

**ÉNA** ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE  
COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPÉRIÉ

Collège Édouard-Montpérier  
École nationale d'aérotechnique



Image : Bose

## Généralités au sujet des systèmes audio

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ÉNA** ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE  
COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPÉRIÉ

Collège Édouard-Montpérier  
École nationale d'aérotechnique

### Avant de débiter le cours ...



# Merci !

© Département d'avionique Document à des fins de formation

## Présentation du cours



Pierre GILLARD/2013-220758

- Introduction.
- Le son.
- La bande passante.
- Les amplificateurs à transistors.
- Les amplificateurs opérationnels.
- Microphones et écouteurs.
- Systèmes de réduction du bruit.
- Niveaux et impédances utilisés.
- Connectique.
- Les fils blindés.
- Conclusions.

## Introduction


- Contrairement à ce que l'on pourrait imaginer, les systèmes audio représentent toujours un des plus grands défis pour les techniciens en avionique.
- En effet, les causes de problèmes peuvent être multiples :

- ✓ Proximité de sources RF.
- ✓ Proximité de sources AC à 400 Hz.
- ✓ Problèmes d'adaptation de niveaux et d'impédances.
- ✓ Parasites divers (magnétos, allumages, lampes à éclat, etc.)
- ✓ Électricité statique.
- ✓ Mauvaise utilisation des équipements.
- ✓ Bruit ambiant.

- Dans tous les cas, l'usage des équipements audio sera désagréable pour l'équipage en cas de problème.



ÉCOLE NATIONALE  
D'AÉROTECHNIQUE  
COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPESIT



Collège  
Édouard-Montpesit  
École nationale d'aérotechnique

---

## Introduction


Image : Becker



- Actuellement, on peut trouver à bord des aéronefs des systèmes audio :
 

- ✓ Analogiques.
  - ✓ Numériques.
- Ces deux catégories de systèmes audio seront étudiées dans le cadre de ce cours.

© Département d'avionique
Document à des fins de formation



ÉCOLE NATIONALE  
D'AÉROTECHNIQUE  
COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPESIT




Collège  
Édouard-Montpesit  
École nationale d'aérotechnique

---

## Le son

### Définitions

Image : DeCommons (domaine public)



- On pourrait définir le son comme étant la vibration mécanique d'un fluide produite par une source vibrant à une ou plusieurs fréquences.
- Le son se propage par une onde longitudinale de pression grâce à la déformation élastique du fluide en question.
- Le sens de l'ouïe permet aux êtres humains et à un grand nombre d'animaux de percevoir les variations de pression caractérisant le son.

© Département d'avionique
Document à des fins de formation

## Le son

### Propagation du son

- La vitesse de propagation du son (célérité) dans un fluide ou un matériau peut dépendre de plusieurs paramètres :

- ✓ Masse volumique du fluide ou du matériau.
- ✓ Pression ambiante.
- ✓ Température.
- ✓ Compressibilité du fluide ou du matériau.
- ✓ Autres paramètres thermodynamiques.

- Déterminer la vitesse de propagation du son dans des conditions bien précises est donc assez complexe.

## Le son

### Propagation du son

- Pour information, voici quelques exemples de vitesses de propagation du son dans différents cas :

Vitesse du son dans l'air (c)  
en fonction de l'altitude :

Milieu de propagation :	Vitesse du son :
Air, au niveau du sol	environ 340 m/s
Eau	1482 m/s
Acier	5600 à 5900 m/s

Altitude en m	θ en °C	P en kPa	c en m·s <sup>-1</sup>	ρ en kg·m <sup>-3</sup>
0	15,00	101,33	340,3	1,225
200	13,70	98,95	339,5	1,202
400	12,40	96,61	338,8	1,179
600	11,10	94,32	338,0	1,156
800	9,80	92,08	337,2	1,134
1 000	8,50	89,88	336,4	1,112
2 000	2,00	79,50	332,5	1,007
3 000	-4,49	70,12	328,6	0,909
4 000	-10,98	61,66	324,6	0,819
6 000	-24,0	47,22	316,5	0,660
8 000	-36,9	35,65	308,1	0,526
10 000	-49,9	26,50	299,5	0,414
12 000	-62,9	19,40	295,1	0,312

## Le son

### Ce qui caractérise le son

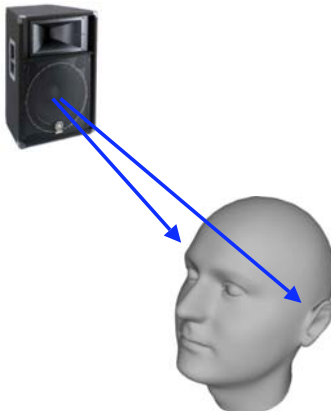


- La provenance ou la direction de propagation.
- L'intensité sonore (ou volume, ou sonie).
- La hauteur ou la tonalité du son.
- Le rythme.
- Le timbre.

## Le son

### Ce qui caractérise le son

#### La provenance ou la direction de propagation



- L'être humain peut déterminer l'origine d'un son.
- Le cerveau analyse la différence de temps entre des sons identiques perçus par chacune des deux oreilles.
- Si la vitesse du son augmente (exemple : dans l'eau), il sera plus difficile de déterminer l'origine d'un son.

## Le son

### Ce qui caractérise le son

#### L'intensité sonore



- L'intensité sonore se règle sur les systèmes de son par la commande de volume.
- L'intensité sonore donne l'impression d'un son plus ou moins fort.
- Au-delà d'une certaine intensité sonore, des lésions parfois irréversibles peuvent être causées aux oreilles.
- La variation d'intensité sonore est logarithmique alors que la perception semble linéaire.

## Le son

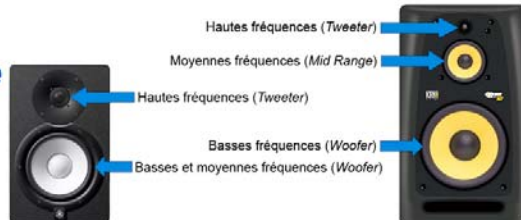
### Ce qui caractérise le son

#### La hauteur ou la tonalité

- La hauteur d'un son est liée à sa fréquence.
- Les sons à basses fréquences sont appelés « graves ».
- Les sons à moyennes fréquences sont appelés « médiums ».
- Les sons à hautes fréquences sont appelés « aiguës ».

**Enceinte  
acoustique  
à 2 voies**

Image : Pierre GILLARD



**Enceinte  
acoustique  
à 3 voies**

## Le son

### Ce qui caractérise le son

#### Le rythme

- Il s'agit de la répétition de certains sons au fil du temps.
- En musique, souvent, le rythme est donné par les percussions.

Image : auteur inconnu



© Département d'avionique

Document à des fins de formation

## Le son

### Ce qui caractérise le son

#### Le timbre





Photo : Antoine Saito/OSM

- Le timbre est, dans un signal acoustique, ce qui permet d'identifier la source du son.
- On parle parfois de « sons chauds » et de « sons froids ».
- La perception des timbres des sons est une question de psychoacoustique.

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

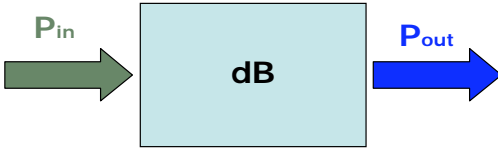



## Le son

### Unités utilisées pour caractériser le son



#### Le décibel

- L'expression générale du decibel (dB) est la suivante :

$$dB = 10 \times \log \frac{P_{out}}{P_{in}}$$


- Le decibel représente donc dix fois le logarithme d'un **RAPPORT** de puissances et n'a pas d'unité.

© Département d'avionique Document à des fins de formation

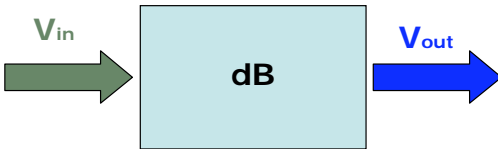



## Le son

### Unités utilisées pour caractériser le son

#### Le décibel

- On peut, à impédance constante, utiliser l'expression suivante :

$$dB = 20 \times \log \frac{V_{out}}{V_{in}}$$


- Le decibel représente alors vingt fois le logarithme d'un **RAPPORT** de tensions et n'a pas d'unité.

© Département d'avionique Document à des fins de formation



## Le son

### Unités utilisées pour caractériser le son

#### Le décibel

- Mais, en **audio**, il existe plusieurs variantes du décibel selon la référence 0 dB choisie.
- Il s'agit donc de décibels que l'on peut qualifier d'« absolus ».

#### En téléphonie :

**dBu** : *u* signifiant « *unloaded* »

**0 dBu** correspond à une tension de **775 mV** dans une impédance de **600 Ω**. Dans cette situation, la puissance est de **1 mW**.

## Le son

### Unités utilisées pour caractériser le son

#### Le décibel

- Mais, en **audio**, il existe plusieurs variantes du décibel selon la référence 0 dB choisie.
- Il s'agit donc de décibels que l'on peut qualifier d'« absolus ».

#### En acoustique :

**dB SPL** : *SPL* signifiant « *sound pressure level* »

**0 dB SPL** correspond à une intensité acoustique dont la référence est **1 pW/m<sup>2</sup>** ou une pression acoustique de **20 μPa**.

## Le son

### Unités utilisées pour caractériser le son

#### Le décibel

- Mais, en **audio**, il existe plusieurs variantes du décibel selon la référence 0 dB choisie.
- Il s'agit donc de décibels que l'on peut qualifier d'« absolus ».

#### *En acoustique :*

**dBA, B ou C** : A, B ou C correspond à une courbe

A, B (peu utilisée) ou C correspondent à des **courbes de filtrage de fréquences** qui représentent la sensibilité de l'oreille pour les sons à niveaux faibles et moyens (A), ou moyens et forts (C).

## Le son

### Unités utilisées pour caractériser le son

#### Le décibel

- Le **dB SPL** est le décibel « du langage commun » qui caractérise le bruit ou le niveau sonore :

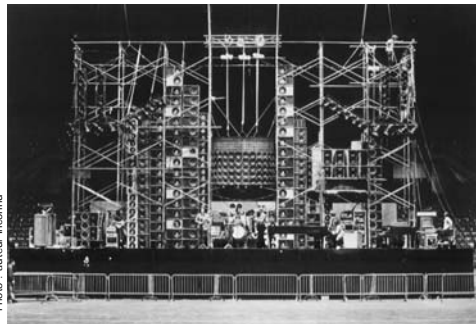


Photo : auteur inconnu

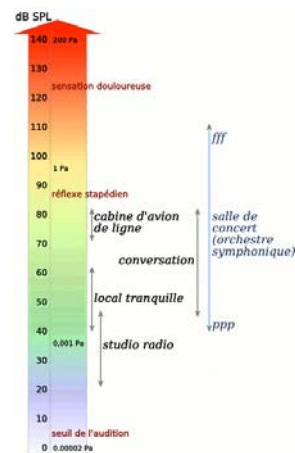


Image : Wikipedia (domaine public)

## Le son

### Unités utilisées pour caractériser le son

#### Le Hertz

- Un son est également caractérisé par une fréquence exprimée en Hertz.
- La fréquence d'un son s'étend des infrasons (< 15 Hz) jusqu'aux ultrasons (> 20 kHz, jusqu'à 10 MHz).
- On peut également définir une octave comme étant l'intervalle séparant deux sons dont la fréquence fondamentale du plus aigu est le double de celle du plus grave.
- Une octave divisée en plusieurs sous-intervalles permet de définir les gammes.
- À chaque note de musique (do, ré, mi, fa, sol, la et si) correspond une fréquence bien définie pour chaque octave.

## Le son

### Unités utilisées pour caractériser le son

#### Le Hertz

- Voici la correspondance entre les notes de musique et les fréquences pour chaque octave.

Note/octave	0	1	2	3	4	5	6	7
Do	32,70	65,41	130,81	261,63	523,25	1046,50	2093,00	4186,01
Do#	34,65	69,30	138,59	277,18	554,37	1108,73	2217,46	4434,92
Ré	36,71	73,42	146,83	293,66	587,33	1174,66	2349,32	4698,64
Ré#	38,89	77,78	155,56	311,13	622,25	1244,51	2489,02	4978,03
Mi	41,20	82,41	164,81	329,63	659,26	1318,51	2637,02	5274,04
Fa	43,65	87,31	174,61	349,23	698,46	1396,91	2793,83	5587,65
Fa#	46,25	92,50	185,00	369,99	739,99	1479,98	2959,96	5919,91
Sol	49,00	98,00	196,00	392,00	783,99	1567,98	3135,96	6271,93
Sol#	51,91	103,83	207,65	415,30	830,61	1661,22	3322,44	6644,88
La	55,00	110,00	220,00	440,00	880,00	1760,00	3520,00	7040,00
La#	58,27	116,54	233,08	466,16	932,33	1864,66	3729,31	7458,62
Si	61,74	123,47	246,94	493,88	987,77	1975,53	3951,07	7902,13

**ÉNA** ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE  
COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPÉRIÉ

Collège Édouard-Montpérier  
École nationale d'aérotechnique

## Le son

### Codage électrique du son

- Pour transporter, amplifier, archiver ou modifier un son, on le code sous forme de signal électrique.

Image : PierreGILLARD/AGC/Dynacord/BL/Studio

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ÉNA** ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE  
COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPÉRIÉ

Collège Édouard-Montpérier  
École nationale d'aérotechnique

## Le son

### Codage électrique du son

- Pour transporter, amplifier, archiver ou modifier un son, on le code sous forme de signal électrique.

Image : PierreGILLARD/AGC/Apple/LaCie/Dynacord/BL

© Département d'avionique Document à des fins de formation



ÉCOLE NATIONALE  
D'AÉROTECHNIQUE  
COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPÉRIER



Collège  
Édouard-Montpérier  
École nationale d'aérotechnique

## Le son


### Mesures du son

- On mesure un son sous forme électrique à l'aide d'un oscilloscope.
- Pour mesurer un son sous forme de pression acoustique, on utilise un sonomètre :




© Département d'avionique

Document à des fins de formation



ÉCOLE NATIONALE  
D'AÉROTECHNIQUE  
COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPÉRIER




Collège  
Édouard-Montpérier  
École nationale d'aérotechnique


## La bande passante

### Les échelles logarithmiques

- La perception par l'oreille de la pression sonore répond à une loi logarithmique :




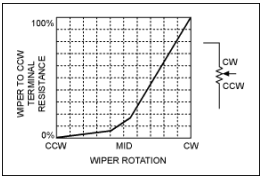
100 Watts



Perception double ⇒ 1000 Watts

- Utilisation de potentiomètres de volume à variation logarithmique :





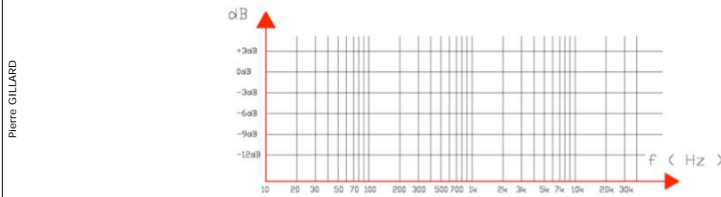
© Département d'avionique

Document à des fins de formation

## La bande passante

### Les échelles logarithmiques

- Notre perception de la fréquence répond également à une loi logarithmique.
- Exemple : on entendra distinctement une variation de 100 Hz entre 100 Hz et 200 Hz et on ne l'entendra plus entre 10.000 Hz et 10.100 Hz, même s'il s'agit de la même différence de fréquences.
- Dès lors, pour représenter notre perception du son, on utilisera des diagrammes logarithmiques :



© Département d'avionique

Document à des fins de formation

## La bande passante

### Perception d'une bande de fréquences

- Théoriquement, les fréquences sonores pourraient s'étendre de l'infiniment petit à l'infiniment grand.
- Dans la pratique, il existe des limitations dues au milieu de propagation et à la capacité de perception de chaque individu.
- C'est ainsi que l'on définit une bande passante entre une limite à basse fréquence et une limite à haute fréquence.
- En dessous de 10 Hz, on parle d'infrasons.
- Au-dessus de 20 kHz, on parle d'ultrasons.
- Pour un être humain normal, la bande de fréquences audibles s'étend d'environ 16 Hz à 20 kHz.
- Un chien peut entendre des ultrasons jusqu'à 45 kHz et un chat jusqu'à 65 kHz; la chauve-souris et le dauphin peuvent percevoir des ultrasons jusqu'à 500 kHz !

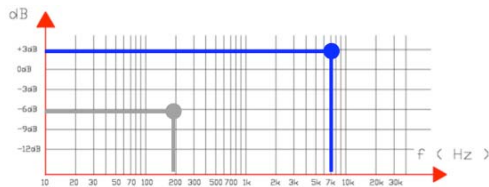
© Département d'avionique

Document à des fins de formation

## La bande passante

### Représentation de la bande passante

- À chaque son élémentaire correspond un couple fréquence (Hz)/puissance (dB) :



Pierre GILLARD

- En reliant l'ensemble des points correspondants aux couples fréquence/puissance, on obtient la courbe de réponse ou la bande passante d'un système sonore :

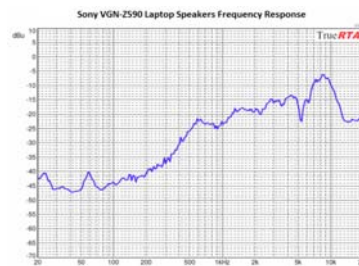
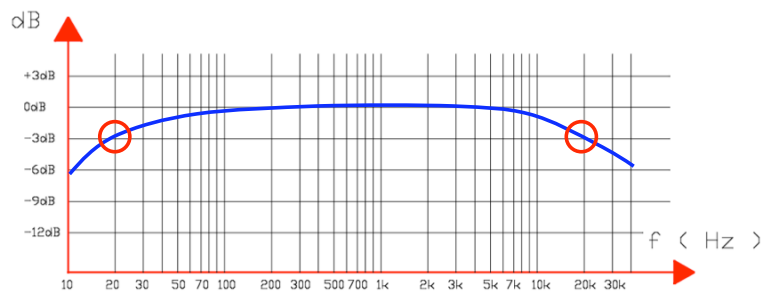


Image : auteur inconnu

## La bande passante

### Bande passante d'un son « haute fidélité »

- Par définition, un son « haute fidélité » ou « Hi-Fi » s'étend de 20 Hz à 20 kHz à  $\pm 3$  dB.
- Tous les systèmes de son de qualité ou professionnels répondront à ce critère.

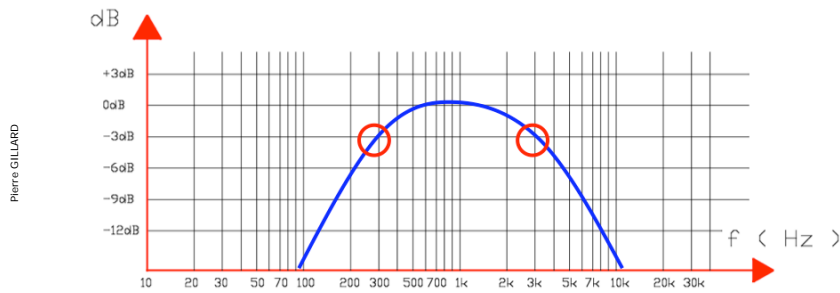


Pierre GILLARD

## La bande passante

### Bande passante d'un son de téléphonie

- Par définition, un son en téléphonie ou en radiocommunication s'étend de 300 Hz à 3 kHz à  $\pm 3$  dB.

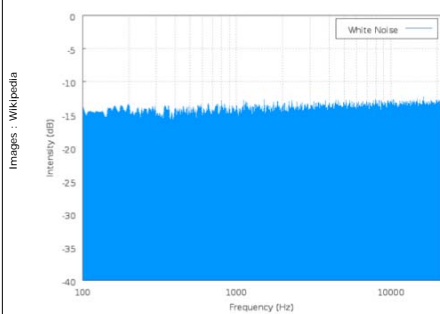


## La bande passante

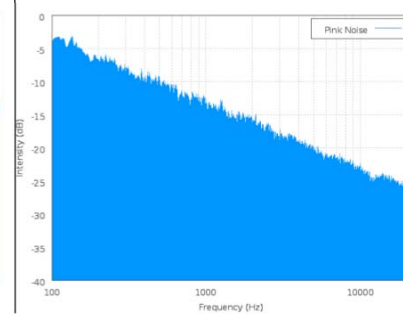
### Bruits blanc et rose

- Certains bruits colorés ont des applications particulières en acoustique, notamment le bruit blanc et le bruit rose :

#### **Bruit BLANC :**



#### **Bruit ROSE :**



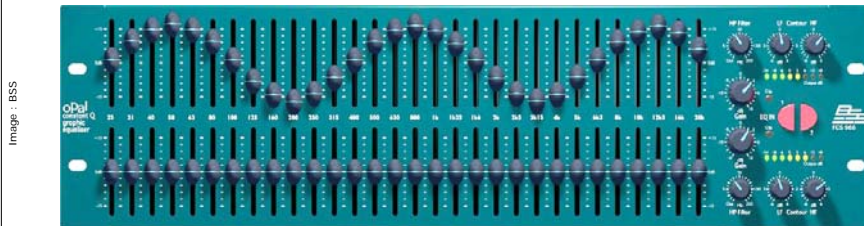


## La bande passante

### Informations complémentaires

- La plus petite variation de niveau sonore que l'oreille humaine normale est capable de déceler correspond à 3 dB, soit une variation de puissance de un à deux !
- Pour ajuster le niveau sonore selon des gammes de fréquences, on utilise des égaliseurs de son :

#### Égaliseur graphique :



© Département d'avionique

Document à des fins de formation

## La bande passante

### Informations complémentaires

- La plus petite variation de niveau sonore que l'oreille humaine normale est capable de déceler correspond à 3 dB, soit une variation de puissance de un à deux !
- Pour ajuster le niveau sonore selon des gammes de fréquences, on utilise des égaliseurs de son :

#### Égaliseur paramétrique :



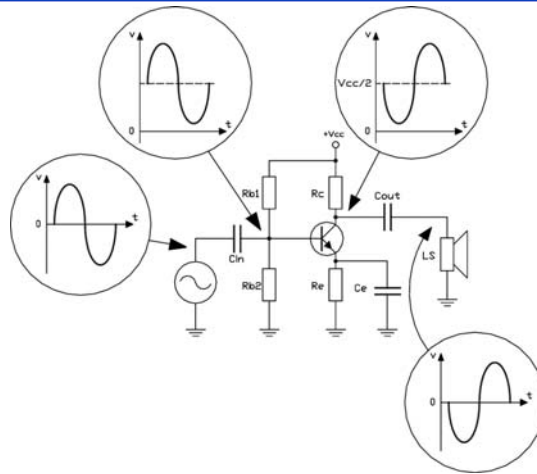
© Département d'avionique

Document à des fins de formation

## Les amplificateurs à transistors

### Amplificateur en classe A

Pierre GILLARD



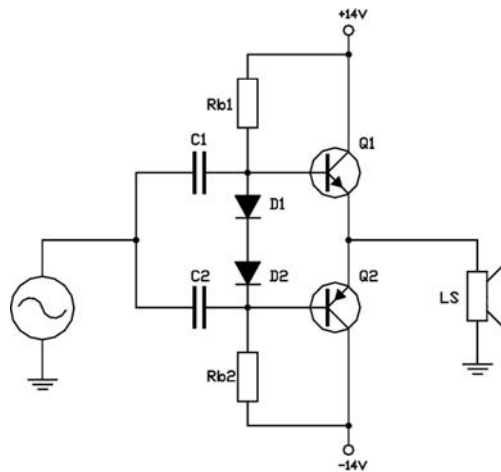
© Département d'avionique

Document à des fins de formation

## Les amplificateurs à transistors

### Amplificateur en classe B

Pierre GILLARD



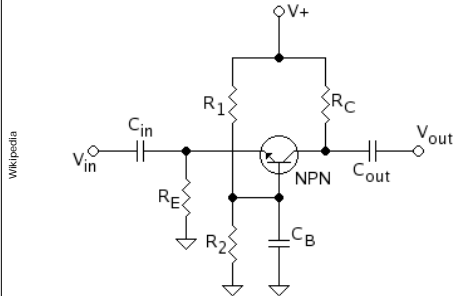
© Département d'avionique

Document à des fins de formation

## Les amplificateurs à transistors

### Propriétés des différents montages des transistors

#### Montage en base commune :

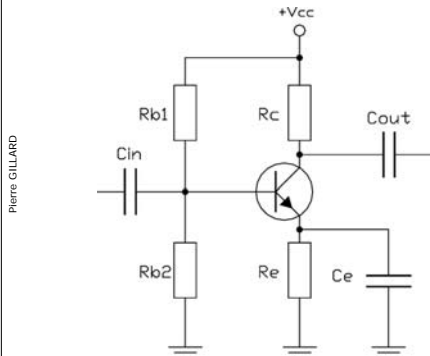


- ✓ Impédance d'entrée **faible** (adaptation d'impédance pour microphones à bobines mobiles).
- ✓ Pas de gain en courant.

## Les amplificateurs à transistors

### Propriétés des différents montages des transistors

#### Montage en émetteur commun :

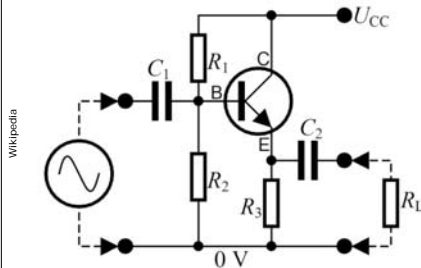


- ✓ Bon gain en tension et en courant.
- ✓ Impédances d'entrée et de sortie « moyennes » (pas trop élevée en entrée et pas trop faible en sortie).

## Les amplificateurs à transistors

### Propriétés des différents montages des transistors

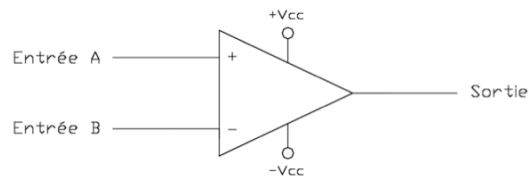
#### Montage en collecteur commun :



- ✓ Appelé aussi « **amplificateur suiveur** ».
- ✓ Pas de gain en tension.
- ✓ Impédance d'entrée **élevée**.
- ✓ Impédance de sortie **faible**.

## Les amplificateurs opérationnels

### L'amplificateur opérationnel idéal



#### Idéal :

- ✓  $Z_A = \infty \Omega$
- ✓  $Z_B = \infty \Omega$
- ✓  $Z_{AB} = 0 \Omega$
- ✓  $Z_S = 0 \Omega$
- ✓  $A_v = \infty$

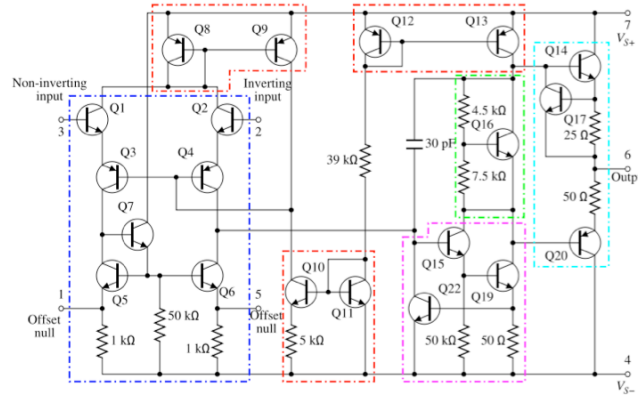
#### Réel (LM741) :

- ✓  $Z_A = 2 \text{ M}\Omega$
- ✓  $Z_B = 2 \text{ M}\Omega$
- ✓  $Z_{AB} = 0 \Omega$
- ✓  $Z_S = 75 \Omega$
- ✓  $A_v = 2 \cdot 10^5$

## Les amplificateurs opérationnels

### L'amplificateur opérationnel idéal

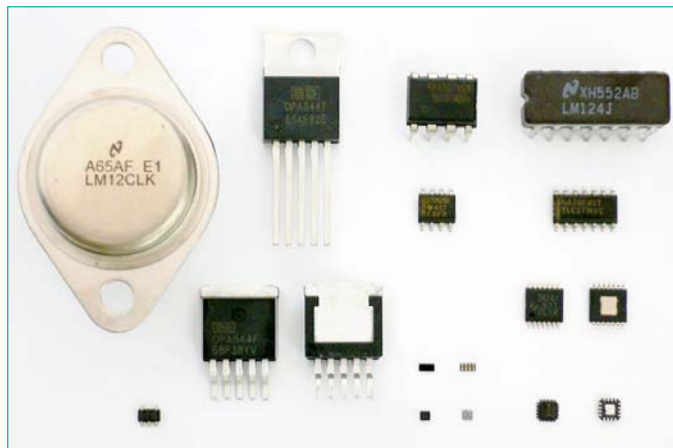
- Schéma interne d'un amplificateur opérationnel réel (LM741) :



Wikipedia

## Les amplificateurs opérationnels

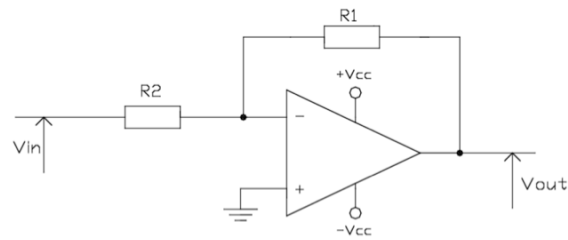
### Aspect des amplificateurs opérationnels



Wikipedia

## Les amplificateurs opérationnels

### L'amplificateur opérationnel inverseur

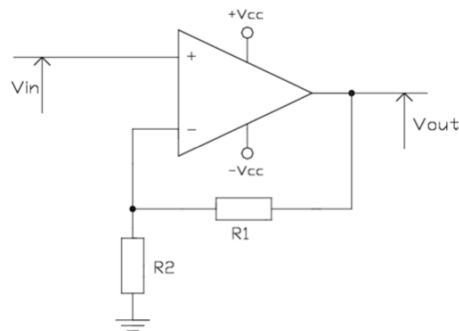


© Pierre GILLARD

- ✓ Signal à amplifier appliqué à l'entrée inverseuse.
- ✓ Contre-réaction de la sortie vers l'entrée.
- ✓ Gain fixé par la valeur des résistances :  $-R_1/R_2$

## Les amplificateurs opérationnels

### L'amplificateur opérationnel non-inverseur

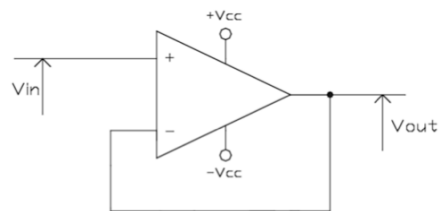


© Pierre GILLARD

- ✓ Signal à amplifier appliqué à l'entrée non inverseuse.
- ✓ Contre-réaction de la sortie vers l'entrée.
- ✓ Gain fixé par la valeur des résistances :  $1 + (R_1/R_2)$

## Les amplificateurs opérationnels

### L'amplificateur opérationnel suiveur

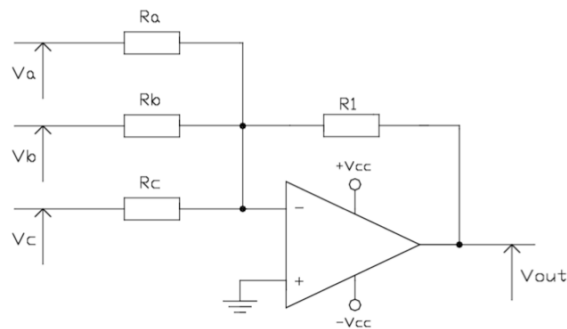


© Pierre GILLARD

- ✓ Signal appliqué à l'entrée non inverseuse.
- ✓ Contre-réaction intégrale de la sortie vers l'entrée.
- ✓ Gain unitaire.
- ✓ Haute impédance d'entrée et faible impédance de sortie.

## Les amplificateurs opérationnels

### L'amplificateur opérationnel additionneur



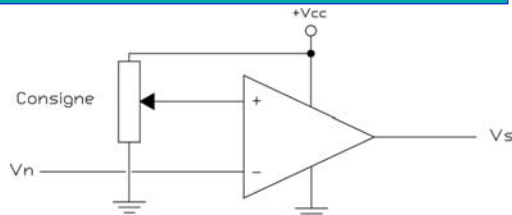
© Pierre GILLARD

- ✓ Signal de sortie  $V_{out} = A_{va} V_a + A_{vb} V_b + A_{vc} V_c$ .
- ✓ Contre-réaction de la sortie vers l'entrée.
- ✓ Gain fixé par la valeur des résistances.

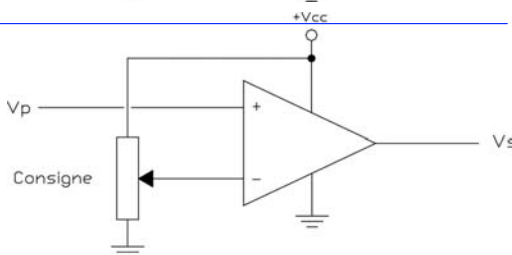
## Les amplificateurs opérationnels

### L'amplificateur opérationnel comparateur

- Consigne positive.
- Si  $V_n > V_p \Rightarrow V_s = 0V$ .
- Si  $V_n < V_p \Rightarrow V_s = +V_{cc}$ .



- Consigne négative.
- Si  $V_p > V_n \Rightarrow V_s = +V_{cc}$ .
- Si  $V_p < V_n \Rightarrow V_s = 0V$ .



Pierre GILLARD

## Microphones et écouteurs

### Problématique du bruit dans les aéronefs

<b>130 dB SPL</b>	SEUIL DE DOULEUR
<b>110 dB SPL</b>	COCKPIT D'HÉLICOPTÈRE
<b>100 dB SPL</b>	COCKPIT D'AVION LÉGER
<b>90 dB SPL</b>	COCKPIT D'AVION COMMERCIAL
<b>80 dB SPL</b>	INTÉRIEUR D'UNE VOITURE à 80 km/h
<b>70 dB SPL</b>	GRAND MAGASIN
<b>60 dB SPL</b>	DOMICILE



## Microphones et écouteurs

### Problématique du bruit dans les aéronefs

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

- ✓ Moteur(s).
- ✓ Hélice(s) ou rotors.
- ✓ Aérodynamique.

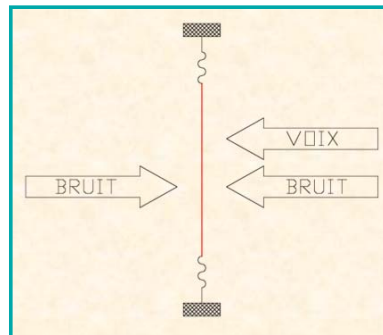
- Il faut dès lors veiller à ce que :

- Les écouteurs atténuent le bruit ambiant.
- Les microphones ne soient pas influencés par le bruit ambiant.

## Microphones et écouteurs

### Problématique du bruit dans les aéronefs

- Il existe un moyen simple pour éliminer le bruit dans les microphones.
- Ce moyen consiste à pratiquer deux ouvertures dans le boîtier du microphone, ainsi la membrane mobile subit, de chaque côté, une pression de la part du bruit égale et opposée : le bruit est ainsi annulé.
- La pression du son de la voix ne s'exerce que d'un seul côté; seul ce signal est amplifié.



## Microphones et écouteurs

### Problématique du bruit dans les aéronefs

- En ce qui concerne les écouteurs :
  - À partir de 90 dB, le port d'un casque est conseillé et au delà de 100 dB, il devient indispensable.
  - Dans ce cas, on parle de casques « fermés », qui isolent du bruit ambiant.
  - En dessous de ces valeurs, on peut utiliser des casques « ouverts » (similaires aux casques de Walkman, mais avec un microphone sur flexible) pour des raisons de confort.

## Microphones et écouteurs

### Les microphones

- Il existe quatre grandes familles de microphones d'aéronefs :



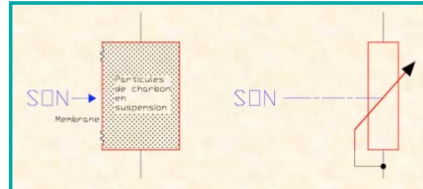
- Les microphones au carbone (charbon).
- Les microphones à électret (condensateur).
- Les microphones dynamiques.
- Les microphones dynamiques amplifiés.

## Microphones et écouteurs

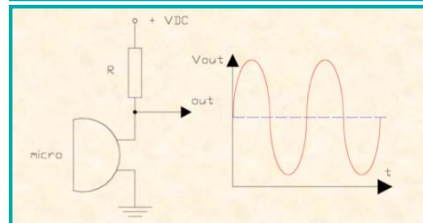
### Les microphones

- Les microphones au carbone :

- Fonctionnent comme une résistance variable.



- Nécessitent une tension DC pour fonctionner :



## Microphones et écouteurs

### Les microphones

- Les microphones au carbone :

#### Inconvénients :

- Ils vieillissent plus vite que les autres microphones.
- En effet, les particules de charbon, au fil du temps, s'agglomèrent entre elles de même que sur les parois de la pastille modifiant ainsi la valeur de la résistance et entraînant une efficacité réduite du micro.

#### Avantages :

- Leur niveau de sortie élevé (plusieurs centaines de millivolts).
- À classer dans la catégorie des micros à « haut niveau » avec tous les avantages que cela représente.
- Faible coût.

## Microphones et écouteurs

### Les microphones

- Les microphones au carbone :
  - Les microphones au charbon sont de moins en moins utilisés actuellement, sauf le laryngophone que l'on peut encore trouver dans certaines applications spécifiques.

#### LARYNGOPHONE :

Deux pastilles au carbone câblées en série et montées sur une lanière. En plaçant la lanière autour de son cou et en s'arrangeant pour que les pastilles soient en contact avec sa gorge, le pilote va disposer d'un système de microphone main libre. Avant l'introduction des microphones sur flexibles, ce principe était couramment utilisé sur les avions militaires.

Le laryngophone est totalement immunisé au bruit environnant. Il peut donc être utilisé dans toutes les applications où le niveau sonore est élevé.

## Microphones et écouteurs

### Les microphones

- Les microphones à électret (condensateur) :
  - Sont principalement utilisés sur les casques-écouteurs.



#### Avantages :

- Haut niveau.
- Bonne qualité du son.

#### Inconvénient :

- Parfois plus fragiles.



## Microphones et écouteurs

### Les microphones

- Les microphones dynamiques :
  - Les microphones dynamiques usuels sont à bas niveau.
  - Ils consistent en une membrane faisant osciller un noyau magnétique dans une bobine.
  - En quelque sorte, un microphone dynamique est un haut-parleur « fonctionnant l'envers ».

#### Avantages :

- Aucune source externe nécessaire au fonctionnement.
- Robustes.
- Bonne immunité au bruit.

#### Inconvénient :

- Bas niveau.



Signtronics

## Microphones et écouteurs

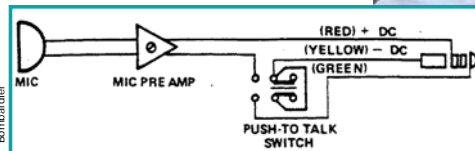
### Les microphones

- Les microphones dynamiques amplifiés :
  - Pour rendre les microphones dynamiques compatibles *carbon équivalent*, il suffit d'amplifier le signal de sortie pour le faire monter à un « haut niveau ».
  - Se faisant, ces micros perdent leur avantage d'autonomie en ce qui concerne l'alimentation électrique.

## Microphones et écouteurs

### Les microphones

- Différents types de microphones à main :



## Microphones et écouteurs

### Les écouteurs

- Différents types de casques-écouteurs :

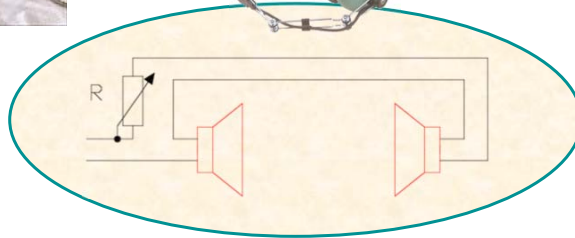


## Microphones et écouteurs

### Les écouteurs

- Système de réduction de bruit passif :

Images : David Clark et Telex



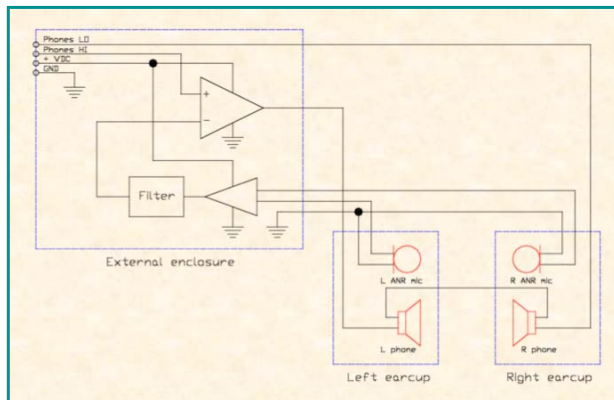
Département d'avionique

## Microphones et écouteurs

### Les écouteurs

- Système de réduction de bruit actif :

Telex



Département d'avionique




## Microphones et écouteurs

### Les écouteurs

- Accessoires :



David Clark

© Département d'avionique Document à des fins de formation




## Systèmes de réduction du bruit



Photo © Pierre GILLARD/2012-PTO30272

- Certains avions de transport commerciaux, tels ceux mus par des turbopropulseurs, sont par nature très bruyants pour les passagers.
- Il existe des dispositifs de réduction de bruit actif conçus pour des cabines entières.
- Panasonic développe aussi des casques Audio-HD pour passagers avec dispositif ANR intégrés aux systèmes de divertissement IFE.

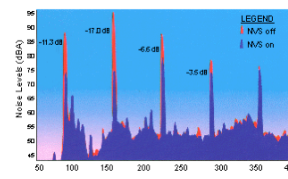
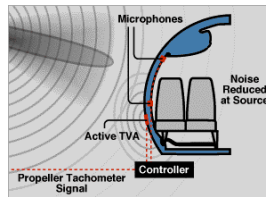
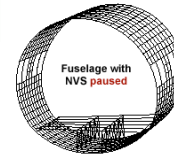
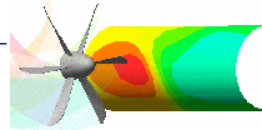
© Département d'avionique Document à des fins de formation



## Systemes de réduction du bruit

### Réduction du bruit et des vibrations dans le Q400

- Bombardier a intégré un système de suppression de bruit et de vibrations (NVS-Noise & Vibration Suppression System) dans les cabines du Q400.
- Le principe consiste à capter le bruit dû aux vibrations par des microphones et à générer une vibration en opposition de phase sur le fuselage à l'aide de dispositifs appelés ATVA-Active Tuned Vibration Absorber.
- Une grosse partie du bruit dans la cabine est ainsi éliminée à la source.



Images : Bombardier

## Niveaux et impédances utilisés

### Standards utilisés en aéronautique

- Il existe trois standards principaux en audio en aviation :

#### HAUT NIVEAU :

microphone = 150 Ω / écouteurs = 150/600 Ω

#### BAS NIVEAU :

microphone = 5 Ω / écouteurs = 8 Ω

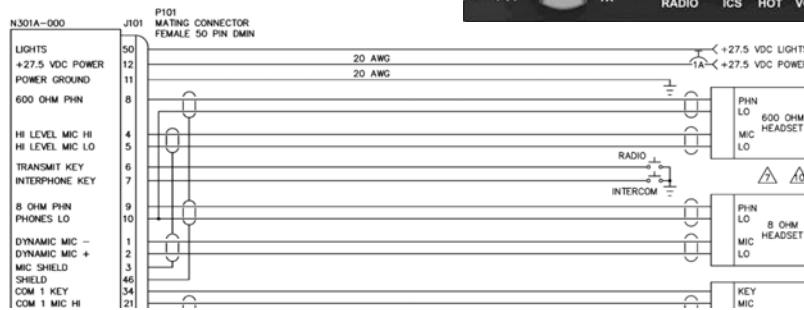
#### BAS NIVEAU « français »/OTAN :

microphone = 75 Ω / écouteurs = 150/600 Ω

## Niveaux et impédances utilisés

### Exemple : console audio NAT N301A

- Cette console N301A est compatible avec les hauts ou les bas niveaux :



© Département d'avionique

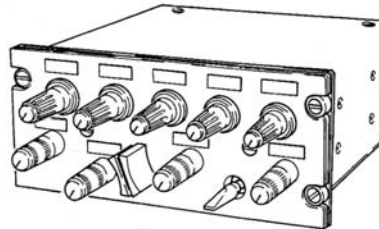
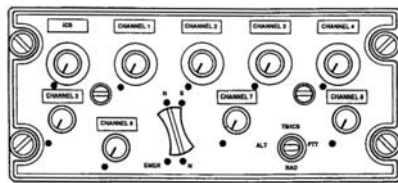
Document à des fins de formation

Image et schéma : Cobham

## Niveaux et impédances utilisés

### Exemple : console audio TEAM CP-1976

- Cette console CP-1976, utilisée essentiellement à bord d'hélicoptères Airbus Helicopters (ex-Eurocopter, ex-Aérospatiale), permet une adaptation aux trois standards :



© Département d'avionique

Document à des fins de formation

Dessins : TEAM

## Niveaux et impédances utilisés

### Exemple : console audio TEAM CP-1976

- Extrait du CMM : « connections : low level, high impedance » :

Microphonic adaptation circuits - Figures 15 to 17

Low level microphone is connected by means of straps, to the double-impedance primary, HZ = 75 ohms and BZ = 5 ohms of T1 transformer.

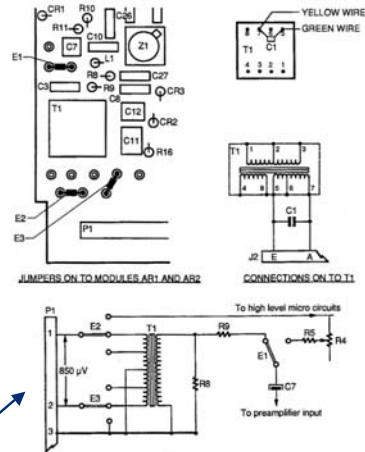
Microphonic voltage which appears on T1 transformer secondary, is applied through resistor R9 and a strap at pre-amplifier stage input. High level microphone is connected, through straps to the input of a supply and adaptation stage.

Microphonic voltage appears at C1, R3 and R4, after balancing by R4, it is applied through a strap at pre-amplifier stage input.

A regulated power supply stage consisting of transistors Q5 and Q6 and of zener diodes CR7 and CR8, supplies the 20 V required for operating high level microphone, pre-amplifier and the radio gate.

The high level microphone is supplied from the voltage of 20 V provided by the regulated power supply stage through resistors R2 and R1 and diode CR1.

1 = MIC HI - 2 = MIC LO



Texte et schéma : TEAM

## Niveaux et impédances utilisés

### Exemple : console audio TEAM CP-1976

- Extrait du CMM : « connections : low level, low impedance » :

Microphonic adaptation circuits - Figures 15 to 17

Low level microphone is connected by means of straps, to the double-impedance primary, HZ = 75 ohms and BZ = 5 ohms of T1 transformer.

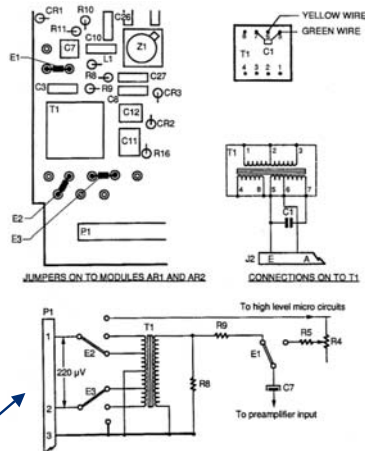
Microphonic voltage which appears on T1 transformer secondary, is applied through resistor R9 and a strap at pre-amplifier stage input. High level microphone is connected, through straps to the input of a supply and adaptation stage.

Microphonic voltage appears at C1, R3 and R4, after balancing by R4, it is applied through a strap at pre-amplifier stage input.

A regulated power supply stage consisting of transistors Q5 and Q6 and of zener diodes CR7 and CR8, supplies the 20 V required for operating high level microphone, pre-amplifier and the radio gate.

The high level microphone is supplied from the voltage of 20 V provided by the regulated power supply stage through resistors R2 and R1 and diode CR1.

1 = MIC HI - 2 = MIC LO



Texte et schéma : TEAM

## Niveaux et impédances utilisés

### Exemple : console audio TEAM CP-1976

- Extrait du CMM : « connections : high level »:

Microphonic adaptation circuits - Figures 15 to 17

Low level microphone is connected by means of straps, to the double-impedance primary, HZ = 75 ohms and BZ = 5 ohms of T1 transformer.

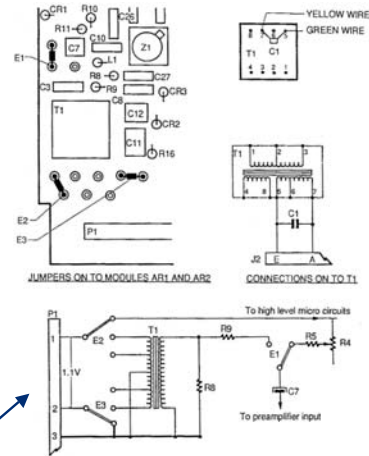
Microphonic voltage which appears on T1 transformer secondary, is applied through resistor R9 and a strap at pre-amplifier stage input. High level microphone is connected, through straps to the input of a supply and adaptation stage.

Microphonic voltage appears at C1, R3 and R4, after balancing by R4, it is applied through a strap at pre-amplifier stage input.

A regulated power supply stage consisting of transistors Q5 and Q6 and of zener diodes CR7 and CR8, supplies the 20 V required for operating high level microphone, pre-amplifier and the radio gate.

The high level microphone is supplied from the voltage of 20 V provided by the regulated power supply stage through resistors R2 and R1 and diode CR1.

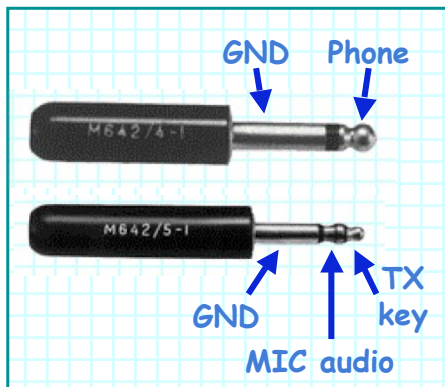
1 = MIC HI - 2 = MIC LO



Texte et schéma : TEAM

## Connectique

### Connecteurs « aviation générale »



#### APPLICATIONS

- Avions de tourisme.
- Avions d'affaires.
- Avions commerciaux.

#### IMPEDANCES USUELLES

- Microphone : 150 Ω
- Écouteurs : 150/600 Ω

## Connectique

### Connecteurs U-93A/U et U-174/U



#### Civils :

1 = MIC audio  
2 = PHONE HI  
3 = MIC GND  
4 = PHONE LO

#### Militaires :

1 = MIC GND  
2 = PHONE HI  
3 = MIC audio  
4 = PHONE LO

#### APPLICATIONS

- Aviation militaire.
- Hélicoptères civils.

#### IMPEDANCES USUELLES

##### *Aéronefs militaires :*

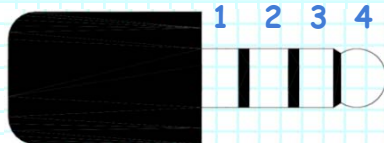
- Microphone : 5  $\Omega$
- Écouteurs : 8  $\Omega$

##### *Hélicoptères civils :*

- Microphone : 150  $\Omega$
- Écouteurs : 150/600  $\Omega$

## Connectique

### Connecteurs NATO FJ-3A




1 = PHONE HI  
2 = PHONE LO  
3 = MIC GND  
4 = MIC audio

#### APPLICATIONS


- Aviation militaire (France et OTAN).
- Hélicoptères civils français (Aérospatiale/Eurocopter).

#### IMPEDANCES USUELLES

- Microphone : 75  $\Omega$
- Écouteurs : 150/600  $\Omega$



**ÉNA**  
ÉCOLE NATIONALE  
D'AÉROTECHNIQUE  
COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPÉRIÉ

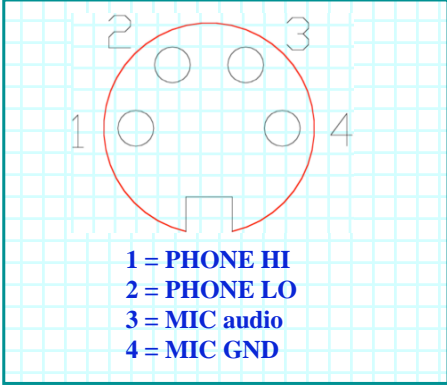


Collège  
Édouard-Montpérier  
École nationale d'aérotechnique

---

Connectique

Connecteurs XLR « Cannon »




1 = PHONE HI  
 2 = PHONE LO  
 3 = MIC audio  
 4 = MIC GND

APPLICATIONS

- Avions d'affaires.
- Avions commerciaux.

IMPEDANCES USUELLES

- Microphone : 150 Ω
- Écouteurs : 150/600 Ω



Music Gear

© Département d'avionique

Document à des fins de formation



**ÉNA**  
ÉCOLE NATIONALE  
D'AÉROTECHNIQUE  
COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPÉRIÉ



Collège  
Édouard-Montpérier  
École nationale d'aérotechnique

---

Connectique

Connecteurs U-75/U (M22442/5-1)



Pilot Communications USA

1 = MIC HI  
 2 = PHONE HI  
 3 = MIC LO  
 4 = PHONE LO

APPLICATIONS

- Hélicoptères civils.
- ?

IMPEDANCES USUELLES

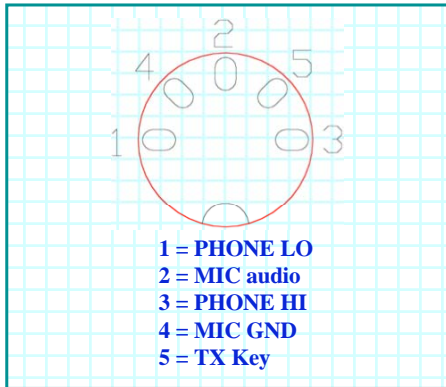
- Microphone : 150 Ω
- Écouteurs : 150/600 Ω

© Département d'avionique

Document à des fins de formation

## Connectique

### Connecteurs DIN 5



#### APPLICATIONS

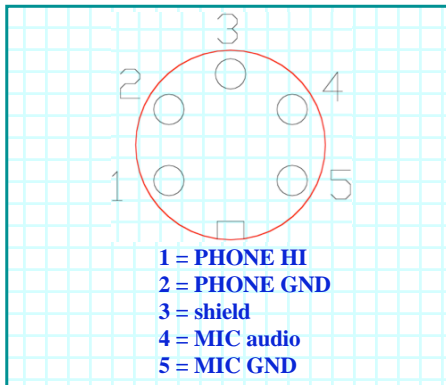
- Avions, planeurs et hélicoptères civils allemands.



Switchcraft


## Connectique

### Connecteurs russe à 5 contacts




#### APPLICATIONS

- Avions et hélicoptères civils ou militaires russes.



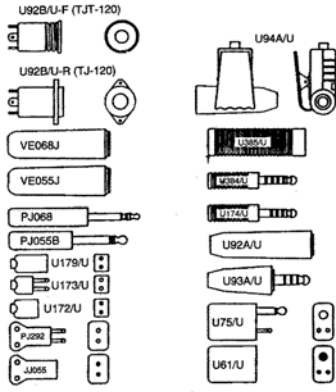
ÉCOLE NATIONALE  
D'AÉROTECHNIQUE  
COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPESIT

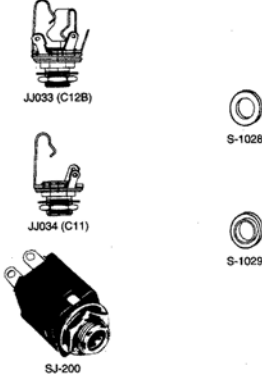


Collège  
Édouard-Montpesit  
École nationale d'aéronautique


## Connectique

### Différents types de connecteurs utilisés en aviation






© Département d'avionique Document à des fins de formation



ÉCOLE NATIONALE  
D'AÉROTECHNIQUE  
COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPESIT




Collège  
Édouard-Montpesit  
École nationale d'aéronautique

## Les fils blindés


### Utilité des fils blindés

Raychem

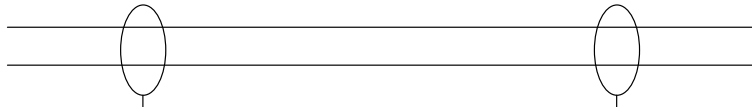
Shielded (round braid), jacketed



Shielded (flat braid), jacketed



Pierre GILLARUD



- Le blindage a deux rôles :
 

- ✓ Éviter de **rayonner** des parasites.
  - ✓ Se **protéger** des parasites émis par d'autres équipements (éq. cage de Faraday).
- Représentation des fils blindés :

© Département d'avionique Document à des fins de formation



**ÉNA** ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE  
COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPESIT

Collège Édouard-Montpesit  
École nationale d'aérotechnique

### Les fils blindés

#### Problème du bouclage de masse

Pierre GILLARD3

Pierre GILLARD3

© Département d'avionique Document à des fins de formation

**ÉNA** ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE  
COLLÈGE ÉDOUARD-MONTPESIT

Collège Édouard-Montpesit  
École nationale d'aérotechnique

### Les fils blindés

#### Connexion des fils blindés

- Le blindage sert au retour du courant :

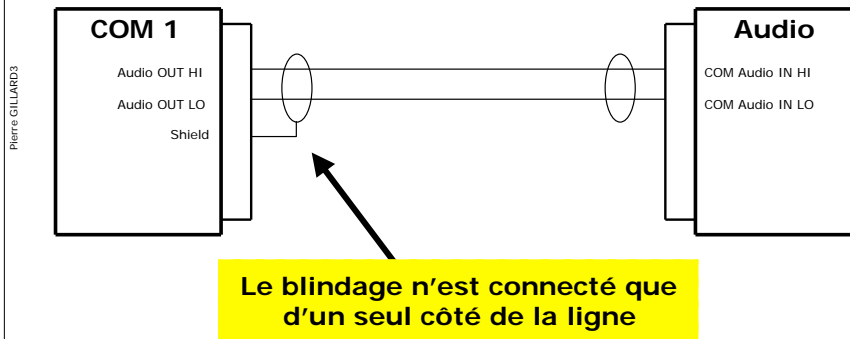
Pierre GILLARD3

© Département d'avionique Document à des fins de formation

## Les fils blindés

### Connexion des fils blindés

- Le blindage sert d'écran aux parasites :



## Conclusions



- Les systèmes audio peuvent être simples ou complexes suivant le type d'aéronef.
- Les problèmes liés à des dysfonctionnement des systèmes ou des circuits audio peuvent être difficiles à résoudre et nécessitent, de la part du technicien en avionique, une bonne compréhension à la fois de l'ensemble des systèmes et des phénomènes.
- Régulièrement, les problèmes sont liés à une mauvaise utilisation des équipements par les équipages ou les techniciens.



*Merci de votre attention*