7.3.6. Mesure en dB

Certains appareils ont une échelle exprimée en dB. Cette échelle est utilisée surtout pour comparer deux puissances différentes. On parle d'un rapport signal/bruit en télécommunication. Le décibel est 10 fois plus grand que le Bell (B). Ce dernier est le log. d'un rapport de puissance de signaux.

Le décibel (dB) vaut donc $10 \cdot \log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$. La puissance de référence P_1 est souvent exprimée en mW.

Le rapport de puissance peut s'exprimer aussi par un rapport U^2 / Z. Si les impédances sont adaptées le décibel vaut $20 \cdot \log\left(\frac{U_2}{U_1}\right)$. Dans ce cas l'unité de la tension est le μ V.

10 mW = 10 dB 10 μ V = 20 dB	100 mW = 20 dB 1 mV = 60 dB	200 mW = 23 dB 2 mV = 66 dB	400 mW = 26 dB 4 mV = 72 dB

On constate qu'à chaque fois que le signal double en puissance, on augmente seulement de 3 dB et que si la tension double en augmente alors de 6 dB. Pour que chacun sache dans quelle grandeur le rapport a été fait, on modifie l'unité dB en ajoutant l'unité de la grandeur utilisée dans le rapport :

tension : dB μ V puissance : dBW (dBm pour mW)

champ électrique : dB μ V/m

7.4. Les appareils numériques

7.4.1. La numérisation d'un signal analogique

La grandeur à mesurer (intensité, tension, etc.) peut prendre une infinité de valeurs.

Si l'aiguille d'un appareil de mesure analogique peut prendre une infinité de positions correspondant à ces valeurs, un appareil numérique ne peut afficher qu'un nombre limité de valeurs (exemple: 2000 points pour les multimètres usuels).

Le signal analogique doit être converti en signal numérique qui est ensuite appliqué sur l'afficheur.

Exemple :

Prenons une grandeur analogique qui peut prendre une infinité de valeurs entre 0 et 20 : La conversion en numérique sur 1 bit (2 valeurs) donnera la valeur 0 si la grandeur est inférieure à 10 et 1 si elle est supérieure à 10.

Numérisation sur **2 bits (4 valeurs)**

grandeur analogique	décimal	**2ème bit (fort)**	**1er bit (faible)**
de **0 à 5**	0	**0**	**0**
de **5 à 10**	1	**0**	**1**
de **10 à 15**	2	**1**	**0**
de **15 à 20**	3	**1**	**1**

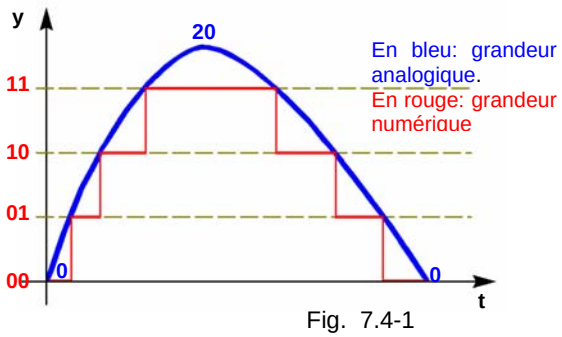

Fig. 7.4-1

On améliore la résolution de l'appareil en augmentant le nombre de bits servant au codage.

Nombre de bits	**8**	**10**	**16**	**20**	**24**	**32**
Nombre de valeurs	256	1024	65536	1048576	16777216	4294967296

7.4.2. Principe et possibilités de mesure

Le but poursuivi est d'afficher numériquement le résultat d'une mesure.

Les avantages des appareils numériques sont multiples : commodité de lecture, suppression des appareillages mobiles, grande précision, indication de la polarité, grande impédance d'entrée (10 à 100 MΩ , ...).

Les appareils de mesure numériques comportent de trois parties distinctes.

- Une section analogique qui traite le signal à mesurer et est composé d'amplificateurs opérationnels, de dispositifs de redressement, de filtres, etc.
- Un étage convertisseur analogique - numérique
  Il échantillonne le signal d'entrée et transforme ces échantillons en séries numériques.
- D'une partie numérique et afficheurs qui effectue les opérations de comptage et de comparaison des valeurs numériques et l'affichage du résultat.

Ainsi que le montre la figure suivante qui résume de façon simple le principe de fonctionnement, pour exprimer la valeur d'une grandeur analogique par une valeur numérique, on utilise les dispositifs électroniques principaux suivants :

- conversion du signal en une tension,
- intégrateur à amplificateur opérationnel,
- échantillonnage du signal transformé,
- convertisseur analogique/numérique (A/N),
- unité de calcul,
- logique de commande,
- les oscillateurs ou "horloges",
- les compteurs,
- le dispositif d'affichage.

La figure ci-dessous représente le schéma bloc de principe d'une mesure numérique.

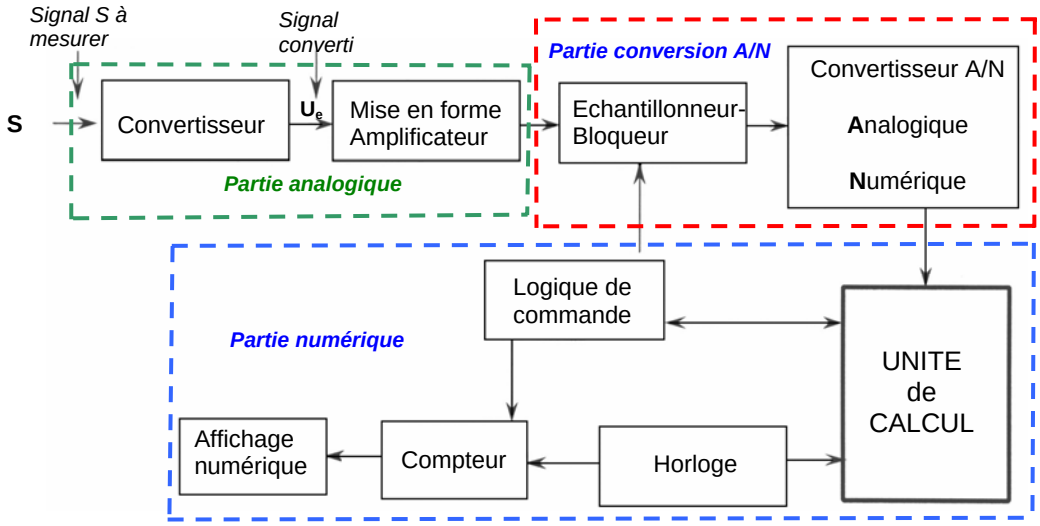

Fig. 7.4-2

Tout type de signal, même électromécanique (température, vitesse, contrainte, position, débit, pression ...) peut être mesuré pour autant qu'il soit converti en une tension.

Les possibilités de mesure des appareils numériques sont multiples. De plus en plus, on utilise des multimètres qui permettent de mesurer plusieurs grandeurs avec un seul appareil : tension continue ou alternative, courant continu ou alternatif (jusqu'à des valeurs de 30 à 50 A), résistance, condensateur, fréquence, ...

La principale différence entre les divers appareils numériques se trouve dans le convertisseur analogique - numérique. Les plus fréquemment utilisés sont :

- mise à zéro
- approximation successive
- comparaison dent de scie et conversion tension - temps
- conversion tension - fréquence
- intégration double.

Ces différents systèmes servent à faire des comparaisons successives de la tension d'entrée avec une référence. S'il y a une différence, l'appareil modifie sa référence et recompare les deux signaux. Lorsque que la différence ne peut plus être améliorée, l'appareil affiche la valeur de la référence. Ce mode de fonctionnement que l'on peut voir sur l'affichage des appareils de mesure numériques (augmentation de la valeur dépassement de la vraie valeur et stabilisation à la valeur finale) rend ces appareils d'une lenteur parfois exaspérante.

Comme il y a échantillonnage et quantification du signal à mesurer il a donc obligatoirement des seuils ou des pas. Une valeur comprise entre deux pas sera automatiquement arrondie au pas inférieur ou supérieur. Ces pas définissent la sensibilité de l'appareil, ils sont encore appelés "unités".

Les appareils modernes permettent aussi, grâce à l'unité de calcul et au système d'échantillonnage, de mesurer de façon précise des signaux périodiques non sinusoïdaux : valeur efficace sans composante continue (RMS), valeur efficace vraie qui tient compte d'une composante continue (True RMS), valeur moyenne, puissance active, ...

7.4.3. Caractéristiques principales

Les paramètres essentiels d'un appareil numérique sont :

- l'étendue de la plage de mesure en tension et en courant,
- les calibres; de plus en plus, les appareils modernes sont à changement automatique de calibre,
- le nombre de points : c'est le nombre de valeurs positives discrètes que l'appareil permet d'afficher; par exemple : un voltmètre à 5 000 points peut afficher 5 000 tensions positives régulièrement réparties entre 0,000 et 4,999 V,
- la résolution : elle correspond au dernier chiffre de droite et s'exprime dans l'unité de la grandeur mesurée; par exemple : un voltmètre à 5 000 points sur le calibre 5V a une résolution de 1mV,
- le nombre de digits; dans l'exemple précédent le voltmètre affiche 4 chiffres dont le premier à gauche ne peut être égal qu'à 0, 1, 2, 3 ou 4; il s'agit d'un appareil à "3 digits ½"; un appareil à 4 digits aura 10 000 points de mesure avec une étendue de mesure de 0,000 à 9999,
- la précision : voir paragraphe 4.3,
- la résistance (ou impédance) d'entrée,
- les limites de fréquence des signaux mesurables,
- la fréquence d'échantillonnage.

7.4.4. Précision des appareils digitaux

L'erreur est la somme de 2 ou 3 des données suivantes (le paramètre a est toujours à prendre en compte) :

a) le pourcentage de la valeur lue;

b) l'erreur absolue exprimée en pourcentage du calibre,

c) un certain nombre de digits du dernier chiffre affiché.

Ces valeurs sont indiquées en général à l'arrière de l'appareil; à défaut dans le livret d'instructions de service.

Exemple :

Soit un multimètre digital utilisé pour mesurer la tension du réseau alternatif 400 V. Sur l'appareil, la précision en tension alternative est indiquée par : 0,5 % de la valeur lue ± 2 digits.

- La valeur lue est : 392 V
- 2 digits sur l'échelle choisie représentent 2V.

Erreur absolue :

$$\Delta U = \pm\left[\frac{0,5}{100}\cdot 3,92 + 2\right] = \pm 3,96V$$

Erreur relative :

$$\varepsilon_U = \pm\frac{3,96}{392}\cdot 100 = \mp 1,04\%$$

Les appareils modernes permettent aussi, grâce à l'unité de calcul et au système d'échantillonnage, de mesurer de façon précise des signaux périodiques non sinusoïdaux : valeur efficace sans composante continue (RMS), valeur efficace vraie qui tient compte d'une composante continue (True RMS), valeur moyenne, puissance active, ...

7.4.5. Réponse en fréquence

Ce problème se retrouve dans tous les appareils de mesure tant analogique que numérique. Seul un AMN du type TRMS peut se targuer de ne, pour ainsi dire, pas connaître ce problème. En effet tous les appareils ont une plage de fonctionnement en fréquence bien définie.

Cela dépend du mode de fonctionnement de l'appareil. Sur la figure suivante, on observe la réponse en fréquence de deux multimètres différents. L'un possède une bande passante de 0 à 100 kHz, alors que pour le second celle ci n'est que de 40 Hz à 600 Hz.
Nous voyons très nettement sur le graphique que dès que la mesure sort de la bande passante de l'appareil de mesure, le résultat (ici une mesure de 1 V) devient totalement faux.

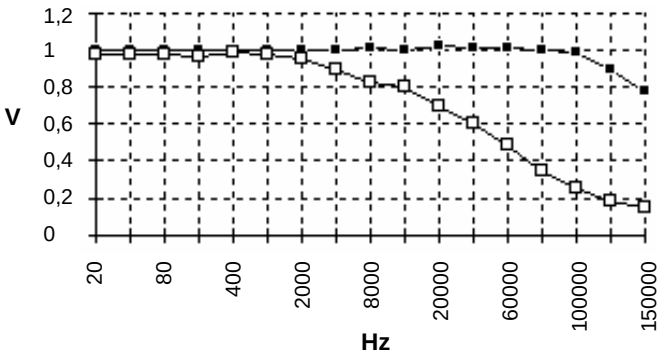

Fig. 7.4-3