

1 DU SON À L'IMAGE

1.1	Le monde, les décibels et nous	2
1.2	Un peu de théorie de la communication	7
1.3	Un peu de psychophysiologie de l'audition et de la vision	15
1.4	Télévision : historique des progrès et des manques	24

2	Techniques de codage	41
3	L'image animée	79
4	MPEG-4	105
5	Les enregistreurs numériques et la réduction de débit	135
6	Les nouvelles générations de codage numérique	151

1.1 LE MONDE, LES DÉCIBELS ET NOUS

Nous sommes, comme tout organisme vivant, en interaction avec le monde qui nous entoure. Celui-ci nous communique des stimulations par l'intermédiaire de signaux qui sont les variations des paramètres physico-chimiques de notre environnement. Ces signaux physico-chimiques excitent certaines cellules du système nerveux qui sont des récepteurs sensoriels. Il existe différents types de récepteurs sensibles à des phénomènes physico-chimiques spécifiques : la chaleur, la lumière, des variations de la pression de l'air... Ces récepteurs, interfaces entre le monde et nous, transforment les stimulations en sensations qui, interprétées après passage au crible de notre expérience, conduisent à une perception de notre environnement.

1.1.1 De la stimulation à la sensation

La stimulation d'un récepteur se caractérise par sa durée, son intensité et sa localisation.

Il existe des seuils en dessous desquels la stimulation n'entraîne pas de sensation.

On doit distinguer le seuil physiologique, en dessous duquel les récepteurs ne réagiront que dans moins de 50 % des cas, du seuil psychologique, en dessous duquel cette réaction physiologique ne donnera naissance à une perception que dans moins de 50 % des cas.

Le seuil de discrimination spatiale détermine le « pouvoir séparateur » du système perceptif. Il représente la distance minimale qui doit séparer deux sources ponctuelles de stimuli pour qu'elles soient perçues comme séparées.

Le seuil de discrimination temporelle représente l'intervalle de temps minimum qui doit séparer deux stimuli afin qu'ils soient discernables. La fréquence de fusionnement est l'inverse de cet intervalle minimum.

Au-delà de cette fréquence le cerveau interprète cette succession de stimuli comme un phénomène continu. C'est ce qui permet au cinématographe ainsi qu'à la télévision d'exister.

Pour ce qui concerne l'intensité des stimuli, il existe des seuils absolus au-dessous desquels on ne perçoit aucune sensation. Il existe également des seuils différentiels qui caractérisent la variation minimale du stimulus qui puisse être perçue. Ces seuils différentiels sont notés JND dans la littérature anglo-saxonne (pour *Just Noticeable Difference*).

1.1.2 La loi de Weber-Fechner

La sensation croît moins vite que la stimulation. C'est sans doute un moyen de nous protéger contre les agressions de notre environnement.

En s'appuyant sur les travaux de l'anatomo-physiologiste Ernst Weber (1795–1878) Gustav Fechner (1801–1887) énonça sa célèbre loi (dont le domaine de validité reste sujet à débats) selon laquelle « la sensation varie comme le logarithme de l'excitation ».

$$S = k \cdot \log(E)$$

Cette relation reposait sur les « fractions de Weber ». Il s'agit de la notion de seuil différentiel ΔE , qui représente la plus petite différence d'intensité d'excitation qui puisse être perçue.

Cette différence dépend de l'intensité de l'excitation selon la relation :

$$\Delta E/E = c$$

(ou c est une constante dépendant du système perceptif concerné.)

Il se trouve que cette expression $\Delta E/E$ représente un élément de l'aire comprise entre la courbe représentant la fonction $1/E$ (une branche d'hyperbole) et l'axe hori-

zontal... il se trouve également que c'est cette aire qui permet de définir géométriquement la fonction $\log(E)$.

1.1.3 Logarithmes et décibels

Blaise Pascal avait bien raison, l'homme est cerné par deux infinis : le grand et le petit. L'un comme l'autre représentent tellement de zéros (en numérateur ou en dénominateur, avant ou après la virgule) que, lorsqu'on veut les dénombrer, cela en devient impossible.

Prenons par exemple un tout petit infini, celui du nombre très approximatif des habitants de l'Inde ou de la Chine : un milliard ; 1 000 000 000 ou encore 1 suivi de 9 zéros. Ceci traduit le fait qu'on peut trouver ce nombre en portant 10 à la puissance 9 :

$$1\ 000\ 000\ 000 = 10^9$$

Inversement :

$$1/1\ 000 = 0,0001 \text{ s'écrit } 10^{-3}$$

Les mathématiciens, pour se simplifier la vie ainsi que celle des astronomes, ont eu l'idée d'utiliser couramment cette écriture en puissances de 10. Plus largement ils ont décidé, au début du XVII^e siècle, de remplacer les nombres qui avaient tendance au gigantisme, les nombres astronomiques, par un nouvel être mathématique qu'ils ont appelé du nom bizarre de logarithme (du grec *logos* : rapport et *arithmeticos* : nombre).

Le logarithme d'un nombre x est la puissance a à laquelle il faut élever une constante b , appelée base, pour obtenir ce nombre :

$$x = b^a$$

a est le logarithme en base b de x :

$$a = \log_b(x)$$

Ainsi, pour la base 2, on trouve $2^1 = 2$; $2^2 = 4$; $2^3 = 8$; $2^4 = 16$; etc.

Et on pourra écrire $\log_2 4 = 2$; $\log_2 16 = 4$; etc.

Une base très utilisée est la base 10. À tout nombre x on fait correspondre son logarithme en base 10 ou logarithme décimal a par la relation :

$$x = 10^a$$

et l'on écrit simplement :

$$a = \log x$$

On trouve immédiatement pour les multiples de 10 que $\log 10 = 1$; $\log 100 = 2$; $\log 10\,000 = 4$;
 $\log 1/100 = -2$.

Pour ce qui concerne les nombres fractionnaires il faut se rappeler que $1/100$ s'écrit également 10^{-2} :

$$1/100 = 10^{-2} ; \text{ donc } \log 1/100 = -2 = -\log 100$$

Des tables permettent de trouver que, par exemple, $\log 2 = 0,30103$; $\log 3 = 0,47712$.

On peut aussi dire qu'on fait correspondre à la suite des nombres entiers la suite des nombres d'une progression géométrique de raison 2 ou de raison 10 ou, plus généralement, de raison n .

Ainsi pour une raison $n = 2$ on retrouve les valeurs 2, 4, 8, 16...

Les logarithmes présentent une particularité intéressante : le logarithme d'un produit est égal à la somme des logarithmes des facteurs de ce produit. On peut en effet écrire par exemple :

$$\log 10\,000 = 4 = \log 10 + \log 1\,000 = 1 + 3$$

$$= \log 100 + \log 100 = 2 + 2 ;$$

$$\log 100 = \log 1\,000/10 = 3 + (-1) = 2 ;$$

$$\text{ou encore } \log 200 = \log 2 + \log 100$$

$$= 0,30103 + 2 = 2,30103.$$