

Production de documents audio-numériques

1. Technique

- Acoustique : ----- 2
 - notions de base sur le son.
 - Fréquence, intensité, timbre.
- La prise de son : ----- 3
 - Les différents microphones
 - Directivité
 - Rapport signal/bruit
- Enregistrement : ----- 4
 - Numérisation
 - Reproduction
 - Compression
- La chaîne du son : ----- 6
 - Analogique - Numérique

2. Pratique avec Audacity ----- 8

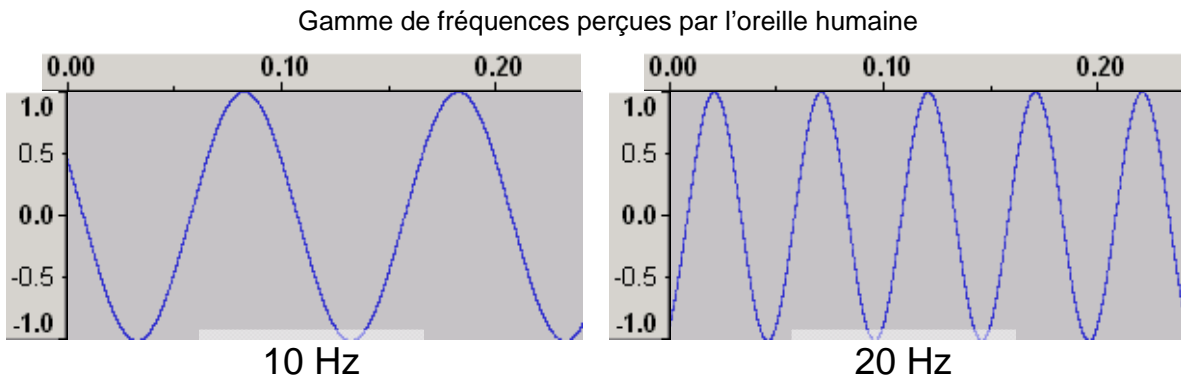
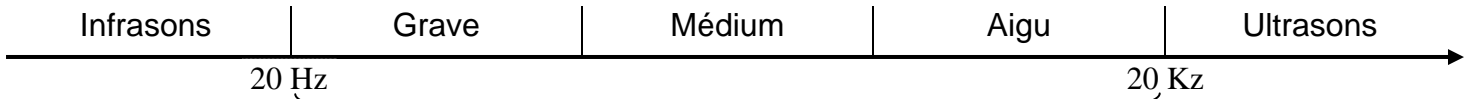
- Installation
- Enregistrement avec différentes sources :
 - Microphone
 - Transfert
 - Fichier téléchargé (Internet, dictaphone)
- Enregistrement synchronisé
- Exemples d'effets numériques :
 - Effets de volume (amplification, normalisation)
 - Autres effets.

ACOUSTIQUE

Quelques notions de base

Le son est une onde produite par la vibration mécanique d'un support.
Ce support peut être un fluide (air, eau, ...) ou bien un solide (bois, métal, corde, sol, ...).
Voici les principales caractéristiques d'un son :

La **fréquence** d'un son, exprimée en Hertz, caractérise sa hauteur.

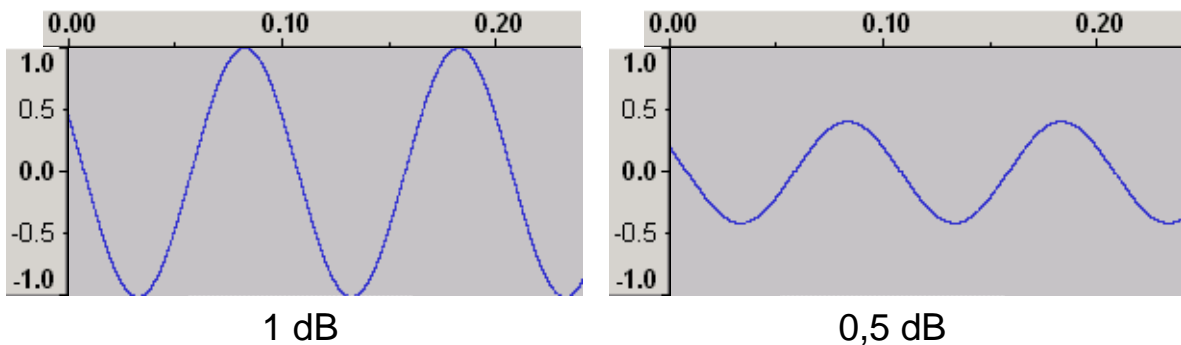


Audacity permet de créer des sons purs de fréquence fixe.

L'**intensité** d'un son, exprimée en décibels, caractérise son amplitude.

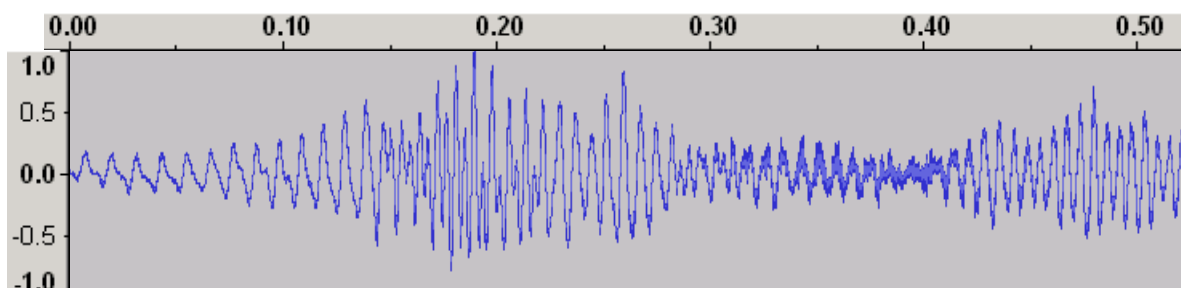
L'oreille humaine perçoit les sons dont l'intensité varie de 0 dB (seuil d'audibilité) à 100 Db (seuil de la douleur).

Le Décibel utilise une échelle logarithmique. Ainsi, ajouter 3 dB équivaut à doubler la puissance sonore. Deux sources sonores de 50 Db chacune sont équivalentes à une source unique de 53 dB.



Le **timbre** est la seule caractéristique permettant d'identifier un son de façon unique. Deux sons peuvent avoir la même fréquence et la même intensité, mais jamais le même timbre. (exemple : deux instruments de musique jouant la même note, ou bien deux voix prononçant les mêmes mots).

Cela est dû au fait qu'un son de fréquence fixe (note de musique, note chantée) n'est jamais pur. La fréquence principale (appelée fondamentale) est toujours accompagnée d'harmoniques qui sont des multiples de la fréquence de base. Le nombre et l'intensité de ses harmoniques constituent le timbre.



LA PRISE DE SON

Quel que soit l'appareil utilisé, le premier élément de la chaîne d'enregistrement sera un microphone. Celui-ci peut être externe, ou bien inclus dans l'enregistreur (ordinateur portable, webcam, dictaphone, ...). Les microphones inclus son généralement de piètre qualité.

Il existe principalement 3 types de microphones :

- **Microphone dynamique à bobine** : ce microphone utilise une bobine en cuivre couplée à un aimant permanent pour traduire les sons en tension électrique. Il est très robuste et ne nécessite pas d'alimentation externe. Mais l'inertie de la bobine l'empêche de reproduire les hautes fréquences. (> 15 KHz). Il est donc déconseillé pour la Haute Fidélité.
- **Microphone électrostatique** : Il utilise un condensateur, dont la capacité varie en fonction des mouvements de la membrane. Très sensible dans toute la gamme de des fréquences audibles, il reste cependant très fragile. Très cher, il nécessite une alimentation externe (préampli ou pile).
- **Microphones à électret** : Ce type de micro utilise le même principe que le précédent, mais il est traité lors de sa fabrication pour conserver une charge électrique en permanence. Moins onéreux que le micro électrostatique, il produit plus de souffle et sa charge s'atténue dans le temps (quelques années).

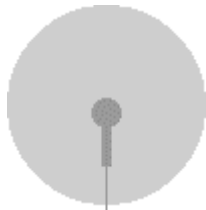


1. Microphone dynamique.
2. Microphone électrostatique alimenté par une pile incorporée.
3. Microphone électrostatique nécessitant une alimentation par l'enregistreur.

Un autre paramètre important du microphone est sa **directivité**.

Ce paramètre définit la sensibilité du micro en fonction de la provenance du son.

Omnidirectionnel



Particulièrement adapté à l'enregistrement des ambiances sonores

Cardioïde



Très utilisé sur scène car il capte peu les sons venant de l'arrière.

Bi-directionnel



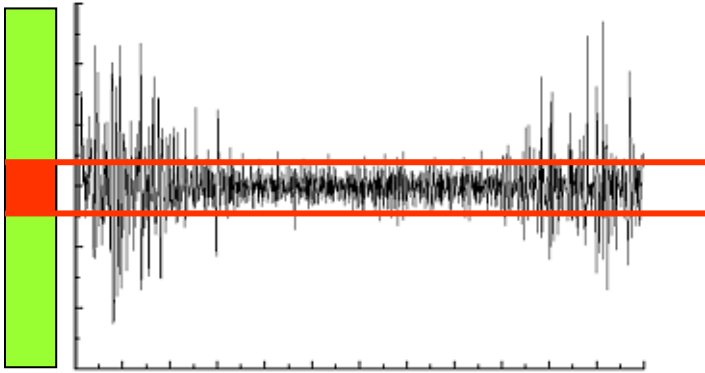
Placé entre deux sources, il permet de les capter sans interférences du milieu.

Canon



Pour capter les sources éloignées (animaux, espionnage, ...)

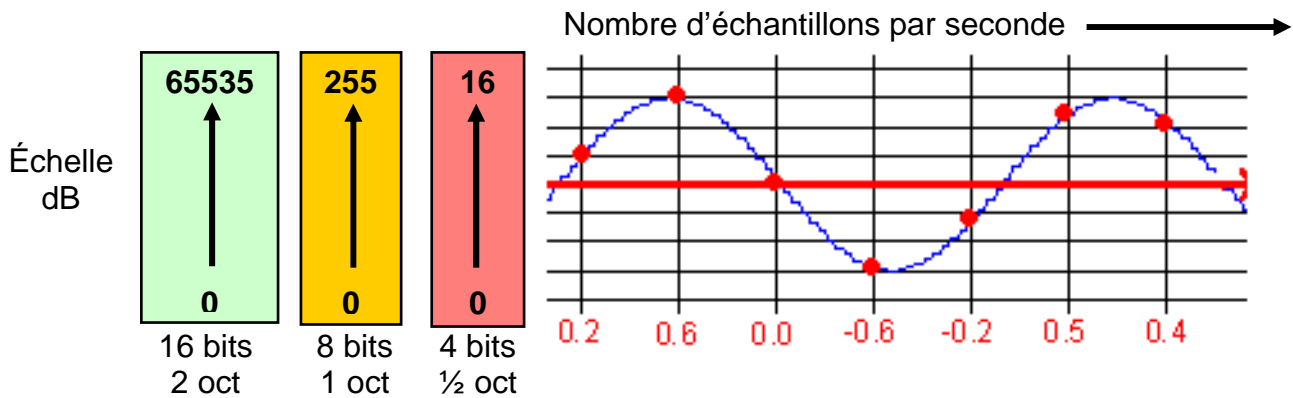
Dernier paramètre important, le **rapport signal / bruit**



- 50 dB = Excellent
- 40 dB = Très Bon
- 30 dB = Bon
- 20 dB = Moyen
- 10 dB = Inexploitable

ENREGISTREMENT

Les enregistreurs modernes numérisent le son avant de le stocker. Cela permet de s'affranchir de tout support physique, et donc de ses défauts, comme le souffle de la bande magnétique ou bien la perte de qualité due à la dégradation de ce support dans le temps.



Qualité CD = 44100 échantillons, 16 bits, Stéréo
 $44100 \times 2 \times 2 = 176400$ octets par seconde

La technique utilisée pour numériser un signal audio est l'échantillonnage numérique. On découpe le temps en toutes petites unités et on mesure l'intensité du signal pour chacune d'entre elles. Ainsi, la qualité "CD" (Compact Disk) correspond à un échantillonnage de 44100 valeurs par seconde. Ce taux est à multiplier par deux si le signal à numériser est en stéréo.

Chacun de ses échantillons est mesuré sur une échelle de valeurs plus ou moins fine. On en distingue en général deux :

- L'échelle à 8 bits : chaque échantillon nécessite un octet de mémoire.
- L'échelle à 16 bits qui nécessite 2 octets par échantillon. C'est le format du CD Audio.

Au bout du compte, cela fait beaucoup de nombres à mémoriser pour pouvoir reconstituer le signal le plus fidèlement possible. 1 seconde de son en qualité CD nécessite $44100 \times 2 \times 2 = 176400$ octets.

Plus le nombre d'échantillons est important, meilleure sera la restitution. Cela se traduit par un fichier de grande taille, comme par exemple avec le cédérom audio qui utilise 700 Mo pour stocker 80 minutes de son.

REPRODUCTION D'UN SON NUMERISE

En lecture, l'appareil utilisé doit effectuer la manipulation inverse, c'est à dire la conversion des données numériques en signal analogique (électrique).

Pour lire une seconde de son en qualité CD, le périphérique utilisé devra convertir les données à un débit au moins égal à 176400 octets par seconde.

Ce problème de débit est particulièrement important pour la diffusion en temps réel par Internet (streaming). Le débit de transfert des données doit être supérieur à celui utilisé pour la reproduction, sous peine d'obtenir un son haché. C'est pourquoi sons (et vidéos) diffusés en streaming sont compressés, afin de réduire le débit nécessaire à leur restitution.

LA COMPRESSION NUMERIQUE

Pour réduire la taille du fichier, on a recours à des algorithmes de calcul dont le plus célèbre est le MP3. Toutefois, le gain de place se paie par une perte de la qualité. On dit que la compression MP3 est « destructrice » car des informations numériques sont perdues et il est impossible de reconstituer le signal d'origine à partir d'un fichier au format mp3.

Le taux de compression est en général réglable et il convient de l'adapter à l'utilisation de l'enregistrement

- Compression forte (fichier de petite taille) pour le transfert sur le web ou sur un baladeur.
- Compression faible (gros fichier) pour l'archivage, l'écoute locale ou la gravure de cédérom.

Enregistrement musical

(Ecoutez les enregistrements correspondants sur cette page : http://primatice.net/compression_mp3/)



Compression :	nulle	faible	moyenne	forte
Débit maximum :	1400 Ko/s	160 Ko/s	40 Ko/s	16 Ko/s
Taille du fichier :	4870 Ko	570 Ko	140 Ko	60 Ko

Voix

(Ecoutez les enregistrements correspondants sur cette page : http://primatice.net/compression_mp3/)



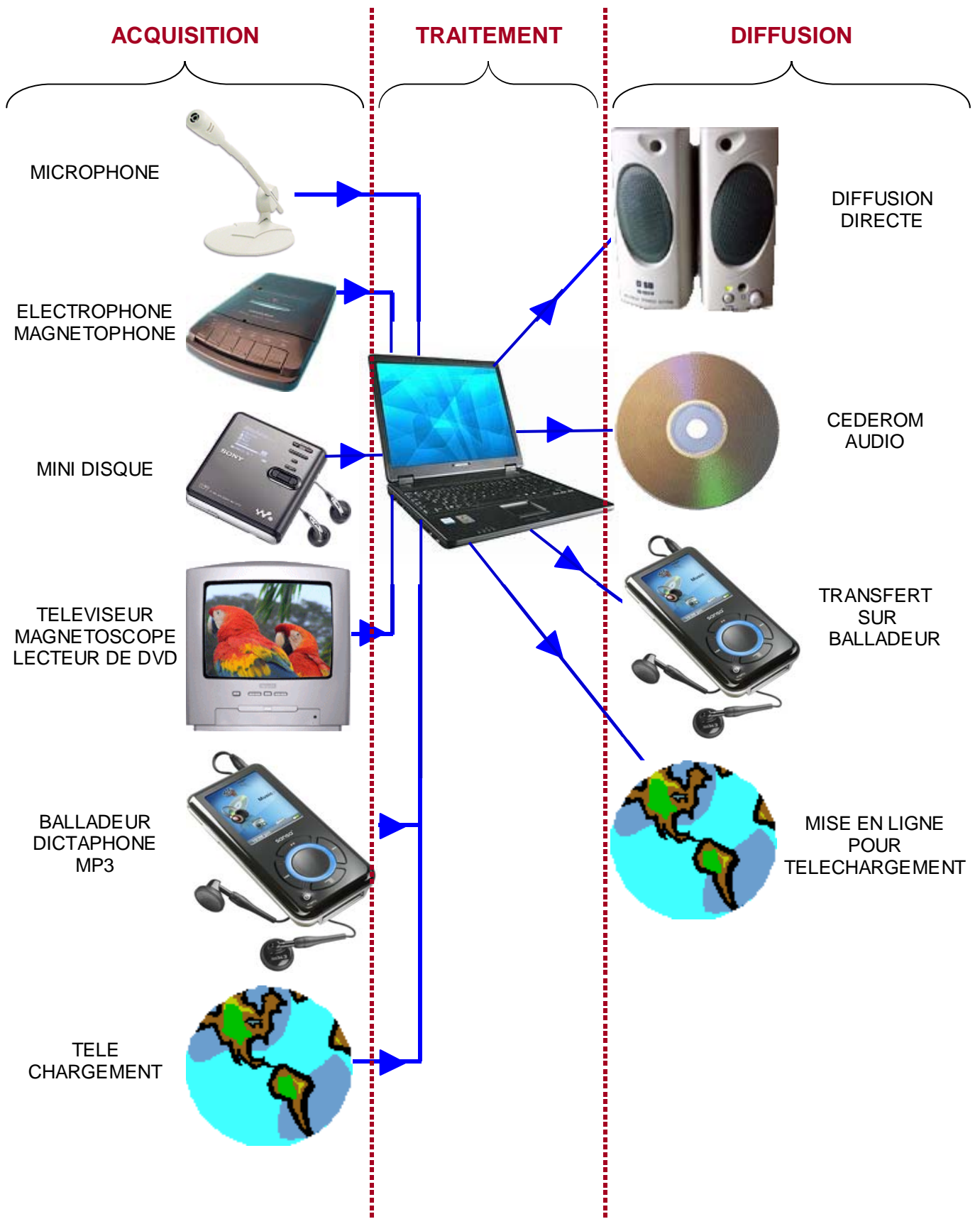
Compression :	faible	moyenne	moyenne	forte
Débit maximum :	1400 Ko/s	32 Ko/s	20 Ko/s	16 Ko/s
Taille du fichier :	2860 Ko	66 Ko	50 Ko	33 Ko

Comparatif des formats WAV et MP3

WAVE (*.wav)	MP3 (*.mp3)
Gros fichier – Qualité maximale	Qualité réglable. Taille en fonction.
<ul style="list-style-type: none">❑ Ecoute depuis l'ordinateur❑ Gravure sur cédérom❑ Archivage des enregistrements en qualité maximum.	<ul style="list-style-type: none">❑ Mise en ligne, téléchargement❑ Envoi par courriel❑ Transport sur clé USB❑ Baladeurs MP3

LA CHAÎNE DU SON

La chaîne du son est l'ensemble des éléments utilisés depuis l'enregistrement jusqu'à la reproduction. La qualité finale dépend de chacun de ces éléments et ne pourra jamais être supérieure à celle du maillon le plus faible de la chaîne.



ANALOGIQUE ou NUMERIQUE ?

Au début de la chaîne du son se trouve forcément un microphone. Son rôle est de transformer les vibrations sonores en signal électrique, ou analogique.

On stockait autrefois ce signal sur un support physique (cylindre en cire, disque vinyle, bande magnétique). Cette technique présentait deux inconvénients majeurs :

- ❑ la dégradation du signal. Le support physique interfère avec les données enregistrées (ex : bruit de souffle de la bande magnétique).
- ❑ La détérioration dans le temps. Le support se dégradant, on perd les données qu'il stocke.

La conversion **analogique-numérique** consiste à échantillonner ce signal électrique pour le transformer en une suite de nombres, et à s'affranchir ainsi de tout support physique. On peut alors le modifier, le recopier à volonté sans perte de qualité. C'est cette dernière possibilité, alliée au développement d'Internet qui a permis le développement du piratage musical à l'échelle mondiale.

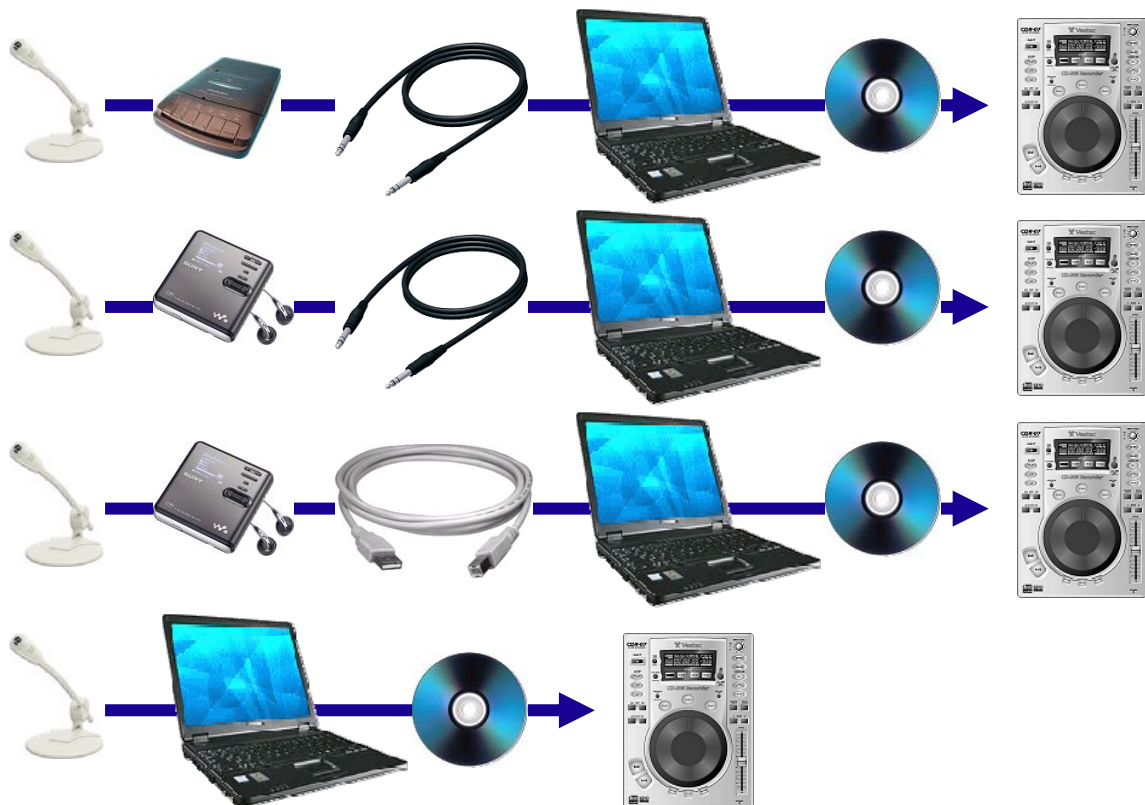
La conversion **numérique-analogique** est l'opération inverse. Après le traitement des données, il faut les reconvertir en signal électrique qui sera amplifié puis diffusé dans des hauts-parleurs.

Ces deux conversions sont réalisées par des circuits électroniques spécialisés dont la qualité influence directement sur le résultat final. Avec le microphone, ce sont les seuls éléments susceptibles de dégrader l'enregistrement initial.

Une bonne chaîne du son peut donc se décrire ainsi :

Microphone => Conversion AN => Traitement numérique => Conversion NA

Parmi ces 4 chaînes, identifiez celles qui donneront le meilleur résultat :



AUDACITY

AUDACITY est un logiciel de traitement du son numérique, libre et gratuit.

Malgré de puissantes fonctions, il reste simple d'utilisation.

Il permet l'enregistrement direct, le transfert, le montage et l'exportation du résultat final dans les formats wave ou mp3.

INSTALLATION

Télécharger le logiciel grâce à l'un de ces liens :

Version stable : <http://primatice.net/logiciels/audacity/audacity-win-1.2.6.exe>

Version gérant le WMA (Windows):

<http://primatice.net/logiciels/audacity/audacity-winXP-unicode-1.3.4.exe>

puis lancez l'installation.

UTILISATION DU FORMAT MP3

Pour pouvoir lire et enregistrer au format Mp3 avec Audacity, vous devez au préalable installer un programme supplémentaire (libre et gratuit lui aussi) qui effectuera la conversion.

- ❑ Fermez Audacity s'il était en cours d'exécution.
- ❑ Téléchargez de programme :
http://primatice.net/logiciels/audacity/Lame_for_Audacity.exe et lancez-le (Exécuter)

UTILISATION DU FORMAT WMA

Avec la version 1.3.4 uniquement

WMA est un format propriétaire de Microsoft. Il est utilisé par de nombreux baladeurs ou enregistreurs mp3. Vous pouvez donc être amenés à récupérer des enregistrements effectués dans ce format. Pour cela, vous devez au préalable installer un autre programme qui décodera le format WMA pour l'afficher dans Audacity..

- ❑ Fermez Audacity s'il était en cours d'exécution.
- ❑ Téléchargez de programme :
http://primatice.net/logiciels/audacity/FFmpeg_for_Audacity.exe et lancez-le (Exécuter)

REGLAGES DE BASE

Avant de commencer à utiliser Audacity, il peut être intéressant d'effectuer une fois pour toutes quelques réglages. Pour cela, lancez Audacity puis cliquez sur le menu Outils => préférences.

- ❑ E/S audio ou Lecture > Durée de prélecture : entrez 5 secondes
- ❑ E/S audio ou Enregistrement > Passage audio : cochez le doublage
- ❑ Qualité > Echantillonnage : 44100Hz – 24 bits
- ❑ Projets > Enregistrement d'un projet : Toujours copier tout l'audio
- ❑ Formats de fichiers ou Librairies : vérifiez que la librairie mp3 et/ou FFmpeg sont bien localisées. Dans le cas contraire, localisez le fichier lameenc.dll qui se trouve dans le dossier
c:\program files\Lame for Audacity\

Validez les préférences. Audacity est prêt à fonctionner.

UTILISATION DU LOGICIEL AUDACITY

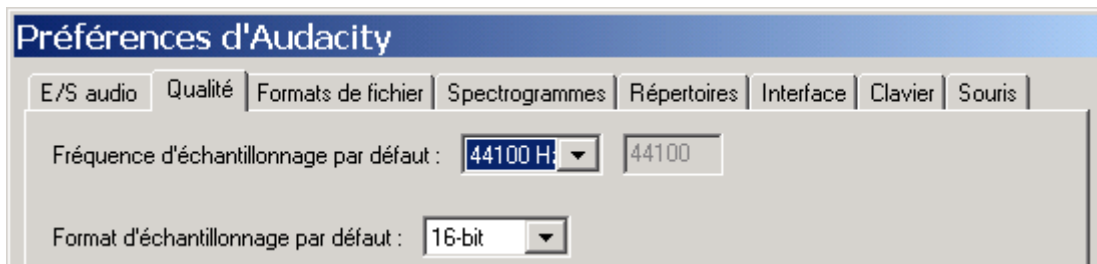
avec un enregistreur de cassettes, lecteur de mini-disques non SONY, platine électrophone.

1. Rassemblez et branchez le matériel:

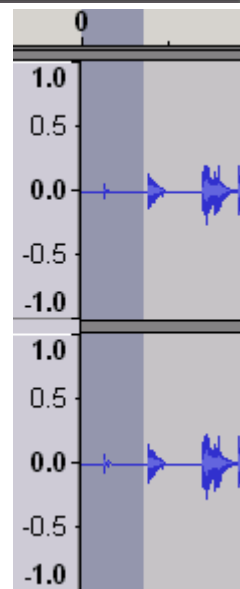
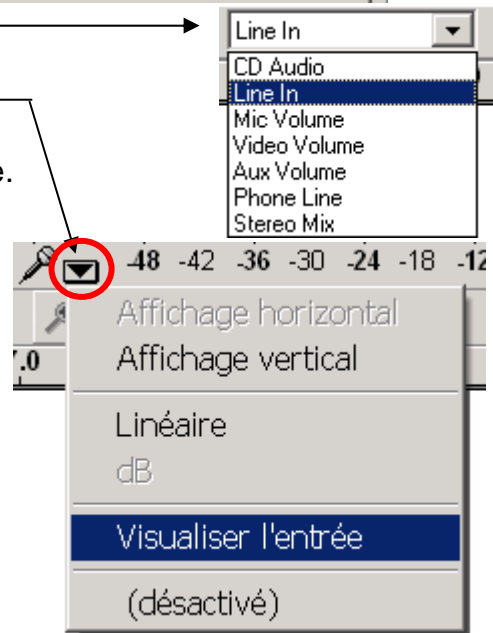
- ❑ L'enregistreur de cassettes ayant servi à la prise de son.
- ❑ Le câble de liaison enregistreur => ordinateur (2 jacks stéréo 3,5 mm).
- ❑ Reliez l'enregistreur à l'ordinateur :
fiche noire de l'enregistreur => fiche bleue de l'ordinateur.
- ❑ Vérifiez le volume de l'entrée ligne pour pouvoir écouter l'enregistrement sur l'ordinateur
 1. double-clic sur le petit haut-parleur à droite de la barre des tâches.
 2. réglez le volume de l'entrée ligne à fond et décochez « muet » éventuellement.

2. Lancez Audacity puis:

- ❑ Vérifiez (si cela n'a pas déjà été fait) la qualité d'enregistrement à l'aide du menu Edition => Préférences.



- ❑ Sélectionnez la source « Line in »
- ❑ Réglage du niveau d'enregistrement
 1. Visualisez le signal d'entrée
 2. Lancez la lecture du mini-disque. Choisir une zone au niveau sonore élevé.
 3. Réglez le niveau d'enregistrement de façon à obtenir le plus fort signal, mais sans saturer.
- ❑ Lancez l'enregistrement
- ❑ Rembobinez puis lancez la première piste du lecteur de mini-disques
- ❑ Arrêtez l'enregistrement quand la piste est terminée.
- ❑ Affichez la piste en entier
- ❑ Ajustez le début en sélectionnant la partie à supprimer. Si nécessaire, utiliser la loupe.
- ❑ Supprimez
- ❑ Procédez de la même façon pour ajuster la fin de la piste
- ❑ Procédez aux différentes opérations de montage.
- ❑ Enregistrez la piste à l'aide du menu
 1. Fichier => Exporter en Wav pour conserver la qualité sonore avec un fichier de taille importante.
 2. Fichier => Exporter en mp3 pour compresser les données et réduire la taille du fichier, mais avec une perte de qualité.
- ❑ Le fichier obtenu peut être gravé sur un CD ou bien écouté directement sur l'ordinateur.

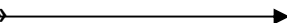



UTILISATION DU LOGICIEL AUDACITY





enregistrement avec un enregistreur de mini-disques SONY

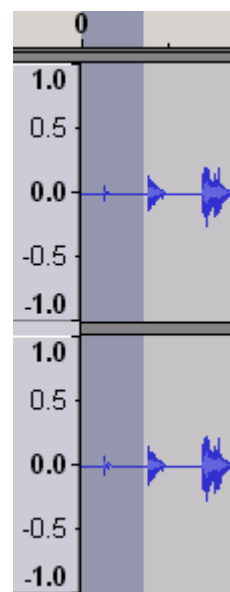
Certains enregistreurs de mini-disques comme ceux de la marque SONY permettent le transfert des données par le câble USB. Ce système possède deux avantages : il est plus rapide, et la chaîne de traitement reste numérique (pas de conversion numérique => analogique => numérique)

1. Rassemblez matériel et logiciel :

- ❑ L'enregistreur de mini-disques ayant servi à la prise de son.
- ❑ Le câble de liaison USB enregistreur => ordinateur.
- ❑ Le logiciel Sonic-Stage. [Téléchargez-le](#) puis lancez-le pour l'installer. Vous devrez peut-être redémarrer l'ordinateur.
- ❑ Cliquez sur « Transférer » (en haut à droite) et attendez que la lecture des pistes présentes dans l'enregistreur apparaisse à l'écran.
 1. Cliquez sur le bouton « Paramètres de transfert »  
 2. Cliquez sur « Avancé » puis cochez « conversion au format wave ». Sélectionnez le dossier où seront stockés les fichiers wave. Validez.
- ❑ Sélectionnez la (les) piste(s) à transférer. Ecoutez si nécessaire, puis lancez le transfert.
- ❑ Une fois le transfert terminé et la conversion au format WAVE effectuée, vous pouvez effacer les pistes présentes dans l'album (cadre de gauche). Seuls les fichiers wave nous intéressent.
- ❑ Fermez Sonic-Stage

2. Lancez Audacity puis:

- ❑ Cliquez sur le menu « Projet » => « Importer audio ». Sélectionnez le fichier wave précédemment transféré par Sonic-Stage. à l'aide du menu Edition => Préférences.
- ❑ Affichez la piste en entier  
- ❑ Ajustez le début en sélectionnant la partie à supprimer. Si nécessaire, utilisez la loupe.
- ❑ Supprimez  
- ❑ Procédez de la même façon pour ajuster la fin de la piste
- ❑ Procédez aux différentes opérations de montage.
- ❑ Enregistrez la piste à l'aide du menu
 1. Fichier => Exporter en Wav pour conserver la qualité sonore avec un fichier de taille importante.
 2. Fichier => Exporter en mp3 pour compresser les données et réduire la taille du fichier, mais avec une perte de qualité.
- ❑ Le fichier obtenu peut être gravé sur un CD ou bien écouté directement sur l'ordinateur.



UTILISATION DU LOGICIEL AUDACITY

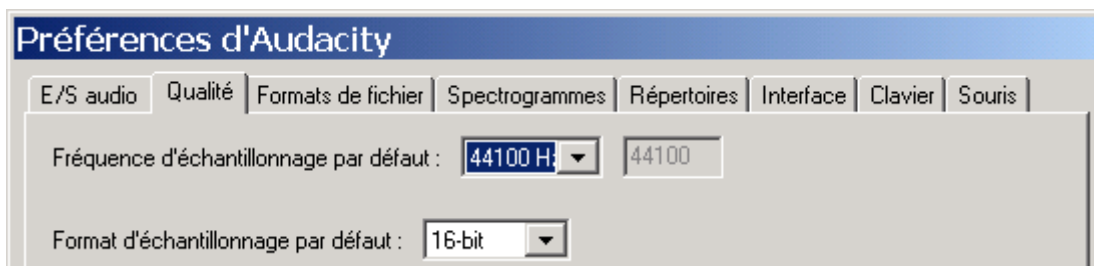
en enregistrement direct sur l'ordinateur

Si la situation le permet, on peut enregistrer directement avec AUDACITY, en branchant un microphone sur l'ordinateur. Pour obtenir un résultat de qualité, il faut utiliser :

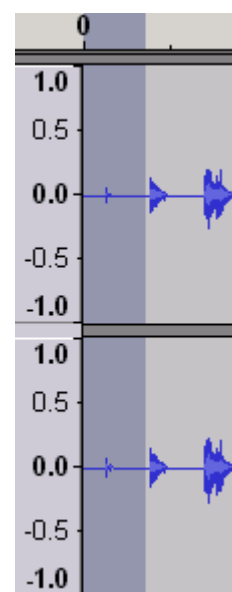
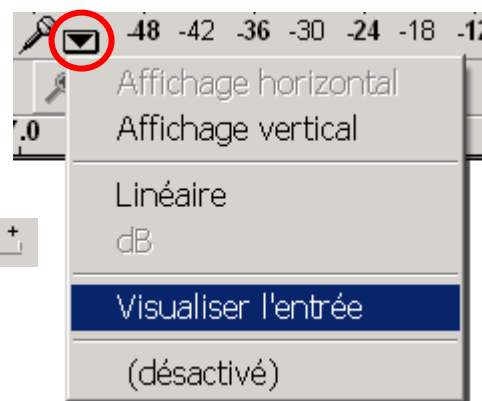
- Un microphone électrostatique ou à électret branché sur l'entrée micro.
- Un casque ou bien des hauts-parleurs de qualité pour la restitution.

1. Rassemblez matériel et logiciel :

- Une fois le matériel correctement branché, lancez AUDACITY.
- Vérifiez (si cela n'a pas déjà été fait) la qualité d'enregistrement à l'aide du menu Edition => Préférences.





- Sélectionnez la source « Microphone »
- Réglez le niveau d'enregistrement
 1. Visualiser le signal d'entrée
 2. Parlez devant le micro.
 3. Régler le niveau d'enregistrement de façon à obtenir le plus fort signal, mais sans saturer.
- Lancez l'enregistrement
- Parlez...
- Arrêtez l'enregistrement quand la piste est terminée.
- Affichez la piste en entier
- Ajustez le début en sélectionnant la partie à supprimer. Si nécessaire, utilisez la loupe.
- Supprimez
- Procédez de la même façon pour ajuster la fin de la piste
- Procédez aux différentes opérations de montage. [TP3]
- Enregistrez la piste à l'aide du menu
 1. Fichier => Exporter en Wav pour conserver la qualité sonore avec un fichier de taille importante.
 2. Fichier => Exporter en mp3 pour compresser les données et réduire la taille du fichier, mais avec une perte de qualité.
- Le fichier obtenu peut être gravé sur un CD ou bien écouté directement sur l'ordinateur.

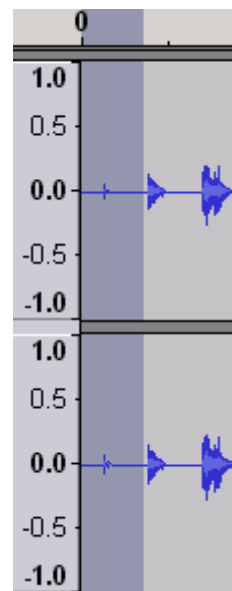


UTILISATION DU LOGICIEL AUDACITY

avec un fichier-son téléchargé ou stocké sur un disque amovible

1. Dans ce cas de figure, Il suffit simplement d'ouvrir le fichier avec AUDACITY :

- ❑ Lancer Audacity
- ❑ Cliquez sur le menu « Projet » => « Importer audio ».
- ❑ Sélectionnez le fichier à traiter.
- ❑ Afficher la piste en entier —————→ 
- ❑ Ajustez le début en sélectionnant la partie à supprimer.
Si nécessaire, utilisez la loupe.
- ❑ Supprimez —————→ 
- ❑ Procédez de la même façon pour ajuster la fin de la piste
- ❑ Procédez aux différentes opérations de montage.
- ❑ Enregistrez la piste à l'aide du menu
 1. Fichier => Exporter en Wav pour conserver la qualité sonore avec un fichier de taille importante.
 2. Fichier => Exporter en mp3 pour compresser les données et réduire la taille du fichier, mais avec une perte de qualité.
- ❑ Le fichier obtenu peut être gravé sur un CD ou bien écouté directement sur l'ordinateur.



UTILISATION DU LOGICIEL AUDACITY

enregistrement synchronisé avec un fond sonore

1. Réglage préalable (à faire une fois seulement) :

- ❑ Lancez Audacity
- ❑ Cliquez sur le menu « Editions » => « Préférences » => onglet « E/S audio »
- ❑ Cochez « Lecture des autres pistes pendant l'enregistrement d'une nouvelle »
- ❑ Validez (OK)

2. Importez la piste musicale :

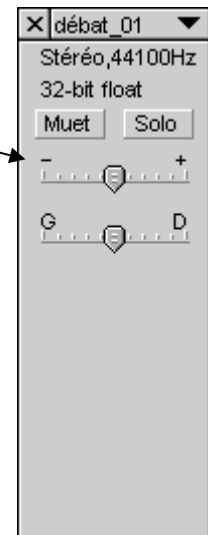
- ❑ Menu « projet » => « Importer audio »
- ❑ Sélectionnez votre piste musicale (Wave ou mp3) et validez

3. Branchez le micro et le casque :

- ❑ L'utilisation d'un casque est obligatoire afin d'éviter que le son diffusé par les hauts-parleurs ne soit capté par le microphone, ce qui produirait de l'écho.
- ❑ Procédez comme pour un enregistrement au microphone, tout en écoutant la piste d'accompagnement.

4. Ré-écoutez, puis sauvegardez :

- ❑ Réglez le volume de chaque piste pour équilibrer le mélange.
- ❑ Enregistrez le projet si vous désirez conserver le montage pour le modifier plus tard (ajouter une autre piste, couper, etc.)
Menu « Fichier » => « Enregistrer le projet »
- ❑ Exportez au format Wave (gravure de CD, diffusion directe)
- ❑ Exportez au format Mp3 (mise en ligne, envoi par courriel)

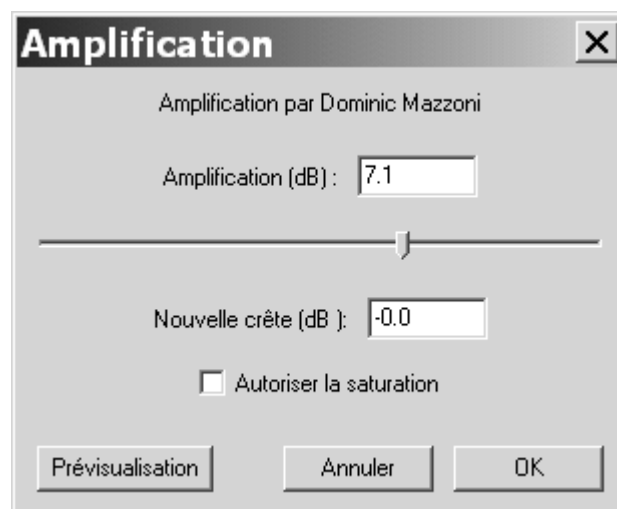


UTILISATION DU LOGICIEL AUDACITY

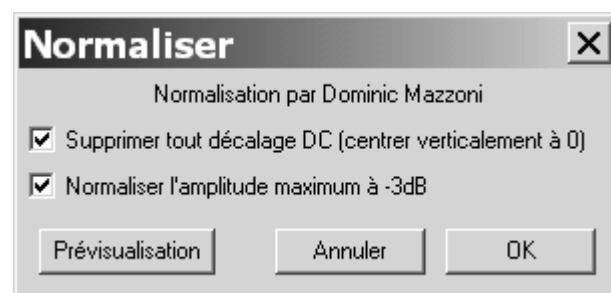
quelques traitements numériques utiles

Réglage du volume sonore

- **Effets => Amplification.**
Si le signal enregistré est trop faible, utilisez cette fonction après avoir sélectionné la partie du signal à amplifier. Utilisez le raccourci CTRL+A pour sélectionner tout l'enregistrement. La fenêtre propose par défaut le gain maximum possible sans provoquer de saturation.



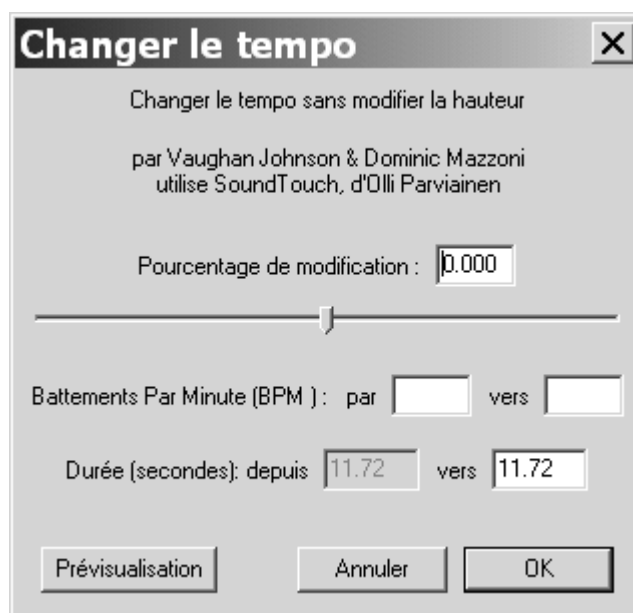
- **Effets => Normaliser**
Cette fonction permet d'uniformiser plusieurs enregistrements, dans le cas de gravure sur un cd audio par exemple. Il arrive fréquemment que l'on regroupe sur le même média des enregistrements de niveaux divers. Avec cette fonction appliquée à toutes les pistes, le CD présentera un niveau sonore égal sur toute la durée, sans modifier les nuances à l'intérieur de chaque enregistrement.



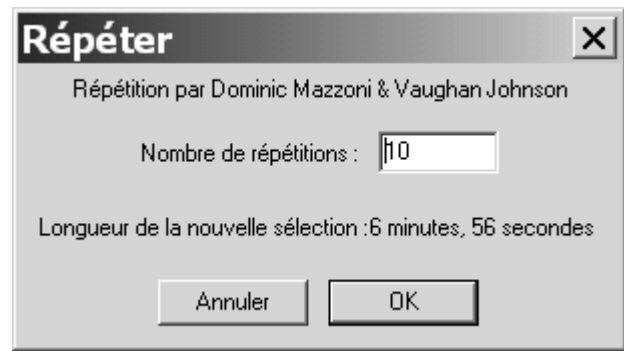
- **Effets => Fondre en ouverture , en fermeture.**
Comme son nom l'indique, ces fonctions permettent :
 - une montée progressive du volume depuis 0 (ouverture en douceur)
 - Une descente progressive du volume jusqu'à 0 (fermeture en douceur)Sélectionnez d'abord la zone de transition avant d'appliquer l'effet.

Autres effets

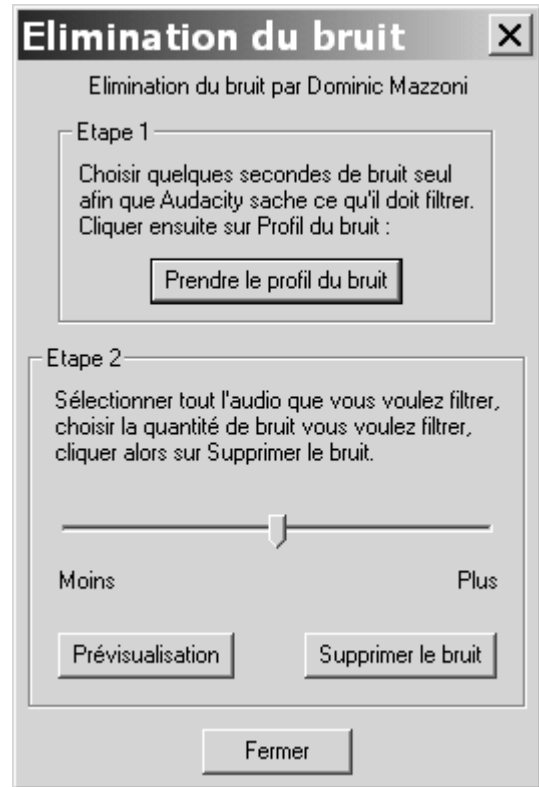
- **Effets => Changer le tempo.**
Cet effet surprenant permet d'accélérer ou de ralentir un discours, ou bien un enregistrement musical, sans en affecter la hauteur. Par exemple, on pourra « faire parler » plus vite une personne enregistrée lors d'une interview sans déformer sa voix dans les aigus.



- **Effets => Répéter.**
Cette fonction permet de dupliquer la sélection autant de fois que nécessaire, par exemple pour relancer une musique d'accompagnement dont la durée serait trop courte.



- **Effets => Elimination du bruit.**
Cette opération se déroule en deux phases.
 - Il faut d'abord **identifier le bruit** à supprimer, par exemple le ronflement d'une machine en arrière-plan sonore. Commencez par sélectionner une zone où ne figure que le bruit à éliminer. Si vous avez pris soin d'enregistrer un peu de « silence » avant ou après la prise de son, ce sera plus facile. Cliquez ensuite sur Effets => Elimination du bruit => Prendre le profil du bruit.
 - Pour **appliquer le filtre**, sélectionnez ensuite toute la piste (CTRL+A) puis cliquez sur Effets => Elimination du bruit => Supprimer le bruit. La Prévisualisation vous permet d'ajuster le curseur avant d'appliquer le filtre à toute la piste.



AUDACITY propose quantité d'autres effets numériques, comme l'écho, l'égalisation des fréquences, qui permettent de corriger, d'arranger un enregistrement. Mais ils ne doivent pas conduire à négliger la prise de son. Effectuée avec un bon microphone et dans de bonnes conditions, elle garantit un résultat de qualité. Par ailleurs, Il est souvent impossible de refaire la prise de son (personne interrogée non disponible, source sonore éphémère, ...). Il ne faut donc pas la rater !

Christian.vinent@ac-poitiers.fr