

# Les Microphones

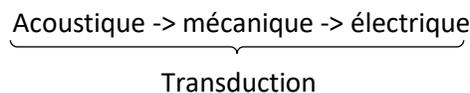
La prise de son professionnelle utilise des microphones de types très différents en fonction des nombreuses applications envisagées. Il n'existe pas de microphone « universel ».

Fondé sur l'expérience du technicien du son, le choix du ou des microphones est conditionné par de nombreux éléments :

- La source sonore et l'acoustique du lieu de captation
- La mise en œuvre du micro (perche, liaison filaire ou HF etc.)
- L'esthétique sonore recherchée
- La technologie mise en œuvre (analogique ou numérique, monophonique ou stéréophonique ou multicanal)

## 1. Capteurs et directivités

Un microphone est un transducteur qui convertit une énergie acoustique en énergie électrique via une transformation mécanique.



Il est possible de classer les microphones selon :

- La **directivité**
- Le **fonctionnement** « type » (technologie : condensateur, bobine, ruban etc.)

La directivité est le champ sonore capté par le microphone par rapport à la captation dans l'axe.

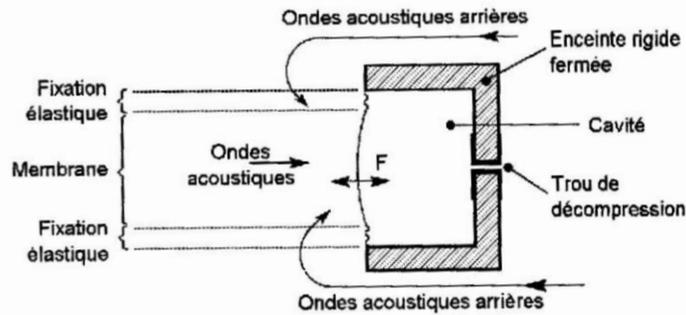
Aucune directivité n'impose un fonctionnement « type ».

### 1.1. Capteur de pression acoustique

Un capteur de pression est un microphone dont la membrane entre en vibration avec toute onde sonore quelle que soit sa direction d'incidence. Une seule face de la membrane est en contact avec l'onde acoustique. L'autre face est fermée par une cavité définie par une enceinte. La membrane vibre sous l'action d'ondes acoustiques incidentes qui lui imposent une force F.

$$F_{(\text{Newton})} = S_{(\text{m}^2)} \cdot p_{(\text{N/m}^2)}$$

Où p est la pression acoustique.



— Figure 1.1 – Principe d'un transducteur acoustico-mécanique de pression. —

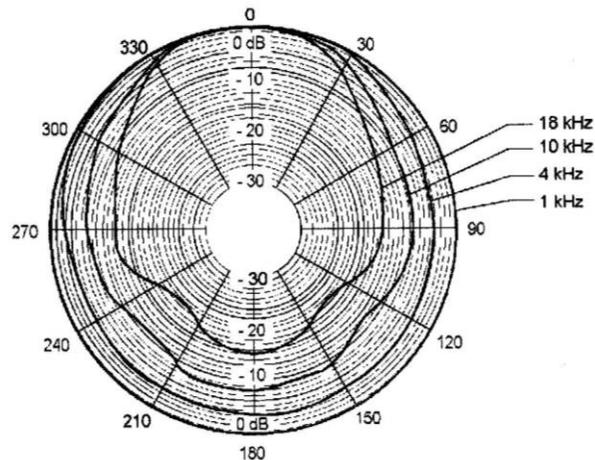
Le trou de décompression permet d'équilibrer la pression atmosphérique de part et d'autre de la membrane.

Un **capteur de pression** est considéré comme **omnidirectionnel**, c'est-à-dire qu'il capte dans toutes les directions. En pratique, le corps du microphone constitue un obstacle à la progression des ondes de fréquence élevée (longueur d'onde courte). Le microphone devient **directionnel en haute fréquence**.

Lorsque :  $d > \frac{\lambda}{2}$ , il y a diffraction.

Longueur d'onde :  $\lambda = \frac{c}{f}$

Diamètre du microphone :  $d$



— Figure 1.2 – Diagramme polaire d'un microphone à pression.  
Pour les fréquences élevées, un microphone omnidirectionnel tend à devenir directionnel.

## 1.2. Capteur à gradient de pression

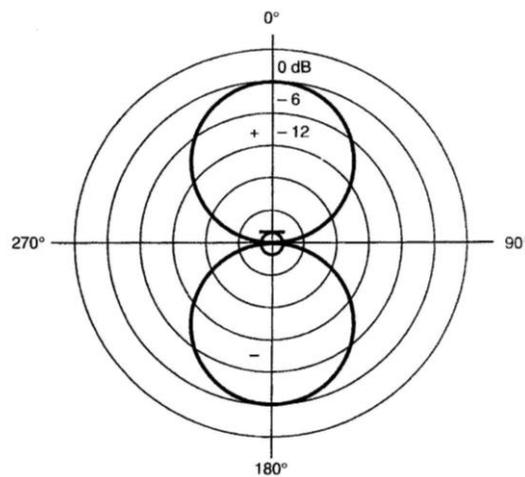
Le capteur à gradient de pression réagit non pas à une pression mais à une différence de pression :

$$\Delta p = \text{pression avant} - \text{pression arrière}$$

La membrane du transducteur de gradient de pression fonctionne à « l'air libre ». Il n'y a pas de cavité.

Une différence de pression pour une onde d'incidence latérale engendre une captation quasi-nulle car les pressions s'équilibrent et la membrane reste immobile.

Le capteur à gradient de pression pur est donc **bidirectionnel** (diagramme polaire en « 8 »).



## 1.3. Capteur à directivité variable

**1.3.1. Système modulaire** à capsules interchangeables : capsule interchangeable tout en gardant la même électronique



### 1.3.2. Capteur mixte à simple membrane avec labyrinthe acoustique

Microphones dits « à compensation » de phase entre face avant et face arrière de la membrane. La membrane subit l'action conjuguée des ondes de pression sur sa face externe et, après retard, sur sa face interne. Selon le décalage dans le temps  $\Delta t$ , ou déphasage de ces deux actions, la réponse directionnelle sera différente

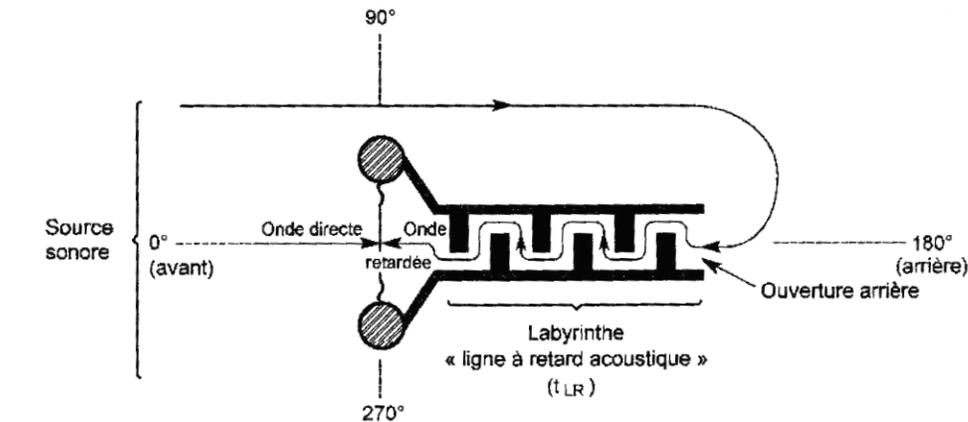


Figure 1.15 – Principe d'un transducteur mixte à compensation.

### 1.3.3. Capteur mixte à double membrane (appelé aussi capteur symétrique)

Deux membranes identiques sont placées symétriquement de part et d'autre d'une plaque rigide perforée. Les deux membranes électrostatiques sont constituées d'une électrode centrale commune. Une des deux membranes est polarisée à tension fixe par rapport à la plaque centrale. Sur l'autre membrane, la polarisation est rendue variable par potentiomètre, ce qui modifie la directivité.

- Lorsqu'une seule membrane est polarisée, la directivité est *cardioïde* (figure 1.18a)
- Lorsque les deux membranes sont au même potentiel par rapport à l'électrode fixe, les réponses cardioïdes s'ajoutent pour donner une réponse *omnidirectionnelle* (figure 1.18b).
- Lorsque les deux membranes sont au même potentiel mais de polarité inverse par rapport à l'électrode fixe, la réponse de l'ensemble devient *bidirectionnelle* (figure 1.18c).
- Lorsque les deux membranes ne sont pas au même potentiel, alors nous trouvons les courbes intermédiaires d'*hypocardioïde* (appelé aussi *cardioïde large*) et d'*hypercardioïde* suivant la polarité par rapport à l'électrode (figure 1.18d).

Le microphone Neumann U87 est un capteur à double membrane.

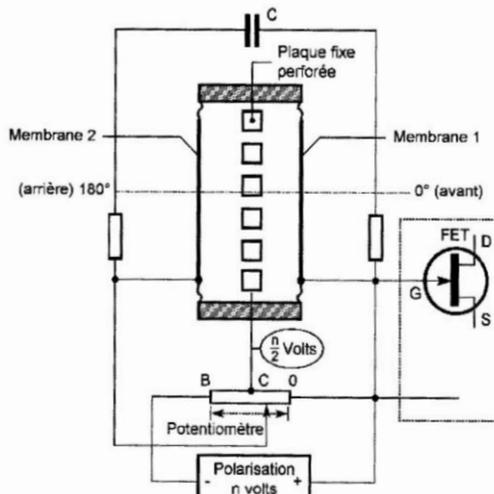


Figure 1.16 – Schéma de principe d'un micro électrostatique à double membrane avec son circuit de polarisation variable :

- quand le curseur du potentiomètre est situé en C, la réponse est cardioïde car la membrane 2 est au potentiel de l'électrode fixe ( $N/2$  volts) donc inopérante ;
- quand le curseur est sur 0 (omnidirectionnel), les deux membranes sont polarisées identiquement en tension ( $n$  volts) et en signe (figure 1.18b) ;
- quand le curseur est sur B, les potentiels des deux membranes sont polarisés par des tensions égales mais de polarité opposée : la réponse est bidirectionnelle (voir figure 1.18c). Le condensateur C permet aux tensions alternatives (signal microphonique) issues du mouvement des deux membranes, de s'ajouter électriquement en phase sur la grille du Fet.

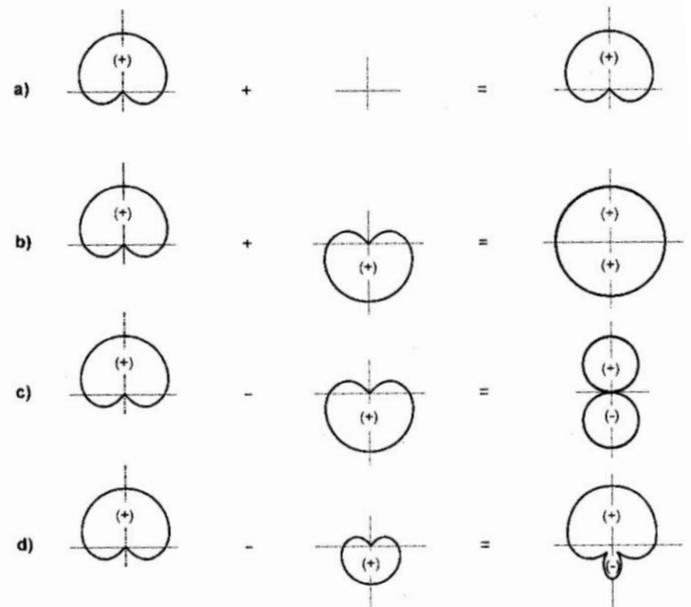


Figure 1.18 – Construction polaire à partir d'une capsule symétrique : a) cardioïde, b) omnidirectionnel, c) bidirectionnel, d) hypercardioïde.

## 2. Systèmes microphoniques particuliers

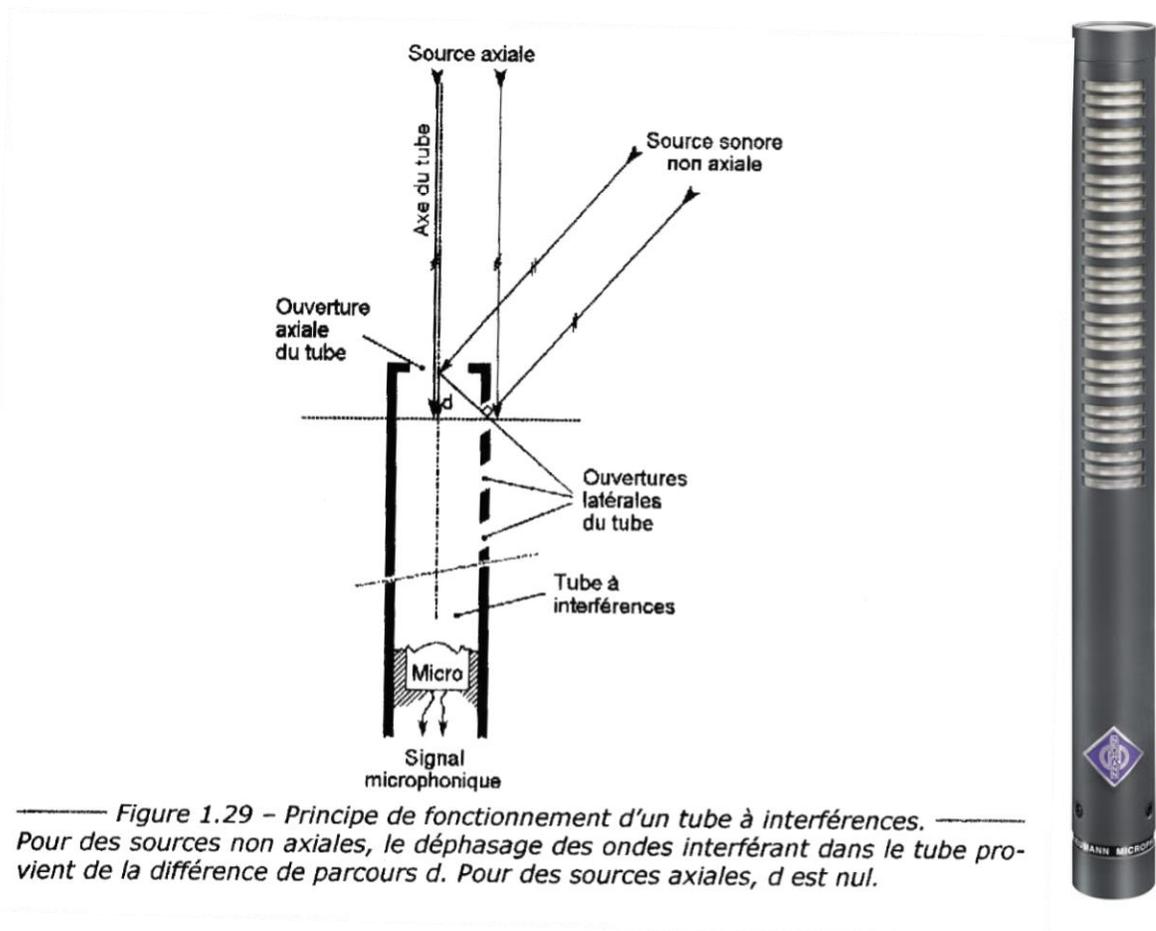
### 2.1. Microphone canon (avec tube à interférence)

Le tube à interférence permet de renforcer la directivité du microphone. La membrane microphonique ferme une des extrémités du tube, l'autre extrémité ainsi que les ouvertures latérales permettent le passage des ondes acoustiques. Le montage tube à interférence + membrane est appelé micro canon.

Les ondes de directions axiales pénètrent par le tube et restent en phase au cours de leurs progressions jusqu'à la membrane.

Les ondes d'incidence non axiale parviennent dans le tube en suivant des parcours différents selon l'ouverture. Il se crée dans le tube une zone de mélange où les ondes acoustiques non axiales interfèrent entre elles et tendent à s'annuler par différence de phase.

Quelques effets indésirables : d'une part, la création d'un régime d'ondes stationnaires, dont on atténue au maximum l'instauration dans le tube par des « résistances acoustiques » (généralement des tissus ou feutres choisis pour leur atténuation linéaire en fréquence) situées contre les ouvertures du tube ; d'autre part une directivité de plus en plus marquée pour les fréquences élevées.



## 2.2. Le réflecteur parabolique

Le microphone, placé au foyer du réflecteur, recevra : les ondes réfléchies par le réflecteur et l'onde directe dans l'axe du microphone.

Le réflecteur parabolique permet d'obtenir une directivité importante ainsi que des signaux de niveau relativement élevé pour des sources distantes.

Applications : prise de son animalière (chants d'oiseaux), émissions sportives.

Directivité du microphone : omnidirectionnel, cardioïde ou cardioïde large

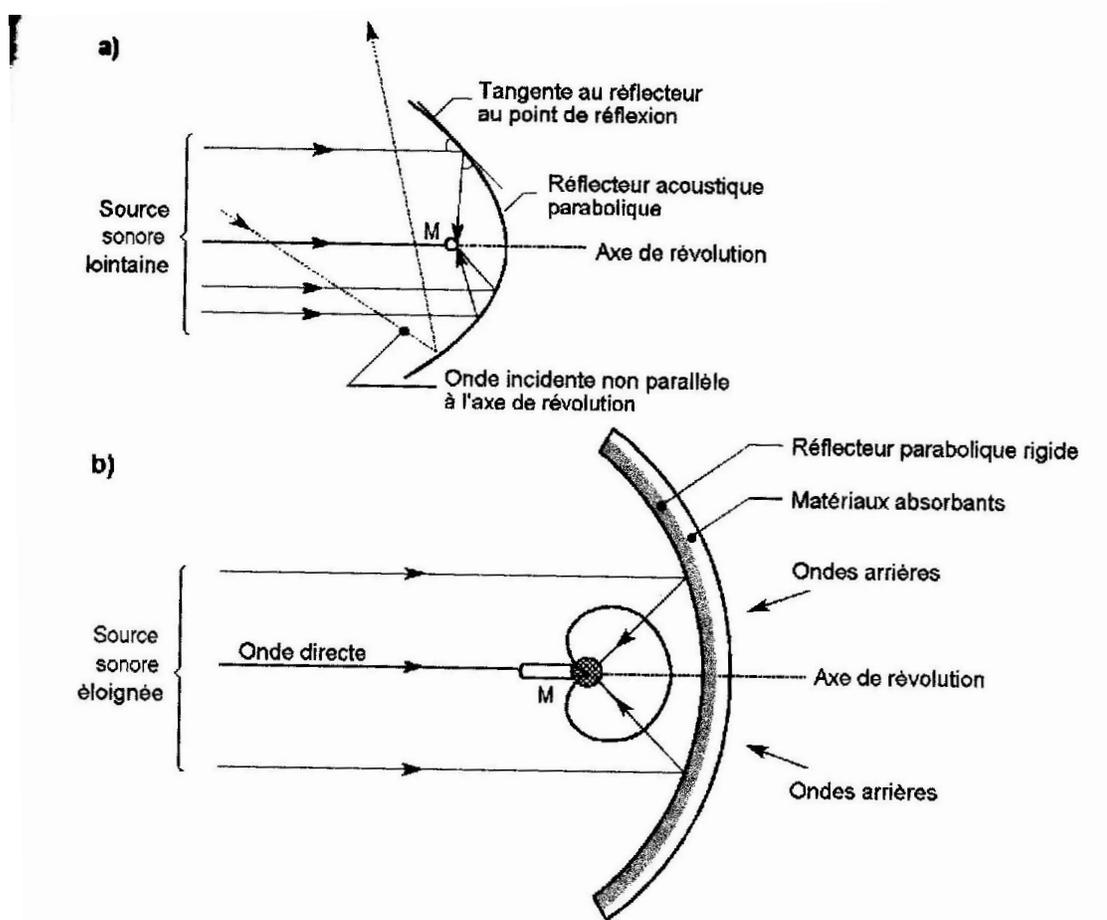


Figure 1.27

a) Au foyer d'un réflecteur parabolique où l'on place le micro M, passent les ondes de réflexions engendrées par des ondes incidentes arrivant parallèlement à l'axe de révolution du réflecteur. Au point M, leurs pressions respectives s'ajoutent.

b) Parabole pratique : les ondes provenant de l'arrière du réflecteur doivent être arrêtées au maximum par absorption. L'onde « avant » suivant l'axe de révolution est atténuée par rapport aux autres ondes « avant » du fait de la caractéristique cardioïde du micro M.

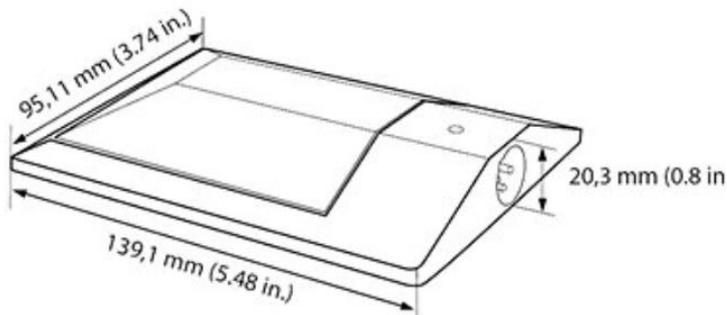
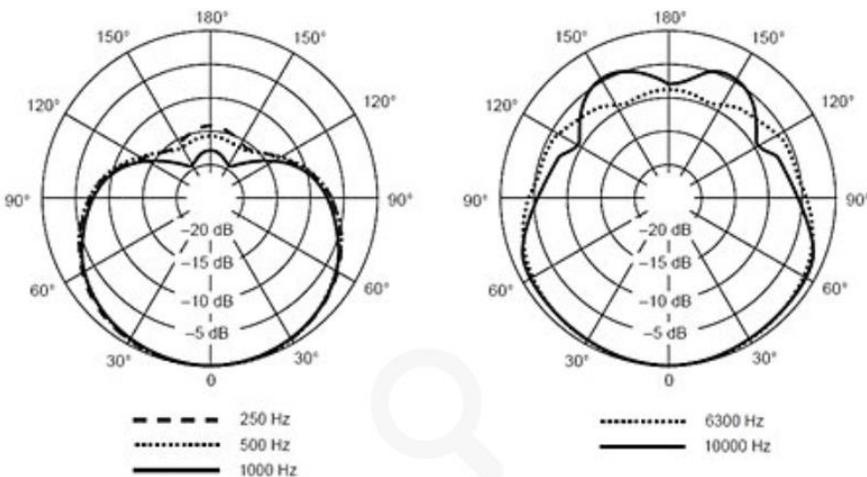
<https://schoeps.de/fr/produits/microphones-speciaux/parabole/reflecteur-parabolique.html>

### 2.3. Le PZM (Pressure Zone Microphone)

Le PZM appelé aussi **microphone de surface** constitué d'une capsule microphonique omnidirectionnelle placée sur une plaque carré ou circulaire. Ce microphone est utilisé entre autre sur la caisse de résonances du violon, de l'alto, de la contrebasse, de la grosse caisse de la batterie ou encore en téléconférence.

Principe : un capteur de pression, situé à faible distance d'un réflecteur (mur, table, caisse de résonance), reçoit les ondes directes et les ondes réfléchies par le réflecteur. Lorsque ce capteur est situé très proche de la surface du réflecteur (réflecteur plan), il se trouve dans une zone de surpression acoustique et bénéficie ainsi d'une « amplification acoustique » augmentant le rapport signal/bruit d'environ 6dB.

Sa directivité est hémisphérique.



## 2.4. Le micro cravate

Le micro cravate appelé aussi « micro lavallière » est un microphone de proximité. C'est généralement un micro à condensateur à électret de type omnidirectionnel.

Avantages :

- « gros plan sonore » sur la source
- Augmente la séparation entre plusieurs sources
- Minimise l'importance du micro vu à l'image

Inconvénients :

- Sensibilité aux frottements des vêtements
- Détimbrage important lorsque la personne bouge la tête
- Implique généralement une liaison HF : bande UHF (Ultra High Frequency) de 470 à 830 MHz généralement.

## 3. Fonctionnement

### 3.1. Le microphone électrostatique à condensateur

Le microphone comporte une armature fixe (plaque fixe) et une armature mobile : la membrane. Le condensateur est polarisé à l'aide d'une tension  $U$  (appelée alimentation phantom ou 48V) et emmagasine une charge  $q$ .

$$q = CU$$

Sous l'effet des ondes acoustiques, l'armature mobile (membrane) entraîne une variation de capacité du condensateur  $\Delta C$  donc une variation de la tension en sortie du microphone. Il y a création d'un courant alternatif.

Les microphones électrostatiques à condensateur nécessitent une alimentation extérieure servant d'une part à polariser le condensateur et d'autre part à fournir l'énergie nécessaire au préamplificateur dans le microphone.

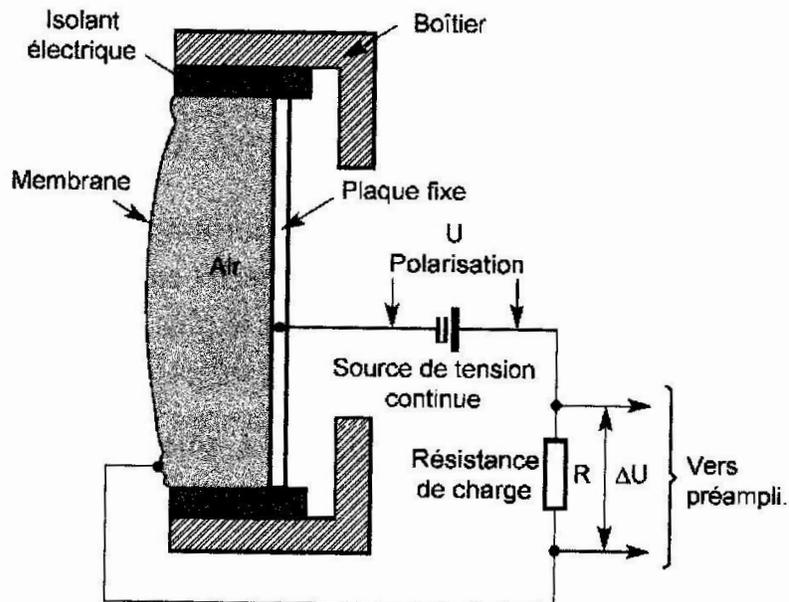


Figure 1.12 – Schéma de principe d'un microphone « à condensateur », à polarisation continue.

Avantages :

- Grande sensibilité
- 1ers microphones miniaturisés

Inconvénients :

- Microphones fragiles
- Microphones relativement chers
- Nécessité d'une alimentation 48V

### 3.2. Le microphone à électret

Ce microphone utilise le même principe physique que le microphone électrostatique à condensateur. L'armature fixe du condensateur est remplacée par un composant chargé électriquement : l'électret.

Avantages :

- Microphone bon marché
- Alimentation par pile

Inconvénient :

- Risque d'une perte de sensibilité au fil du temps

### 3.3. Le microphone électrodynamique à bobine mobile

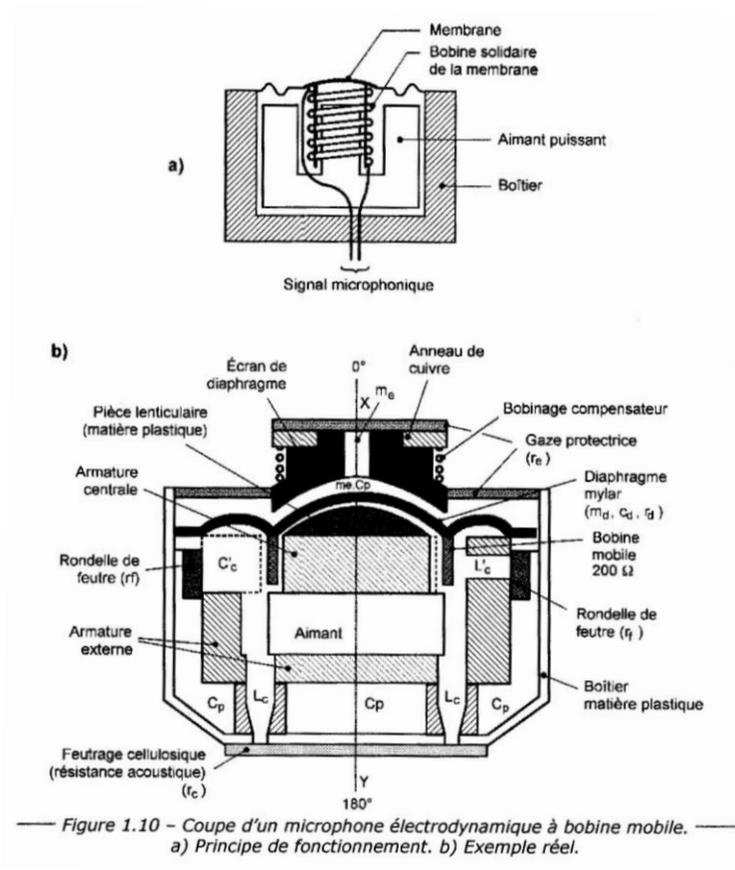
Le microphone à bobine mobile est constitué d'une membrane, solidaire d'une bobine mobile, et placée dans l'entrefer d'un aimant permanent. Lorsqu'une onde sonore entraîne la vibration de la membrane, la bobine va et vient dans l'entrefer. Il apparaît aux bornes de ce bobinage une force électromotrice ( $f_{em}$ ) d'induction proportionnelle à la vitesse de déplacement. La  $f_{em}$  fait circuler un courant  $i$  dans le bobinage, ce qui entraîne un courant alternatif en sortie du microphone.

Avantages :

- Ne nécessite pas d'alimentation
- Bon marché
- Microphone robuste

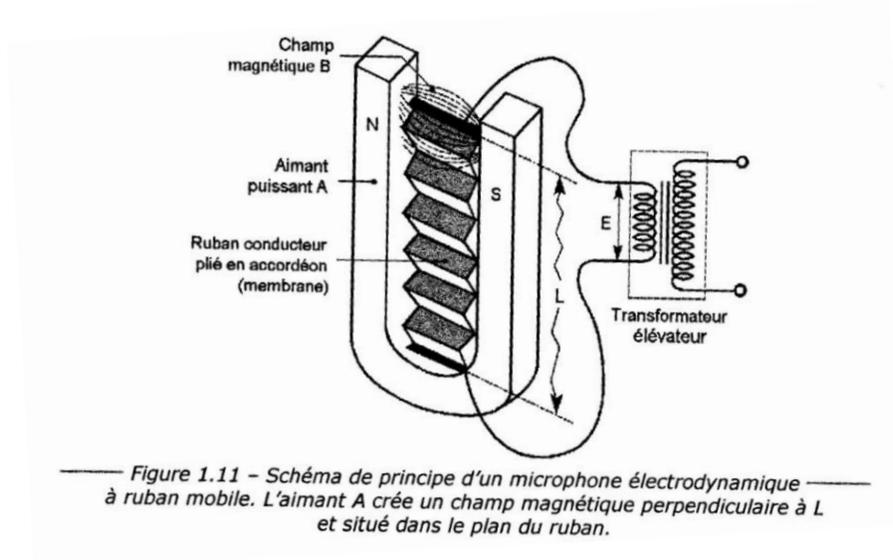
Inconvénients :

- Microphone de proximité
- Plus lourd, plus gros



### 3.4. Le microphone électrodynamique à ruban

Le ruban (membrane) est placé dans l'entrefer d'un aimant permanent (champ magnétique permanent d'induction). Lorsqu'une onde sonore fait vibrer le ruban, il apparaît une force électromotrice et ainsi un courant électrique en sortie du microphone.



Avantage :

- Bonne sensibilité

Inconvénients :

- Signal de sortie très faible
- Microphone fragile

### 3.5. Les microphones numériques

Microphones incorporant un convertisseur A/N. Signal de sortie numérique en AES 42.

Exemple : Solution-D-01 de chez Neumann.

## 4. Les caractéristiques des microphones

### 4.1. La sensibilité (appelée aussi efficacité)

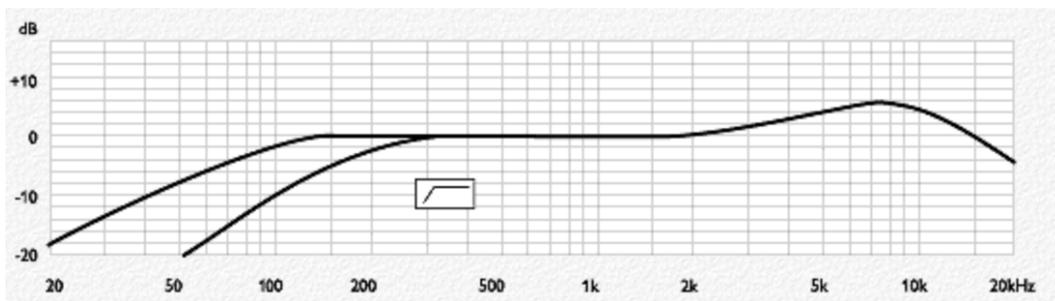
Capacité d'un microphone à retranscrire une pression acoustique en tension électrique proportionnelle. Plus exactement, la sensibilité est la tension électrique délivrée par le microphone lorsque celui-ci est exposé à un signal de référence de 1000 Hz à 1 Pascal.

La sensibilité s'exprime en : mV/Pa ou dBu ou dBV

$$\text{Sensibilité} = \frac{\text{tension}}{\text{pression}}$$

### 4.2. La courbe de réponse en fréquence

Courbe donnant la réponse fréquentielle mesurée sur tout le spectre pour un signal entrant constant. Elle indique donc la variation de sensibilité en fonction de la fréquence.



### 4.3. Bande passante

Partie de la courbe de réponse en fréquence comprise entre -3 et +3 dB SPL du niveau optimal.

### 4.4. Courbe de directivité

Courbe donnant la réponse du transducteur en fonction de la direction (angle) toujours par rapport à l'axe.

### 4.5. Bruit de fond propre

Bruit inhérent à tout fonctionnement électrique ou magnétique d'un appareil.

### 4.6. Le rapport signal sur bruit

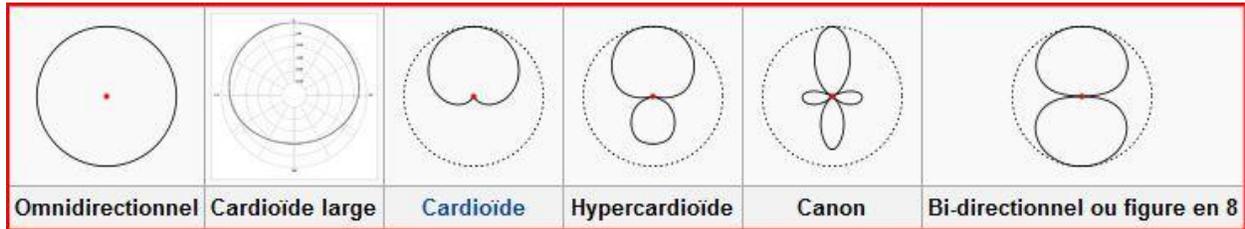
Différence entre le niveau optimal du signal et le bruit de fond propre.

### 4.7. THD

Distorsion Harmonique Totale.

Taux ou niveau à partir duquel on considère que le son comporte une distorsion non négligeable.

## Récapitulatif sur les différentes directivités :



Microphones directs

Microphones très directs

## Conséquences d'utilisation :

- **Proximité/Lointain**

Proximité -> micro dynamique ou micro électrostatique ou micro cravate

Lointain -> micro électrostatique à condensateur

- **Directivités**

Omnidirectionnelle -> ambiances sonores (nature, ville etc.)

Cardioïde -> captation précise (voix, instrument de musique, bruitage)

Hypercardioïde ou supercardioïde -> captation précise en tournage (voix, bruitages etc.)

- **Alimentation**

Micro électrodynamique -> ne nécessite pas d'alimentation

Micro électrostatique à condensateur -> 48V

Micro électret -> pile

## Bibliographie

- Le livre des techniques du son – Technologies, 6<sup>e</sup> édition, Dunod
- Son & Enregistrement, Francis Rumsey & Tim McCornick, Eyrolles