



# Généralités au sujet des systèmes audio embarqués, microphones et écouteurs

*Page blanche intentionnelle*

## 0. Index

1. Importance de la qualité des installations audio	Page 4
2. Niveaux, impédances et connecteurs standards utilisés	Page 8
3. Les microphones et les écouteurs	Page 11
3.1. Considérations générales	Page 11
3.2. Les microphones	Page 12
3.3. Les écouteurs et les casques	Page 17
4. Test et identification des lignes audio	Page 19

## 1. Importance de la qualité des installation audio

Contrairement à ce que l'on pourrait croire au sujet des équipements audio embarqués à bord d'aéronefs, la qualité des installations est primordiale, même s'il s'agit de basses fréquences (300 à 3 000 Hz).

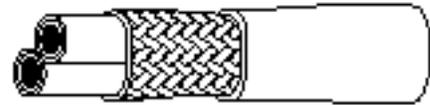
Tout d'abord, au niveau de l'étude et du développement, il est important de tenir compte de tous les paramètres tels que les blindages des lignes, les mises à la masse (éviter les bouclages de masse), les éléments perturbateurs (les émetteurs AM ou BLU, les lignes de distribution 400 Hz, les convertisseurs statiques, la proximité des antennes d'émission, ...), les niveaux et les impédances qui seront utilisés, etc. Une fois le montage de l'avionique et des équipements électroniques effectué sur l'aéronef, il est souvent très difficile d'améliorer une installation audio mal planifiée sans devoir repartir à zéro.

Par la suite, il est important, une fois l'aéronef en service, de maintenir la qualité des circuits audio. Pour cela, il ne faut pas altérer les blindages, il ne faut pas rajouter de nouvelles lignes ou équipements perturbants (câbles RF, distribution AC, etc.) à proximité des fils audio. Si une modification doit être effectuée sur une installation (par exemple le remplacement d'un contrôleur audio d'un modèle par un autre ou l'adjonction d'un interphone), il est primordial de tenir compte des mêmes considérations que lors de la phase de développement de l'aéronef.

Dans tous les cas, les recommandations élémentaires sont les suivantes :

### Utilisation de fils blindés pour toutes les lignes micro, audio ou casque :

Un fil blindé est un fil normal enrobé d'un tressage appelé blindage (« shield » en anglais). Ce tressage est raccordé à la masse ce qui provoque une protection relative du fil face aux influences extérieures. En quelque sorte, il fait office de cage de Faraday. Le blindage évite aussi le rayonnement du fil vers l'extérieur ou, en tout cas, limite ce rayonnement .



(Image : Raychem)

À la jonction d'un fil blindé avec un connecteur ou un terminal, il est évident que la partie dépourvue de son blindage doit être la plus petite possible tout en restant dans les limites du réalisable.

Tous les fils assurant le transport de signaux repris ci-dessous devraient obligatoirement être blindés :

- Audio.
- Micro.
- Casque (« phone »)
- Haut-parleur.
- AC.
- VOR/ILS composite.
- HSI et CDI (lignes de « resolvers » 30 ou 400 Hz).
- Lumières (si alimentation hachée).
- Data (bus ARINC, RS232, etc.)
- RF (câbles coaxiaux RG58, RG213, etc.)

Plusieurs fils peuvent être inclus dans un même blindage. En avionique, on utilisera le plus fréquemment des fils blindés simples, doubles et parfois triples.

En général, pour les lignes audio, micro ou casques, on utilisera du calibre 22 sauf exigences contraires des fabricants. Pour les haut-parleurs de faible puissance, on utilisera du calibre 20, voire 18. Pour des haut-parleurs de « public-address » externes, il faudra suivre les recommandations des fabricants (en général du calibre 16 pour un haut-parleur de 100 watts).



(Image : Tyco)

Il est préférable de connecter les blindages à l'aide de « solder-sleeves », si possible avec brins de masse pré-installés.

Il est important également de ne pas oublier les recommandations de l'AC.43-13.

Éviter la proximité d'autres lignes RF ou AC :

Même si un blindage assure une protection à la fois contre les perturbations extérieures et contre le rayonnement vers l'extérieur, cette protection est relative. Elle est effectivement efficace dans le cas de petits signaux à basses fréquences, mais perd de son efficacité si la tension ou la fréquence croît.

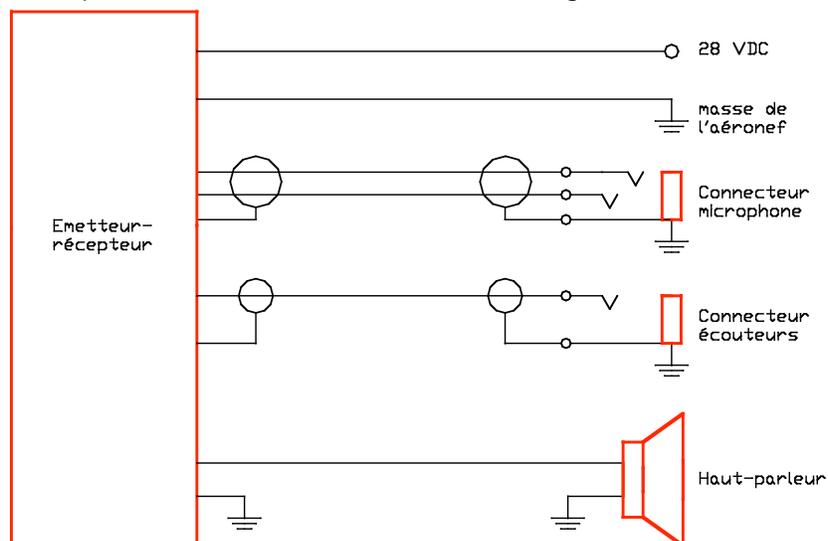
Dans tous les cas, il faut absolument éviter d'attacher ensemble des lignes audio avec des câbles coaxiaux RF, surtout ceux liés aux émetteurs AM et BLU de même que ceux liés au transpondeur et DME (signaux impulsions).

Il faut éviter également de placer des lignes audio à proximité de fils ou barres de distribution 115VAC 400 Hz ou à proximité d'équipements perturbateurs.

Sachez aussi que l'influence mutuelle d'un fil sur un autre est d'autant plus importante que ces fils sont proches et placés côte à côte.

Éviter les bouclages de masse :

Il faut éviter de provoquer la circulation d'un courant par la masse, car ce courant « bouclant » par la masse provoquera du bruit indésirable dans les signaux audio :



(Schéma : Pierre GILLARD)

Cet exemple simple illustre le pire cas de bouclage de masse que nous pouvons avoir. Imaginons, de plus, que les masses du micro, du casque et du haut-parleur sont reliées de manière interne au châssis du contrôleur audio, lui-même connecté au fil d'alimentation négatif (ce qui est le cas de systèmes bon marché pour l'aviation générale).

Plusieurs boucles de masse existent :

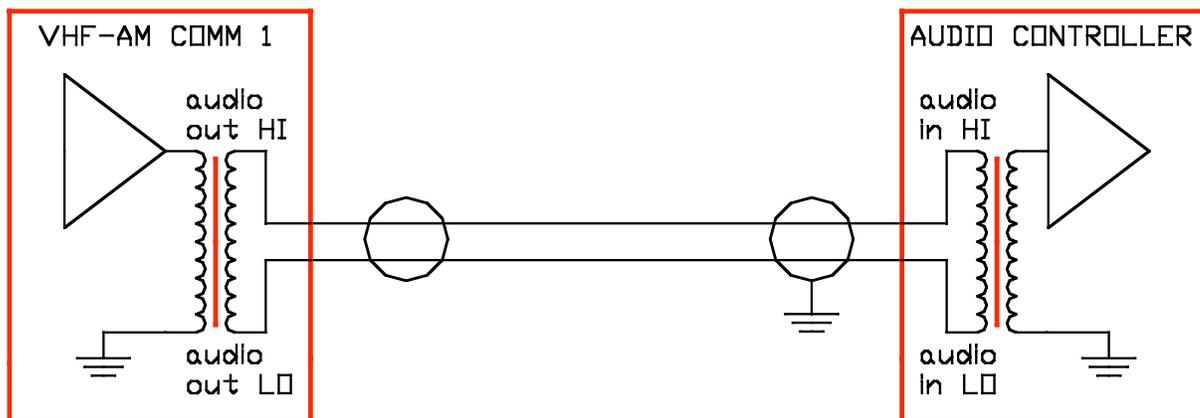
- Par le fil d'alimentation négatif, la masse de l'aéronef et le châssis du contrôleur audio.
- Par le blindage du fil du microphone et d'alternat, le connecteur du microphone mis mécaniquement à la masse de l'aéronef et le châssis du contrôleur audio.
- Par le blindage du fil de casque, le connecteur du casque mis mécaniquement à la masse de l'aéronef et le châssis du contrôleur audio.
- Par le fil de masse du haut-parleur raccordé à la masse de l'aéronef (celle-ci faisant office de conducteur négatif pour le haut-parleur) et le châssis du contrôleur audio.

La première n'aura pas grande influence sur l'audio. Par contre, toutes les autres risquent sérieusement de perturber la qualité des circuits audio et ce d'autant plus que les fils seront longs.

Comment faire pour améliorer l'installation ?

- En ce qui concerne le connecteur du microphone et du casque, la solution est immédiate : il faut les isoler de la masse de l'aéronef en utilisant des rondelles isolantes. Dès lors, il n'y aura plus de bouclage possible. Ne jamais utiliser la masse de l'avion comme conducteur de masse même en interrompant le fil du blindage juste avant le connecteur.
- Pour ce qui est du haut-parleur, il faut utiliser un fil blindé sans passer par la masse de l'aéronef. Le haut-parleur étant isolé, il n'y aura plus de bouclage possible ici non plus.
- Rien n'est à faire de plus pour le fil négatif d'alimentation, car il n'a aucune d'influence.

Avec les équipements plus évolués, nous avons beaucoup moins de problèmes grâce à l'utilisation d'entrées et de sorties dites « flottantes ». Bien souvent, ces entrées et sorties flottantes consistent en des primaires et des secondaires de transformateurs. Le blindage ne doit alors plus se connecter que d'un seul côté car il ne sert plus effectivement au transport du signal audio (ligne négative).



(Schéma : Pierre GILLARD )

### Tenir compte des niveaux et des impédances :

Tous les équipements avioniques n'ont pas tous les mêmes standards de niveaux ou d'impédances. Bien que cet aspect des choses soit étudié plus en détail au paragraphe suivant, il faudra veiller à ne pas brancher ensemble des équipements dont leur compatibilité n'est pas certaine.

Ainsi, par exemple, il sera impossible de faire fonctionner un casque de pilote de CF-18 avec un contrôleur audio d'aviation générale genre King KMA24 ou Narco CP136.

Au cours de la phase d'étude d'une installation audio, il est donc primordial de s'informer des modèles des casques, des microphones et des connecteurs de l'utilisateur ainsi que de prendre toutes les dispositions pour les rendre compatibles avec les avioniques et équipements sélectionnés.

Ensuite, il faut éviter que des bruits parasites externes ne viennent perturber les signaux audio en produisant des sons désagréables. Ces bruits parasites peuvent provenir des problèmes suivants :

- Mauvaise mise à la masse du ou des moteurs (tresse de masse absente, abîmée, corrodée, dévissée, etc.)
- Blindage des rampes d'allumage en mauvais état (moteurs à pistons).
- Mise à la masse d'une ou plusieurs magnétos déficiente (moteurs à pistons).
- Filtrage des magnétos déficient (moteurs à pistons).
- Filtrage des alternateurs ou des générateurs déficient.
- Câblage des lampes à éclat (« strobe lights ») déficient.

Par ailleurs, certains équipements sont « généreux » en perturbations en tout genre. Il est nécessaire de choisir des appareils rigoureusement étudiés et certifiés pour l'aviation. Il s'agit principalement :

- Des convertisseurs statiques (« static inverters » ou « voltage converters »).
- Des générateurs d'impulsions pour lampes à éclat (« strobe lights »).
- Des ordinateurs ou tout équipement faisant appel à des microprocesseurs ou microcontrôleurs.
- Etc.

Le fait d'être certifiés pour l'aviation n'exclut pas d'éloigner ces appareils le plus possible des lignes audio.

Pour terminer, il faut s'assurer de la pureté de la distribution DC. L'oscillation résiduelle alternative (« ripple ») doit être maintenue à un niveau le plus bas possible. Dans le cas contraire, cette oscillation résiduelle pourrait se faire entendre dans les circuits audio via les alimentations de ceux-ci.

Ceci conclut une série de recommandations bien utiles lorsqu'il s'agira de travailler sur des équipements audio.

## 2. Niveaux, impédances et connecteurs standards utilisés

Dans la pratique, on entend souvent parler de casques et de micros « bas niveau » ou « haut niveau ». Le terme niveau désigne la tension et une impédance.

En aviation générale et commerciale, on a tendance à utiliser des micros et des casques à haut niveau au contraire de l'aviation militaire qui emploie, d'ordinaire, des systèmes à bas niveau.

Un système à « haut niveau » se définit comme suit :

- Microphone** : 150 ohms (équivalent carbone ou dynamique amplifié, voir plus loin).
- Casque** : 150 ohms ou 600 ohms.

Un système à « bas niveau » se définit comme suit :

- Microphone** : 5 ohms (dynamique).
- Casque** : 8 ohms.

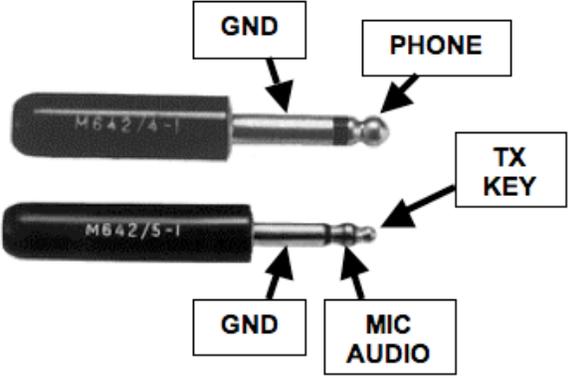
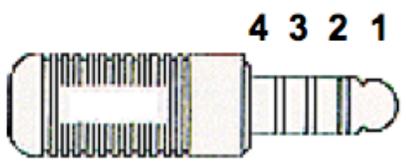
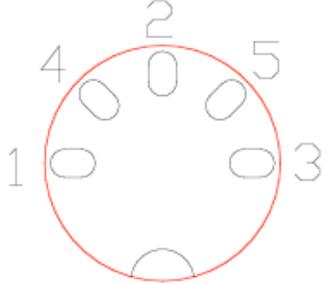
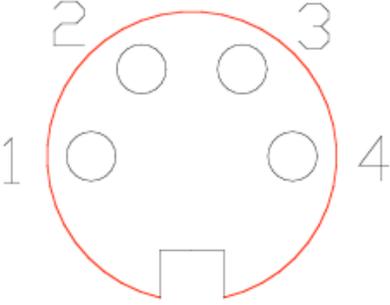
Il existe aussi un système dit « bas niveau » en France que l'on retrouve dans les applications militaires OTAN et parfois civiles (par exemple hélicoptères AEROSPATIALE/EUROCOPTER/AIRBUS HELICOPTERS équipés de contrôleurs audio et d'interphones de la marque TEAM) :

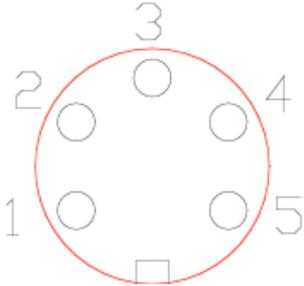
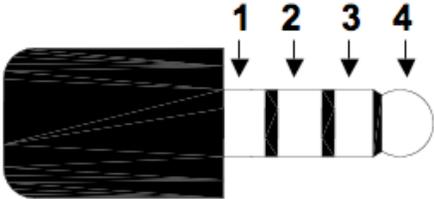
- Microphone** : 75 ohms (dynamique).
- Casque** : 150 ohms ou 600 ohms.

Le système « bas niveau » offre l'avantage de pouvoir utiliser des microphones dynamiques non amplifiés (très fiables), mais présente aussi l'inconvénient de ne pas pouvoir utiliser des lignes de longueurs importantes vu la faible impédance qui deviendrait d'un ordre de grandeur similaire à la résistance du fil (d'où perte de puissance et affaiblissement du niveau). C'est pourquoi, on déconseille l'usage de fils de calibre inférieur à 22 pour ces applications. Un autre inconvénient par rapport au « haut niveau » est l'influence de parasites externes dont le niveau peut facilement être du même ordre de grandeur que le signal audio. Il faut donc bien veiller à la protection de ces signaux.

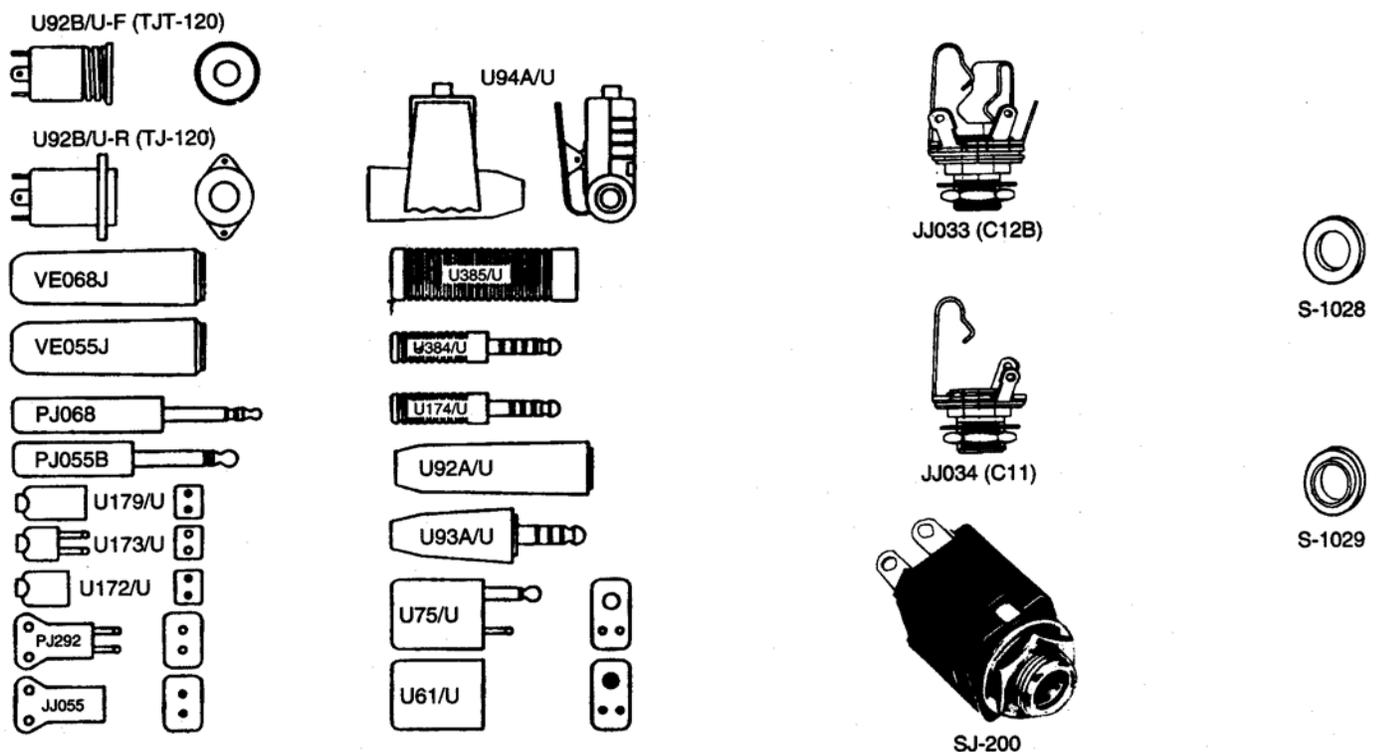
Outre le fait qu'il existe des niveaux et des impédances différents, les connecteurs peuvent aussi varier d'une application à l'autre. Nous avons résumé dans le tableau à la page suivante les principaux types de connecteurs audio utilisés en aviation tout en expliquant leur branchement ainsi que leurs principales applications.

Il bon de noter que certains casques civils répondent aux normes TSO tandis que d'autres non. Une des particularités des casques TSO est de pouvoir fonctionner normalement même si les fils du micro sont inversés. Certains modèles des marques PELTOR et SEINNHEISER, par exemple, n'ont pas cette propriété et ne pourront pas fonctionner sur certaines installations (sauf en croisant les fils de l'installation).

Type, représentation et branchement :	Applications :	Impédances usuelles :
<p><b>1. Connecteurs type « aviation générale »</b></p> 	<p>Avions de tourisme Avions d'affaire Avions commerciaux</p>	<p>Microphone : 150 Ω Ecouteurs : 150/600 Ω</p>
<p><b>2. Connecteurs U-93A/U et U-174/U</b></p>  <p>4 3 2 1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 = MIC GND</li> <li>2 = PHONE HI</li> <li>3 = MIC AUDIO</li> <li>4 = PHONE LO</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 = MIC AUDIO</li> <li>2 = PHONE HI</li> <li>3 = MIC GND</li> <li>4 = PHONE LO</li> </ul>	<p>Aviation militaire (US, NATO)</p> <p>Hélicoptères civils</p>	<p>Microphone : 5 Ω Ecouteurs : 8 Ω</p> <p>Microphone : 150 Ω Ecouteurs : 150/600 Ω <i>Remarque :</i> les casques TSO peuvent fonctionner avec les connexions 1 et 3 inversées</p>
<p><b>3. Connecteur DIN 5</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>1 = PHONE LO</li> <li>2 = MIC AUDIO</li> <li>3 = PHONE HI</li> <li>4 = MIC GND</li> <li>5 = TX KEY</li> </ul>	<p>Avions, planeurs et hélicoptères civils allemands</p>	
<p><b>4. Connecteur XLR « Cannon »</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>1 = PHONE HI</li> <li>2 = PHONE LO</li> <li>3 = MIC AUDIO</li> <li>4 = MIC GND</li> </ul>	<p>Avions commerciaux (Airbus, Boeing, ...)</p>	<p>Microphone : 150 Ω Ecouteurs : 150/600 Ω</p>

<p><b>5. Connecteur russe à cinq contacts</b></p>  <p>1 = PHONE HI 2 = PHONE LO 3 = SHIELD 4 = MIC AUDIO 5 = MIC GND</p>	<p>Avions et hélicoptères russes, civils et militaires</p>	
<p><b>6. Connecteur NATO FJ-3A</b></p>  <p>1 = PHONE HI 2 = PHONE LO 3 = MIC GND 4 = MIC AUDIO</p>	<p>Avions et hélicoptères militaires (France et NATO) Hélicoptères civils français (Aérospatiale, Eurocopter)</p>	<p>Microphone : 75 Ω Ecouteurs : 150/600 Ω</p>

Afin de faciliter la sélection de connecteurs, nous avons établi la liste complète des modèles les plus couramment utilisés. À chaque fois, nous avons établi la correspondance entre les fiches mâles (« plugs »), les prises femelles (« jacks ») et les châssis femelles (« receptacles ») :



<b>PLUG :</b>	<b>JACK :</b>	<b>RECEPTACLE :</b>
PJ068 (mic + PTT)	VEJ068J (mic + PTT)	JJ033 (mic + PTT)
PJ055B (phone)	VEJ055J (phone)	JJ034 (phone) SJ-200 (stereo phone)
		rondelles isolantes : S-1028/S-1029
U93A/U U174/U	U92A/U U94A/U (PTT incl.)	U92B/U-F (front mount) U92B/U-R (rear mount)
FJ-3A (Silec SP113)	JK-2A (Silec SP114)	JK-1A (Silec SP112)
U173/U PJ292	U172/U U179A/U JJ055	
U75/U	U61/U	
U384/U	U385/U	

*Remarque :* le système NATO n'est pas repris.

### **3. Les microphones et les écouteurs**

#### **3.1. Considérations générales**

Dans les systèmes les plus simples (aviation générale), on utilise un haut-parleur, un microphone et un alternat branchés sur un émetteur-récepteur VHF-AM. Ce type d'installation audio est adéquat pour autant que le bruit reste relativement faible.

Dès que le niveau sonore croît, il est souhaitable, d'une part, de protéger les oreilles des équipages contre l'agression continue du bruit et, d'autre part, d'isoler le mieux possible les conversations du bruit ambiant. Le meilleur moyen pour résoudre ces deux problèmes est l'utilisation de casques (« headsets »).

À partir de 90 dB, le port d'un casque est souhaitable et au-delà de 100 dB, il devient indispensable. Dans ce cas, on parle de casques « fermés », car isolant du bruit ambiant. En dessous de ces valeurs, on peut utiliser des casques « ouverts » (genre casque de Walkman avec un microphone sur support flexible) pour des raisons de confort.

Un autre avantage du port d'un casque est qu'il ne nécessite pas l'usage d'une main pour prendre le micro et le tenir devant la bouche. Tous les casques pour aviation ont un microphone monté sur un support flexible, ce qui permet au pilote de garder les mains sur les commandes de vol (lorsqu'il voudra transmettre, il appuiera simplement sur un alternat placé sur une commande de vol). Ceci est particulièrement utile pour les pilotes d'hélicoptères.

### 3.2. Les microphones

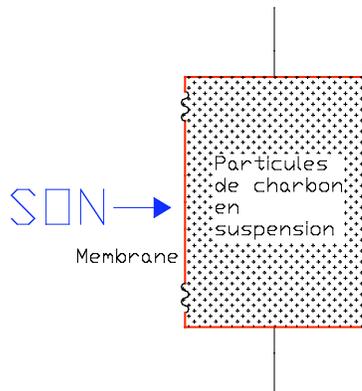
Plusieurs types de microphones sont utilisés en aviation :

- Les microphones au charbon.
- Les microphones à électret.
- Les microphones dynamiques.
- Les microphones dynamiques amplifiés.

Tous ont des avantages et des inconvénients que nous allons détailler par la suite. Tous peuvent exister en version « micro à main » (« hand microphone ») ou en version pour casques (« boom microphone »). Certains micros sont placés dans les masques à oxygène lorsque les pilotes doivent en porter (vols à haute altitude, dépressurisation, avions militaires).

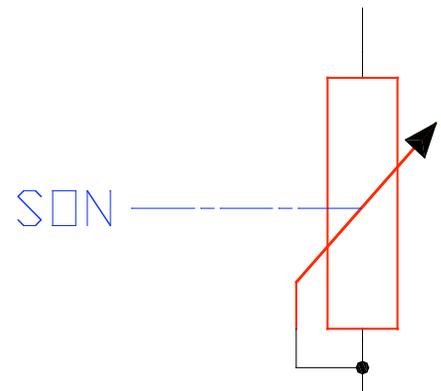
#### Les microphones au charbon :

Il s'agit du premier type de microphone utilisé en aviation. Le principe de fonctionnement en est simple. Une pastille enferme des particules de charbon en suspension. Un des côtés de la pastille est une membrane mobile qui peut venir comprimer ou détendre le volume de particules de charbon. Si un son fait vibrer la membrane, celle-ci comprimera et détendra le volume de particules à la fréquence de ce son. Or cette variation de volume de particules de charbon fera fluctuer la résistance électrique de ce volume. Il suffit donc de brancher deux fils aux extrémités de la pastille pour obtenir une résistance variant avec la fréquence d'un son.



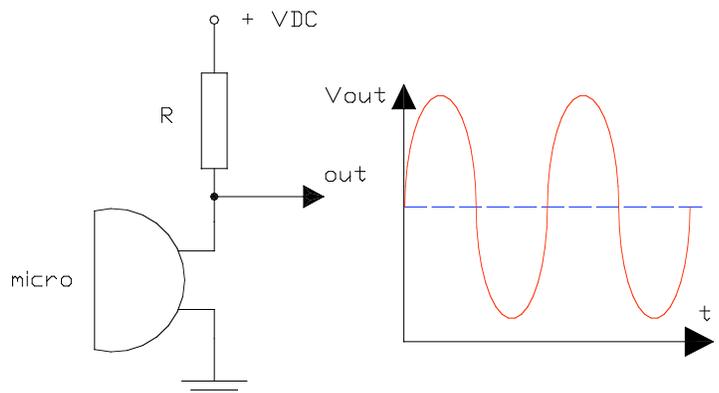
(Schéma : Pierre GILLARD)

... est équivalent à ...



(Schéma : Pierre GILLARD)

Le fonctionnement de ce type de microphone requiert une alimentation DC et une résistance additionnelle. Le montage fonctionne simplement en pont résistif dont une des résistances (le microphone au charbon) est variable.



(Schéma : Pierre GILLARD)

Lorsqu'un son fait varier la résistance du micro, une tension continue est obtenue au point milieu du diviseur résistif (valant le rapport de division au repos multiplié par VDC) sur laquelle est superposée la tension alternative produite par la variation de résistance du micro, donc par le son. En récupérant simplement cette composante alternative, le signal relatif au son sera extrait.

Un premier problème du microphone au charbon est de nécessiter une alimentation DC. Un autre problème du microphone au charbon est qu'il vieillit plus vite que les autres types de microphones. En effet, les particules de charbon, au fil du temps, vont s'agglomérer entre elles de même que sur les parois de la pastille modifiant, ainsi, la valeur de la résistance et entraînant, dès lors, une efficacité réduite du micro. Ce phénomène peut être rapidement accéléré avec la chaleur. Il suffit parfois de laisser un micro au charbon durant un après-midi au soleil pour qu'il soit ensuite totalement inutilisable. Une façon de constater qu'un micro au charbon est en phase de vieillissement est de le brancher sur un interphone et de le secouer de manière modérée : si un bruit de mouvement est audible dans l'écouteur, il est temps de remplacer la pastille.

Par contre, un grand avantage de ce type de microphone est son niveau de sortie important (plusieurs centaines de millivolts). Il est donc à classer dans la catégorie des micros à « haut niveau » avec tous les avantages que cela représente. Un autre avantage est son faible coût.

Les microphones au charbon sont de moins en moins utilisés actuellement. Ils sont souvent remplacés par des micros à électret. Toutefois, il reste une application intéressante du microphone au charbon : le laryngophone. Il s'agit de deux pastilles au charbon câblées en série et montées sur une lanière. En plaçant la lanière autour du cou et en s'arrangeant pour que les pastilles soient en contact avec la gorge, le pilote disposera d'un système de microphone main libre. Avant l'introduction des microphones sur flexibles, ce principe était couramment utilisé sur les avions militaires (... voir les films de guerre !) Un des grands avantages du laryngophone est d'être totalement immunisé au bruit environnant. Il peut donc être utilisé dans toutes les applications où le niveau sonore est élevé (treuilliste d'hélicoptère, par exemple). Néanmoins, de nos jours, le laryngophone est, dans la majorité des cas, remplacé par des microphones dynamiques de qualité entourés de mousse anti-vent.

### Les microphones à électret :

Le microphone à électret fonctionne suivant un principe quelque peu similaire au micro au charbon, mais une capsule capacitive est utilisée en lieu et place d'une pastille résistive. Dans ce cas-ci, une des plaques du condensateur est constituée par la membrane mobile sensible au son. Au diélectrique compris entre les deux plaques du condensateur correspond une valeur de capacité. Si une des deux plaques est mobile, la distance diélectrique varie avec les mouvements de la plaque, de même que la capacité. Si la capacité varie, on est capable de récupérer un signal alternatif lié à cette variation.

Tout comme pour le micro au charbon, une alimentation DC est nécessaire. Mais, en plus, un amplificateur est nécessaire pour augmenter le niveau de sortie et le rendre compatible avec le niveau des micros au charbon. C'est ce qu'on appelle, dans le langage courant aéronautique « carbon equivalent » (ou équivalent charbon). Cet amplificateur (souvent constitué d'un circuit intégré unique et de quelques composants externes) est logé dans le boîtier du microphone pour les micros à main et dans une des deux coquilles pour les casques. Parfois, un petit potentiomètre de réglage est présent et permet d'ajuster le niveau à l'aide d'un petit tournevis (au laboratoire uniquement ! Ne jamais toucher à ce réglage sans appareil de mesure et procédure adéquats).

L'avantage du microphone électret réside dans la qualité et la pureté du son. Par contre, il est parfois fragile et peut être considéré comme un peu moins fiable du fait de l'emploi d'un amplificateur pour le rendre compatible « haut niveau ».

#### Les microphones dynamiques :

Les microphones dynamiques usuels sont à bas niveau. Ils consistent en une membrane faisant osciller un noyau magnétique dans une bobine. Cette oscillation créera une force électromotrice dans la bobine qu'il suffira de récupérer sans autre artifice. En somme, un micro dynamique est un haut-parleur « fonctionnant à l'envers ».

La majorité des microphones à « bas niveau » de 5 ou 75 ohms sont de ce type. Ils sont surtout utilisés en aviation militaire ou dans les planeurs.

Leur avantage principal est de ne nécessiter aucune source externe pour fonctionner. Ils sont en général très robustes (un atout pour les applications militaires !) Certains de ces microphones ont également la propriété d'être peu sensibles au bruit environnant.

Leur unique inconvénient est d'être à « bas niveau ».

#### Les microphones dynamiques amplifiés :

Pour rendre les microphones dynamiques compatibles « carbon equivalent », il suffit d'amplifier le signal de sortie pour le faire monter à un « haut niveau ». Se faisant, ils perdent leur avantage d'autonomie.

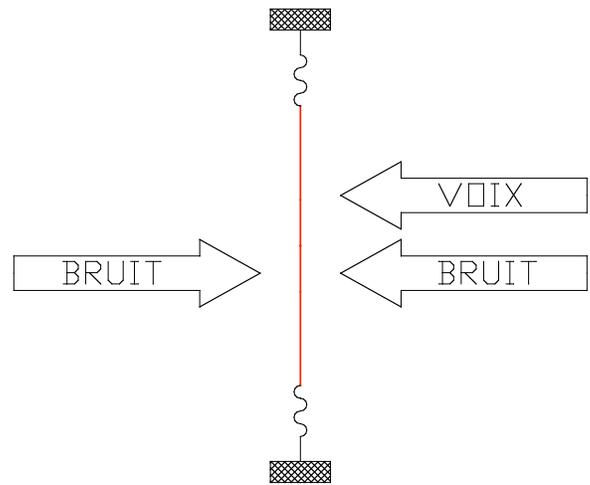
Quelles sont les propriétés auxquelles doivent répondre ces micros pour convertir valablement la voix en un signal électrique ? Comment, dans le cas de radiocommunications aéronautiques, produire un message intelligible dans une bande passante s'étendant de 300 Hz à 3 kHz sans vouloir faire de la « Hi-Fi » ?

#### Immunité au bruit :

Dans un avion ou un hélicoptère, le bruit présent dans le cockpit peut avoir plusieurs origines :

- Moteurs.
- Hélices ou rotors.
- Aérodynamique.
- Vent et souffle des rotors.

Il faut donc trouver un moyen simple pour éliminer ce bruit et transmettre uniquement le son de la voix du pilote. Ce moyen consiste à pratiquer deux ouvertures dans le microphone. La membrane mobile subissant de chaque côté une pression égale et opposée due au bruit, ce dernier est donc annulé. Quant à la voix du pilote, comme sa pression ne s'exerce que d'un seul côté de la membrane, seul ce signal sera généré par le microphone.



(Schéma : Pierre GILLARD)

Certains microphones montés dans des tubes acoustiques sur des casques ne sont pas immunisés au bruit. Ils ne conviennent, dès lors, uniquement qu'aux avions silencieux. En général, les micros dynamiques de planeurs ne sont pas non plus immunisés au bruit (et pour cause ...)

#### Technique du microphone :

Lorsque l'on utilise un microphone d'aviation dans un milieu bruyant, il faut parler aussi près que possible du micro (les lèvres doivent effleurer le micro). Il vaut mieux également ne pas placer le microphone face au centre de la bouche, mais plutôt le décaler sur un des côtés pour éviter les plosives (« P »), les « chuintements » et les « T » prononcés qui risquent de provoquer de la distorsion dans le signal émis par le micro. Les bons microphones sont peu sensibles à ce genre de phénomènes.

#### Distorsion réduite :

Si de la distorsion est présente dans le signal du microphone, le message vocal perd de son intelligibilité avant même d'être émis sur les ondes. Une impression de craquements ou de grondement se fera entendre en même temps que la voix du fait que la distorsion entraîne inévitablement la génération d'harmoniques. Comme, en général, la distorsion se fait surtout sentir aux basses fréquences, les premières harmoniques sont présentes dans le spectre audible (300 Hz – 3 kHz). Les bons microphones sont prévus pour limiter le phénomène de distorsion.

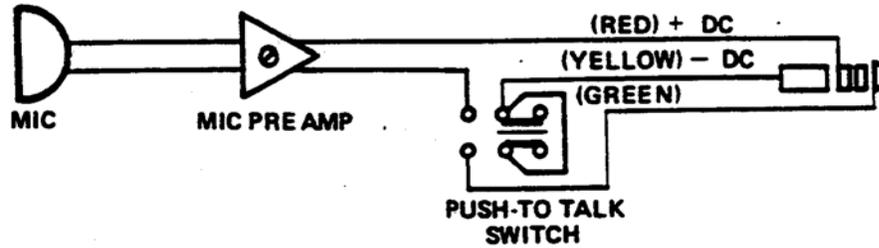
#### Immunité aux interférences :

Essentiellement, les interférences peuvent être de deux types :

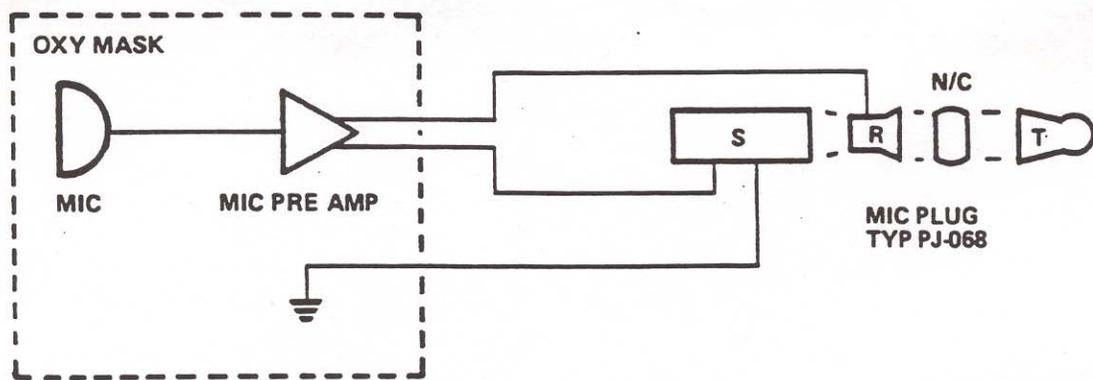
- Radio fréquences (RFI, *Radio Frequency Interference*) dues à une antenne mal adaptée, à un blindage déficient dans le micro ou son préamplificateur, etc.
- Electro magnétiques (EMI, *Electro Magnetic Interference*) provenant d'une source de courant rayonnante à 400 Hz.

Ces deux types d'interférences peuvent sérieusement perturber le fonctionnement d'une émission. Les microphones au charbon et à électret ne sont pas influencés par ces interférences. Par contre, il faudra tenir compte de ce problème avec les microphones dynamiques qui doivent être correctement protégés et blindés.

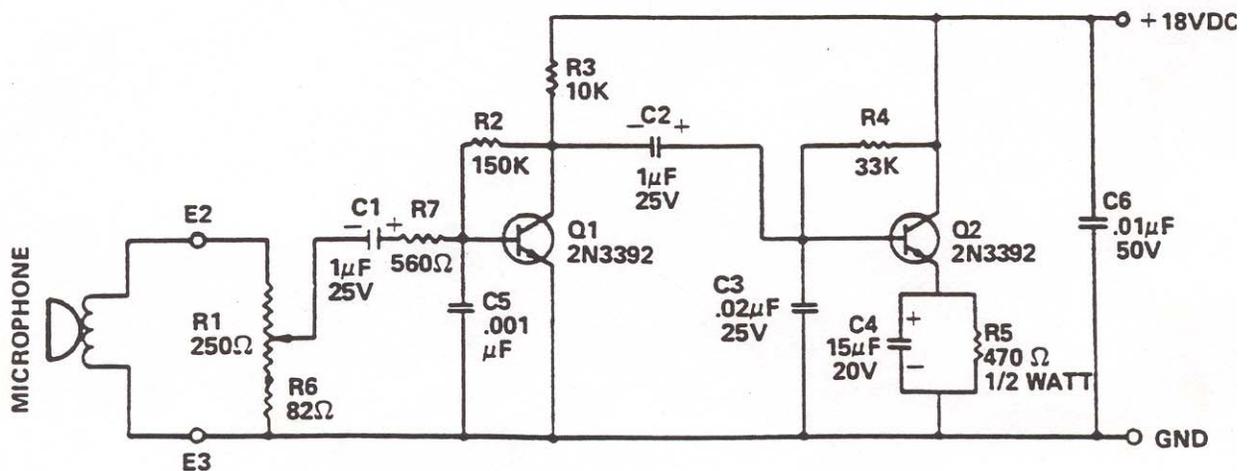
Pour terminer cette présentation sur les microphones, voyons, tout d'abord, le câblage d'un microphone à main. Tous les micros à main disposent d'un alternat qui coupe aussi le signal du son (en interrompant la masse) :



Ensuite, regardons un peu plus en détail le préamplificateur d'un microphone dynamique de masque à oxygène :



TYPICAL OXYGEN MASK MICROPHONE



### 3.3. Les écouteurs et les casques

Les casques sont composés de deux parties :

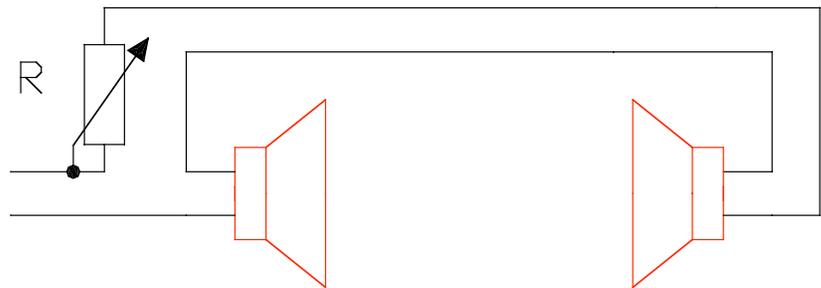
- Le microphone.
- Les écouteurs.

Tout ce qui concerne les microphones a été dit à la section précédente.

Pour ce qui est des écouteurs, trois configurations principales existent :

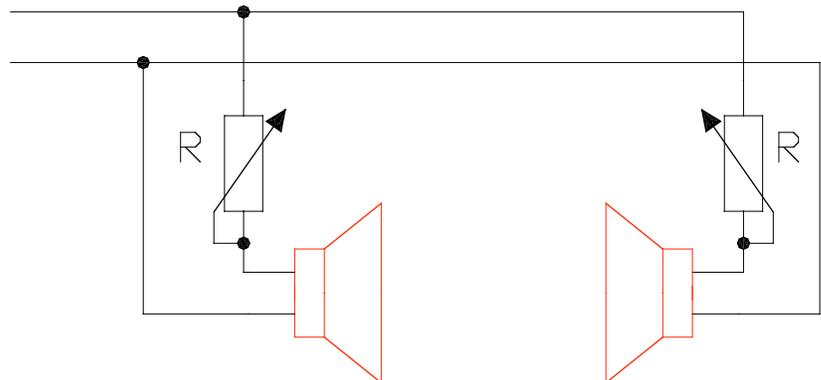
- Deux écouteurs de 300 ohms en série (haut niveau).
- Deux écouteurs de 300 ohms en parallèle (haut niveau).
- Deux écouteurs de 16 ohms en parallèle (bas niveau).

Dans la plupart des cas, la configuration « en série » sera retenue. Elle permet d'ajouter un potentiomètre de réglage du volume entre une certaine valeur basse (jamais nulle !) et une valeur maximum (potentiomètre court-circuité) pour le confort du pilote.



(Schéma : Pierre GILLARD)

Parfois, sur certains casques de luxe, un potentiomètre de volume par écouteur est prévu pour permettre une perception identique du son dans chaque oreille (ce qui est utile pour un pilote ayant une oreille légèrement déficiente par rapport à l'autre). Dans ce cas, la configuration « parallèle » est retenue.



(Schéma : Pierre GILLARD)

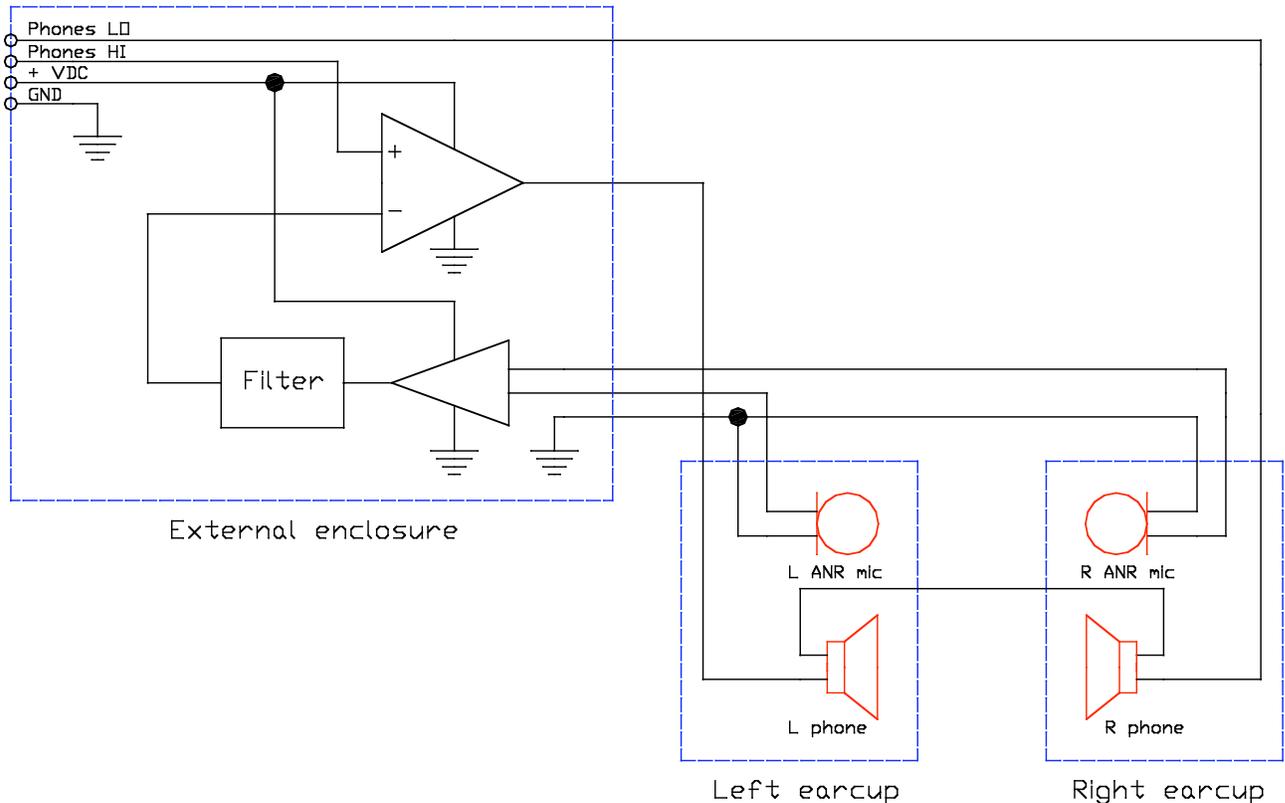
Au niveau de l'isolation au bruit, il existe deux grandes familles de casques :

- Les casques fermés (coquilles) atténuant le bruit passivement au maximum.
- Les casques ouverts (genre casque de Walkman avec micro sur flexible) n'atténuant aucunement le bruit.

L'atténuation du bruit d'un casque (NRR ou « Noise Reduction Rating ») répond à des normes bien précises. Un casque d'hélicoptère aura, en général, une atténuation NRR de 21 dB au minimum (24 dB serait préférable). Voici un exemple de relevé de courbe d'un casque ayant un NRR de 21 dB :

Fréquence centrale (Hz)	125	250	500	1000	2000	3150	4000	6300	8000
Atténuation moyenne (dB)	15.7	17.9	23.7	26.9	28.1	34.1	38.8	37.3	38.0
Déviat ion standard (dB)	2.4	1.8	2.4	2.2	2.2	3.1	2.5	3.0	2.2

On constate que l'atténuation est plus importante en haute fréquence qu'en basse fréquence. Or, les fréquences les plus nuisibles pour l'oreille sont les basses fréquences. Pour améliorer l'atténuation à ces basses fréquences, la grande majorité des fabricants de casques proposent maintenant des systèmes de réduction de bruit actifs. Ces systèmes consistent à prélever, à l'aide de microphones, le bruit résiduel dans les coquilles du casque et, après filtrage, de le renvoyer en opposition de phase dans les écouteurs. Ce principe est actuellement utilisé pour réduire le bruit à l'intérieur de cabines d'avions bruyants (turbopropulseurs).



(Schéma : Pierre GILLARD)

L'inconvénient des systèmes ANR (*Active Noise Reduction*) est de nécessiter une alimentation DC extérieure, soit sous forme de boîtier de piles, soit via le bus DC de l'aéronef.

Pour conclure le sujet de l'atténuation, dans le cas de casques fermés, il est important qu'il y ait une isolation parfaite entre la coquille et le contour de l'oreille. Les fabricants offrent souvent deux possibilités de coussinets d'isolation :

- Des coussinets contenant du gel.
- Des coussinets constitués de mousse.

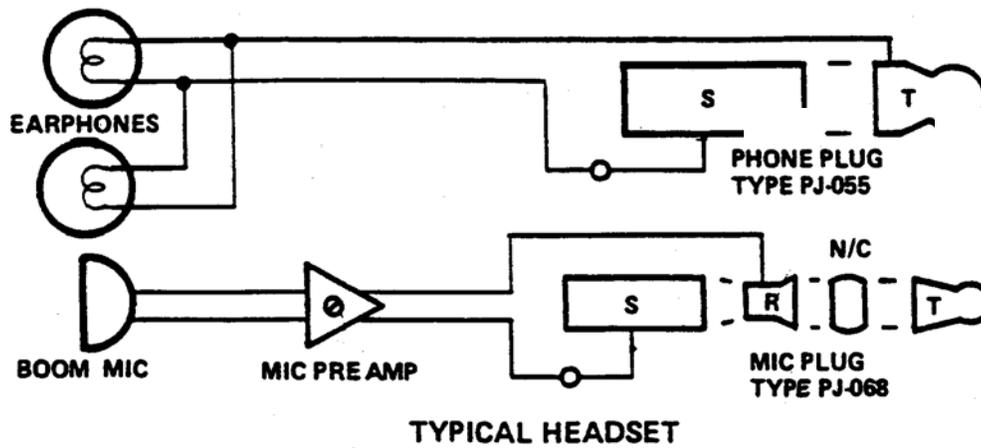
Les coussinets au gel s'adaptent mieux au contour de l'oreille, mais présentent l'inconvénient de tâcher les vêtements en cas de fuite du liquide.

En ce qui concerne les écouteurs proprement dits, les normes TSO C-57 et C-57a exigent que ceux-ci soient correctement perméables à l'air de manière à ce qu'ils n'explorent ou n'implorant pas lors de variations de pressions dues à l'altitude. De plus, il faut qu'ils puissent résister à des conditions de température et d'humidité bien précises. C'est pour ces raisons que les membranes des écouteurs sont fabriquées en métal ou en mylar (au contraire des membranes des écouteurs stéréophoniques de systèmes de son qui sont fabriquées en carton).

On peut donc résumer les critères de choix d'un casque de la manière suivante :

- Atténuation importante ou non ?
- ANR ou atténuation passive ?
- Type de microphone ?
- Confort ?
- Impédances compatibles avec l'aéronef ?
- Répond aux normes TSO C-57 et C-57a ?
- Type de connecteurs ?

Pour conclure cette description, voici un exemple de connexions d'un casque équipés des fiches PJ-055 et PJ-068 :



#### 4. Test et identification des lignes audio

Au vu des différents schémas précédents, les installations audio peuvent être très complexes. Pour pouvoir tester valablement les différentes fonctions, il faut être extrêmement méticuleux. Afin de ne rien oublier au cours d'une procédure de test, les opérateurs utilisent parfois des feuilles de tests à remplir au fur et à mesure des vérifications.

Par ailleurs, si un jour, vous devez retrouver le fil du micro et le fil des écouteurs parmi deux fils blindés arrivant à un connecteur de casque et si ceux-ci ne sont pas identifiés, voici une méthode de travail : vous prenez un voltmètre et vous choisissez le calibre 20 VDC. Vous mettez l'interphone ou le système audio en fonction et vous mesurez la tension de chacun des fils par rapport à son blindage. Celui des deux présentant une tension continue fixe est le fil du micro (du fait de l'alimentation DC des micros). Cette méthode n'est valable, évidemment, que pour les lignes à hauts niveaux.

Si l'on veut maintenant identifier une ligne micro d'une ligne d'alternat dans un fil blindé double, il suffit de mettre le contrôleur audio et/ou la radio en fonction (choisissez une fréquence où vous n'allez rien perturber; donc celle de la tour de Dorval est à éviter !) et de mettre en contact tour à tour les deux fils avec le blindage : celui des deux qui met les équipements en transmission est le fil d'alternat.