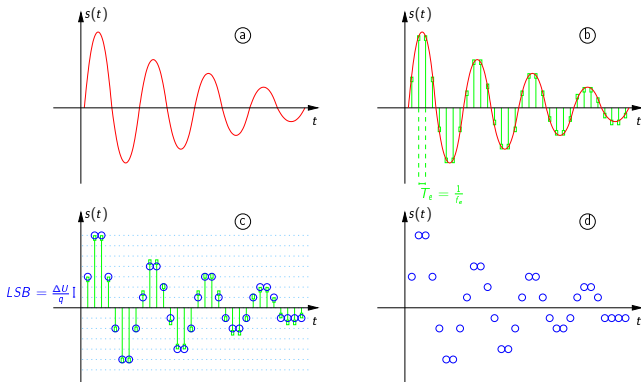
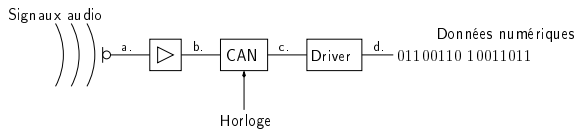
Amplification

- Adaptation de l'amplitude du signal :
 - système de diffusion,
 - support de stockage.
- Optimisation du rapport signal sur bruit (RSB) :
 - amplification trop faible : le bruit induit par la chaîne d'enregistrement proportionnellement plus important (RSB plus faible),
 - amplification trop forte : saturation du système de diffusion ou du support de stockage.

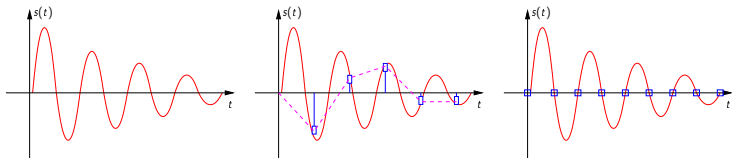
Audio Numérique - Numérisation



Audio Numérique - Numérisation



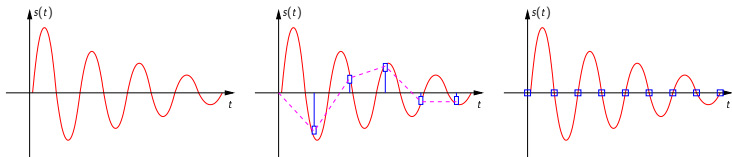
Audio Numérique - Précautions



- Sous-échantillonnage - Shannon

- fréquence d'échantillonnage trop basse = stockage d'informations non pertinentes,
- théorème de Shannon : $f_e \geq f_{max}$

Audio Numérique - Précautions



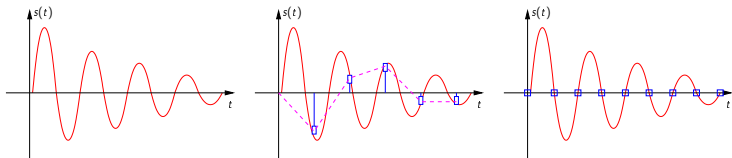
- Sous-échantillonnage - Shannon

- fréquence d'échantillonnage trop basse = stockage d'informations non pertinentes,
- théorème de Shannon : $f_e \geq f_{max}$

- Sur-échantillonnage

- la plupart du temps inutile,
- utile uniquement pour traitements temps-réel.

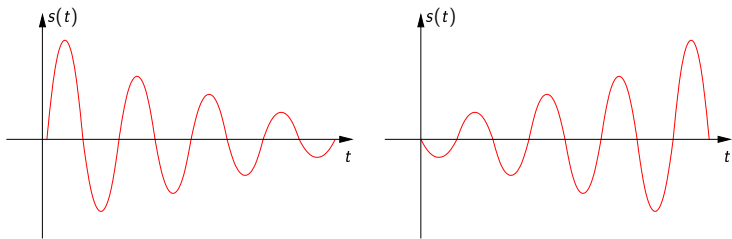
Audio Numérique - Précautions



- Sous-échantillonnage - Shannon
 - fréquence d'échantillonnage trop basse = stockage d'informations non pertinentes,
 - théorème de Shannon : $f_e \geq f_{max}$
- Sur-échantillonnage
 - la plupart du temps inutile,
 - utile uniquement pour traitements temps-réel.
- Quantification
 - doit être la plus grande possible,
 - attention à l'espace de stockage.

Inversion

- Lecture des échantillons numériques ou de la bande sonore depuis la fin vers le début.



- Effets :
 - aspiration,
 - les fronts montants (transitoires) arrivent après les permanents,
 - les voyelles sont (à peu près) conservées
 - certaines consonnes sont (à peu près) conservées,
 - certaines consonnes sont inversées (d devient b, et b devient d)

Delay - écho

- Répétition du signal après un laps de temps donné (time delay)

Delay - écho

- Répétition du signal après un laps de temps donné (time delay)
- Paramètres typiques
 - time delay : laps de temps entre la/les répétition/s,
 - feedback : combien de fois le signal est-il répété et de quelle manière les répétitions sont-elles atténuées
→ feedback à 100% : delay infini, les répétitions ne sont pas atténuées,
 - high/low damp : atténuation des hautes / basses fréquences.

Delay - écho

- Répétition du signal après un laps de temps donné (time delay)
- Paramètres typiques
 - time delay : laps de temps entre la/les répétition/s,
 - feedback : combien de fois le signal est-il répété et de quelle manière les répétitions sont-elles atténuées
→ feedback à 100% : delay infini, les répétitions ne sont pas atténuées,
 - high/low damp : atténuation des hautes / basses fréquences.
- Delays typiques
 - Slapback : delay très court, feedback minimal - effet rockabilly/surf,
 - MultiTap Delay : delay avec plusieurs time delay, éventuellement réparti entre centre gauche et droite,
 - Tape Delay : delay à bande composée d'une bande sur laquelle le signal a répété est enregistré et de plusieurs têtes de lecture. La vitesse de lecture, la position des têtes de lecture et les volumes des différentes têtes sont réglables,
 - Reverse Delay : delay inversant la phrase répétée.

29/37

Reverb

- Reproduction de la réponse d'une salle (d'un système) à une sollicitation acoustique

Reverb

- Reproduction de la réponse d'une salle (d'un système) à une sollicitation acoustique
- Multiplicité de delays avec time delays et feedbacks différents

Reverb

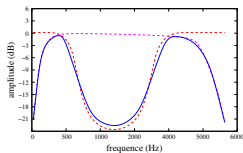
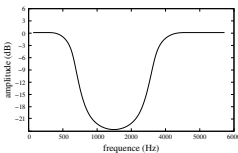
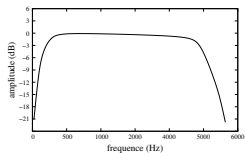
- Reproduction de la réponse d'une salle (d'un système) à une sollicitation acoustique
- Multiplicité de delays avec time delays et feedbacks différents
- Paramètres
 - Reverb duration : durée de la reverb,
 - High / low damp : atténuation des aigus et des basses fréquences,
 - Room : type de salle (matériaux, forme, taille...) : joue sur la couleur de la reverb,
 - Early Reflections : quantité de réflexions précoces (obstacles proches) dans la reverb.

Reverb

- Reproduction de la réponse d'une salle (d'un système) à une sollicitation acoustique
- Multiplicité de delays avec time delays et feedbacks différents
- Paramètres
 - Reverb duration : durée de la reverb,
 - High / low damp : atténuation des aigus et des basses fréquences,
 - Room : type de salle (matériaux, forme, taille...) : joue sur la couleur de la reverb,
 - Early Reflections : quantité de réflexions précoces (obstacles proches) dans la reverb.
- Utile pour
 - contextualiser un signal audio (le placer dans un pièce),
 - donner de l'ampleur/profondeur à un signal audio,
 - lier des signaux audios entre eux (section soufflants, voix...) : ils partagent la même *ambiance*,
 - raisons esthétiques : dub, metal industriel...

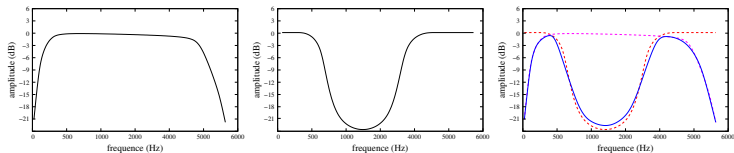
Filtrage - égalisation

- Atténuation / Amplification de certaines composantes fréquentielles
- Application d'un filtre



Filtrage - égalisation

- Atténuation / Amplification de certaines composantes fréquentielles
- Application d'un filtre



- Utile pour
 - évacuer des sources sonores indésirables,
 - récupérer des erreurs de prise de son (réhausser une zone fréquentielle faible)
→ **ATTENTION : l'amplification d'une fréquence n'introduit pas de nouvelle information** : amplification égale du bruit et du signal intéressant

Filtrage dynamique

- Fréquence / Bande fréquentielle du filtre variant dans le temps
 - Effet d'ouverture
 - exemple : filtre passe-bas + fréquence de coupure augmentant
 - Effet de fermeture
 - exemple : filtre passe-bas + fréquence de coupure réduisant
- Gabarit du filtre variant dans le temps
 - Filtre résonant : effet de ciblage d'une fréquence donnée
 - Résonance contrôlée par un oscillateur
 - effet de vibrato (modulation d'amplitude ou de fréquence avec oscillateur basse fréquence),
 - effet de découpage / destruction du signal (modulation de fréquence avec oscillateur fréquence supérieure à 15Hz).

Compresseur - Limiteur

- Atténuation d'un certain *ratio* des valeurs du signal dépassant un certain *seuil*
- Amplification du signal résultant (optionnel)

Compresseur - Limiteur

- Atténuation d'un certain *ratio* des valeurs du signal dépassant un certain *seuil*
- Amplification du signal résultant (optionnel)
- Traitement temps-réel

Compresseur - Limiteur

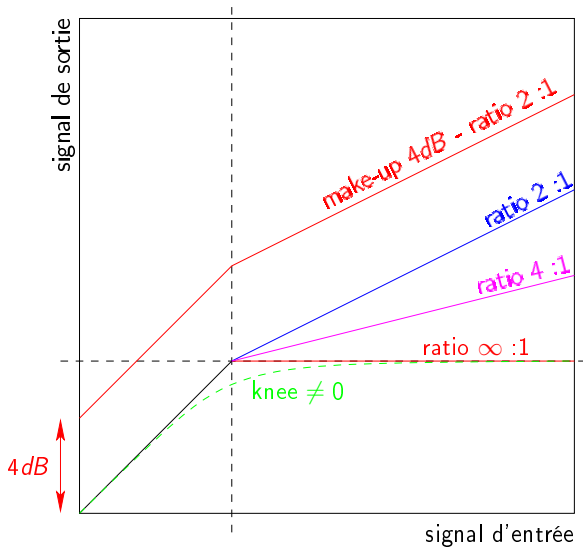
- Atténuation d'un certain *ratio* des valeurs du signal dépassant un certain *seuil*
- Amplification du signal résultant (optionnel)
- Traitement temps-réel
- Utile pour
 - mixer des signaux à fortes dynamiques (passages forts et faibles conjoints), type parole, théâtre, discours, ... ,
 - donner une *impression de puissance*, notamment sur les instruments percussifs,
→ *Attention au pompage lorsque le compresseur est réglé trop fort*

Compression - paramètres

- Paramètres typiques

- seuil (threshold) : seuil au-delà duquel les valeurs du signal sont compressées (atténuées, réduites),
- ratio : ratio (en %) duquel les valeurs au-delà du seuil sont réduites, par exemple
 - ratio ∞ : limiteur, les valeurs dépassant le seuil sont ramenées à la valeur du seuil,
 - ratio 10 : 1 : si le seuil est dépassé de 10dB, le signal résultant sera de 1dB au-dessus du seuil,
- genou (knee) : lissage autour du point de compression,
- temps d'attaque (attack) : durée de dépassement du seuil pour déclenchement du compresseur,
- relâche (release) : durée minimale de déclenchement du compresseur

Compression - réglages



Mixage multipistes - sommation

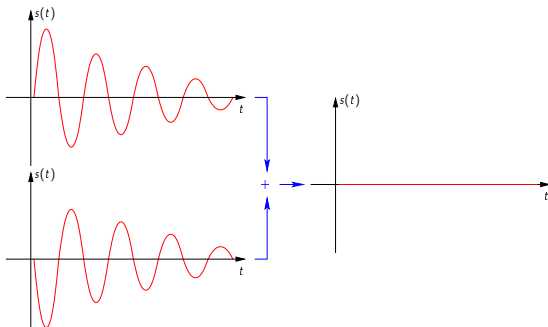
- Addition des échantillons simultanés de différents signaux

Mixage multipistes - sommation

- Addition des échantillons simultanés de différents signaux
- Atténuation / amplification des signaux les uns par rapport aux autres

Mixage multipistes - sommation

- Addition des échantillons simultanés de différents signaux
- Atténuation / amplification des signaux les uns par rapport aux autres
- Addition d'échantillons positifs et négatifs : *attention à l'opposition de phase* (couple stéréo)



Panoramique - Stéréo

- Cas d'une diffusion bi-sources (stéréo)
- Répartition des signaux entre les deux sources
 - positionnement dans l'espace sonore,
 - restitution d'image sonore (ex : batterie),
 - réhausse de la présence d'un signal sonore dans le mix sans augmentation de volume
- **Attention à la cohérence de l'image sonore restituée.**