

« Le Dolby Digital 5.1 et les tests en champ libre par ordinateur »

Introduction :

Jusqu'à présent les tests en champ libre transitaient par un audiomètre et un dispatcher pour sortir sur la localisation spatiale.

Aujourd'hui le home cinéma permet d'utiliser plus de sources sonores que la localisation spatiale et de plus lorsque le home cinéma est branché sur un PC il n'utilise que des sources sonores numérisées.

Mais doit-on pour autant franchir le pas vers des tests numériques en champ libre ?

Encodage du son par ordinateur:

Une source sonore, pour être utilisée par un ordinateur, doit être « encodée » ou numérisée.

Le microphone transforme les variations moléculaires de l'air en variations électriques de manière « analogique ».

L'ordinateur ou le microprocesseur responsable de la numérisation va couper le signal en morceaux, c'est ce que l'on appelle l'échantillonnage. Plus on veut un résultat précis, plus on doit couper le signal en fines tranches, les taux d'échantillonnage ou fréquences d'échantillonnage peuvent varier de 8000 à 96 000 Hz

Le taux classique pour les CD audio est de 44000 Hz

L'échantillonneur va donc quantifier tous les $1/44000$ de seconde (par exemple) une différence de potentiel. Cette différence de potentiel peut être plus ou moins précise et varie entre 8 et 24 bits si on travaille en binaire. La valeur du bit est 0 ou 1, pour 8 bits elle varie de 0 à 11 111 111 mais pour des raisons de commodité informatique on travaille en hexadécimal.

Une base hexadécimale s'écrit 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 1A 1B 1C 1D 1E 1F ce qui donne pour 8 bits une variation comprise entre 0 et FF, et pour 16 bits une variation comprise entre 0 et FFFF ce qui en décimal nous donnerait des valeurs qui varient entre -32767 et + 32767 et en dB entre 0 et 96

L'échantillonnage se fait en mono ou en stéréo, mais aujourd'hui l'échantillonnage peut être réalisé sur 7 sources appelées : canaux

Le fichier créé par cet échantillonnage et pour chaque canal est appelé fichier Wave. Il est caractérisé par son poids en Kbits par seconde. Ce fichier .wav qui contient également quelques autres informations peut prendre des tailles colossales. Par exemple, un CD audio est échantillonné à 44 000 Hz en 16 Bits sur 2 canaux alors qu'un DVD vidéo lui est codé sur 5 canaux, soit 430 Kbits /s uniquement pour le son ; les aides auditives fonctionnent également sur ce principe, mais il n'y a pas de gros stockage des informations et le flux est de 86 Kbits / s.

On est tenté de penser que cette numérisation est parfaite pour le son, mais en réalité la numérisation a des limites. En effet, quand on numérise, on coupe le signal en tranches et si les tranches sont trop larges, certaines parties du signal peuvent être oubliées. C'est d'autant plus vrai si on travaille sur la numérisation de sons purs . Et encore davantage si on travaille sur des sous-multiples de la fréquence d'échantillonnage. D'une manière générale, on considère que la limite fréquentielle de la numérisation est égale à la moitié du taux d'échantillonnage, soit 22 000 Hz pour un échantillonnage à 44 000 Hz quand il s'agit de sons complexes, mais quand il s'agit de sons purs on doit descendre au seizième du taux d'échantillonnage car il y a un risque évident de fabrication d'ondes carrées qui engendreraient à la relecture des distorsions harmoniques. Dans le cas de sons purs, la numérisation est rarement à l'apogée de la sinusoïdale, donc cela engendre une mauvaise quantification de la puissance avec des effets de vagues. Le fichier Wav est donc le fichier original presque parfait quand il s'agit de voix, de musique, d'ambiance sonore ou de sons complexes. Cette perfection pesant très lourd en terme de taille de fichier, il était alors difficile de transporter ces fichiers par Internet. Des logiciels de compression sont donc apparus afin de réduire la taille des fichiers d'origine . Mais ces systèmes de compression sont destructeurs d'informations et non réversibles, le plus connu étant le MP3.

Le MP3 enlève les informations non audibles pour les normaux entendants

- Tous les sons masqués sont enlevés
- Tous les suraigus au dessus de 12 000 Hz sont enlevés
- Les canaux quand ils sont similaires sont mélangés
- Les souffles sont effacés
- La fréquence d'échantillonnage sur des passages peu audibles est allongée ...

Le tableau ci joint récapitule les types de fichiers à utiliser pour notre usage professionnel

Type de source	Type de Fichier	Échantillonnage	Qualité
Son pur entre 8000 et 16000 Hz	Wav	96000 Hz 24 Bits	**
Son pur < à 8000 Hz	Wav	96000 Hz 24 Bits	*****
Son wobulé ou complexe	Wav	44000 Hz 16 Bits	*****
Mots tests pour la Vocale	Wav	44000 Hz 16 Bits	*****
Enregistrement d'environnement	MP3	variable	*****
Musique	MP3	variable	*****

La Vocale Numérique:

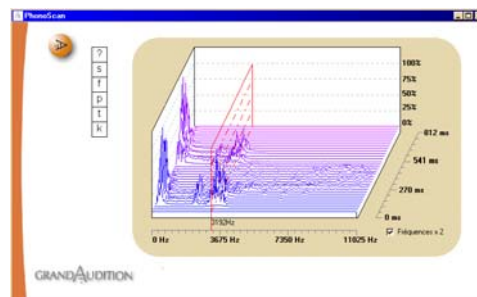
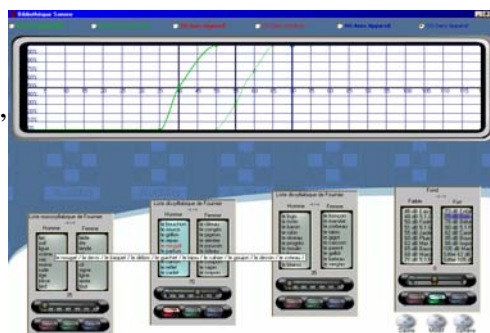
Nous avons à notre disposition, grâce aux fabricants d'aides auditives, de nombreux enregistrements de qualité d'environnements sonores et de listes de mots, au format wav ou mp3. (C:\unity\hidb\media\français, C:\phonak\SoundCD2\French, C:\Program Files\Starkey Laboratories\PFS32\Media\AudioPlayerFiles\PcSoundCard\18 etc ...)

Tous ces fichiers sont lisibles par le petit logiciel C:\WINDOWS\system32\mplay32.exe de MICROSOFT qui a l'immense avantage de pouvoir lire plusieurs fichiers simultanément et donc d'envoyer un environnement sonore en même temps qu'une liste de mots. Ce petit logiciel est parfois plus puissant que les lecteurs intégrés aux logiciels fabricants et il est surtout totalement indépendant (et gratuit).

Certaines enseignes ont leur propre logiciel afin de réaliser des vocales complètes avec une table de mixage intégrée sur 4 sources. Certaines sources d'ambiance sont en stéréo, d'autres sont déjà en quadriphonie.

D'autre part, les vocales numériques peuvent apporter des informations dans l'appareillage grâce à une visualisation spectrale du mot. Certains logiciels de visualisation sont en temps réel et utilisent le PC comme spectromètre.

Dans le logiciel PHONOSCAN réalisé par ma société, des logatomes numérisés permettent une analyse des confusions. Ce logiciel a été réalisé sur la base des travaux de Benoît VIROLE Psycho acousticien. Une préconisation des modifications à apporter à l'appareillage est proposée à la fin du test. Ce genre de logiciel permet d'augurer de l'avenir de systèmes experts qui nous guideront dans une meilleure adaptation.



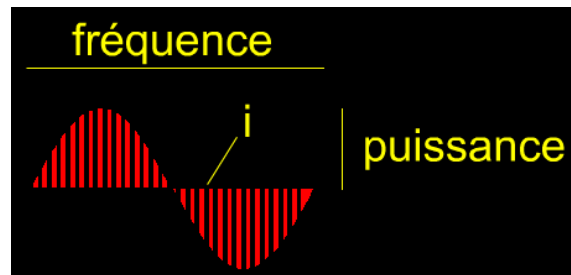
Les vocales numériques sont déjà très utilisées et apportent plus que la simple confirmation de

l'efficacité de l'appareillage. Ces fichiers informatiques peuvent être calibrés en puissance grâce à des logiciels spécifiques, les erreurs dues à des vocales à puissance variable sont de plus en plus réduites.

Test par bandes:

Nous avons vu l'enregistrement numérique du son. L'informatique permet d'aller encore plus loin puisque le son numérique peut-être fabriqué de toute pièce.

Commençons par un son pur: $y = \sin(x)$.
Pour le créer au format Wav il faut l'échantillonner mathématiquement :

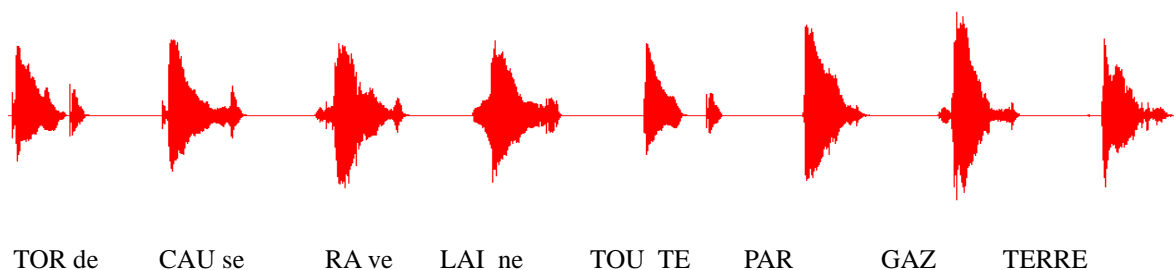


chaque échantillon : $V(i) = \text{puissance} \times \sin(\text{fréquence} \times 2 \times \text{Pi} \times i / \text{taux d'échantillonnage})$

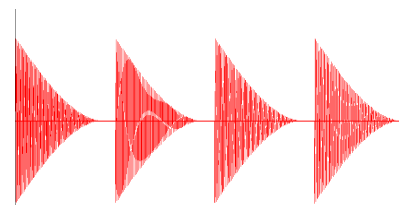
Une conversion en hexadécimal puis un formatage du fichier nous permettent de créer le fichier wav d'un son pur. Ce fichier est alors lisible sur le PC grâce à n'importe quel lecteur multimédia. Nous avons vu que l'échantillonnage de sons purs à puissance constante avait des inconvénients, ce qui n'est pas le cas pour les sons complexes, les sons wobulés ou les sons amortis.

L'intérêt majeur à créer ce genre de sons complexes mais calibrés en puissance et en fréquence est de pouvoir tester l'audition du sujet appareillé en champ libre par bandes de fréquences. Nous avons évoqué l'usage du logatome qui évite une interprétation du sujet et ne teste que le transitoire, avec le test par bandes, on ne teste que la bande fréquentielle choisie. On peut ainsi faire une courbe d'égale sensation sonore à des niveaux faibles, confortables, ou inconfortables.

Ce genre de sons avait déjà été utilisé pour réaliser des tests supra-limaires en champ libre. Notamment, John VICTOREEN avait travaillé sur un stimulus amorti en fréquence et en puissance qui donnait la même énergie que certains phonèmes. Il permettait ainsi de tester le patient appareillé au niveau de confort, par bande d'une octave, grâce à un générateur analogique. J'ai repris les travaux de M. VICTOREEN et j'ai utilisé l'informatique pour créer des enveloppes spécifiques. Pour vous présenter concrètement ce travail, j'ai repris dans les listes de FOURNIER certains mots que j'ai analysés (en puissance uniquement):

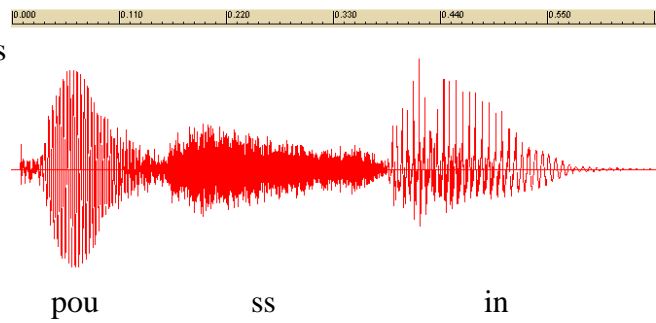


On voit que l'enveloppe amortie en puissance est très fréquente ainsi que l'avait évoqué VICTOREEN. Grâce à un logiciel spécifique que j'ai conçu à cet effet, je suis à même de générer n'importe quelle enveloppe et notamment celle amortie en puissance comme nous le voyons dans l'analyse de l'enveloppe du son créée par ce logiciel.

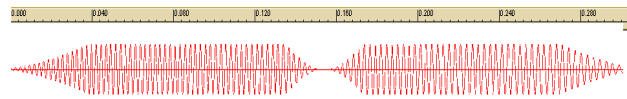


L'enveloppe amortie de Victoreen est malgré tout assez restrictive car seuls certains phonèmes correspondent à ce genre d'enveloppe. Les phonèmes de type chuintant, sifflant, ou de friction sont beaucoup plus allongés

Le logiciel de création d'enveloppes m'a permis d'envisager une enveloppe composée d'un temps d'attaque plus long 5/100ème de seconde, d'un temps constant 10/100ème de seconde et d'un temps d'amorti très court 2/100ème de seconde suivie de son enveloppe symétrique. Ce type d'enveloppe est très intéressant pour tester l'audition à faible niveau.



Ces enveloppes correspondent à des transitoires émis sans les cordes vocales, donc avec des puissances très faibles



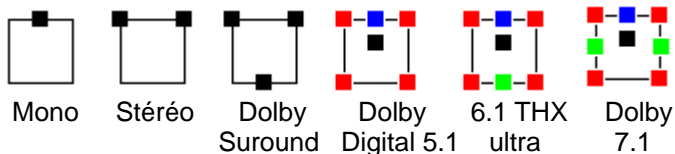
Les enveloppes sont remplies de sons amortis en fréquence sur des bandes passantes extrêmement étroites d'un quart d'octave. Ce genre de stimulus permet alors de tester la courbe d'égalisation de confort et le seuil d'audition en champ libre dans les mêmes créneaux que les bandes de réglage des appareils auditifs. Ainsi, après avoir utilisé votre pré réglage favori il est possible de corriger les imperfections des méthodes statistiques avec une précision de 2 dB par bande. Comme vous le savez, certains appareils repèrent la voix dans le bruit et la visualisent à l'écran. Il se trouve que ces 2 enveloppes centrées sur une bande étroite, sont prises pour de la voix par les appareils auditifs. Ceci permet de tester les malentendants appareillés en conservant les réglages de traitement du signal des appareils.

Selon le même principe, les enveloppes peuvent également être remplies par des bruits roses, les stimuli résultants sont très appropriés pour tester l'intolérance.

Les Tests 5.1 et 7.1

Avant de parler des tests à proprement dit, quelques précisions sur le concept du Dolby 5.1 et de son éventuelle exploitation dans les laboratoires d'audioprothèse.

Le concept 5.1 vient du cinéma. Les effets acoustiques sont maintenant aussi importants que les effets visuels, de plus le multilinguisme et le doublage des films engendrait des coûts élevés de synchronisation. En dernier lieu, l'avènement du DVD a permis un stockage d'informations plus important. C'est pour répondre à ces exigences que les entreprises comme DOLBY ou LUCAS FILM ont créé ce principe.



4 hauts parleurs pour l'ambiance (en rouge), 1 haut parleur pour le doublage (en bleu) et un caisson de basse pour les très graves (en noir).

Petite aparté qui nous concerne tous en tant qu'audioprothésistes : Les patients se plaignent toujours des ambiances de films qui leur gâchent le dialogue par effet de masque, s'ils utilisent un DVD codé en 5.1, alors ils peuvent privilégier l'enceinte centrale : celle qui est consacrée au dialogue, en changeant les critères de réglage de leur home cinéma . Fermons la parenthèse.

Le codage du 5.1 est basé sur le principe des fichiers Wave sur 5 canaux. Le canal des basses et des infrasons est un pseudo-canal créé à la lecture, grâce à un filtre, pour ne récupérer que les sons inférieurs à une fréquence prédéfinie, en général < à 75 Hz, et les envoyer sur un boomer muni d'un caisson.

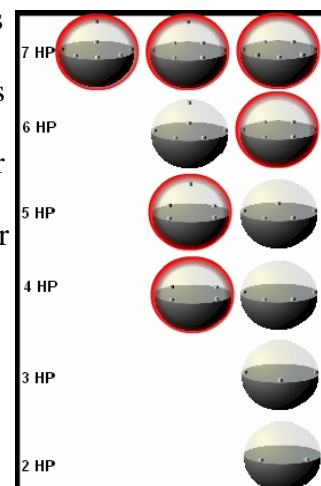
Une extension du système 5.1 est le 7.1 . C'est maintenant 6 hauts parleurs qui vont donner l'ambiance, 1 HP pour le dialogue et un caisson de basses pour les ultra graves et les infrasons.

Comment nous, spécialistes du son, pouvons-nous nous approprier cette technologie?

Beaucoup de laboratoires sont munis de localisations spatiales à 4 ou 6 HP, car nous savons pertinemment que le stéréo-équilibre est fondamental pour un appareillage réussi . Le système 7.1

nous permet de garder nos configurations actuelles et d'utiliser les performances du 5.1, voire du 7.1, en branchant un ampli approprié ou un système home cinéma sur notre PC, en lieu et place de notre dispatcher.

Le laboratoire étant fait pour tester l'audition et non pas pour regarder des films, on pourra même envisager de mettre l'enceinte centrale au dessus de la tête et ainsi tester les performances, avant et après appareillage, dans les 3 dimensions. Certains laboratoires utilisent déjà ce concept. Les audioprothésistes sont de plus en plus sensibilisés par la spatialisation car c'est cette même spatialisation qui permet à notre cerveau de trier ce qui nous intéresse dans une ambiance bruyante. Retrouver cette fonction pour un malentendant appareillé c'est résoudre le problème de la compréhension dans le bruit, sans aucun artifice d'appareillage plus ou moins directionnel. C'est sans doute une des raisons du succès de l'appareillage ouvert car il laisse au pavillon son rôle de directionnalité. C'est aussi la spatialisation qui permet sans doute aux patients équipés d'intra de distinguer les sons du haut, des sons du bas.

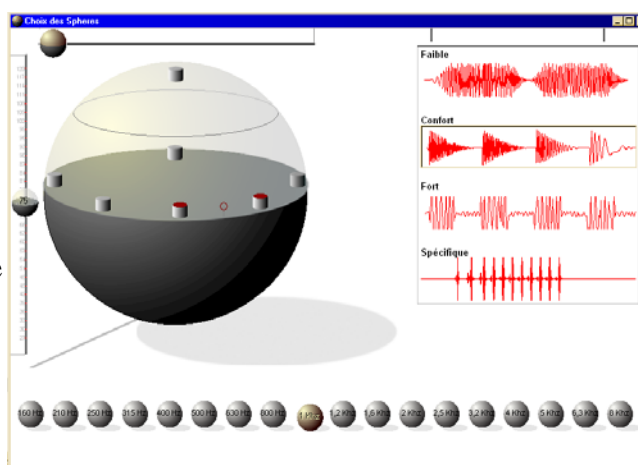


Le besoin de mise en situation réelle a incité certains fabricants à réaliser des logiciels utilisant le concept du home cinéma. Le premier dans la course fut BELTON qui utilisait l'effet surround qui n'était pas encore du 5.1. Aujourd'hui OTICON et STARKEY proposent des mises en situation utilisant le véritable 5.1. Les laboratoires d'audioprothèses sont tous munis de localisations spatiales mais beaucoup de configurations existent, seules les configurations cerclées de rouge sont compatibles avec les logiciels fabricants.

Dans le cas du fabricant OTICON, il utilise un logiciel indépendant qui permet de bouger 2 à 5 sources sonores entre elles et de modifier le volume de chacune d'entre elles. Habituellement vous lancez ce logiciel depuis le logiciel fabricant, mais en réalité ce logiciel s'appelle *C:\Program Files\Oticon\Genie\SoundsAndPictures.exe*. La mise en situation la plus spectaculaire est celle de la cuisine, car vous pouvez bouger 5 sources et modifier le volume de 2 d'entre elles.

Dans le cas du fabricant STARKEY, il utilise lui aussi un logiciel spécifique, qui directement intégré à la nouvelle version de son logiciel de programmation, permet de modifier jusqu'à 13 sources de sons et de réaliser les réglages directement sur l'appareil. Ces logiciels de mise en situation sont très didactiques dans l'explication de la stéréophonie qui reste parfois un mystère pour nombre de nos patients, persuadés qu'ils sont, que « l'appareillage d'une oreille doit suffire ».

Afin de pouvoir complètement abandonner le dispatcher relié à l'audiomètre pour le champ libre, il faudrait que le PC soit capable également d'envoyer des sons wobulés, amortis, roses, complexes par bandes, calibrés en fréquence et en puissance entre 30 et 110 dB. C'est ce que fait le logiciel Sphère 7.1. Nous avons vu comment réaliser tout type d'enveloppe sonore par bandes d'un quart d'octave. Le Logiciel Sphère est capable d'envoyer ces sons depuis n'importe quel haut parleur, ou même sur deux haut parleurs à la fois, soit depuis 25 points formant un hémisphère. Il peut être ouvert plusieurs fois ce qui permet d'envoyer



simultanément autant de sources que l'on veut. Sphère 7.1 permet de faire une localisation dans l'espace avec une meilleure précision qu'avec l'audiomètre et le dispatcher. Ce logiciel, qui nécessite une carte son de chez CREATIVE LABS, permet d'envisager toutes les configurations de localisation spatiale, des plus simples avec 4 HP branchés directement sur la carte son aux plus

sophistiqués avec un ampli home cinéma 7 entrées 8 sorties .

Conclusion:

Je pense que le PC associé à un home cinéma adapté à l'audioprothèse sera notre outil de référence pour le champ libre et la localisation spatiale car nous l'avons vu , il est capable de restituer des sons complexes avec des mises en situation 3D, il est capable aussi de faire des vocales associées à des système expert, il est capable également de faire des tests audiométriques par bandes et de la localisation spatiale.

L'audiomètre restant la référence absolue, pour les tests liminaires au casque et en sons purs.