

# Chapitre II : Types des Capteurs Utilisés en Télécommunications

## II.1. Microphone

### II.1.1. Définition et classification

#### II.1.1.1 définition générale

Le microphone est un transducteur électroacoustique, sa fonction principale est de capter les ondes sonores et de les transformer en un signal électrique appelé signal audio. Autrement dit, un microphone est un transducteur d'énergie, il transforme de l'énergie acoustique en énergie électrique **Figure (II.1)**.

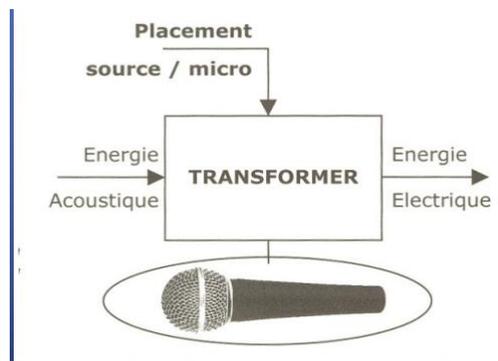


Fig.II.1. Microphone

L'élément transducteur se base sur trois grands principes piézoélectrique – électromagnétique – ou électrodynamique et électrostatique. Dans le cas de la **Figure (II.2)** c'est une membrane qui se meut au rythme des vibrations acoustiques et qui entraîne une modification d'un élément solide (ou gazeux) qui lui-même délivre une grandeur électrique variable.

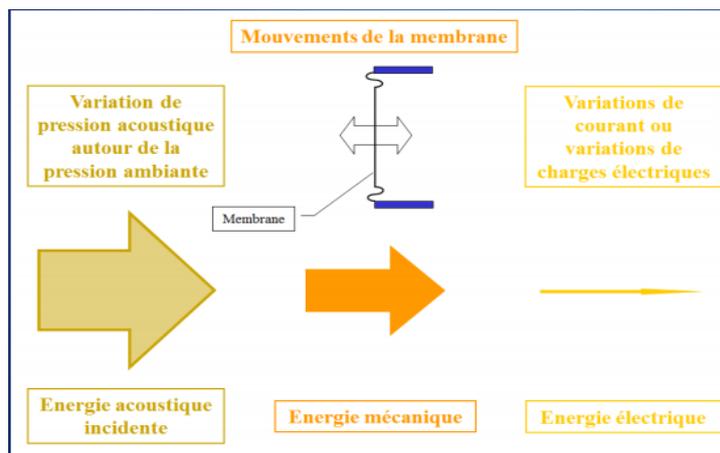


Fig.II.2. Principe de fonctionnement

### II.1.1.2 Classification des microphones

On peut classer les microphones selon plusieurs critères :

- ✓ D'après leurs utilisations
  - Les microphones de service (téléphones et prothèses auditives) pour lesquels on s'intéresse à intelligibilité, à la sensibilité et au prix.
  - Les microphones de prise de son (micros de sonorisation, de radiodiffusion, de studio d'enregistrement pour lesquels importent la fidélité la directivité, la robustesse.
  - Les microphones de mesure (éléments de sonomètre)
- ✓ D'après le mode de conversion du transducteur
  - Electrodynamique
  - Electrostatique
  - Piézoélectrique
  - Microphone à charbon
- ✓ D'après le type de directivité
  - Micros Omnidirectionnels
  - Micros Bidirectionnels
  - Micros unidirectionnels
- ✓ D'après le mode d'action ou le mode d'attaque du diaphragme par l'onde acoustique
  - Micros à pression
  - Micros à gradient de pression
  - Micros mixtes

### II.1.2 Caractéristiques des microphones

#### II.1.2.1 Sensibilité (efficacité) et sensibilité relative niveau de sensibilité (niveau d'efficacité)

**Définition :** L'efficacité ou la sensibilité en pression  $s$  ( $M_p$ ) d'un micro est le rapport, a une fréquence donnée (généralement 1 KHz), entre la tension électrique  $U_{eff}$  mesurée en champ libre aux bornes du micro et la valeur quadratique moyenne de la pression acoustique  $\bar{p}$  appliquée au diaphragme de ce dernier. C'est pourquoi on qualifie aussi la sensibilité de réponse en pression en

$$s = M_p = \frac{U_{eff}}{\bar{p}}$$

$[s] = \left[\frac{V}{Pa}\right]$  ou  $\left[\frac{mV}{Pa}\right]$     **V** : Volts ; **Pa** : Pascal

### Exemple-1

La sensibilité d'un micro valant **1.5 mV/Pa**

Signifie que 1.5 mV ont été mesurés aux bornes du micro alors que celui-ci a été soumis à une pression acoustique de **94 dB SPL** (Sound Pressure Level).

Le plus petit son audible par l'être humain est typiquement de 0 dB SPL (seuil d'audition).

$$L_p = 20 \log \frac{\bar{p}}{p_0} = 20 \log \frac{1}{20 \cdot 10^{-6}} = \mathbf{94dB}$$

### Exemple-2

Calculer le niveau de pression acoustique correspondant à une pression de **1μ bar**

$$L_p = 20 \log \frac{\bar{p}}{p_0} = 20 \log \frac{0.1}{20 \cdot 10^{-6}} = \mathbf{74dB}$$

On utilise également la sensibilité relative ou niveau de sensibilité  $L_M$  ou ( $L_S$ )

$$L_M = 20 \cdot \log \frac{M}{M_{ref}}$$

$M_{ref}$  est une sensibilité de référence

**Remarque** : Plus la sensibilité  $s$  ou le niveau  $L_S$  est faible moins le microphone est sensible

On définit le niveau de sensibilité ou d'efficacité en **dBV** en choisissant une sensibilité de

référence  $s_{ref}$  de  $\frac{1V}{Pa}$

$$L_S = 20 \cdot \log \frac{s}{s_{ref}} = 20 \cdot \log \frac{U_{eff}}{p \cdot s_{ref}} = 20 \cdot \log \frac{U_{eff}(V)}{p(Pa)}$$

### Exemple -3

Pour une fréquence égale à 1000 Hz calculer le niveau de sensibilité d'un microphone 10mV/Pa

$$L_S = 20 \cdot \log 10 \cdot 10^{-3} = -40 \text{ dBV}$$

Remarque : On peut choisir comme référence une tension de 0.775V et définir le niveau de sensibilité ou d'efficacité du micro  $L_S$  en **dBm** ou **dBu** par

$$L_S(\text{dBm}) = 20 \cdot \log \frac{U_{eff}(V)}{0.755 \cdot p(Pa)}$$

Les européens ont adopté la notation **dBu** ce qui correspond à une tension de référence de 0.755V.

Les américains ont adopté la notation **dBV** ce qui correspond à une tension de référence de 1V

Une valeur exprimée en  $\frac{\text{dBu}}{P}$  ou  $\frac{\text{dBV}}{P}$  permet de retrouver la tension  $U_{\text{eff}}$  que le micro délivre lorsqu'il est soumis à un signal de 1kHz à une pression de 1 Pa.

$$U_{\text{eff}} = \bar{p} \cdot s_{\text{ref}} \cdot 10^{L_s/20} = \overline{U_{\text{ref}}} \cdot 10^{L_s/20}$$

Puisque le niveau de pression acoustique vaut

$$L_p = 20 \log \frac{\bar{p}}{p_0} = 20 \log \frac{\bar{p}}{2 \cdot 10^{-5}} = 20 \log \bar{p} + 94$$

Le niveau de sensibilité vaut

$$L_s(\text{dBV}) = 20 \cdot \log \frac{U_{\text{eff}}}{p \cdot s_{\text{ref}}}$$

$$= 20 \cdot \log \frac{U_{\text{eff}}}{p \cdot s_{\text{ref}}} = 20 \cdot \log U_{\text{eff}} - 20 \log \bar{p} - 20 \cdot \log 1\text{V/Pa} = 20 \cdot \log U_{\text{eff}} - L_p + 94$$

### Ordre de grandeur de la sensibilité des micros

Un micro très sensible à un niveau  $L_s = -20$  dBV

Un micro sensible à un niveau  $L_s = -40$  dBV

Un micro peut sensible à un niveau  $L_s = -60$  dBV

Les microphones électrostatiques sont les plus sensibles, viennent ensuite les microphones dynamiques et vient en dernière position les microphones à ruban.

### Ordre de grandeurs

Type de capteur	Sensibilité
Electrostatique	5-25 mV/ Pa soit - 45 à -30 dBV/Pa
Electrodynamique	1-3 mV/Pa soit - 60 à -50dBV/Pa
A ruban	1-2 mV soit - 60 à -45 dBV/ Pa

### II.1.2.2 Courbe de réponse en sensibilité et bande passante

La courbe de réponse en sensibilité d'un microphone est la courbe représentant la variation de la sensibilité en fonction de la fréquence. On détermine la bande passante du microphone comme étant la bande de fréquence dans laquelle la variation de niveau est inférieur à  $\pm 3$ dB ou encore  $\pm 5$ dB.

### II.1.3. Types des microphones

#### II.1.3.1 Microphone électrodynamique à bobine mobile

##### Principe de fonctionnement :

Le microphone à bobine mobile est constitué d'un diaphragme très mince (membrane) et très léger solidaire de la membrane, formé de fils de cuivre (pour une longueur totale de 2 à 4 m) qui est aussi la plus légère possible et qui se déplace dans l'entrefer d'un aimant permanent fixe dont l'induction vaut 1 Tesla **Figure (II.3)**.

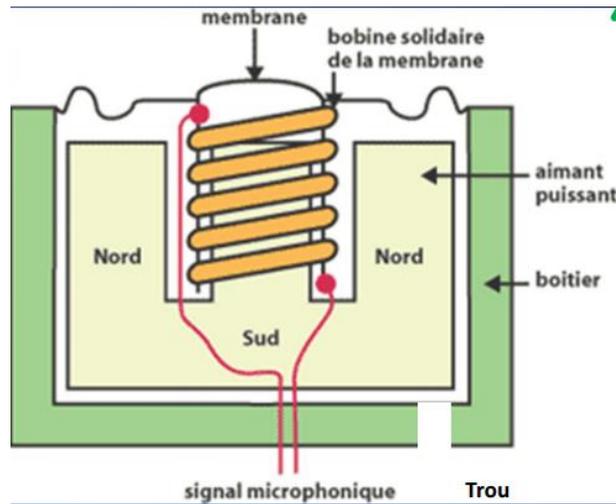


Fig.II.3. Microphone électrodynamique à bobine mobile

### Caractéristiques générales du microphone électrodynamique à bobine

- 1- Il est omnidirectionnel
- 2- Sensibilité faible
- 3- Bonne courbe de réponse
- 4- Peu sensible au vent
- 5- Stable, fidèle, robuste, peu sensible à l'humidité
- 6- Pression acoustique maximale : 180 dB SPL environ.

### II.1.3.2. Microphone électrostatique à condensateur

#### Description et principe de fonctionnement

La membrane est un mince disque extrêmement léger fait de métal (Titane ou alliage d'aluminium) ou bien de mylar ou de polyester rendu conducteur par un saupoudrage de métal ou une diffusion de vapeur de métal sur sa surface. Cette membrane est flottante et constitue l'une des armatures d'un condensateur. Elle est située à environ 20 microns d'une armature arrière fixe **Figure (II.4)**.

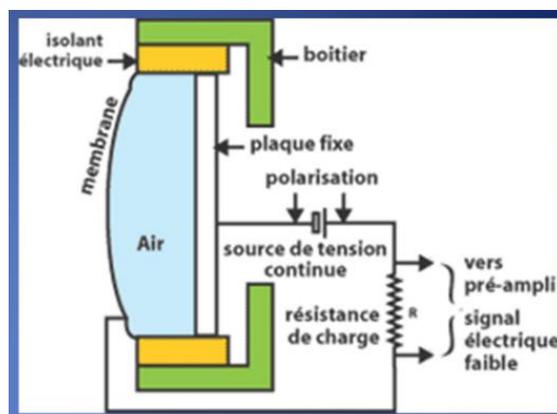


Fig.II.4. Microphone électrostatique à condensateur

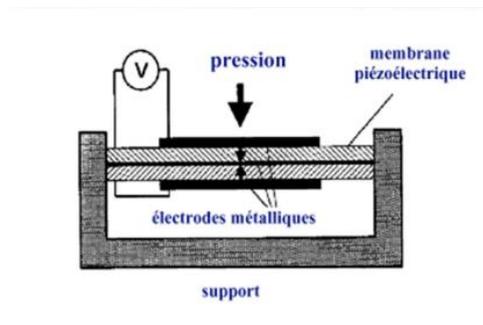
## Caractéristiques principales du microphone électrostatique à condensateur

- 1- Sensibilité importante
- 2- Excellente courbe de réponse
- 3- Microphone couteux, délicat, sensible à l'humidité et nécessitant une alimentation pour produire la tension de polarisation du condensateur. La polarisation provoque une attraction des poussières
- 4- Peut être réalisé en très petites dimensions
- 5- Peu sensible aux chocs et aux champs magnétiques externes.
- 6- Pression acoustique maximale de l'ordre de 130dB SPL

### II.1.3.3. Microphone piézo-électrique

#### Description et principe de fonctionnement

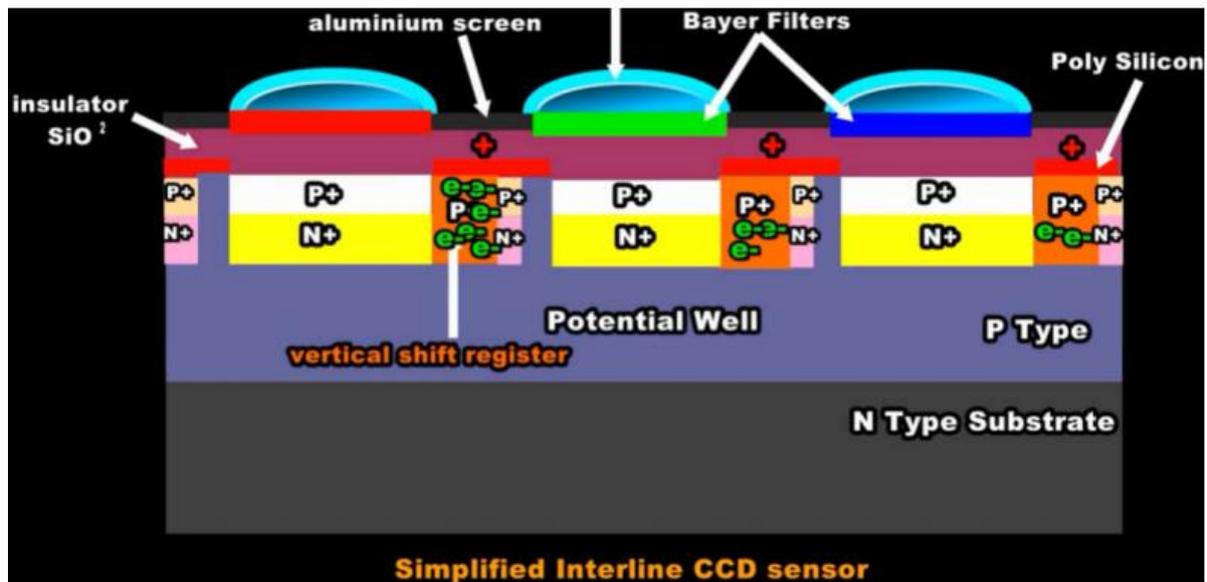
Un matériau piézo-électrique a la propriété de produire une tension électrique lorsqu'il est déformé. Dans un microphone piézo-électrique l'onde sonore fait vibrer une plaquette en quartz piézo-électrique placée entre deux électrodes métalliques jouant le rôle d'armatures de condensateur **Figure (II.5)**.



**Fig.II.5.** Microphone piézo-électrique

## II.2 Capteur CCD

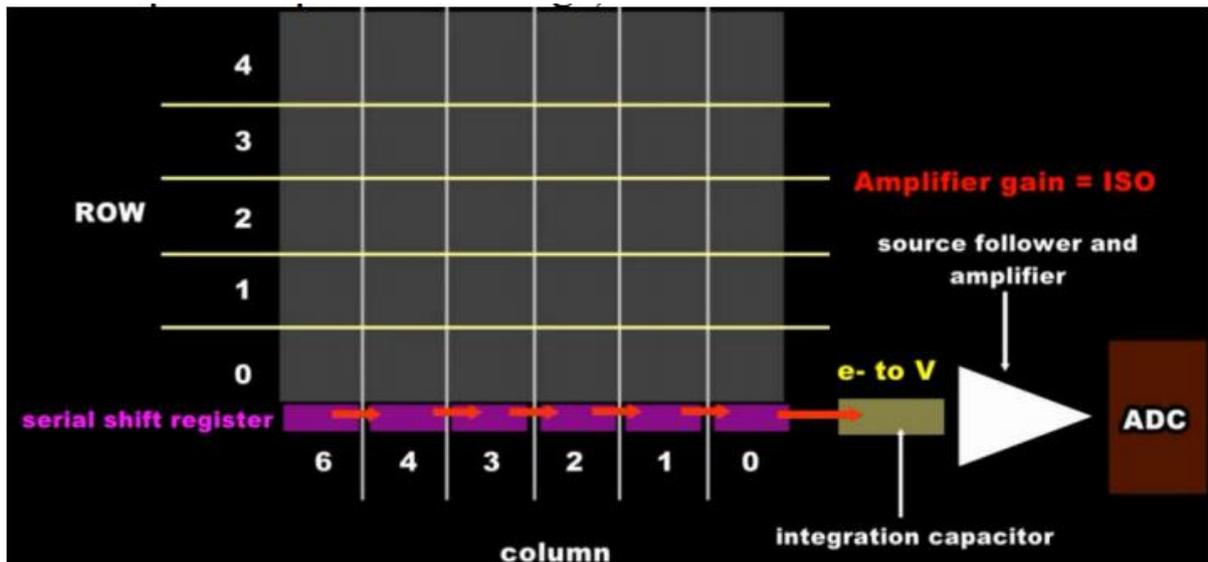
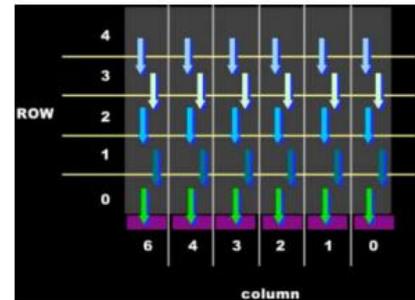
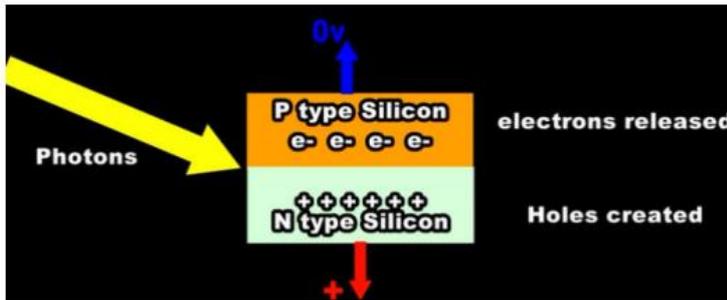
A présent, la technologie CMOS est utilisée dans la plupart des caméras digitales sur le marché. Les capteurs d'image CCD et CMOS sont deux différentes technologies utilisées à présent pour capturer d'image numériquement ; chacune a ses propres faiblesses/points forts dominant en différentes applications, et donnant ses avantages.



(In 2009, Willard S. Boyle and George E. Smith received a Nobel Prize for their invention of CCD in 1969).



Les deux types d'imagiers convertissent la lumière en charge électrique et la traitent en signaux électroniques ; dans un capteur CCD, chaque charge de pixel est transférée par l'intermédiaire d'un nombre très limité de nœuds de sortie (souvent unique) pour être convertie en tension, tamponnée, et envoyée comme un signal analogique ; puis celui-ci est numérisé par un convertisseur A/N. Tous les pixels peuvent être consacrés à la capture de lumière, où l'uniformité de sortie (un facteur clé pour la qualité de l'image) est extrême.



Dans un capteur CMOS chaque pixel a sa propre conversion charge/tension, où le capteur souvent inclut des amplificateurs, une correction de bruit, et une numérisation de circuits, de manière que l'éclat (chip) donne en sortie des uns et zéros (bits digitaux). Ces autres fonctions augmentent la complexité de conception et réduisent la zone de disponibilité pour capter de lumière. Avec tout pixel faisant sa propre conversion, l'uniformité est la plus basse. Mais l'éclat peut être construit n'exigeant que peu de circuiterie pour une opération de base ; l'imagerie CMOS offre plus d'intégration (donc plus de fonctions sur l'éclat), beaucoup moins de dissipation de puissance (au niveau de l'éclat), et la possibilité d'un système de plus faible taille, mais il a souvent exigé un compromis qualité d'image/cout du système. Les caméras CMOS peuvent n'exiger que peu de composants et moins de puissance dissipée, mais souvent demandent généralement des compagnons d'éclats pour optimiser la qualité d'image, augmentant ainsi le cout et réduisant l'avantage qu'elles gagnent de la plus faible consommation

d'énergie. Les dispositifs CCD sont moins complexes que leurs analogues CMOS, donc moins coûteux pour être conçus ; le processus de fabrication CCD aussi tend à être plus mûré et optimisé ; généralement, ça coûtera moins (conception et fabrication) pour produire un imagier CCD que d'un CMOS pour une application spécifique de haute performance. Le choix dépend continûment de l'application et du vendeur que de la technologie de l'imagerie.