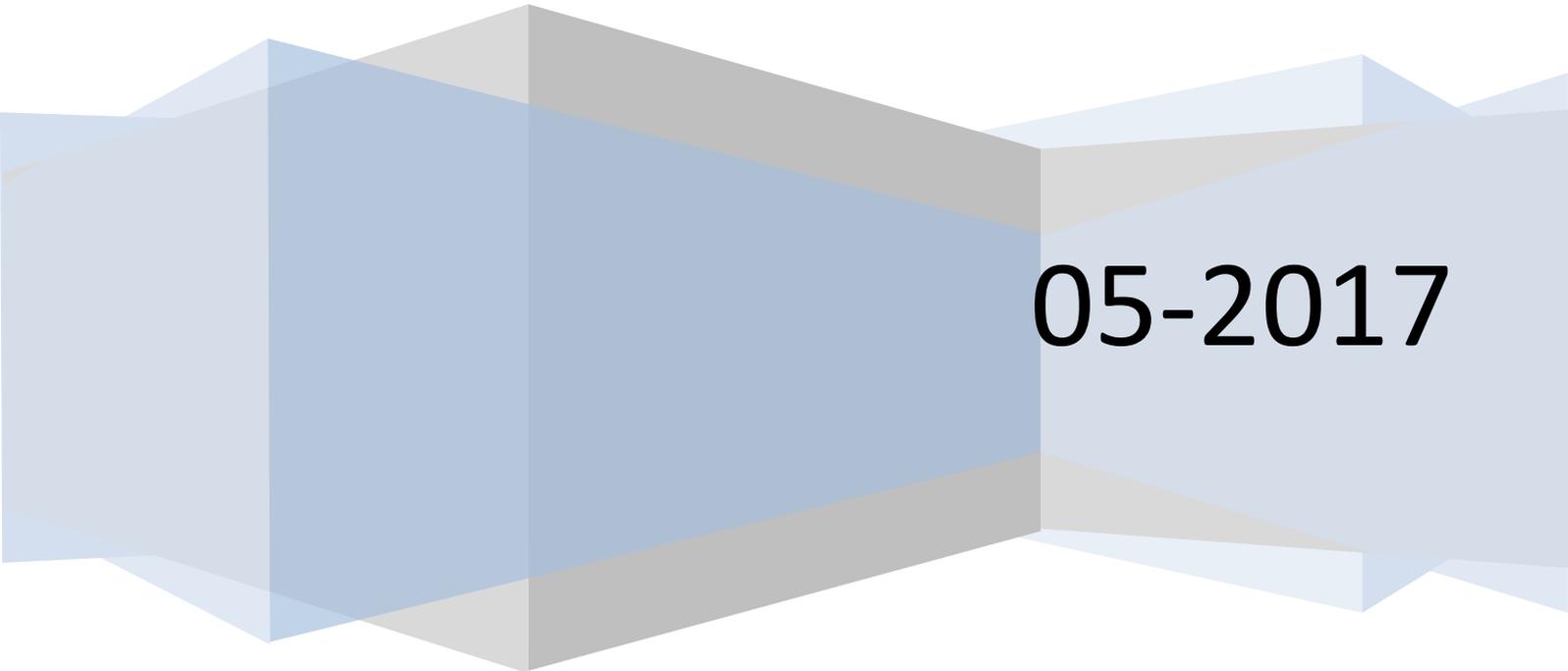


Marie Media ASBL

Niveaux Audio

Signaux analogiques et numériques

Etienne BASTIN



05-2017

Ce petit fascicule pour aider mon ami Damien à s'y retrouver.

Révision 01-2018.

Notion de base sur les niveaux audio :

Niveaux électrique et gain :

La notion de niveau audio est liée à la notion de gain. Prenons directement un exemple. Le niveau électrique d'un micro s'exprime en mV (milli Volt). Par contre le niveau électrique dans un haut-parleur s'exprime en Volts. Pour que le signal du micro puisse alimenter un haut-parleur il faut un amplificateur. Supposons que le niveau du micro soit de 10 mV et que la puissance dans le Haut-parleur soit de 100W.

La puissance dans le Haut-parleur soit de 100 W (Watt). Supposons (toujours) que la résistance du haut-parleur soit de 4 Ohm (Ω).

Formule de la puissance : $P_{(W)} = U_{(V)}^2 / R_{(\Omega)}$

De cette formule on tire : $U^2 = P * R$ et donc $U = \sqrt{P * R}$

Dans notre cas $U = 20$ Volts

Le gain exprimé pour la tension électrique est donc de 2000.

Ce gain s'exprime généralement en dB (déci Bell).

Dans notre cas on dira que le gain est de 66 dB.

Gain exprimé par rapport à une référence

Avant tout rappelons que le gain (comme l'atténuation) représente un rapport entre 2 valeurs. Dans le cas de l'exemple du paragraphe précédent on avait un gain de 2000/1.

Dans une chaîne d'amplification audio on peut avoir différents appareils en cascade. Exemple : Un micro, puis un préamplificateur, une console de mélange, un amplificateur de puissance et enfin un haut-parleur.

Chaque élément de la chaîne peut apporter un gain, une atténuation ou les deux. Pour arriver à 2000 on pourrait avoir :

- un gain de 100 dans le préamplificateur,
- un gain de 1 dans la console
- Un gain de 20 dans l'amplificateur de puissance.

Le gain total est le résultat de la multiplication des gains on a bien :

$$100 * 1 * 20 = 2000$$

Autrement dit le facteur d'amplification est de 2000 par rapport à 1. Dans notre cas on passe de 10 mV à 20.000 mV.

Très rapidement on a ressenti la nécessité de calibrer les niveaux audio. C'est la raison pour laquelle on a défini un niveau de référence. La référence audio est définie comme il suit :

La tension électrique de référence est la valeur nécessaire pour obtenir une puissance de 1 milli Watt dans une résistance de 600 Ohms.

$$U = \sqrt{P * R} \text{ donne } U = \sqrt{0.6}$$

$$U = 0,77459667 \text{ V soit } 775 \text{ mV}$$

La référence de tension est donc de 775 mV

Gain exprimé en dB

Les logarithmes :

L'idée était au départ de remplacer les multiplications par des additions et les quotients (divisions) par des soustractions.

Pour cela on associe deux suites de nombres selon le schéma suivant : (^ signifie exposant)

$$1 = 10^0 \rightarrow 0$$

$$10 = 10^1 \rightarrow 1$$

$$100 = 10^2 \rightarrow 2$$

$$1000 = 10^3 \rightarrow 3$$

...

Remarque : La suite située à gauche des flèches ($10^0, 10^1, 10^2, 10^3, \dots$) est une progression géométrique de raison 10, la suite située à droite ($0, 1, 2, 3, \dots$) est une progression arithmétique de raison 1. Le logarithme décimal apparaît alors comme une fonction qui permet d'associer une suite géométrique de raison 10 à une suite arithmétique de raison 1.

On étend le procédé aux puissances négatives de 10 :

$$0,1 = 10^{-1} \rightarrow -1$$

$$0,01 = 10^{-2} \rightarrow -2$$

$$0,001 = 10^{-3} \rightarrow -3$$

...

Le logarithme est l'opérateur mathématique qui permet de passer de la colonne de gauche à la colonne de droite. On parle dans ce cas du logarithme décimal (de base 10).

Le logarithme de base 10 s'écrit $\log_{10}(x)$ ou $\text{Log}(x)$. On peut imaginer des logarithmes dans la base que l'on veut. Par exemple $\log_5(25)$ qui vaudrait 2.

Pour le logarithme décimal on a donc :

$$\begin{aligned}\text{Log}(1) &= \text{Log}((10)^0) = 0 \\ \text{Log}(10) &= \text{Log}((10)^1) = 1 \\ \text{Log}(100) &= \text{Log}((10)^2) = 2 \\ \text{Log}(1000) &= \text{Log}((10)^3) = 3 \\ &\dots \\ \text{Log}(0,1) &= \text{Log}((10)^{-1}) = -1 \\ \text{Log}(0,01) &= \text{Log}((10)^{-2}) = -2 \\ \text{Log}(0,001) &= \text{Log}((10)^{-3}) = -3 \\ &\dots\end{aligned}$$

On peut calculer des valeurs intermédiaires :

Un mathématicien, astronome et physicien écossais, John NAPIER (1550-1617), plus connu en France sous le nom de NEPER, inventa un procédé de calcul très performant qu'utilisèrent tous ceux qui avaient des calculs longs et fastidieux à effectuer. En particulier, on utilisa ses théories pour calculer les logarithmes des nombres.

<https://www.aix-planetarium.fr/ficimages/Logarithmes.pdf>

$$\begin{aligned}\text{Log}(2) &= 0.30 \\ \text{Log}(3) &= 0.48 \\ \text{Log}(4) &= 0.60 \\ \text{Log}(5) &= 0.70 \\ \text{Log}(6) &= 0.78 \\ \text{Log}(7) &= 0.85 \\ \text{Log}(8) &= 0.90 \\ \text{Log}(9) &= 0.95\end{aligned}$$

Nombre premier (on remplace par $6*6=36$)

$\text{Log}(555) = ?$

On a $555 = 5 * 111 = 5 * 3 * 37$ qui est presque égal à $5 * 3 * 6 * 6$

Par calcul mental on a $\text{Log}(555) = 0.70 + 0.48 + 0.78 + 0.78 = 2.74$

Sur la calculette : 2.7442 qui s'arrondit à 2.74 (vive le calcul mental...)

On aura encore $\text{Log}(200) = \text{Log}(2 * 10) = \text{Log}(2) + \text{Log}(10) = 0.30 + 2 = 2.3$

Le logarithme en base 10 de 200 est donc 2.3

De même le logarithme de $1/200 = -2.3$ (remarquez le signe négatif)

Un rapport en dB pour des niveaux en tensions électriques:

Nous voici outillés pour exprimer un rapport en dB (déci Bell).

Pour des niveaux exprimés en tensions électriques on a :

$$\text{Valeur du rapport}_{\text{dB}} = 20 * \text{Log}(V/V_{\text{ref}})$$

Dans la formule cette formule pour l'exemple précédent on a $V/V_{\text{ref}} = 2000$.

Le gain en dB est donc $20 * \text{Log}(2000) = 20 * (\text{Log}(1000) + \text{Log}(2)) = 20 * 3.3 = 66 \text{ dB}$ (calcul mental)

Si on veut plus de précision on aura 66,0206 sur une calculette (remarquez la faible erreur (0.03%) par rapport au calcul mental – votre serviteur est un fervent adepte du calcul mental...).

Normalisation des niveaux électriques en audio :

On a normalisé la référence audio à 0.775V (1mW dans une résistance de 600 Ω)
 0.775 V correspond donc à 0 dB qui est la référence. On dit 0 dBm. (m veut dire milli Watt)

0 dBm = 775 mV

Reprenons notre exemple :

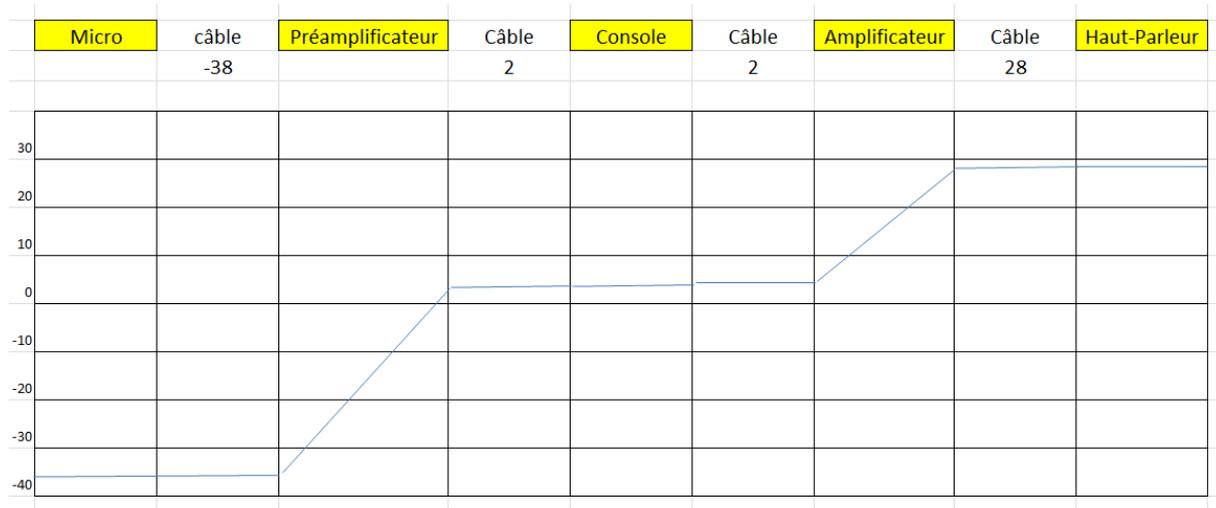
Le niveau du micro est 10 mV
 le rapport est donc de $10/775 = 0,01290323$
 ce qui donne $20 * \text{Log}(0,0129) = 20 * -1,89 = -37,79 \text{ dBm}$

Le niveau du Haut-Parleur est 20 V
 le rapport est donc de $20/0.775 = 25.80$
 ce qui donne $20 * \text{Log}(25.80) = 20 * 1,41 = 28.23 \text{ dBm}$

Le gain de la chaine est donc bien de $37.8 + 28.2 = 66 \text{ dB}$

En résumé pour l'exemple :

	Niv entrée mV	Gain	Gain en dB	Niv Sortie mV	Niv en dBm
Micro	10	1	0	10	-38
Preampli	10	100	40	1000	2
Console	1000	1	0	1000	2
Haut-Parleur	1000	20	26	20000	28



Normalisation des niveaux audio broadcast :

Les stations professionnelles de radio et de télévision imposent des normes.

Le niveau de référence dit 0dB correspond à + 6 dBm

Le niveau de test dit -9 correspond à - 3 dBm

A la RTBF par exemple :

Le 1000 (signal sinusoïdal à 1000 Cycles/Sec d'étalonnage) est donc à -9 dB_{RTBF} soit -3dBm

La valeur maximum du signal est à 0 dB_{RTBF} soit +6 dBm.

Remarquez l'indice « RTBF » qui signifie dB RTBF soit niveau en dB à la RTBF.

Graduation en dB FS :

Les systèmes de traitement du son en numérique ont introduit une nouvelle façon de référencer les niveaux. En numérique, on converti les valeurs électriques en nombres. Pour un processeur en 8 bits les nombres varient entre 0 et 255. Un processing de ce type est largement trop peu performant pour de l'audio de qualité. On utilise au moins 16 bits. Dans ce cas les valeurs se situent entre 0 et 65535.

En numérique le 0 dB correspond au nombre maximum. On dit 0 dB_{FS} (0 dB Full Scale).

On a fixé le niveau analogique 0 dB_{RTBF} , à -9 dB_{FS}.

Le niveau de test est donc fixé (-9 dB_{RTBF}) à -18 dB_{FS}.

	dBrTbf	dBfs	dBm	
Clip numérique		0	15	
Clip analogique	6	-3	12	
	3	-6	9	
Niveau Max	0	-9	6	
	-3	-12	3	
	-6	-15	0	
Niveau Alignement	-9	-18	-3	Niveau moyen
	-12	-21	-6	
	-15	-24	-9	
	-18	-27	-12	
	-21	-30	-15	
	-24	-33	-18	
	-27	-36	-21	
	-30	-39	-24	
	-33	-42	-27	
	-36	-45	-30	
	-39	-48	-33	
	-42	-51	-36	
	-45	-54	-39	
	-48	-57	-42	

Vous remarquerez que la « réserve » ou espace de sécurité au-dessus du niveau maximum a été augmentée de 3 dB en numérique. La raison profonde de cela provient du fait qu'en numérique le dépassement du 0 dB_{FS} est catastrophique, car cela produit un dépassement de capacité dans les calculs. En analogique ce dépassement ne provoque que de la distorsion, ce qui est inacceptable mais reste audible.