

Indice de clarté et rapports utile / indésirable.

1. Introduction

Pour définir la qualité acoustique d'un local et du système audio, il est possible de faire des ratios entre l'énergie utile celle qui est indésirable. Les paramètres importants sont liés notre perception du son. L'un des plus important est notre capacité de séparer un son direct des échos. En fait, suivant les conditions d'expérience, notre cerveau n'est pas capable de distinguer deux sons séparés de moins de 30ms à 50ms. C'est pour cette raison que les premières réflexions ne sont pas considérées comme néfastes à la compréhension d'un message sonore. De cette constatation découle deux ratios indicateurs de la qualité audio d'un local :

Clarté C50 (Définition donnée par AKUSTAR) <http://www.akustar.com/dossiers/glossaireC.htm>

Pour la parole, on part du principe que les 50 premières millisecondes de réflexion sont intégrées au champ direct par effet de fusion et représentent la partie "utile" du signal. A l'inverse, les réflexions situées au-delà de 50ms constituent la partie "nuisible".

La Clarté s'exprime en décibels.

$C50 = 10 \cdot \log \left(\frac{\text{énergie jusqu'à "t"}}{\text{énergie impulsionnelle résiduelle}} \right)$.

Un indice C50 compris entre +2 et +6dB est acceptable.

Clarté C80 (Définition donnée par AKUSTAR) <http://www.akustar.com/dossiers/glossaireC.htm>

Facteur de Clarté. Rapport exprimé en décibels de l'énergie d'une impulsion sonore perçue à la position d'écoute pendant les 80 premières millisecondes divisée par l'énergie perçue après les 80ms. Dans son acception musicale, la Clarté exprime le degré de séparation acoustique d'un instrument par rapport à un autre. Le diviseur représente approximativement la durée de la réverbération. La Clarté C80 doit être comprise entre +6dB et -2dB, +4dB étant la valeur théorique idéale. Cependant, pour un concert de musique classique, on choisira un indice C80 négatif jusqu'à -4dB pour donner de l'ampleur.

Même, s'ils se basent sur la perception humaine du son, dans la pratique pour les petits locaux d'écoute c'est deux indices ne sont pas forcément pertinent. Leur valeur est souvent par défaut supérieure à +2db. De plus les premières réflexions, provoquent une réponse en peigne pouvant modifier le timbre de façon audible. Dans un petit local on peut utiliser un ratio plus sévère au niveau de la fenêtre temporelle. Certain calcul dans ce cas un C20 qui utilise une fenêtre rectangulaire de 20ms après la première impulsion pour sélectionner la partie utile.

On peut aussi sélectionner que l'énergie du champ direct et la divisé par l'énergie du champs diffus pour calculer un ratio direct sur diffus. Quand le ratio obtenu est supérieur à 1 dans la zone d'écoute nous sommes sous la distance critique.

2. Ratio Direct/Diffus avec REW

Pour déduire ce ratio, si on utilise REW et la mesure d'une fréquence glissante, on devrait utiliser une fenêtre qui exclut toutes réflexions. Si cela est possible pour les très hautes fréquences à la distance d'écoute, c'est impossible dans les basses fréquences du spectre audible. Il faut donc une fenêtre la plus étroite possible et qui s'adapte au mieux à la fréquence ou on désire calculer le ratio. REW propose justement une fenêtre adaptative qui dépend de la période du signal. La fenêtre la plus étroite possible pour mesurer l'énergie d'un signal peut se réduire 0.7 cycle. La résolution en fréquence sur la courbe SPL obtenu est de l'ordre de l'octave pas plus. Mais cela n'est pas gênant

pour mesurer un ratio d'énergie utile sur énergie dégradé voir nuisible. Pour les hautes et moyennes fréquences, nous sommes très proche des conditions anéchoïques avec une faible définition en fréquence. Pour les basses fréquences, la fenêtre intègre encore le local, mais on ne peut pas faire mieux au niveau des mesures.

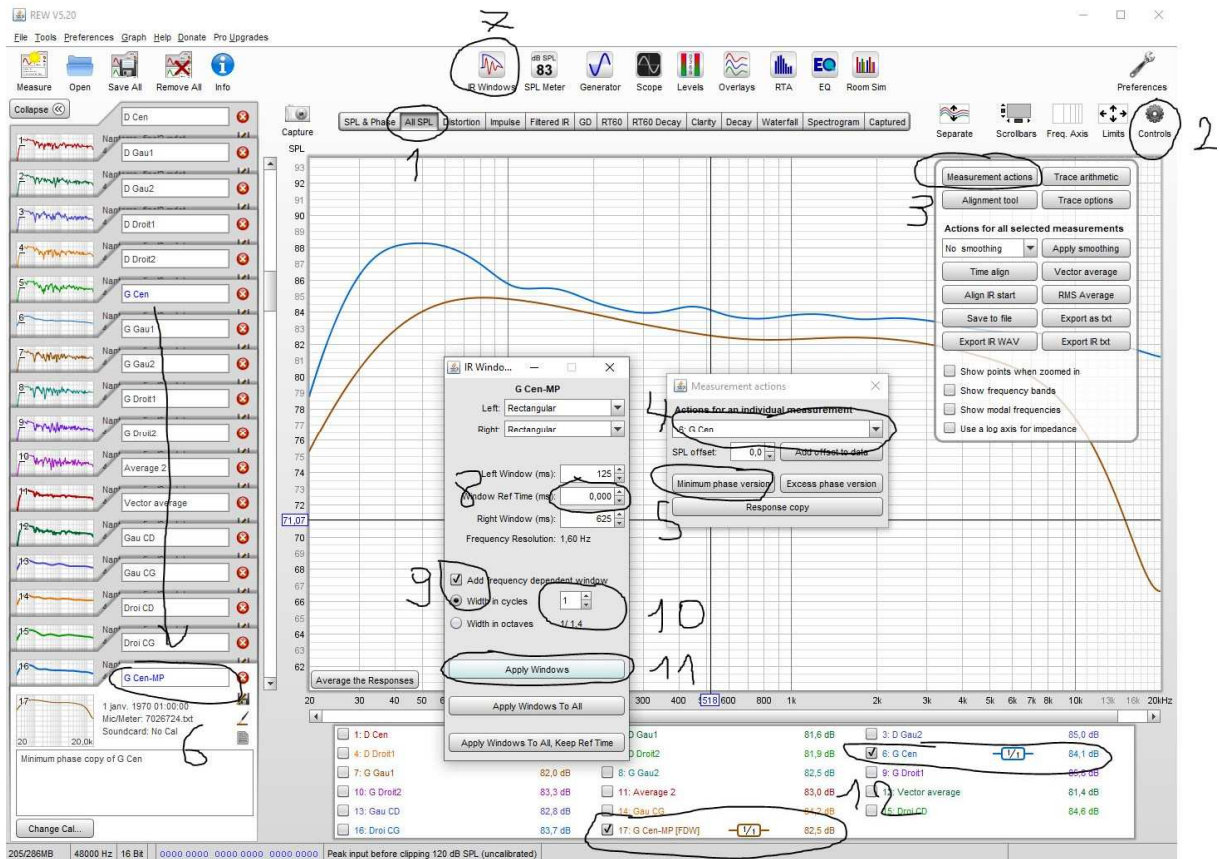
Il est important de noter que la fenêtre doit impérativement être centrée sur le pic d'énergie pour chaque octave analysée, si votre délai de groupe varie fortement en fonction de la fréquence. C'est le cas pour des enceintes multivoies à filtrage passif ou de type IIR. Il est nécessaire d'ajuster la référence temporelle à chaque octave. (*) Voir commentaire

Enfin, pour les aigus la fenêtre de 0.7 cycle ou une octave est trop étroite et ne permet pas de sélectionner toute l'énergie du direct. Vous pouvez faire l'expérience avec une réponse parfaite obtenu en divisant la mesure par elle-même. Pour obtenir tout l'énergie, il est nécessaire d'utiliser les fenêtres suivantes si on mesure à 44 ou 48khz en fréquence d'échantillonnage :

- De 65 à 1000hz une octave ou un cycle,
- A 2000hz deux octaves ou un cycle,
- A 4000hz deux octaves ou deux cycles,
- A 8000hz Quatre octaves ou trois cycles.

Comme déjà dit, dans la fenêtre d'impulsion, il faut appliquer comme « référence de temps » le délai de groupe fourni par REW à chaque octave.

3. Dans la pratique comment faire étape par étape :



- 1 Sélectionner « All SPL » et ne cocher que la mesure que vous voulez analyser
- 2 Sélectionner « Controls »
- 3 Sélectionner « Measurement actions »

- 4 Choisir la mesure à traité dans le menu déroulant
- 5 Sélectionner « Reponse copy » pour obtenir une copie. (*) Voir commentaire
- 6 Sélectionner la copie
- 7 Sélectionner IR Window
- 8 Ajuster « Window référence time » pour chaque octave que vous analysez.
Cette valeur du délai de groupe peut être obtenu dans la fenêtre « GD ».
- 9 Cocher « Add frequency dependant window »
- 10 Sélectionner une octave pour basse fréquence. Pour les autres prendre les valeurs précédemment indique de 2khz à 8khz
- 11 Appliquer la fenêtre à la mesure.

Vous avez obtenu deux courbes. La première non fenêtrée (Vérifier que la fenêtre est suffisante pour intégrer toute la réverbération quel que soit la fréquence). Lisser cette mesure sur une octave.

La seconde que nous venons de fenêtrer ne doit contenir pratiquement que l'énergie du champ direct à haute fréquence. Vous remarquerez qu'elle se trouve décalé de quelque dB en dessous. C'est justement cet écart que nous allons analyser octave par octave en ajustant la référence temporelle à l'étape 8 et la largeur de fenêtre à l'étape 10.

- 12 positionner le curseur à la fréquence à étudier, relever le niveau SPL de mesure non fenêtré SPLt et relevé le niveau SPL de la mesure fenêtré SPLd

Le ratio de champ direct sur champ total s'obtient avec la formule suivante :

$$\text{Direct} = 10^{((\text{SLPd} - \text{SPLt})/10)}$$

La part de diffus s'obtient simplement avec la formule suivante Diffus = 1 – Direct

$$\text{Le ratio direct sur diffus} = 10^{((\text{SLPd} - \text{SPLt})/10)} / (1 - 10^{((\text{SLPd} - \text{SPLt})/10)})$$

Ci-dessous deux tableaux avec des fenêtres en octave ou en cycle.

1 cycle = 1.4 octave								
Fréquence Hz	50	100	250	500	1000	2000	4000	8000
Nb Cycle	1	1	1	1	1	1	2	3
Total SPL dB	88.3	85.7	84.2	84.2	83.8	83.6	83.1	82.6
Window Ref Time	6.600ms	0.409ms	0.000ms	0.000ms	0.000ms	0.000ms	0.010ms	0.010ms
Fenetre 1 cycle dB	85.5	85	83.5	82.6	82.3	82.4	81.6	81.5
Ecart courbe	-2.8	-0.7	-0.7	-1.6	-1.5	-1.2	-1.5	-1.1
Direct	52%	85%	85%	69%	71%	76%	71%	78%
Diffus	48%	15%	15%	31%	29%	24%	29%	22%
Direct Moyenne	73%							
Diffus Moyenne	27%							
1 octave = 0.7 cycle								
Fréquence Hz	50	100	250	500	1000	2000	4000	8000
Nb octave	1	1	1	1	1	2	2	4
Total SPL dB	88.3	85.7	84.2	84.2	83.8	83.6	83.1	82.6
Window Ref Time	6.5ms	0.410ms	0.070ms	0.000ms	0.000ms	0.020ms	0.010ms	0.010ms
Fenetre 1 cycle dB	84.26	84.5	82.9	82.7	82.4	82.6	81.6	81.6
Ecart courbe	-4.04	-1.2	-1.3	-1.5	-1.4	-1	-1.5	-1
Direct	39%	76%	74%	71%	72%	79%	71%	79%
Diffus	61%	24%	26%	29%	28%	21%	29%	21%
Direct Moyenne	70%							
Diffus Moyenne	30%							

4. Conclusion :

On peut répéter cette méthode sur plusieurs mesures dans la zone d'écoute pour vérifier la dispersion des mesures.

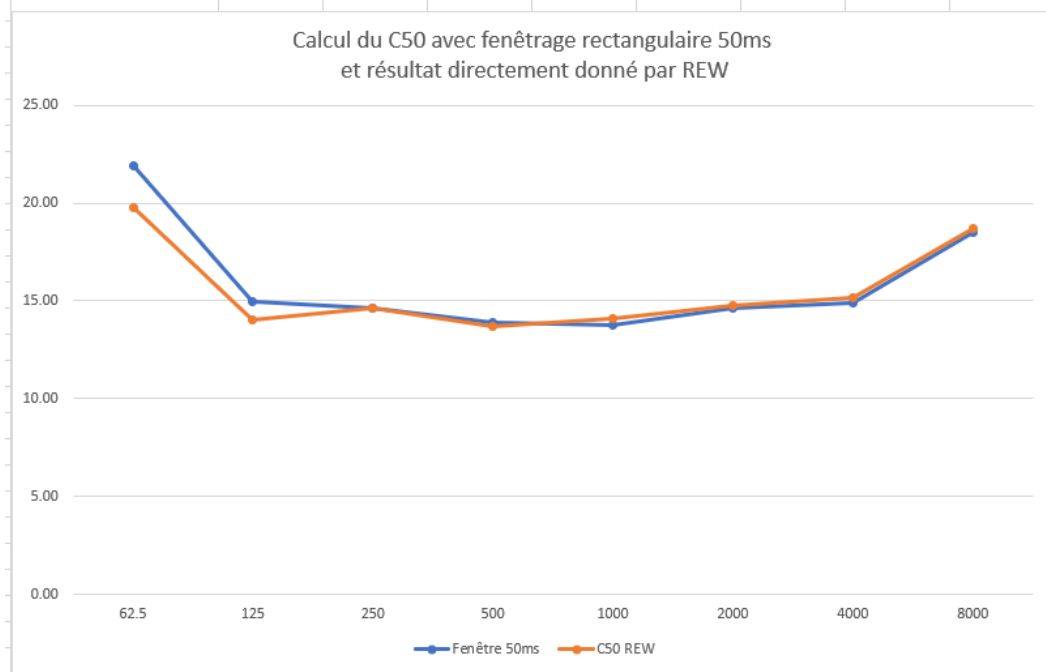
J'ai également testé cette méthode sur les mesures à différentes distances proposées par Mastro et particulièrement pour la fréquence de 1kHz

On constate que la distance critique est entre les mesures 3.00 et 3.75m et devrait être proche de 3.50m. Pour les mêmes mesures, j'ai vérifié avec la méthode proposée par Jean Fourcade, j'obtiens une bonne cohérence de la courbe décroissance et la distance critique est estimé à 4.00m. L'écart n'est pas significatif et va dans le sens de la sécurité en donnant une valeur plus faible de la distance critique pour la méthode par fenêtrage. Le temps me manque pour faire d'autre test et vérification.

Un rapport proche de 1, de 50hz à 250hz, confirme un bon rendu des graves. Si vous pouvez avoir un rapport supérieur à 1 dans toutes les fréquences c'est encore mieux.

Vous pouvez remplacer la fenêtre variable par un fenêtrage rectangulaire de 50ms vous trouverez des valeurs très proche du C50 proposé par REW. La courbe à 20ms « C20 » est également possible.

	62.5	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Window Ref Time en ms	4.29	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SPL 1000ms et 500ms	88.288	85.668	83.698	83.562	83.380	83.445	83.080	82.534
SPL < 50ms	88.260	85.531	83.552	83.388	83.202	83.299	82.942	82.473
Ecart dB	-0.028	-0.137	-0.146	-0.174	-0.178	-0.146	-0.138	-0.061
% < 50ms	99.4%	96.9%	96.7%	96.1%	96.0%	96.7%	96.9%	98.6%
D50 Rew	99.0%	96.2%	96.7%	95.9%	96.3%	96.8%	97.0%	98.7%
% > 50ms	0.6%	3.1%	3.3%	3.9%	4.0%	3.3%	3.1%	1.4%
Fenêtre 50ms	21.89	14.94	14.66	13.89	13.78	14.66	14.91	18.49
C50 REW	19.74	14.06	14.62	13.68	14.12	14.74	15.15	18.72



Fait par Etienne MORELLE le 25/02/2021

(*) Corrigé le 08/03/2021 suppression du calcul de phase minimale