

Technique et
Réparation des
Appareils de
Correction
Auditive

Léon Dodelé

Gradué en électronique – audioprothésiste agréé

Membre du Collège National d'Audioprothèse

Intervenant aux facultés de Fougères - Lyon - Nancy - Paris & Marie Haps

Centre Auditif Dodelé

Route du Lion, 2 1420 Braine l'Alleud

Tél. : 00.32(0)23 84 73 79

leondodele@hotmail.com

**L'audioprothésiste conscient de ses
responsabilités professionnelles,
se doit non seulement de mener à bien
l'adaptation d'un appareillage auditif,
mais aussi d'en assurer le suivi technique.**

**La maîtrise des connaissances et
de l'équipement décrits dans ce livre,**

**lui permettra de résoudre
la majorité des problèmes
qui peuvent survenir aux
Appareils de Correction Auditive.**

TABLE des MATIERES .

Liste des principales abréviations *

INTRODUCTION

HISTORIQUE

CHAPITRE I : Rappel de quelques notions élémentaires d'électronique.

| | |
|--|---------|
| 1. La tension électrique | page 1 |
| 2. Le courant électrique | page 3 |
| 3. La puissance et l'énergie électriques | page 5 |
| 4. L'alimentation | page 7 |
| 4.1. Les batteries rechargeables | page 7 |
| 4.2. Les batteries non rechargeables | page 9 |
| 4.3. Caractéristiques particulières | page 13 |
| 5. Les composants électroniques | page 16 |
| 5.1. La résistance | page 16 |
| 5.2. Le condensateur | page 19 |
| 5.3. L'inductance | page 21 |
| 5.4. Les semi-conducteurs | page 22 |
| 5.5. Les circuits intégrés | page 24 |
| 5.6. Les nouvelles technologies | page 27 |
| 5.7. Les circuits imprimés | page 29 |
| 6. Les transducteurs | page 30 |
| 6.1. Les transducteurs d'entrée | page 30 |
| 6.2. Les transducteurs de sortie | page 34 |
| 7. Les systèmes de filtrage | page 35 |
| 8. Les systèmes de limitation | page 39 |
| 9. La chaîne d'amplification | page 42 |

CHAPITRE II : Les moyens de contrôle et l'équipement technique.

| | |
|---------------------------------|---------|
| 1. L'écoute de l'ACA | page 47 |
| 2. L'oreille artificielle | page 50 |
| 2.1. La calibration | page 50 |
| 2.2. Les coupleurs | page 51 |
| 2.3. Interprétation des courbes | page 53 |
| 3. Le service technique | page 54 |
| 3.1. L'équipement | page 54 |
| 3.2. Les schémas | page 59 |
| 3.3. Le multimètre | page 62 |

CHAPITRE III : Les différents éléments composant l'ACA et leurs pannes caractéristiques.

| | |
|---|---------|
| 1. Le micro | page 70 |
| 2. La bobine d'écoute | page 73 |
| 3. L'amplificateur | page 74 |
| 4. Le potentiomètre | page 75 |
| 5. Les éléments de réglage | page 76 |
| 6. L'interrupteur et les commutateurs | page 78 |
| 7. L'écouteur | page 79 |
| 8. Le vibreur | page 84 |
| 9. Cheminées, suspensions, couvercles, logement et contacts pile | page 85 |
| 10. Le conduit acoustique | page 89 |
| 11. Les oscillations | page 91 |
| 11.1. Les oscillations mécaniques | page 91 |
| 11.2. Les oscillations acoustiques | page 91 |
| 11.3. Les oscillations électroniques | page 92 |

CHAPITRE IV : Les différents types d'ACA et leurs pannes caractéristiques

| | |
|------------------------------------|---------|
| 1. Le boîtier ou appareil de poche | page 93 |
| 1.1. Le boîtier V.A.* | page 93 |
| 1.2. Le boîtier C.O.* | page 94 |
| 2. Le contour d'oreille | page 94 |
| 2.1. Le contour V.A. | page 94 |
| 2.2. L'entrée audio | page 95 |
| 3. Lunettes auditives | page 96 |
| 3.1. Lunettes V.A. | page 96 |
| 3.2. Lunettes CROS* et dérivés | page 96 |
| 3.3. Lunettes C.O. | page 97 |
| 4. L'intra-auriculaire | page 97 |
| 5. Les ACA programmables | page 98 |
| 6. Le masqueur d'acouphènes | page 99 |
| 7. Les prothèses implantées | page 99 |

CHAPITRE V : Procédure systématique de contrôle d'un ACA

| | |
|------------------------------|----------|
| 1. Procédure commune | page 100 |
| 2. Procédures spécifiques | page 103 |
| 3. Les pannes intermittentes | page 104 |
| 4. Le suivi technique | page 109 |

Technique et Réparation des Appareils de Correction Auditive - Léon Dodelé

LISTE (non exhaustive) DES PRINCIPALES ABREVIATIONS UTILISEES.

- AAAO = Appareillage Auditif Assisté par Ordinateur
- ACA = Appareil de Correction Auditive
- ANSI = American National Standards Institute
- BICROS = Bilateral C.R.O.S.
- CA = Conduction Aérienne
- CAE = Conduit Auditif Externe
- CMOS = Complementary Metal Oxyde Semi-conductor
- CMS = Composants pour Montage en Surface (= SMD)
- CO = Conduction Osseuse
- CROS = Controlateral Routing Of Signal (également C.R.O.S.)
- ddp = différence de potentiel
- EEPROM = Electrical Erasable Programmable Read Only Memorie
- FET = Field Effect Transistor
- FF = Free Field (= champ libre)
- HAIC = Hearing Aid Industry Conference
- HF = High Frequency
- HP = Haut Parleur.
- HTL = Hearing Threshold Level (HL = Hearing Level)
- IC = Integrated Circuit
- IEC = International Electrotechnical Commission
- KEMAR = Knowles Electronics Manikin for Acoustic Research
- LSI = Large Echelle d'Intégration
- MCL = Most Comfortable Level (= SSC)
- MOS = Metal Oxyde Semi-conductor
- OD = Oreille Droite
- OG = Oreille Gauche
- SA = Seuil Auditif
- SFC = Switched Capacitor Filter (FCC = Filtre à Capacité Commutée)
- SMD = Surface Mounted Device (= CMS)
- SMT = Surface Mounted Technology (= TMS)
- SOI = Seuil Objectif d'inconfort
- SPL = Sound Pressure Level
- SRT = Speech Reception Threshold
- SSC = Seuil Subjectif de Confort
- SSI = Seuil Subjectif d'Inconfort
- TAB = Tape Automatic Bonding
- TDV = Traitement Dynamique de la Voix
- TMS = Technologie de Montage en Surface (= SMT)
- UCL = UnComfortable Level

INTRODUCTION

L'audioprothésiste qui se veut efficace, doit pouvoir faire preuve d'une certaine polyvalence.

Il ne lui suffit pas de posséder à fond les connaissances audiolinguistiques qui lui permettront de réaliser un bon appareillage, il doit également maîtriser la technique de l'embout auriculaire et de la prothèse auditive qu'il va adapter.

En effet, son rôle est triple :

- 1° effectuer un appareillage qui restitue au patient l'écoute la plus parfaite possible,
- 2° assurer le suivi prothétique de l'appareillage,
- 3° assurer le suivi technique des ACA (entretien et dépannage).

Les prothèses auditives modernes deviennent de plus en plus complexes performantes. Pour comprendre et utiliser à bon escient leurs nombreuses possibilités de réglages, certaines notions d'électronique sont devenues nécessaires.

De même, pour assurer un suivi technique de la prothèse adaptée, il est utile de pouvoir intervenir en cas de panne.

Il est donc indispensable que les études d'audioprothésiste comportent une solide formation en électronique.

Pour celles et ceux qui ne disposent pas de cette formation, nous tenterons de parfaire leurs connaissances en la matière.

Un cours complet d'électronique correspondant à plusieurs années d'études ne peut se résumer en quelques pages. Les notions abordées seront donc VOLONTAIREMENT limitées aux CONNAISSANCES TECHNIQUES INDISPENSABLES et EN RAPPORT DIRECT avec l'appareil auditif.

De plus, la littérature relative au dépannage des ACA étant très réduite, il n'a pas été possible de faire appel à une importante bibliographie.

Le but poursuivi tout au long des cinq chapitres qui suivent, est de fournir un maximum de * CONSEILS PRATIQUES * afin de COLLER LE PLUS POSSIBLE A LA REALITE DE LA PRATIQUE PROFESSIONNELLE QUOTIDIENNE.

HISTORIQUE

Voyons très succinctement, quelle fut l'évolution technologique des ACA à amplification électrique.

1876 : Les recherches de Graham BELL, souhaitant venir en aide à son épouse sourde-muette, débouchent sur l'invention du téléphone.

1900 : Le Docteur Ferdinand ALT de la clinique POLITZER de VIENNE, met au point le premier amplificateur pour malentendant (gain : 10 à 15 dB / bande passante : 1000 à 1800 hertz).

NB : Au début du siècle, le Docteur Adrien SORET (1854-1929), passionné de technique, invente l'AUDIOPHONE BILATERAL (Fig. O.1.). Seule l'alimentation n'avait pu être intégrée dans les appareils. Ce fut probablement le premier appareillage INTRA AURICULAIRE STEREOPHONIQUE. Les moyens technologiques de l'époque n'ont toutefois pas permis le développement et la commercialisation de cette géniale création.

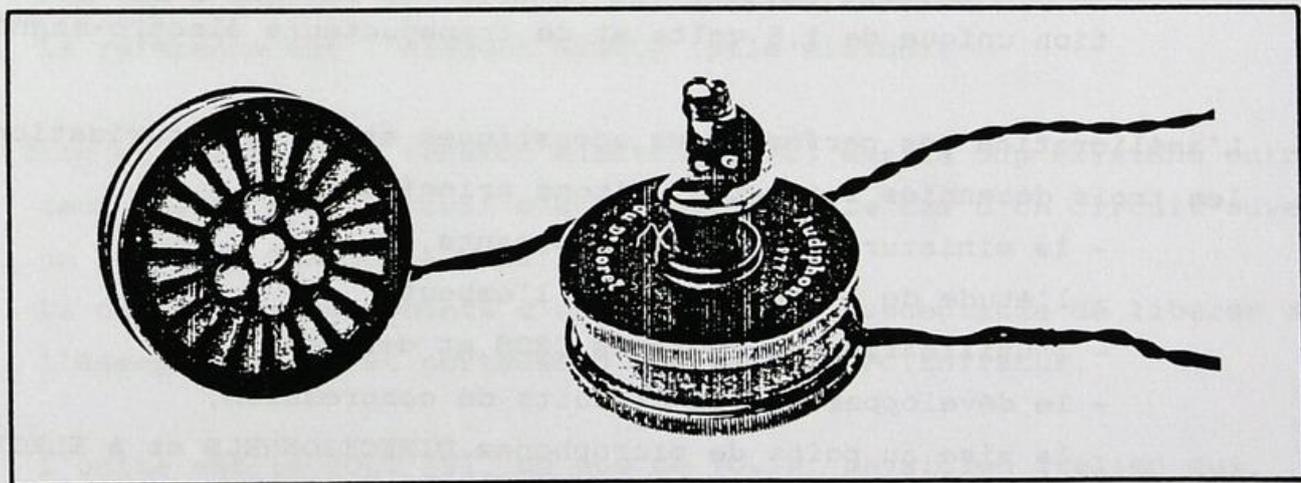


Fig. O.1. L'audiophone bilatéral du Docteur SORET.

Document offert par Jacques COUESPEL, arrière-petit-fils du Dr SORET.

Durant les quarante années qui suivent, les perfectionnements arrivent au compte-gouttes. Citons notamment : l'augmentation de la sensibilité et du gain, la réduction du volume de l'écouteur et l'utilisation de la voie solidienne (conduction osseuse). Le SONOTONE a marqué l'époque au point que, encore de nos jours, certains utilisent ce terme pour parler d'un ACA !

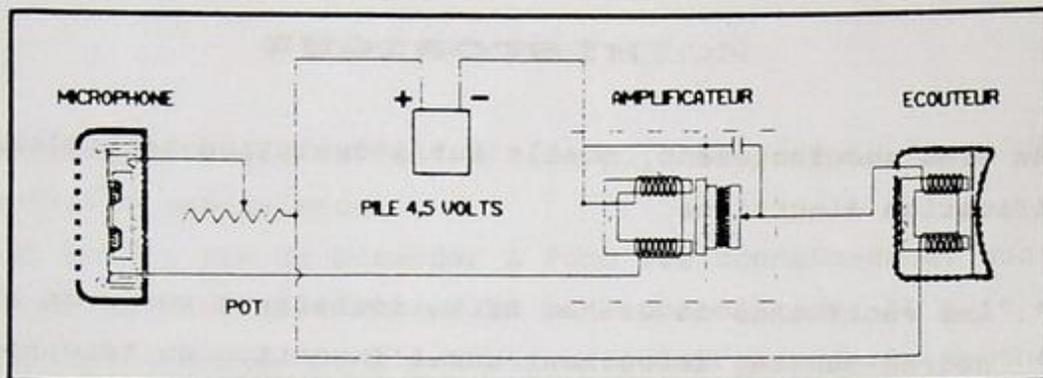


Fig. 0.2. Schéma de l'ACA de type téléphonique (1930-1940) utilisant des transducteurs au carbone

1941 : La firme RAYTHEON met au point des lampes à vide miniaturisées dont l'utilisation permet de réduire considérablement la taille des ACA. A l'époque, l'alimentation est constituée de deux piles; l'une pour chauffer les filaments (1,5 ou 3 volts), l'autre pour fournir la tension d'anode (22,5 / 30 ou 45 volts).

Entre autres progrès, citons l'utilisation du microphone piézo-électrique, l'augmentation de la bande passante et la diminution de la distorsion.

1952 : Utilisation du TRANSISTOR mis au point par la BELL TELEPHONE en 1949. Cette révolution technologique va permettre encore de diminuer la taille de l'ACA qui fonctionnera désormais à l'aide d'une alimentation unique de 1,5 volts et de transducteurs électro-magnétiques.

L'amélioration des performances acoustiques et la miniaturisation ont marqué les trois décennies suivantes. Citons principalement :

- la miniaturisation des composants,
- l'étude de l'acoustique de l'embout,
- l'utilisation de systèmes CROS et dérivés,
- le développement des circuits de compression,
- la mise au point de microphones DIRECTIONNELS et à ELECTRET.
- l'utilisation du CIRCUIT INTEGRE,
- l'avènement de l'INTRA AURICULAIRE,
- le développement et l'utilisation de METHODES d'APPAREILLAGE,
- l'utilisation de l'ORDINATEUR,
- la mesure IN VIVO.

1987 : Commercialisation des premiers ACA à PROGRAMMATION numérique (BERNAFON - Suisse) et présentation du premier ACA de type boîtier TRAITEMENT numérique du signal (NICOLET - USA).

CHAPITRE 1

RAPPEL DE QUELQUES NOTIONS ELEMENTAIRES d'ELECTRONIQUE.

Nous insistons une nouvelle fois sur le fait que les définitions et descriptions évoquées dans le présent chapitre, se limitent volontairement à l'application restrictive qui est celle de l'ACA.

B : A l'attention des puristes, les premières pages de ce chapitre seront agrémentées par quelques notions purement théoriques et documentaires.

LA TENSION ELECTRIQUE

Appels : - Tout corps est formé d'atomes. Ces atomes possèdent des charges appelées électrons (négatifs) et protons (positifs).

Les électrons tournent autour du noyau formé de protons et de neutrons (neutres mais de masse non négligeable).

Si un atome perd des électrons, il est chargé positivement et devient un ion positif ; s'il en a en surplus, il est chargé négativement et devient un ion négatif.

- L'unité de CHARGE est le COULOMB (voir : le courant électrique).

- Deux corps chargés différemment sont à des POTENTIELS différents. On parle alors de DIFFERENCE de POTENTIEL (ddp).

Une ddp s'exprime en volts et est appelée TENSION.

La référence est l'élément WESTON (pile étalon).

Définition et Unités : la tension électrique [U] est la ddp existant entre deux points d'un circuit électrique. Dans le cas d'un circuit ouvert, on parle de TENSION à VIDE.

La ddp entre deux points d'un circuit est susceptible de libérer de l'énergie. Elle est porteuse d'une ENERGIE POTENTIELLE.

L'unité est le VOLT [V], du nom de VOLTA, physicien Italien qui, en 1800 inventa la pile électrique et décrivit les notions fondamentales de la tension électrique.

1

Un volt est le $\frac{1}{1,0189}$ de la ddp aux bornes de l'élément Weston.

1,0189

- un volt est la ddp. qui existe entre deux points A et B d'un circuit, lorsqu'une charge de UN coulomb qui passe de A à B, perd entre ces points une énergie de UN joule.

Mesure : la tension se mesure à l'aide d'un voltmètre branché en parallèle (ou dérivation) sur le circuit ou sur la source énergétique testé.

La tension électrique peut être continue ou alternative.

La TENSION CONTINUE :

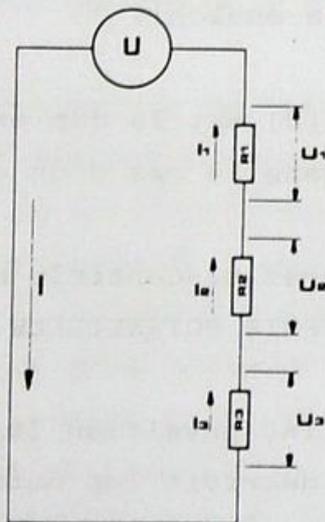
La tension continue délivrée par exemple par une cellule solaire ou une batterie électrique, possède une polarité et une valeur fixes, c'est-à-dire que la ddp entre ses bornes est constante et de même direction.

Le fonctionnement de l'amplificateur d'un ACA nécessite une tension continue de 1,3 volts. Certains ACA de type boîtier utilisent deux piles montées en série (alimentation de 3 volts).

L'importante nuance existant entre tension à vide et tension en charge est décrite dans le chapitre consacré aux batteries.

Dans un circuit où les composants sont montés en série, la tension continue totale est égale à la somme des tensions continues existant aux bornes de chaque élément du circuit.

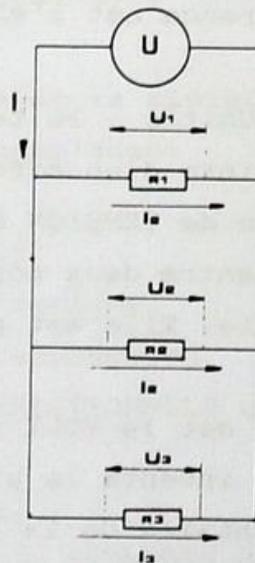
Dans un circuit où les composants sont montés en parallèle, la tension continue totale est la même que celle mesurée aux bornes de chaque élément du circuit.



$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3$$



$$U = U_1 = U_2 = U_3$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

Fig. I.1. Circuit série

Circuit parallèle

La TENSION ALTERNATIVE :

La valeur de la tension peut également varier continuellement en fonction du temps. La tension mesurée à un instant donné s'appelle TENSION INSTANTANÉE. Elle peut être positive ou négative par rapport à une référence fixe. Si la tension prend toujours la même valeur à des intervalles de temps réguliers, on dit que sa variation est périodique.

L'intervalle de temps s'appelle PERIODE (T) et le nombre de périodes par seconde est la FREQUENCE (F) exprimée en HERTZ.

$$F \text{ (hertz)} = \frac{1}{T \text{ (secondes)}}$$

L'exemple le plus connu de tension alternative est la tension sinusoïdale du secteur (220 volts alternatifs) dont la fréquence est de 50 hertz en Europe et de 60 hertz au U.S.A.

Une autre valeur qui caractérise la tension alternative est son AMPLITUDE. Nous parlerons de TENSION de CRETE (U crête) et de TENSION EFFICACE (U eff). Lorsque le type de tension n'est pas spécifié, il s'agit toujours de tension EFFICACE dont la valeur est inférieure à la tension maximale. Pour les tensions sinusoïdales :

$$U \text{ efficace} = \frac{U \text{ de crête}}{\sqrt{2}}$$

2. LE COURANT ELECTRIQUE

Soumis à une ddp, les électrons libres d'un corps conducteur vont se diriger de façon à revenir à l'équilibre. Un courant électrique prend naissance.

Définition et unités : un courant électrique [I] est un déplacement de charges électriques au travers d'un corps.

L'INTENSITE du COURANT est la quantité de charges qui passe dans un corps conducteur en une seconde de sorte que :

$$1 \text{ AMPERE} = 1 \text{ COULOMB par SECONDE.}$$

Autrement dit : si le courant est de UN ampère, en UNE seconde, le conducteur est parcouru par UN coulomb.

$$Q(\text{coulombs}) = I(\text{ampères}) \times T(\text{secondes})$$

C'est l'AMPERE (du nom de l'illustre savant français / 1775-1836) qui a été pris comme grandeur de référence et non le COULOMB.

$$1 \text{ AMPERE} = 6,25 \cdot 10^{18} \text{ électrons par seconde.}$$

Autrefois, il était défini de la façon suivante :

- l'ampère est l'intensité d'un courant qui dépose pendant chaque seconde 1,118 milligramme d'argent par la décomposition d'une solution de nitrate d'argent (NO_3Ag) dans l'eau.

Cette définition électrochimique, difficile à vérifier, fut remplacée par une définition électrodynamique plus précise :

- soient deux fils conducteurs minces, parallèles et infinis, placés dans le vide à un mètre de distance l'un de l'autre et parcourus par des courants identiques.

L'AMPERE est l'intensité des courants tels que l'un des fils conducteurs repousse l'autre avec une force de $2 \cdot 10^{-7}$ Newton par mètre de conducteur.

Définition électrique :

- un courant de UN AMPERE s'établit dans un corps conducteur de résistance de UN OHM et aux bornes duquel une tension de UN VOLT est appliquée.

Les courants circulant dans les ACA sont très faibles et l'unité d'intensité de courant généralement utilisée sera le 1/1000 d'ampère ou milliampère (mA).

Le terme INTENSITE est à éviter mais celui d'INTENSITE de COURANT peut être utilisé.

Mesure : l'intensité du courant se mesure à l'aide d'un ampèremètre qui se branche en SERIE dans le circuit.

L'appareil qui maintient une ddp est appelé SOURCE de TENSION.

Un tel appareil a deux bornes ou pôles, le pôle positif et le pôle négatif.

Si le circuit est fermé (chargé par un corps conducteur), un courant d'électrons va s'établir du pôle négatif (électrons en surplus) vers le pôle positif (en déficit).

Toutefois, le sens CONVENTIONNEL du COURANT est l'inverse de celui des électrons. En quelque sorte, on imagine un courant de charges positives.

LE SENS CONVENTIONNEL DU COURANT VA DU POLE POSITIF AU POLE NEGATIF.

Dans un circuit où les composants sont montés en série, le courant électrique total est le même en tous points du circuit (voir Fig. I.1.).

Dans un circuit où les composants sont montés en parallèle, le courant électrique total est égal à la somme des courants traversant chaque composant (voir Fig. I.1.).

Comme nous le verrons plus loin, le courant est proportionnel à la tension et inversement proportionnel à la résistance (ou charge) du circuit.

Remarque : Un courant électrique ne peut exister que dans un circuit fermé.

En effet, si la résistance est infinie, le courant est nul.

Dans le cas particulier de l'ACA, le courant principal est aussi appelé consommation de l'appareil.

NB : Le courant circulant dans un conducteur aux bornes duquel est appliquée une tension alternative, est également alternatif.

3. LA PUISSANCE et l'ENERGIE ELECTRIQUE

Définition et unités : la puissance électrique [P] représente l'énergie électrique fournie par unité de temps (t) à un circuit alimenté par une tension [U] et parcouru par un courant [I].

PUISSANCE ELECTRIQUE : $P \text{ (watts)} = U \text{ (volts)} \times I \text{ (ampères)}$

ENERGIE ELECTRIQUE (ou TRAVAIL) : $W \text{ (joules)} = P \text{ (watts)} \times t \text{ (secondes)}$

Pour la PUISSANCE, l'unité est le WATT (W) du nom de James Watt (1736-1839).
Pour l'ENERGIE, l'unité est le JOULE (J). Le transfert uniforme d'une énergie de UN JOULE par seconde équivaut à UN WATT.

donc : $1 \text{ JOULE} = 1 \text{ WATT SECONDE.}$

Une autre unité d'énergie, non légale mais couramment utilisée parce que plus pratique pour certaines applications, est le WATT-HEURE, qui représente l'énergie fournie pendant une heure à un circuit par une source dont la puissance est de UN WATT.

Il est en effet commode de considérer l'énergie électrique comme étant une puissance en fonction du temps :

$$W \text{ (watt-heures)} = U \text{ (volts)} \times I \text{ (ampères)} \times t \text{ (heures)}$$

ou encore

$$W \text{ (joules)} = U \text{ (volts)} \times I \text{ (ampères)} \times t \text{ (secondes)}$$

Mesure : le wattmètre résulte de la combinaison d'un voltmètre (monté en parallèle) et d'un ampèremètre (monté en série).

La puissance électrique fait appel à la notion d'énergie consommée et ne doit pas être confondue avec la puissance acoustique.

TABLEAU RÉCAPITULATIF de DIFFÉRENTES UNITÉS.

| GRANDEUR | Symb. | Unité | Symb. | GRANDEUR | Symb. | Unité | Symb. |
|------------------------|-------|------------------|--------|---------------------------|-------|-------------------|----------------|
| INTENSITÉ d'un COURANT | I | ampère | A | LONGUEUR | L, l | mètre | m |
| quantité d'électricité | Q | coulomb | C | aire. superficie | S, s | mètre carre | m ² |
| champ électrique | E | volt par mètre | V/m | volume | V | mètre cube | m ³ |
| TENSION d.d.p., f.e.m. | U, E | volt | V | TEMPS | t | seconde | s |
| capacité | C | farad | F | fréquence | f | hertz | Hz |
| résistance | R | ohm | Ω | vitesse | v | mètre par seconde | m/s |
| conductance | G | siemens | S, A/V | MASSE | M, m | kilogramme | kg |
| résistivité | ρ | ohm-mètre | Ωm | force | F | newton | N |
| champ magnétique | H | ampère par metre | A/m | énergie. travail | W | joule | J |
| induction | B | tesla | T | puissance | P | watt | W |
| force magnétomot. | F | ampère (tour) | A | pression | P | pascal | P N/m |
| flux magnétique | Φ, φ | weber | Wb | TEMPÉRATURE | θ, T | kelvin | K |
| inductance | L, M | henry | H | température Celsius | θ, t | dégré Celsius | °C |
| réactance | X | ohm | Ω | intervalle de temperature | θ, Δθ | kelvin | K |
| impédance | Z | ohm | Ω | quantité de chaleur | W | joule | J |
| susceptance | B | siemens | S | INTENSITÉ LUMINEUSE | I | candela | cd |
| admittance | Y | siemens | Y | flux lumineux | F | lumen | lm |
| puissance apparente | S | volt-ampère | VA | éclairage | E | lux | lux |

4. L'ALIMENTATION (symbole technique : $\pm \text{||} =$).

La majorité des ACA actuels sont alimentés par une source de basse tension continue. Les deux alimentations les plus utilisées sont la batterie rechargeable et la batterie non rechargeable (pile).

4.1. La batterie rechargeable.

Composé de Cadmium (Cd) et de Nickel (Ni), l'accumulateur permet d'emmagasiner l'énergie fournie par un chargeur.

a) le cycle de charge.

La règle générale est de recharger un accumulateur à l'aide d'un courant constant équivalent au dixième de sa capacité nominale.

Cependant, le courant fourni par le chargeur n'est pas accumulé durant la totalité du temps de charge. En début et en fin de charge, une partie seulement de l'énergie électrique est stockée dans l'accu, l'autre partie étant utilisée pour la reconstitution des électrodes et la production de gaz. En pratique, il faut fournir 1,4 fois l'énergie théorique nécessaire.

Exemple : La charge d'un accu de 30 mAh à l'aide d'un courant constant de 3 mA durera 14 heures.

Une fois arrivé à saturation, l'accumulateur n'emmagasine plus l'énergie et la transforme en chaleur.

De nombreuses et longues périodes de surcharge ainsi que le non-respect de la polarité peuvent occasionner des dégâts irréversibles (du gonflement à l'éclatement). La température idéale qui permet d'atteindre les 100 % de charge se situe entre dix et trente degrés celsius.

Par contre, la bonne conservation de la charge des accus, s'obtiendra en les stockant à très basse température (au congélateur par exemple).

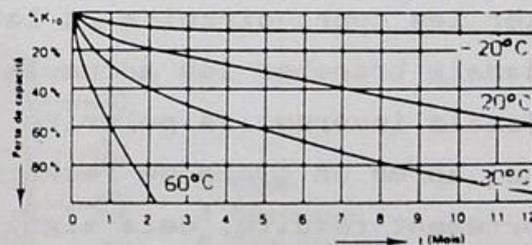
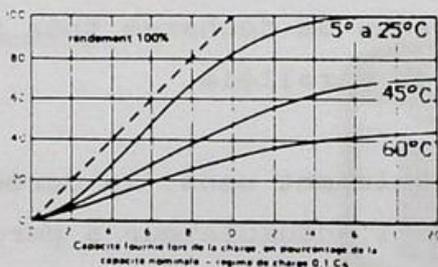


Fig. I.2. Charge d'un accu Conservation d'un accu en fonction de la température en degré CELSIUS.

Un accumulateur neuf demande une période de charge avant d'être utilisé. Une recharge rapide serait en principe possible à condition de disposer d'un chargeur ET d'accus spécialement conçus. Il faut savoir que ce chargeur dégage beaucoup de chaleur et que l'accu a une durée de vie plus limitée.

b) la capacité.

La capacité nominale de l'accumulateur s'exprime en mAh et est indiquée par le fabricant pour une utilisation à vingt degrés celsius.

Elle décroît lorsque l'on s'écarte de cette température de référence.

A zéro degré par exemple, la capacité disponible peut être réduite de 25 % de sa capacité nominale.

Ce phénomène est lié à l'augmentation de la résistance interne lorsque la température diminue.

La capacité est également liée à la vitesse de décharge, c'est à dire au courant de décharge.

c) le cycle de décharge (voir courbes de décharge page 15).

De par sa capacité très réduite, un accu chargé ne peut alimenter un ACA que pendant quelques heures.

Le temps d'utilisation à vingt degrés se calcule en divisant la capacité de l'accumulateur par le courant moyen de consommation de l'ACA.

La tension aux bornes de l'accu (1,2 volt) n'est pas particulièrement stable et décroît assez sensiblement en cours d'utilisation (surtout en fin de décharge) et en présence de fortes pointes de consommation (notons que la tension minimale de fonctionnement d'un ACA est de 1,1 volt).

Ces variations de tension représentent une INCOMPATIBILITE D'UTILISATION avec un ACA PUSH-PULL ou dont le potentiomètre a été bloqué (pré-réglé).

Le nombre de décharges possibles dépendra des conditions d'utilisation.

La capacité de l'accumulateur pourra être accrue en appliquant les règles suivantes :

- ne jamais décharger complètement un accu (si possible ne pas le décharger à plus de cinquante pour-cent de sa charge),
- respecter le temps et la température de charge ,
- éviter les court-circuits ou les courants de décharge très importants,
- ne jamais brancher les accumulateurs en parallèle,
- ne jamais inverser sa polarité.

Lorsque, après un cycle de recharge normalement mené, la durée de décharge est fortement réduite, cela signifie que l'accumulateur a perdu ses propriétés.

A la lecture de ce qui précède, on se rend compte que l'utilisation d'accumulateurs présente un certain nombre d'inconvénients.

Cependant, bien utilisé, il permet à long terme de réaliser une certaine économie par rapport à l'utilisation des piles.

L'accumulateur n'ayant pas exactement les mêmes dimensions que la pile, une utilisation mixte peut être à l'origine de mauvais contacts.

4.2. Les batteries non-rechargeables.

Ces éléments énergétiques, généralement appelés PILES dans le langage courant, sont constitués de différents composants qui, par d'astucieuses combinaisons chimiques, se transforment en énergie électrique.

La tension nominale d'un élément ainsi que sa capacité sont en rapport direct avec les matériaux utilisés et le volume utile disponible.

Examinons une par une les différentes combinaisons chimiques utilisées.

a) la pile ZINC/CHARBON (Zn/C)

composition : cathode (-) = zinc (Zn)

anode (+) = charbon (C)

tension nominale : 1,5 volts.

L'élément Zn/C est encore utilisé pour l'alimentation des ACA boîtier.

Complètement déchargées, ces piles risquent de couler. Il est donc conseillé de donner la préférence aux piles dites blindées.

La pile Zn/C a l'avantage d'être bon marché et de contenir moins de 0,01% de mercure.

b) la pile ALCALINE ou ZINC/MANGANESE (Zn/MnO₂)

composition : cathode = zinc (Zn)

anode = bioxyde de manganèse (MnO₂) et graphite

électrolyte = solution aqueuse d'hydroxyde de potassium.

tension nominale : 1,5 volts.

Cette pile plus récente a, par rapport à la pile zinc/charbon, une très grande capacité, une courbe de décharge très stable, une longue durée de conservation et bonne résistance à la corrosion.

Elle contient environ 1 % de mercure, ce qui de prime abord peut paraître faible, mais représente, étant donné le volume de matière, une quantité non négligeable.

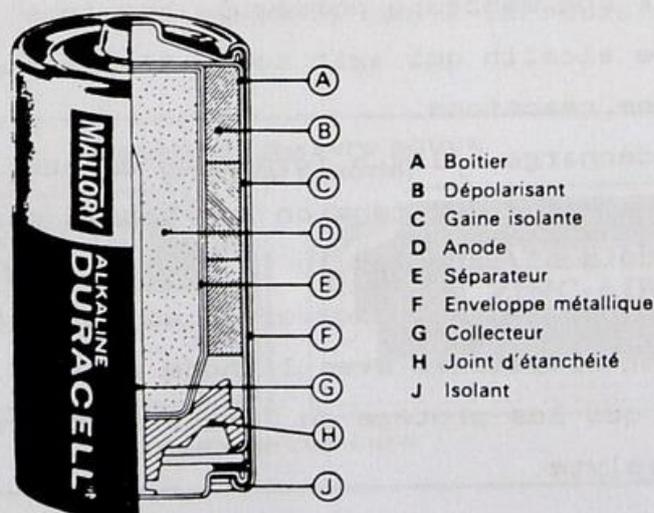


Fig. I.3. Coupe d'une pile alcaline.

c) la pile au MERCURE

composition : cathode = OXYDE de MERCURE (HgO)

anode = ZINC (Zn)

électrolyte = hydroxyde alcalin

tension nominale : 1,35 volts.

Ce fut la première pile miniaturisée à être utilisée dans les contours et les lunettes auditives (mod.675)

La pile au mercure est de très bonne qualité.

Sa tension est très stable jusqu'en fin de décharge, et elle réagit très bien aux pointes de courant.

Sa conservation dans un endroit frais et sec est de très longue durée.

Le seul inconvénient est sa forte contenance en mercure (25 à 30 %) ce qui, à l'échelon mondial, représente un risque évident de pollution.

Rappelons aux utilisateurs que le mercure d'une pile jetée dans la nature se retrouvera un jour ou l'autre soit en vapeur de mercure dans l'atmosphère, soit en milieu aquatique où il se transformera en méthylmercure.

Lorsque l'on sait que LE MERCURE d'UNE SEULE PILE (1 gramme) peut polluer UN METRE CUBE DE TERRE DURANT CINQUANTE ANS et que la fabrication annuelle actuelle de piles nécessite environ SEPT TONNES de mercure, on prend conscience du problème.

La meilleure façon de lutter contre cette pollution est d'informer les utilisateurs, d'encourager la récolte de piles usagées afin qu'elles soient retraitées et, bien sûr, d'utiliser autant que possible les piles zinc-air.

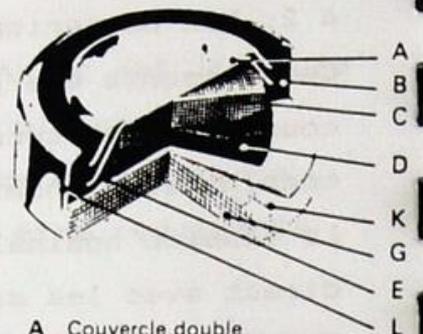
Pour les amateurs de chimie, voici comment fonctionne la pile au mercure : (extrait du GUIDE du CONSTRUCTEUR / Mallory * DURACELL®)

L'anode est constituée principalement de zinc très pur amalgamé.

La cathode, constituée d'oxyde mercurique et de graphite, est séparée de l'anode par une membrane perméable aux ions. L'électrolyte est une solution d'hydroxyde alcalin qui agit comme transporteur d'ions et n'est pas absorbé au cours des réactions.

Durant la décharge, il y a formation de mercure qui ne s'oppose pas au passage du courant. La tension aux bornes est stable et les périodes de récupération sont inutiles.

La surface intérieure du couvercle est traitée pour être électrochimiquement compatible avec l'anode de zinc. Les boîtiers sont en acier nickelé ce qui les protège de la corrosion et les rend passifs vis-à-vis de l'électrolyte.



- A Couvercle double
- B Joint d'étanchéité (plastique)
- C Anode comprimée (zinc)
- D Absorbant et électrolyte
- E Séparateur
- G Dépolarisant comprimé
- K Epaulement de cathode
- L Boîtier

d) la pile à l'OXYDE d'ARGENT.

composition : cathode = OXYDE d'ARGENT (AgO)
 anode = ZINC (Zn)

tension nominale : 1,55 volt.

Elle est parfois utilisée lorsqu'un surcroît de puissance (quelques dB) est souhaitée. Sa contenance en mercure est inférieure à 1%

e) la pile ZINC/AIR.

composition : anode = ZINC (Zn)
 cathode = l'OXYGENE de l'air

tension nominale : 1,3 volt.

Pour répondre à certaines exigences écologiques, les constructeurs ont été amenés à créer une pile exempte de mercure (inférieure à 1 %).

Cette pile a connu, depuis sa création, un certain nombre de perfectionnements, principalement en ce qui concerne sa fiabilité, sa capacité et sa conservation. Sa capacité a pu être doublée par rapport à la pile au mercure, grâce à l'important volume d'anode disponible.

Sa fiabilité et sa conservation sont satisfaisantes, sans toutefois atteindre celles de la pile au mercure. En toute logique, cette pile très performante, est appelée à remplacer la pile au mercure.

Notons que le bon fonctionnement de la pile Zn/air requiert une arrivée d'air BIEN DEGAGEE !

Actuellement quelques petits problèmes sont encore à résoudre :

- le débit énergétique n'est pas suffisant en cas de fortes pointes de consommation (ACA push-pull),
- la réaction chimique une fois amorcée (opercule de protection enlevé), la conservation de la pile est fortement compromise et ses performances réduites en cas d'utilisation peu fréquente,
- certains ACA (assez rares) ne s'accommodent pas à la résistance interne de la pile zinc/air,

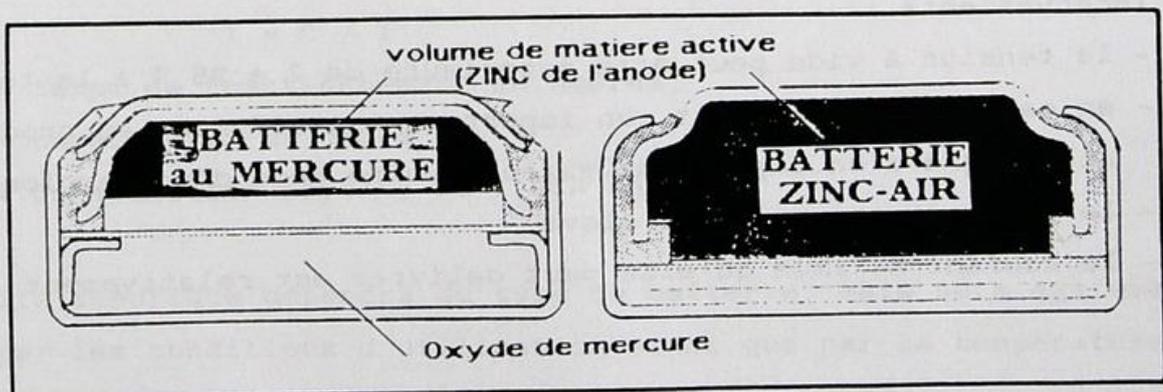


Fig. I.4. Comparaison de volume de matière active entre la pile au MERCURE et la pile ZINC-AIR (documentation RAYOVAC).

f) la pile au LITHIUM.

composition : anode = LITHIUM (Li)

: cathode = voir tableau ci-dessous.

tension nominale : dépend du matériau utilisé pour la cathode.

| composition CATHODE | tension nominale |
|---------------------------|------------------|
| OXYDE de CUIVRE : | 1,5 volts |
| OXYPHOSPHATE de CUIVRE : | 2,4 volts |
| DIOXYDE DE SOUFFRE : | 3 volts |
| MONOFLUORURE de CARBONE : | 3 volts |
| BIOXYDE DE MANGANESE : | 3,3 volts |
| CHLORURE de THIONYLE : | 3,5 volts |

Cette pile n'est pas encore utilisée dans les ACA, mais ses nombreuses qualités n'ont certainement pas échappé aux constructeurs.

Son fonctionnement et sa tension nominale sont intimement liés au type de matériaux utilisés (cathode et électrolyte).

Voyons succinctement les avantages et les inconvénients de ce type de pile.

Avantages :

- très grande capacité,
- dimensions très réduites,
- décharge à vide inférieure à 1 % par an,
- tension de fonctionnement très peu influencée par la température,
- possibilité, grâce à une tension plus élevée, d'exploiter les technologies développées pour d'autres applications électroniques,
- grande fiabilité,
- choix de tensions nominales suivant la composition.

Inconvénients :

- la tension à vide peut être supérieure de 7 à 25 % à la tension en charge
- en cas de court-circuit, un important échauffement se produit, parfois accompagné d'un dégagement gazeux, voire même d'une explosion,
- le prix est encore assez élevé.
- le courant maximum qu'elle peut délivrer est relativement limité.

4.3. CARACTERISTIQUES PARTICULIERES.

Afin de bien comprendre le comportement de la batterie, il est intéressant d'en connaître certaines particularités techniques.

a) la tension à vide :

Elle correspond à la tension mesurée aux bornes d'une batterie hors circuit. Cette mesure n'a qu'une valeur indicative et ne permet en aucun cas de déterminer avec certitude l'état de charge ou de capacité de la batterie. En effet, des agents chimiques dépolarisants peuvent en quelques heures rendre à une batterie, presque épuisée et non utilisée, suffisamment de charge pour renseigner une tension fictive proche de la tension d'origine.

b) la tension en charge :

Pour connaître la tension EN CHARGE d'une batterie, il suffit de lui faire débiter un courant proche des conditions d'utilisation (5 mA par exemple). La mesure A FORTE CHARGE est réalisée en plaçant la batterie dans des conditions extrêmes de fonctionnement (20 mA par exemple) durant quelques secondes.

Si la tension en charge ou à forte charge chute à vue d'oeil, des doutes certains peuvent être émis quant à la capacité résiduelle de la batterie testée.

NB : pour des raisons déjà citées, une pile zinc/air testée à pleine charge donnera généralement une impression de faiblesse.

c) la capacité :

La capacité d'une batterie est renseignée par le fabricant en mA heure et à 20 degrés CELSIUS.

Cela signifie que si une pile 675 au mercure (capacité : 250 mAh) débite un courant constant de 2 mA, elle fonctionnera environ 125 heures.

$$T = C / I$$

T = temps de fonctionnement en heures,

C = capacité en mA heure.

I = consommation moyenne de l'ACA en mA.

Cette capacité théorique dépendra du type de batterie, mais sera également influencée par les conditions d'utilisation ainsi que par la température de conservation et d'utilisation.

d) la résistance interne :

Toutes les caractéristiques particulières ainsi que les résistances internes fictives sont liées à la structure intrinsèque de la batterie.

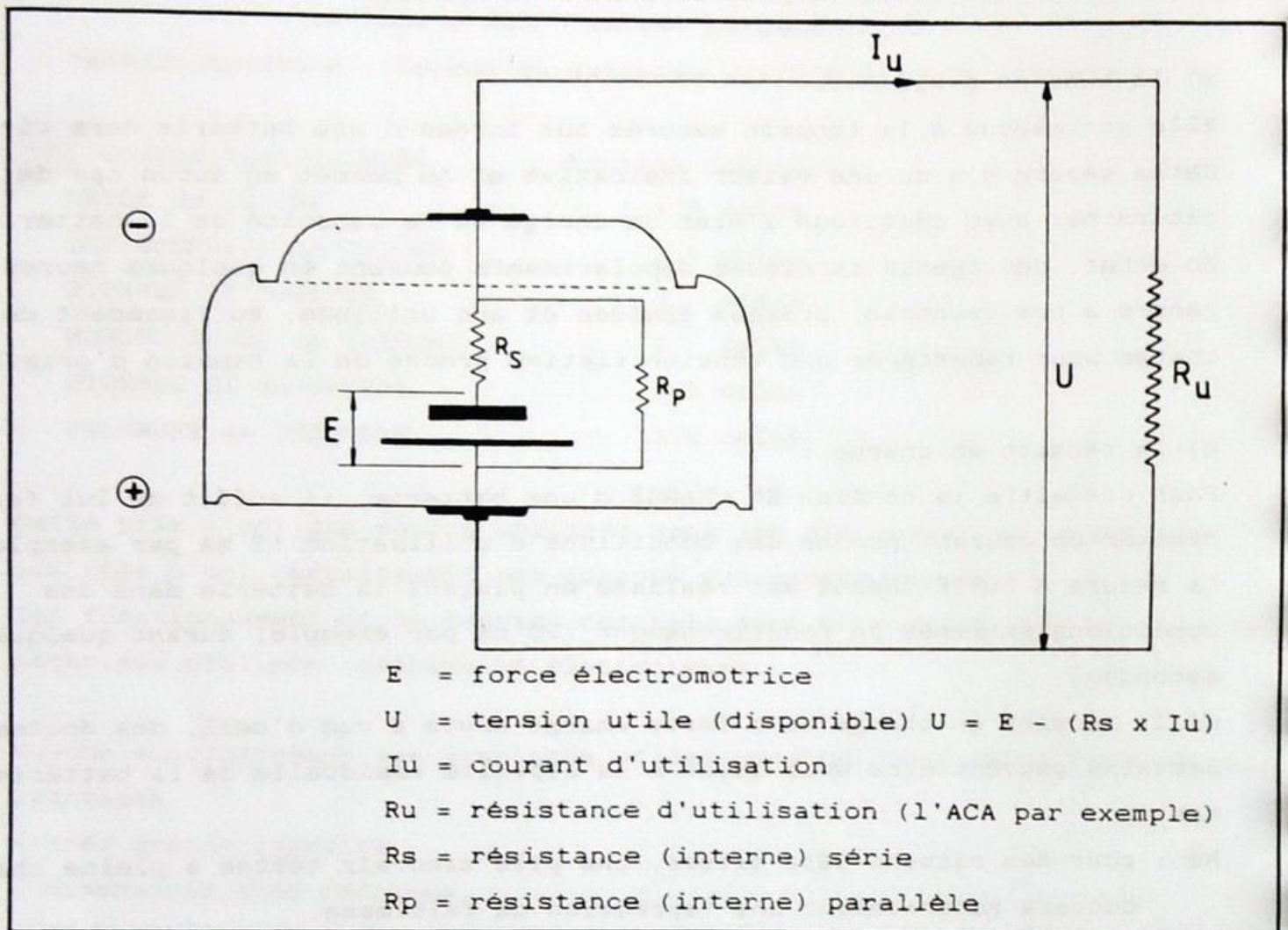


FIG. I.5. Représentation des résistances fictives qui influencent le comportement d'une pile.

Vue de l'intérieur, elle est formée d'une source de tension pure, idéale (E) avec une faible résistance interne série (R_s = quelques ohms) et une forte résistance interne parallèle (R_p = plusieurs mégohms).

La résistance série (R_s) est responsable d'une chute de tension qui augmente en fonction du courant demandé. Une bonne batterie devrait garder une résistance interne quasi constante durant 90 % de sa durée de vie.

Le but poursuivi par les fabricants est de trouver des agents chimiques très stables dans le temps.

Après un certain temps de fonctionnement, les déchets de réaction se déposent sur les électrodes avec, comme conséquence, l'augmentation de la résistance interne série (R_s). La chute de tension aux bornes de R_s augmente proportionnellement au courant délivré (I_u).

Exemple pratique d'une pile usagée dont la résistance interne a fortement augmenté : $R_s = 500$ ohms / $E = 1,4$ volts / $I_u = 2$ mA (0,002 Ampères).

a) à vide ($I_u=0$ mA) $U = 1,4 - (500 \times 0) = 1,4 - 0 = 1,4$ volts

b) en charge ($I_u=2$ mA) $U = 1,4 - (500 \times 0,002) = 1,4 - 1 = 0,4$ volts !

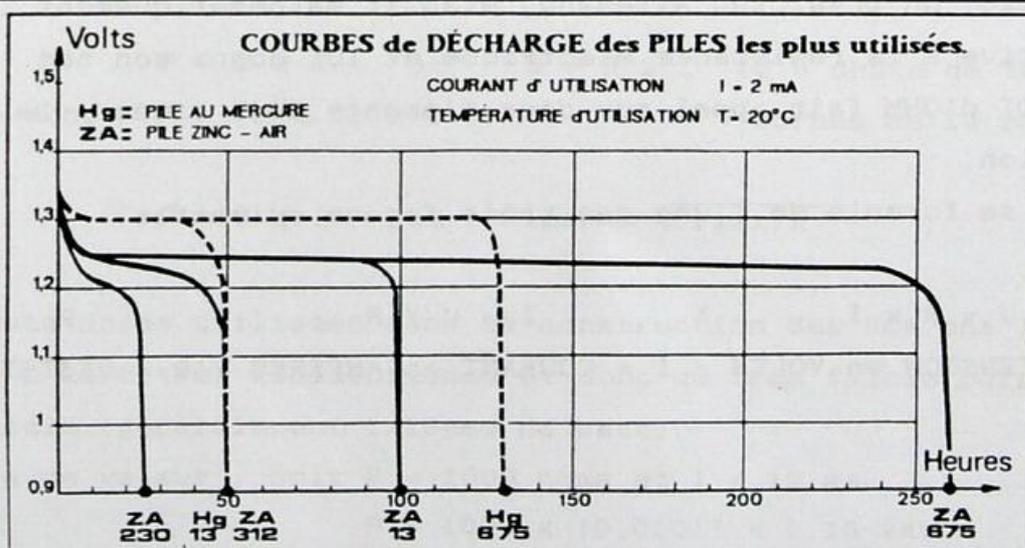
La résistance parallèle (R_p) forcera la batterie à débiter un courant très faible mais non négligeable qui pourrait à long terme décharger la batterie. La valeur de cette résistance dépend fort de la température, d'où la nécessité de conserver les batteries au frais. R_s et R_p sont, bien entendu des résistances fictives.

* CONSEIL PRATIQUE *

La meilleure conservation des batteries en général et du stock de batteries en particulier s'effectue dans un endroit SEC et FRAIS.

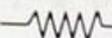
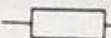
Tableau récapitulatif des piles les plus utilisées pour les ACA.

| TYPE | COMPOSITION | TENSION (Volts) | CAPACITE (mAh) | UTILISATION | DIMENSIONS en mm. | | | |
|------|-------------|--------------------|-------------------|------------------|-------------------|------|---------|------|
| | | | | | diamètre | | hauteur | |
| | | | | | min | max | min | max |
| LR6 | zn/charbon | 1,5 | 500 | boîtier | 13,5 | 14,5 | 49 | 50,5 |
| LR6 | zn/MnO2 | 1,5 | 2250 | boîtier | 13,5 | 14,5 | 49 | 50,5 |
| 675 | mercure | 1,35 | 220/250 | contours et | 11,3 | 11,6 | 5 | 5,4 |
| 675 | zinc/air | 1,25 | 400/520 | lunettes | 11,3 | 11,6 | 5 | 5,4 |
| 13 | mercure | 1,35 | 100 | contours, lunet. | 7,6 | 7,9 | 3,3 | 3,6 |
| 13 | zinc/air | 1,25 | 170/225 | et intraconque. | 7,6 | 7,9 | 3,3 | 3,6 |
| 312 | mercure | 1,35 | 60 | contours et | 7,6 | 7,8 | 3,3 | 3,6 |
| 312 | zinc/air | 1,25 | 70/110 | intras | 7,6 | 7,8 | 3,3 | 3,6 |
| 230 | zn/air (10) | 1,25 | 50 | intra canal | 5,6 | 5,8 | 3,3 | 3,6 |



5. LES COMPOSANTS ELECTRONIQUES.

Le coeur de l'ACA est l'amplificateur dont nous allons passer en revue les principaux composants.

5.1 La Résistance (symbole technique :  ou ).

Définition et unité : la résistance électrique d'un corps est la faculté que présente ses électrons de circuler plus ou moins librement.

- * Les CORPS CONDUCTEURS sont des corps qui possèdent un grand nombre d'électrons libres, c'est-à-dire des électrons qui ne sont plus solidaires de leur noyau.
- * Les CORPS ISOLANTS voient leurs électrons maintenus par des forces assez grandes à leur noyau d'origine.

Pour vaincre cette résistance, une partie de l'énergie électrique se transforme en chaleur. C'est l'EFFET JOULE. $P_j = R \times I$

La résistance électrique d'un conducteur est fonction de sa résistivité

$$R = \frac{\rho \times L}{S}$$

ρ = Résistivité définie par le matériau (en ohm-mètre)

L = Longueur (en mètres)

S = Section (en mètres carrés).

Un bon conducteur aura une faible résistivité (exemple le cuivre), un mauvais conducteur aura une forte résistivité (exemple le bois).

L'unité de résistance électrique est l'OHM, symbolisé par la lettre grecque oméga (Ω).

UN ohm est la résistance d'un conducteur dans lequel un courant de UN ampère dépense, sous forme de chaleur, une puissance de UN watt.

En 1826, un physicien Allemand, établit mathématiquement la loi relative à la résistance électrique et lui donna son nom.

La LOI d'OHM fait appel aux deux éléments déjà cités : le courant et la tension.

Elle se formule de l'une des trois façons suivantes :

$$U = R \times I \quad * \quad I = U / R \quad * \quad R = U / I$$

U = TENSION en VOLTS / I = COURANT en AMPERES / R = RESISTANCE en OHMS

Un corps parcouru par un courant de UN AMPERE et aux bornes duquel apparaît une ddp de UN VOLT, a une résistance de UN OHM.

Cette formulation est valable en tension ou courant CONTINU.

S'il s'agit de tension ALTERNATIVE, nous ne parlerons plus de résistance mais d'IMPEDANCE (Z). L'impédance est la résistance complexe opposée au passage du courant ALTERNATIF. Elle dépend de la nature des éléments qui s'y opposent.

Pour calculer la valeur totale d'un ensemble de résistances [RT], les formules suivantes sont applicables (voir Fig. I.1.) :

- résistances montées en série : $RT = R1 + R2 + \dots + Rn$

- résistances montées en parallèle : $RT = \frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \dots + \frac{1}{Rn}}$

PHYSIQUEMENT, la résistance est constituée d'un corps plus ou moins conducteur selon la résistivité que l'on souhaite obtenir.

Il existe des résistances de valeur fixe mais aussi des résistances de valeur variable.

Les résistances variables les plus utilisées dans l'ACA sont les potentiomètres et les trimmers (voir plus loin).

La résistance (élément physique) est également caractérisée par la puissance maximale, exprimée en watts, qu'elle peut dissiper sans risquer d'être endommagée.

Le calcul de la Puissance (en watts) d'une Résistance (en ohms) parcourue par un courant électrique (I en ampères) est le suivant :

$$P = U \times I \quad \text{et} \quad U = R \times I \quad (U = \text{chute de tension aux bornes de la résistance})$$

donc $P = (R \times I) \times I$

$$P = R \times I^2 \quad \text{ou} \quad I_{\text{max}} = \sqrt{P_{\text{max}}/R}$$

Les résistances utilisées dans la construction des ACA ont la particularité d'être très miniaturisées et donc de très faible puissance admissible (généralement 1/16ème de watt).

Exemple de valeur : soit $R = 1000$ ohms et $I = 10$ mA

$$P = 1000 \times (0,010)^2 = 0,10 \text{ watts}$$

Un troisième élément qui caractérise la résistance est sa précision. Cette précision ou tolérance peut être de l'ordre de 1 % mais peut également atteindre 20 % pour certaines résistances.

Ces différentes caractéristiques sont généralement identifiées à l'aide d'un code de bagues de couleurs.

- la première bague représente le premier chiffre significatif de la valeur de résistance,
- la deuxième bague représente le deuxième chiffre significatif de la valeur de résistance,
- la troisième bague représente le nombre de zéros à ajouter aux deux premiers chiffres pour obtenir la valeur en OHMS :

NOIR = 0 / BRUN = 1 / ROUGE = 2 / ORANGE = 3 / JAUNE = 4

VERT = 5 / BLEU = 6 / VIOLET = 7 / GRIS = 8 / BLANC = 9

- la quatrième bague représente la précision :

NOIR = 1 % / BRUN = 2 % / OR = 5 % / ARGENT = 10 %

absence de couleur = 20 %

Exemple : rouge + violet + orange + argent = 27 k Ω / précision 10 %

Les fabricants utilisent de plus en plus des CHIPS RESISTIFS, petits pavés de céramique sur lesquels sont cuites à très haute température, des pâtes résistives. Après cuisson, elles peuvent être ajustées au laser. C'est la technologie 'couches épaisses' appliquée à un composant.

Ces chips ont les avantages suivants :

- réduction de taille de la résistance (dimensions courantes 2x1,25 mm ou 1x1,25 mm et même 0,50x0,75 mm),
- suppression des fils de connexion encombrants,
- possibilité de créer des réseaux (plusieurs résistances sur le même support de céramique),
- et surtout, possibilité d'utiliser, dans les prothèses de haut de gamme, les techniques modernes de fabrication robotisées, assistées par ordinateur, qui améliorent considérablement la précision, la qualité, la rapidité et la fiabilité de câblage.

Bien sûr, ces résistances ne peuvent plus être identifiées.

2 Le condensateur (symbole technique :  ).

Le condensateur est constitué de deux plaques conductrices séparées l'une de l'autre par un isolant (le diélectrique). Sa principale caractéristique est de s'opposer au passage du courant continu.

Quand la tension entre les armatures est de V volts, la charge du condensateur est de Q coulombs.

La capacité $[C]$ a pour unité le farad $[F]$ mais l'unité la plus utilisée est le $1/1.000.000$ de farad ou microfarad $[\mu F]$. Elle est proportionnelle à la surface des armatures (S en m^2), inversement proportionnelle à la distance entre armatures (d) et dépend de la nature du diélectrique (ϵ) qui les sépare (PERMITIVITÉ ^{en m} du diélectrique).

$$Q = C \cdot V \qquad C = \epsilon \cdot \frac{S}{d}$$

Comme pour les résistances, la valeur du condensateur s'identifie par un code de couleur ou parfois une inscription chiffrée (lecture directe). En fonction de la capacité que nous souhaitons obtenir, le condensateur sera de conception différente. Le condensateur chimique (ou électrolytique) aura une grande capacité et donc, une faible impédance. Le condensateur céramique sera de faible capacité et de grande impédance

Le condensateur a un rôle évident à jouer dans la réalisation des filtres de fréquences.

En effet, si nous considérons, sous un abord très simpliste, son comportement face à un signal de fréquence définie, nous pouvons envisager les trois situations suivantes :

- monté en série dans un circuit, le condensateur va s'opposer au passage des fréquences les plus basses (filtre passe-haut);
- monté en parallèle, il va dévier (court-circuiter) les fréquences les plus aiguës (filtre passe-bas);
- des combinaisons appropriées (condensateurs/résistances) permettent de réaliser des filtres sélectifs (filtres passe-bande et coupe-bande).

En pratique, d'autres éléments seront également utilisés. Ainsi le montage classique RC (résistance $R5+R4$ et condensateur $C6$ de la Fig.I.7) dont la résistance sera variable (potentiomètre $R4$), permettra de réaliser un filtre de tonalité à fréquence de coupure réglable.

Il s'agit ici de la description sommaire d'un FILTRE PASSIF (voir également : les SYSTEMES de FILTRAGE).

Une autre fonction importante du condensateur au sein de l'amplificateur est de servir de séparation entre les différents étages.

Le but du "condensateur de liaison" est de bloquer la tension CONTINUE de polarisation des différents étages tout en permettant le passage de tension ALTERNATIVE (signal AUDIO) d'un étage à l'autre.

La rupture d'un tel condensateur aura pour effet l'interruption du cheminement du signal amplifié ; par contre, sa mise en court-circuit perturbera fondamentalement le fonctionnement des étages en amont et en aval de ce condensateur.

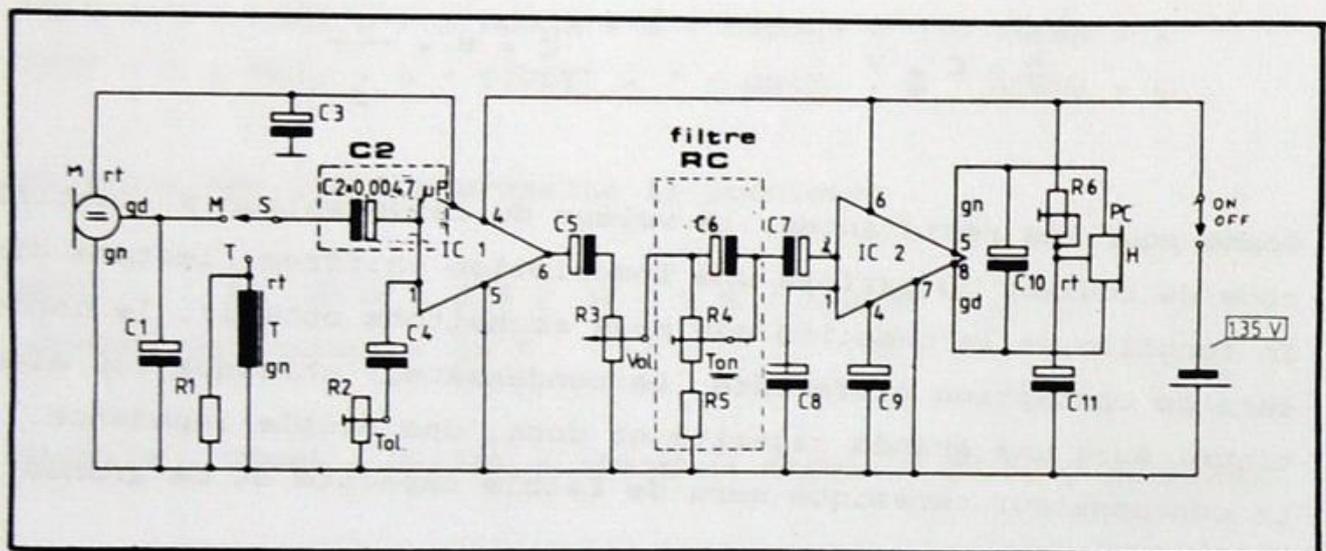


Fig. 1.7. Filtre R.C. (C6/R4/R5) Condensateur de liaison (C2).

• CONSEIL PRATIQUE •

Bien que peu courante, la défectuosité d'un condensateur peut être à l'origine d'une panne intermittente.

Il sera bon de se souvenir que la résistance ohmique d'un condensateur est toujours très élevée.

La rupture au niveau d'un condensateur peut être confirmée en le pontant par un condensateur de valeur similaire.

Les condensateurs électrolytiques et au tantale sont polarisés.

En cas de remplacement, il faut respecter leur sens de branchement.

5.3 L'inductance ou self ou bobinage (symbole technique : ).

Un circuit possède la propriété de produire en lui-même une force électromotrice induite lorsqu'il est parcouru par un courant variable. Le phénomène d'auto-induction (ou de self-induction) a pour effet de s'opposer aux variations du courant.

L'unité d'inductance est le HENRY [H] : c'est l'inductance d'un circuit dans lequel une force électromotrice de UN volt est produite lorsque le courant électrique qui parcourt le circuit varie uniformément de UN ampère durant une seconde.

Un conducteur rectiligne possède une très faible inductance. Tourné sur lui-même, l'inductance du bobinage ainsi formé va s'accroître.

La valeur inductive va dépendre du nombre de spires, du diamètre du conducteur utilisé, de sa longueur totale, de sa nature, etc ...

De plus, le bobinage pourra être réalisé autour d'un noyau de fer doux ou de céramique magnétique (ferrite).

Le phénomène d'induction en général et les bobinages en particulier sont à la base de très nombreuses applications électriques, électro-magnétiques et électroniques. Citons par exemple : les dynamos, les moteurs électriques, les alternateurs, mais aussi, les micros, vibrateurs, écouteurs et bobines d'écoute.

Les inductances interviennent également dans la réalisation des filtres hautes fréquences (circuits passe-bandes et circuits bouchons).

Il existe actuellement des circuits intégrés qui recréent l'effet de self à partir d'une valeur de condensateur.

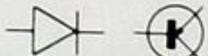
* CONSEIL PRATIQUE *

Mesurée à l'ohmmètre, la résistance ohmique d'une inductance sera TOUJOURS de très faible valeur. Elle aura la valeur de la résistance du matériau (bobinage) utilisé.

Pour mesurer la résistance dynamique (impédance), il faut des instruments qui réalisent la mesure en fonction de la fréquence.

Le constructeur renseigne généralement la valeur à 1000 hertz.

Si plusieurs spires du bobinage sont en court-circuit, la résistance ohmique ne variera pas tandis que l'impédance diminuera de façon très significative.

5.4 Les semi-conducteurs (symbole technique : ).

Certaines combinaisons de matériaux ont été à la base de la fabrication des semi-conducteurs.

La création des diodes, des transistors et plus récemment des circuits intégrés a réellement révolutionné l'industrie de l'électronique.

En effet, ne nécessitant qu'une basse tension continue d'alimentation les semi-conducteurs ont ouvert les voies de la miniaturisation dont la prothèse auditive a largement bénéficié.

Les caractéristiques de conductibilité communes aux semi-conducteurs sont les suivantes :

- leur résistance au passage du courant dépend de son sens (effet de redressement),
- leur conductibilité dépend de l'éclairement (effet de photoconduction)
- leur conductivité est fortement influencée par l'augmentation de température,
- leur résistivité se situe à mi-distance entre les bons conducteurs (10^{-7} ohms mètre) et les isolants (10^{13} ohms mètre).

Le fonctionnement des semi-conducteurs est animé par la théorie du mouvement des électrons dans un corps cristallin et relève de la mécanique ondulatoire.

Dès 1948 apparaissent les premiers transistors appelés à remplacer les triodes à vide (autrefois, les lampes des radios).

Un transistor est constitué d'un monocristal semi-conducteur (par exemple du germanium ou du silicium) sur lequel deux jonctions très voisines ont été créées.

Ces deux jonctions forment deux diodes ayant un élément commun (la base) et deux parties de conductibilité opposées à celle de la base (l'émetteur et le collecteur).

Pour réaliser un ampli à transistors, différents montages sont utilisés. Les montages à Base Commune (BC) ont une faible impédance d'entrée et une grande impédance de sortie.

Les montages à Emetteur Commun (EC) procurent une importante amplification avec des impédances d'entrée et de sortie de valeur moyenne.

Les montages à Collecteur Commun (CC) n'apportent pas d'amplification mais présentent une importante impédance d'entrée et une faible impédance de sortie. Les montages CC et BC seront principalement utilisés comme adaptateur d'impédance.

Signalons toutefois que l'utilisation d'éléments tels que résistances, condensateurs, transistors, etc ... est en voie de disparition. Ces éléments prennent beaucoup de place et offrent moins de possibilités de développer des circuits performants. Dans les circuits électroniques modernes, ils sont progressivement remplacés par des circuits intégrés spécifiques.

L'élément ELECTRET du microphone présente une impédance très élevée (plus de 100 M Ω). C'est la raison pour laquelle est monté, dans le boîtier même du microphone, un transistor à effet de champ (Field Effect Transistor = FET) destiné à réduire son impédance de sortie et à l'adapter à l'impédance d'entrée de l'ampli.

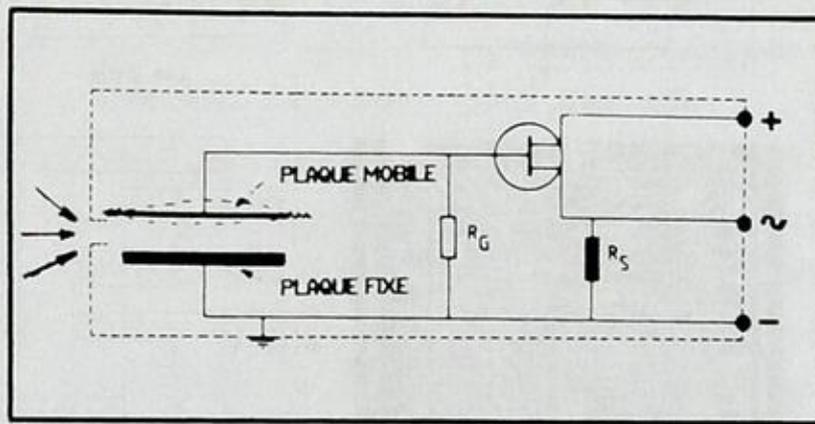


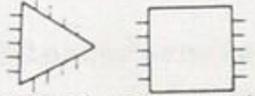
Fig. 1.8. Microphone à ELECTRET avec FET.

Selon le type de transistor et le type de montage utilisés, certains courants et tensions caractéristiques pourront être mesurés. Ces valeurs seront généralement mentionnées sur les schémas techniques fournis par les constructeurs.

* CONSEIL PRATIQUE *

Nous pouvons considérer que, dans la totalité des pannes survenant aux ACA, celles d'origine purement électronique sont en nette minorité. Une défectuosité située au niveau d'un élément tel que résistance, condensateur, transistor, circuit intégré, etc ... n'est plus du ressort de l'audioprothésiste qui ne possède pas de sérieuses connaissances en électronique.

Dans ce cas, il aura la sagesse de ne pas aggraver la situation et de confier l'ACA à un service technique compétent.

5.5 Les circuits intégrés (symbole technique : ).

Issu de la recherche spatiale et grâce à des prouesses technologiques, le Circuit Intégré [IC] regroupe à lui seul un nombre souvent considérable de composants électroniques.

Un des premiers IC utilisé en prothèse auditive vers la fin des années soixante fut l'OM 200.

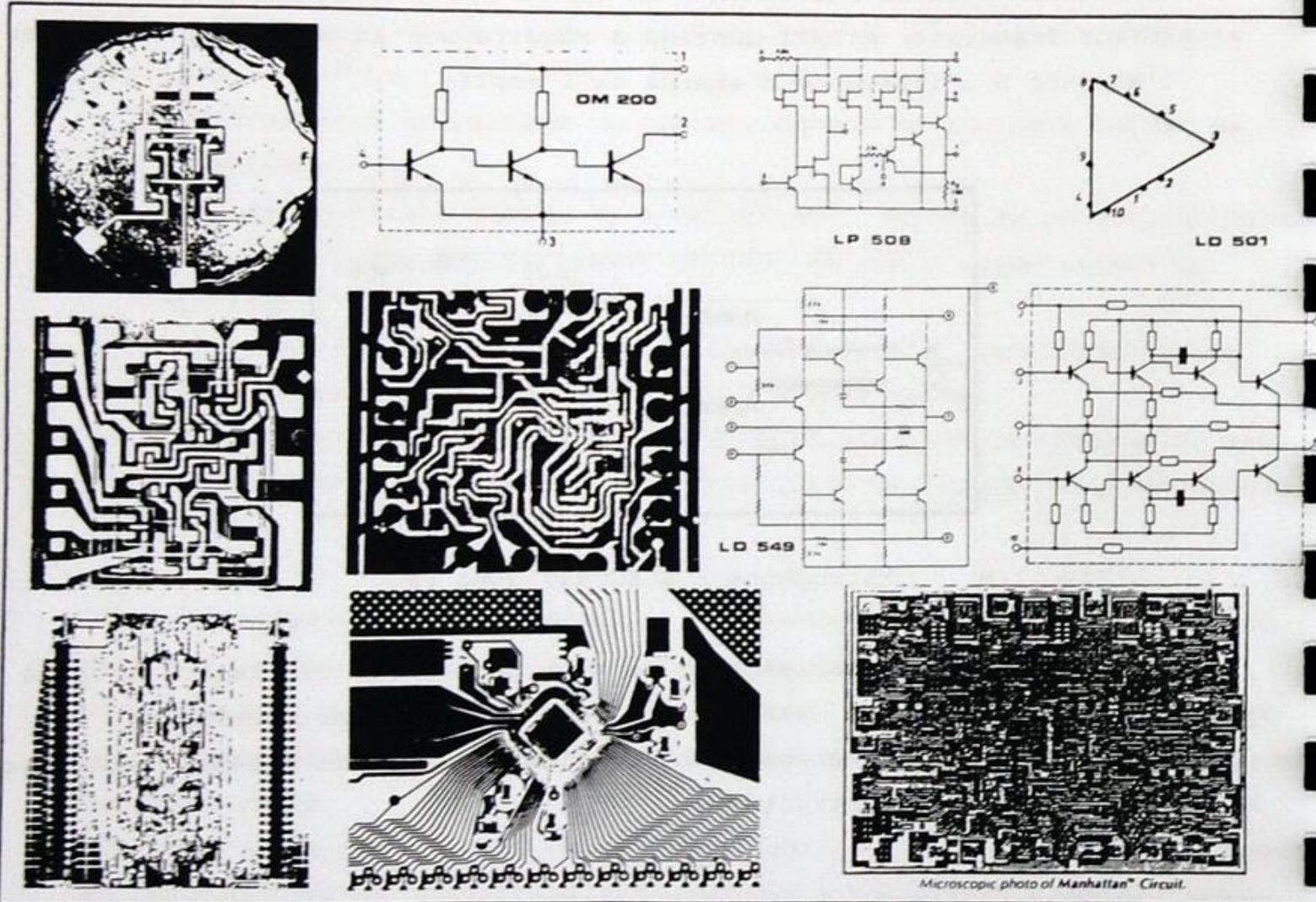


Fig. I.9. Schémas équivalents de circuits intégrés et évolution de 1961 à nos jours.

L'évolution des circuits intégrés se caractérise par l'extraordinaire augmentation de ses composants et par son procédé de montage et de raccordement aux autres circuits.

Actuellement, les IC sont montés et raccordés automatiquement par des robots. Ils sont reliés aux autres circuits par des fils d'un diamètre inférieur au dixième du diamètre d'un cheveu (quelques centièmes de mm.

L'amplificateur de l'ACA est devenu un assemblage de différents IC.

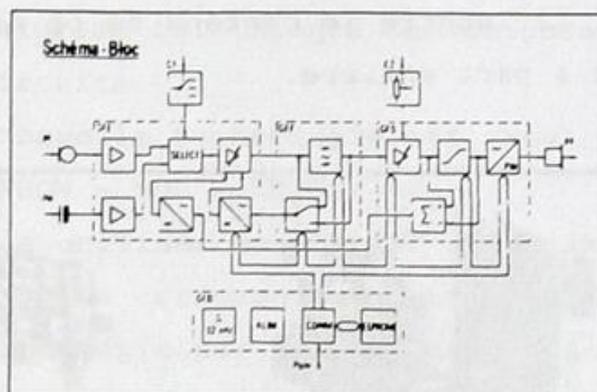


Fig. I.10. Schéma bloc d'un ACA moderne (BERNAFON).

Pour faciliter le montage des différents éléments, de nouveaux types de composants ont été mis au point : les CMS (Composants pour Montage en Surface) déjà largement utilisés dans les ACA.

Les CMS peuvent être montés, aussi bien sur un circuit imprimé classique (côté cuivre ou argent) que sur l'alumine des circuits hybrides à couche épaisse. Dans les chaînes robotisées, les CMS, livrés sur des bobines standardisées, sont positionnés automatiquement sur le circuit imprimé (Fig. I.12.). Le raccordement se fait dans un bain de vapeur saturée à environ 210 degrés centigrades durant 30 à 50 secondes. A cette température, la soudure des bornes et du circuit imprimé préalablement étamés, fusionne.

Le champ d'application des CMS est très étendu. Ils permettent une implantation automatique à grande vitesse (grâce aux robots spécialisés), une diminution des dimensions des circuits, une augmentation de la fiabilité des soudures et une réduction de la longueur des connexions.

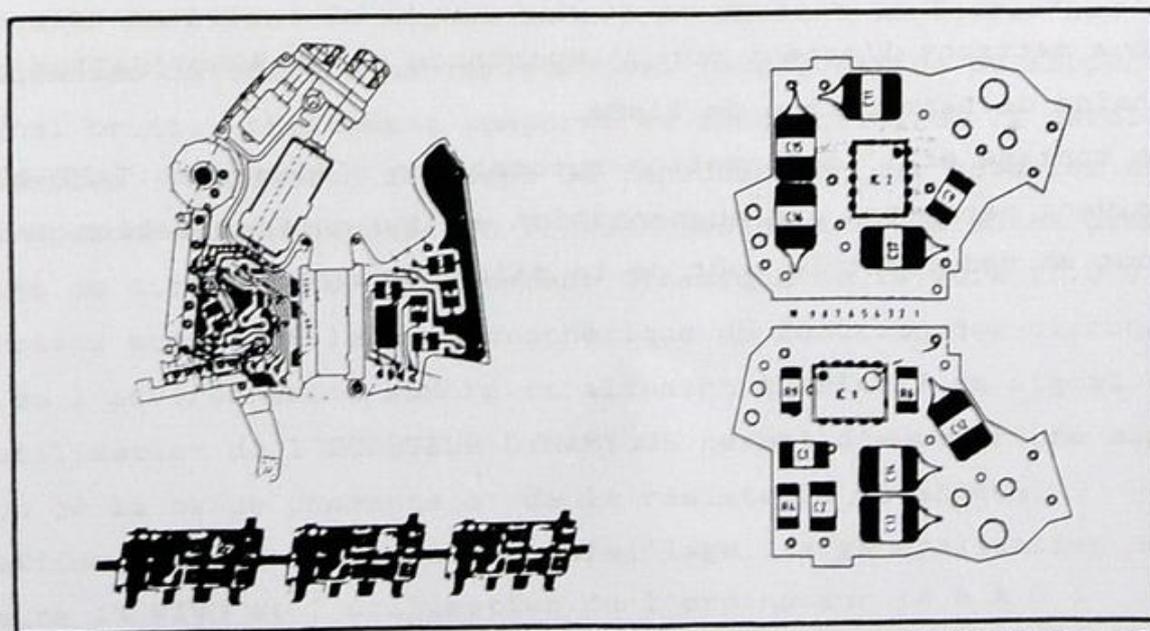


Fig. I.11. Composants CMS (BERNAFON P4X et REXTON Piccolo).

Certains constructeurs regroupent les différents composants dans des petits boîtiers qui les mettent à l'abri de l'oxydation.

La Fig. I.12. montre le contenu de ce nouvel élément qui devient un composant à part entière.

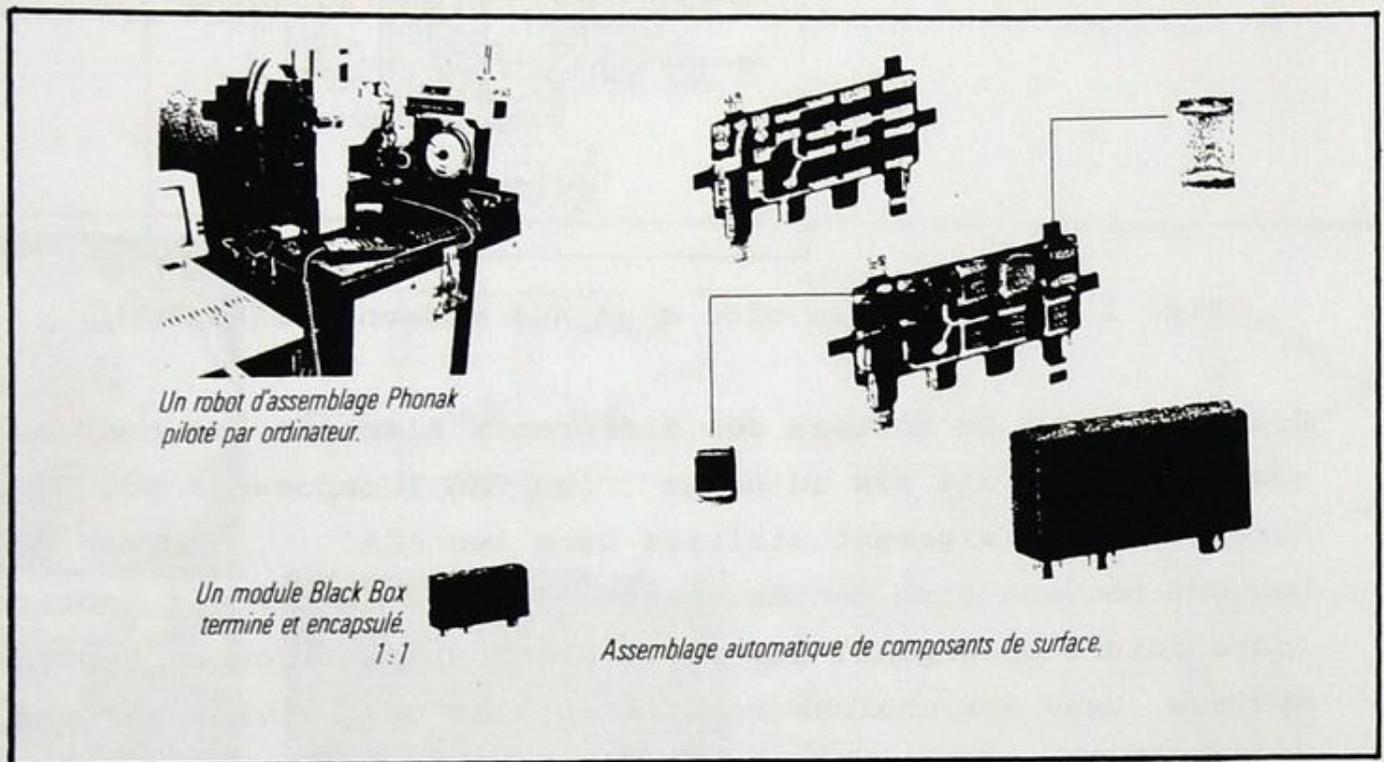


Fig. I.12. Vue éclatée d'un circuit BLACK BOX (PHONAK).

✱ CONSEIL PRATIQUE ✱

Il est évident que dans ce cas, le remplacement d'un seul élément n'est plus envisageable.

En cas de défectuosité, la tendance actuelle va vers l'échange standard du bloc-ampli et même parfois de la prothèse complète comme en GRANDE-BRETAGNE.

Nous mettrons l'accent sur l'importance de la ROBOTISATION dans la chaîne de fabrication de l'ACA.

Le montage et l'implantation automatique d'éléments (TAPE BONDING) doivent permettre une augmentation et une uniformisation de la qualité tout en réduisant le coût de la main-d'oeuvre.

5.6. Les nouvelles technologies.

Dernier-né de la révolution électronique, le micro-processeur est un circuit extrêmement miniaturisé qui intègre les composants et les fonctions d'un ensemble de circuits.

Le vocabulaire de cette nouvelle technologie est celui de l'informatique (ROM - PROM - EPROM - EEPROM - MOS - CMOS - etc ...).

Jusqu'en 1987 la technique utilisée en ACA est exclusivement ANALOGIQUE. Ce traitement consiste à faire correspondre à une grandeur physique, une autre grandeur physique régie par une loi analogique.

Exemple : le microphone transforme un signal acoustique en un signal électrique.

Sans entrer dans les détails, voyons en quelques lignes en quoi consiste la TECHNIQUE NUMERIQUE qui représente l'avenir de la prothèse auditive. Déjà largement utilisée dans les nouveaux systèmes d'enregistrement (compact disc) et de création sonore (synthétiseurs), le traitement numérique (ou DIGITAL) consiste à découper un signal analogique en tranches ou échantillons, puis à faire correspondre à chaque échantillon une valeur binaire qui sera traitée par différents circuits.

N'importe quel ensemble de circuits peut être réduit à la taille d'un micro-processeur à condition qu'un constructeur soit suffisamment motivé pour faire face à l'investissement intellectuel et financier que cela représente. L'utilisateur doit toutefois être conscient de l'augmentation de consommation que peut entraîner cette nouvelle technologie.

Les progrès les plus espérés par le malentendant et l'audioprothésiste sont les suivants :

- circuits permettant de programmer le gain, les niveaux de sortie et de limitation par bandes plus étroites (prothèse programmable),
- circuits analysant le signal sonore et donnant la faveur aux fréquences du spectre conversationnel (amélioration du rapport signal/bruit), traitement temporel et fréquentiel de la parole (exemples : réduction du temps de reproduction des voyelles au profit des consonnes, transposition fréquentielle vers des zones présentant moins de distorsions), Traitement Dynamique de la Voix (T.D.V.), etc.,
- circuits modifiant le gain prothétique en fonction des circonstances et de l'environnement sonore (traitement ADAPTATIF du signal),
- l'utilisation de l'ECOUTEUR DYNAMIQUE permet d'espérer une augmentation de la bande passante et de la résistance mécanique,
- l'affinement des méthodes d'appareillage, la généralisation de la mesure IN VIVO et l'utilisation de l'ordinateur (A.A.A.O.).

L'utilisation de circuits à large spectre d'intégration (LSI) va permettre d'intégrer un plus grand nombre de composants et aussi de pouvoir conserver les informations (mémoires non volatiles / EEPROM).

Ainsi par exemple, la TECHNOLOGIE MOS (Metal Oxyde Semi-conductor) ouvre la voie à la réalisation de PROTHESES PROGRAMMABLES et au TRAITEMENT NUMERIQUE du SIGNAL ce dernier permettant d'aborder réellement la notion de TRAITEMENT de l'INFORMATION.

L'application en prothèse auditive de ces nouvelles technologies devrait déboucher sur la conception de prothèses entièrement programmables dont on pourrait dès à présent imaginer le schéma de principe :

- un ou deux microphones,
- un certain nombre de canaux comprenant chacun :
 - * un circuit de mise en forme du signal analogique,
 - * un circuit convertisseur transformant le signal analogique en signal numérique,
 - * des circuits de traitement temporel, fréquentiel et dynamique du signal
 - * un circuit convertisseur numérique/analogique,
- un ampli de sortie,
- un écouteur aux performances revues et améliorées.

Cette description futuriste imaginée par l'auteur est évidemment plus facile à penser qu'à réaliser mais, il est quasi-certain que nous allons assister à UNE PETITE REVOLUTION QUI REMETTRA EN QUESTION BON NOMBRE DE PRATIQUES ET DE CONCEPTS ACTUELS.

Les ACA dont les réglages sont réalisés à l'aide d'un "tournevis électronique" (ORDINATEUR), existent déjà (BERNAFON PHOX, WIDEX QUATTRO, etc ...).

D'autre part, la firme NICOLET (USA) a présenté en octobre 1987 le premier ACA de type boîtier à traitement entièrement numérique du signal.

Les principaux obstacles à une plus large diffusion semblent être :

- l'augmentation du coût de production,
- l'augmentation du volume,
- l'augmentation excessive de consommation.

Nous laisserons aux constructeurs le soin de résoudre ces problèmes techniques, mais il est primordial que, dans l'intérêt de la profession (et du malentendant), les audioprothésistes soient les spécialistes incontestés de l'APPLICATION des ACA

5.7 Les circuits imprimés.

A ne pas confondre avec les circuits intégrés, les circuits imprimés servent de support aux différents composants et permettent de les relier entre-eux.

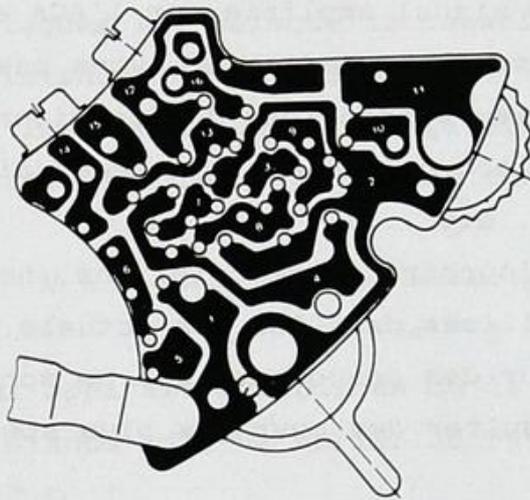


Fig. I.13. Circuit imprimé (REXTON Mini Master).

L'utilisation de ce type de support a permis de regrouper un grand nombre de composants tout en limitant au maximum le nombre de fils volants. Il faut savoir, en effet, que l'acidité de la transpiration représente une agression constante à l'égard de l'ACA. Toute réduction de câblage en augmentera la fiabilité.

Dans un ACA bien conçu, le nombre de fils volants se limitera à la connection de l'écouteur et du microphone.

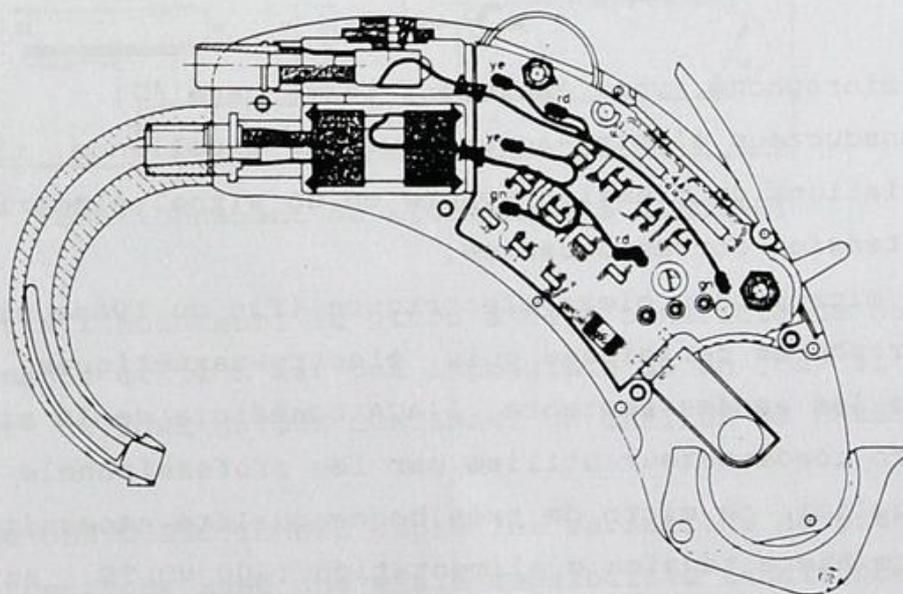


Fig. I.14. Exemple de circuit dont le câblage extérieur a été réduit au strict minimum (PHONAK).

6. LES TRANSDUCTEURS.

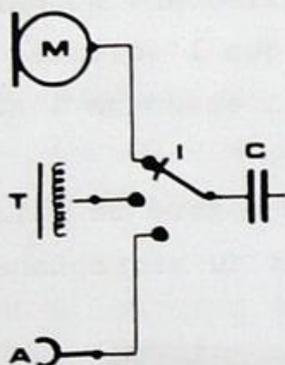
A l'entrée et à la sortie de l'ACA, nous trouvons des transducteurs électromécaniques dont le rôle est de transformer les vibrations sonores en signal électrique et le signal amplifié par l'ACA en pression sonore.

C'est volontairement que nous n'en avons pas encore parlé. En effet, pour bien comprendre leurs principes de fonctionnement, certaines connaissances élémentaires d'électronique étaient nécessaires (condensateur, inductance, semi-conducteurs, etc ...).

Afin de ne pas alourdir les descriptions, nous évoquerons uniquement les transducteurs utilisés dans les ACA actuels. Pour obtenir des informations plus complètes sur des composants qui ne sont plus utilisés, nous invitons le lecteur à consulter des ouvrages plus spécialisés.

6.1. Les transducteurs d'entrée.

Dans un ACA, différents procédés sont utilisés pour capter le signal acoustique et pour le transformer en un signal électrique qui sera injecté à l'entrée du premier étage de l'ampli.



a) Le microphone (voir également texte page 70).

Transducteur électro-acoustique par excellence, il transforme les variations de pression sonore en un signal électrique aux variations de tension correspondantes.

Aux microphones piezo-électriques (fin du 19ème siècle) ont succédé les microphones céramiques puis, électro-magnétiques.

Dans les années septante, l'ACA bénéficia de la miniaturisation du micro condensateur utilisé par les professionnels de l'enregistrement.

Jusqu'ici, ce micro de très bonne qualité nécessitait l'utilisation d'une haute tension d'alimentation (400 VOLTS ; actuellement, 48 VOLTS en alimentation fantôme). La miniaturisation fût rendue possible grâce l'élaboration d'une charge statique figée : l'électret (plaque fixe du micro.).

Ce micro n'est autre qu'un condensateur variable dont l'une des plaques (armatures) est constituée par la membrane qui se déplace au rythme des variations de la pression acoustique. Nous nous trouvons dès lors en présence d'un condensateur variable dont la capacité (C), dépendra de la distance entre plaques (d) puisque la capacité est inversement proportionnelle à la distance ($C = \epsilon \cdot S/d$).

Si l'on se souvient de la formule de la charge électrique ($Q = C \cdot V$), le raisonnement mathématique suivant peut être tenu :

$$Q = \epsilon \cdot \frac{S}{d} \cdot V \qquad V = \frac{Q \cdot d}{\epsilon \cdot S} \qquad \text{où } \frac{d}{\epsilon \cdot S} \text{ est une constante.}$$

donc la tension (V), qui apparaît aux bornes de la résistance R, proportionnelle à la distance (d), va varier au rythme des mouvements de la membrane ... C.Q.F.D. !

Cette tension est alors appliquée à l'entrée d'un transistor, contenu dans le boîtier du micro, dont le rôle est d'adapter l'impédance élevée du condensateur à électret à l'impédance d'entrée du pré-ampli.

Nous remarquons que l'ensemble est alimenté par la tension continue de la batterie (+ et -) et que le signal arrive sur la borne centrale. Le micro à électret est donc TOUJOURS câblé à l'aide de TROIS fils.

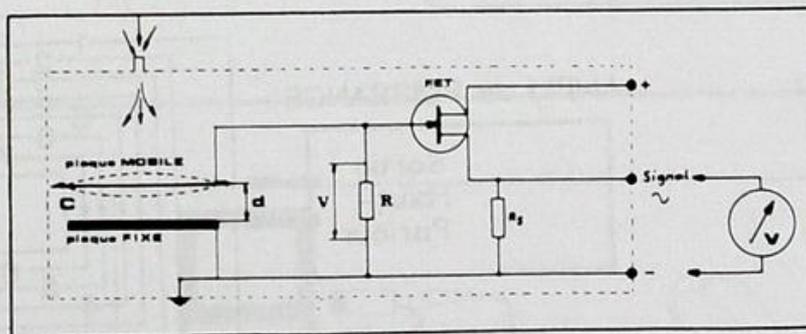


Fig. I.15. Fonctionnement du microphone à ELECTRET.

Contrairement à l'écouteur, le micro a déjà bénéficié de nombreux perfectionnements et il n'est pas impossible qu'un jour il soit remplacé par UN CIRCUIT INTEGRE UNIQUE CONTENANT UN CAPTEUR DE PRESSION.

Le microphone OMNIDIRECTIONNEL capte les variations de pression dans toutes les directions avec une égale sensibilité tandis que le micro DIRECTIONNEL défavorise les sons provenant de l'arrière.

Ce micro, dont l'utilisation semble "passée de mode" présente de nombreux avantages et améliore très sensiblement la compréhension en milieu bruyant surtout lorsque l'appareillage est monaural.

b) La bobine d'écoute (voir également page 73).

Pour capter un champ magnétique variable, le micro doit être remplacé par, ce que nous appelons, la bobine d'écoute.

Principe de captation :

- aux bornes d'un bobinage placé dans un champ magnétique variable, apparaît une tension variant au rythme des variations du champ magnétique.

Les avantages de cette captation sont évidents pour le malentendant et il est regrettable que, malgré le faible coût d'installation, les boucles d'inductions ne soient pas plus généralisées dans les lieux publics (cinémas, théâtres, culte, etc ...).

Voici comment installer, à moindres frais, une boucle d'induction dans une salle publique ou dans une habitation.

1° la BOUCLE qui encercle le local est formée d'un câble multiconducteurs (8 x 0,25 mm²) câblé de la façon suivante :

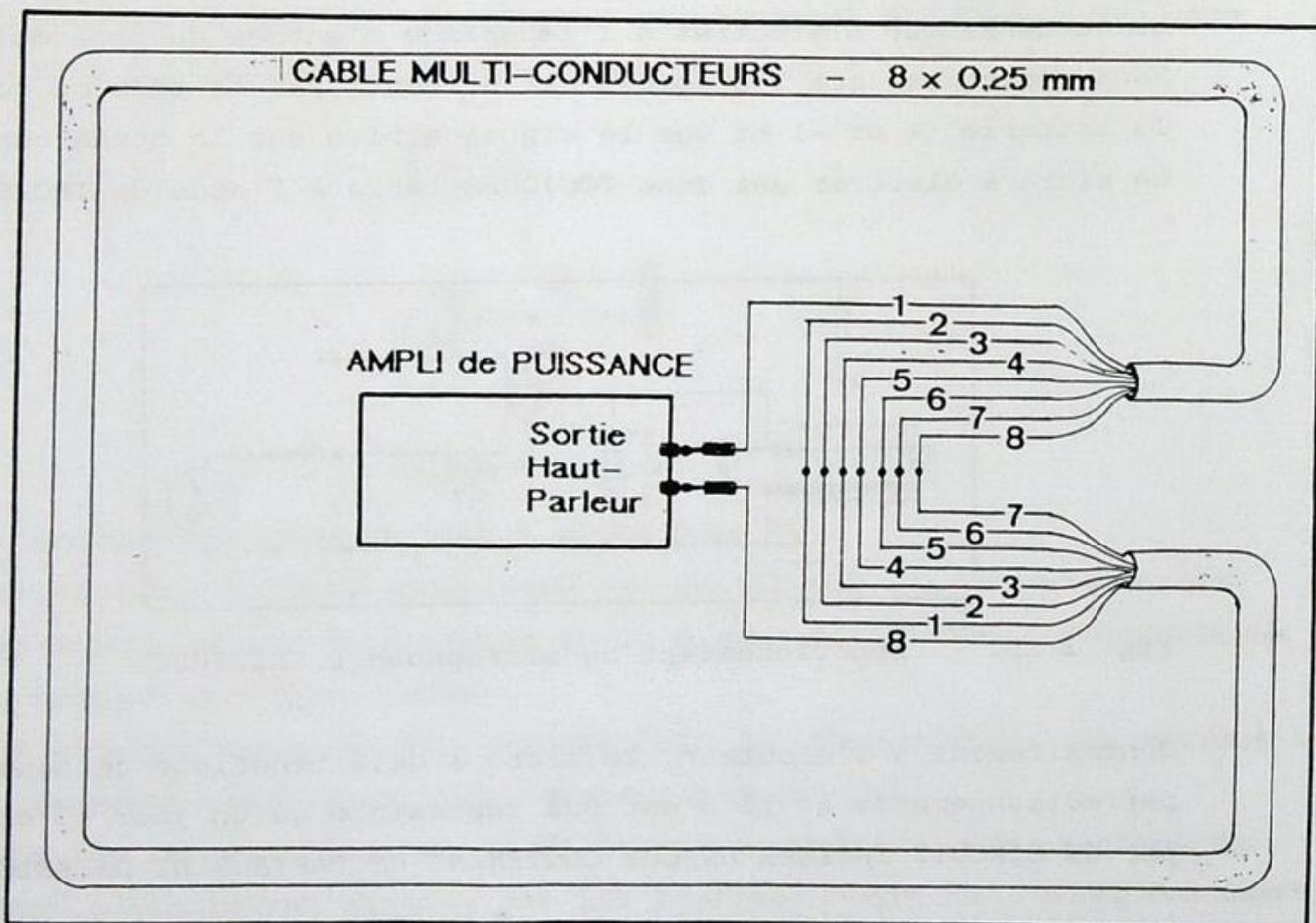


Fig I.16. Câblage d'une boucle d'induction.

2° l'AMPLIFICATEUR sera, lorsqu'il s'agit d'une habitation, celui de la chaîne HI-FI domestique. Pour une salle de surface plus importante, un simple ampli de puissance (15 à 20 WATTS) convient très bien.

c) l'entrée AUDIO (voir également page 95).

Nous la trouvons sur la majorité des ACA modernes. Elle permet de brancher un second micro en parallèle sur le micro principal (montage BICROS ou dérivé) ou de le REMPLACER par un autre élément de captation. L'entrée audio est souvent mal ou insuffisamment utilisée et pourtant, les possibilités de branchement sont nombreuses comme en témoigne le tableau ci-dessous.

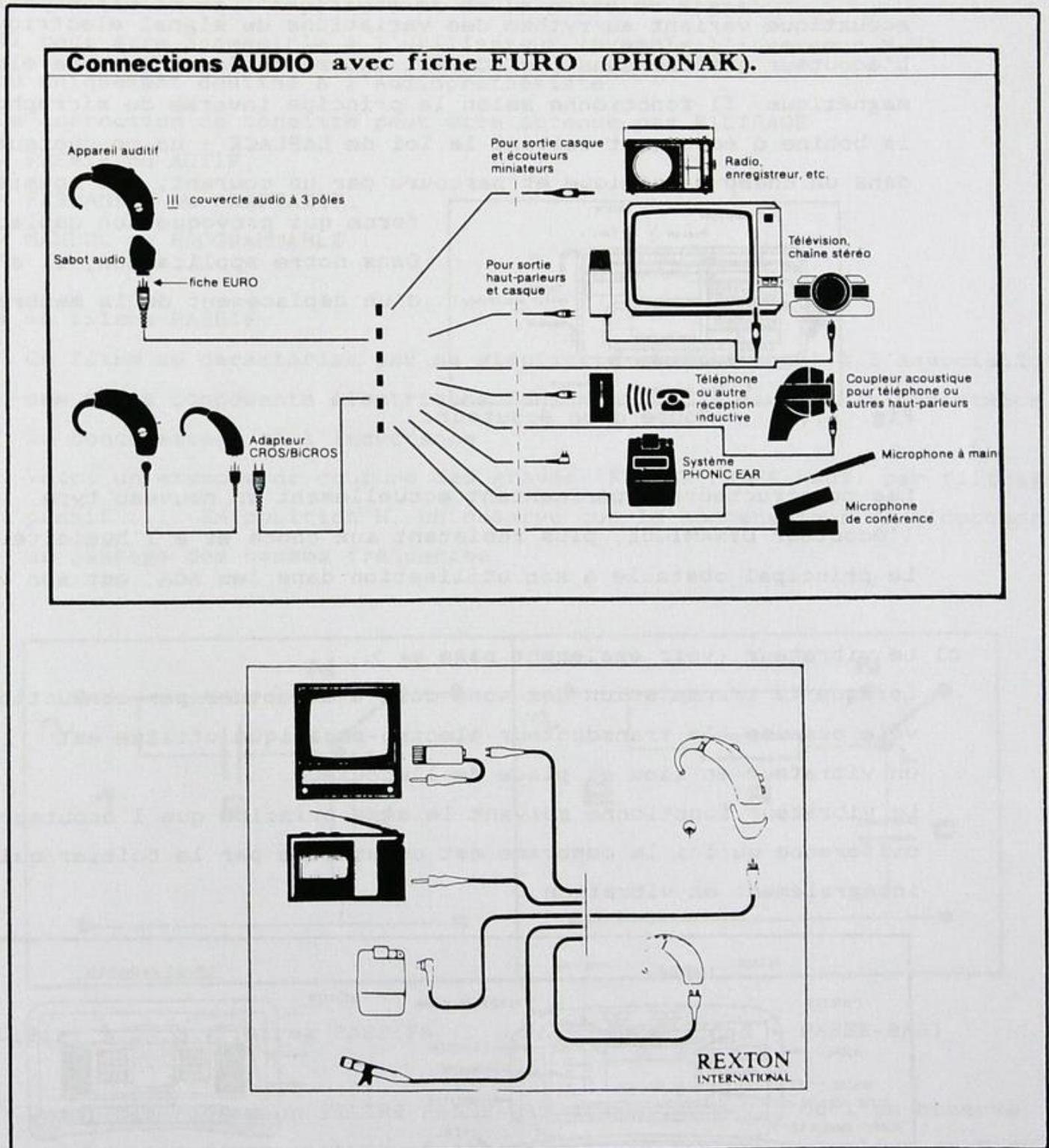


Fig. I.17. Systèmes d'entrées AUDIO.

5.2. Les transducteurs de sortie.

Le stade final du traitement du signal électrique est sa transformation en un signal acoustique utilisable par le malentendant.

L'onde sonore amplifiée sera transmise à l'oreille concernée par voie aérienne ou par voie osseuse.

a) L'écouteur (voir également page 79).

Son rôle est de transformer le signal électrique amplifié en pression acoustique variant au rythme des variations du signal électrique.

L'écouteur utilisé dans les ACA est encore toujours de type électromagnétique. Il fonctionne selon le principe inverse du microphone et de la bobine d'écoute et suivant la loi de LAPLACE : un conducteur placé dans un champ magnétique et parcouru par un courant, est soumis à une

force qui provoque son déplacement. Dans notre application, il s'agit d'un déplacement de la membrane.

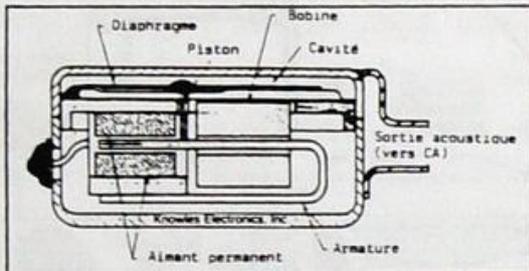


Fig. 1.18. Coupe d'un écouteur.

Les constructeurs expérimentent actuellement un nouveau type, l'écouteur DYNAMIQUE, plus résistant aux chocs et à l'humidité. Le principal obstacle à son utilisation dans les ACA, est son volume.

c) Le vibreur (voir également page 84).

Lorsque la transmission des sons doit s'effectuer par conduction ou voie osseuse, le transducteur électro-mécanique utilisé est un vibreur en lieu et place de l'écouteur.

Le vibreur fonctionne suivant le même principe que l'écouteur à la différence qu'ici la membrane est constituée par le boîtier qui entre intégralement en vibration.

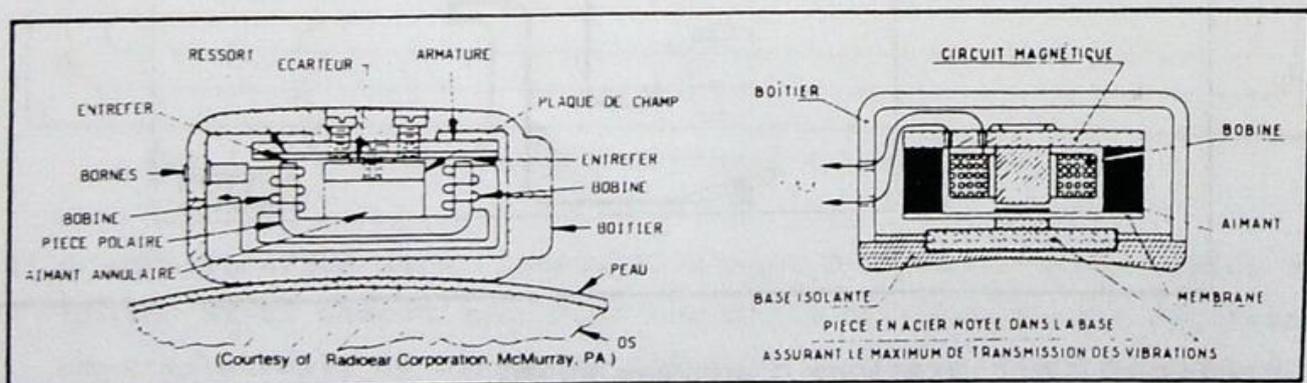


Fig. 1.19. Coupe de deux vibreurs.

7. LES SYSTEMES DE FILTRAGE.

Nous entendons par systèmes de filtrage, les CORRECTEURS de TONALITE qui permettent d'ADAPTER la COURBE de REponse de l'ACA à la perte auditive que l'on souhaite appareiller.

Le FILTRAGE consiste en une modification distincte des caractéristiques de chaque composante fréquentielle constitutive d'un signal.

Un FILTRE est un système qui va permettre de modifier cette distribution fréquentielle de l'amplitude et de la phase du signal.

Il peut être accessible à l'utilisateur (exemple l'inverseur N-H), ou uniquement destiné à l'audioprothésiste.

La correction de tonalité peut être obtenue par FILTRAGE

- PASSIF ou ACTIF,
- PERMANENT ou ADAPTATIF,
- MANUEL ou PROGRAMMABLE.

a) le filtre PASSIF.

Ce filtre se caractérise par sa simplicité et fait appel à l'association des trois composants électriques fondamentaux, à savoir, la résistance le condensateur et l'inductance.

Voici un exemple de coupure des graves (FILTRE PASSE-HAUT) par filtrage passif (1). En position H, on observe que le condensateur va s'opposer au passage des basses fréquences.

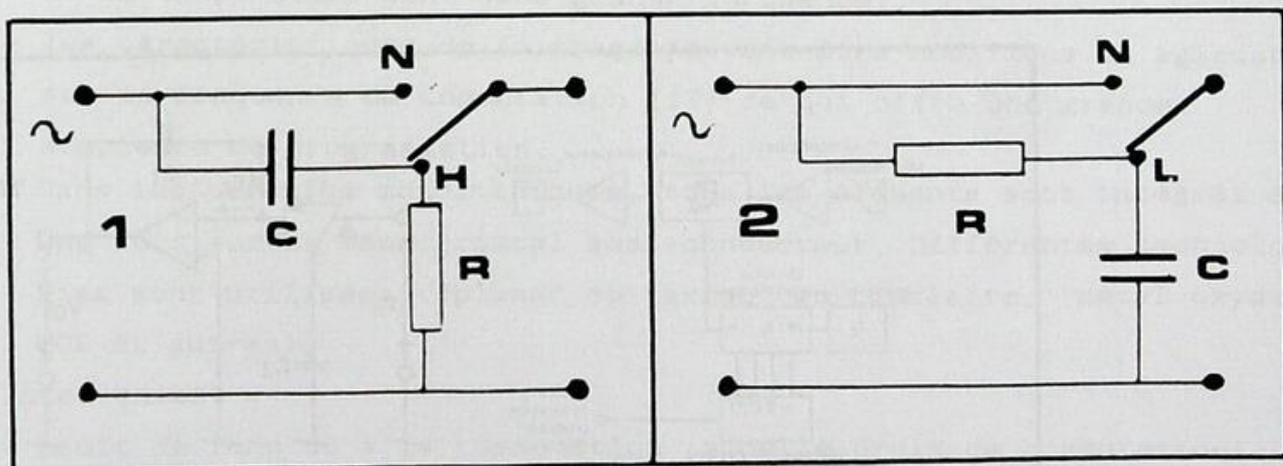


Fig. I.20. Filtres PASSIFS (1 = PASSE-HAUT * 2 = PASSE-BAS).

Voici par contre un FILTRE PASSE-BAS élémentaire (2) où l'on observe qu'à partir d'une certaine fréquence déterminée par la valeur de R et de C, le signal est détourné vers la masse (position L).

Les filtres PASSIFS sont des circuits du PREMIER ORDRE qui permettent d'obtenir une pente d'atténuation de 6 dB par octave.

b) le filtre ACTIF.

Les ACA de haut de gamme possèdent des CORRECTEURS généralement appelés FILTRES ACTIFS dont le principe de base est d'AMPLIFIER les zones de fréquences concernées.

Cela permet d'obtenir des circuits de DEUXIEME ORDRE (pente d'atténuation de 12 dB par octave) et des circuits de TROISIEME ORDRE (pente de 18 dB par octave).

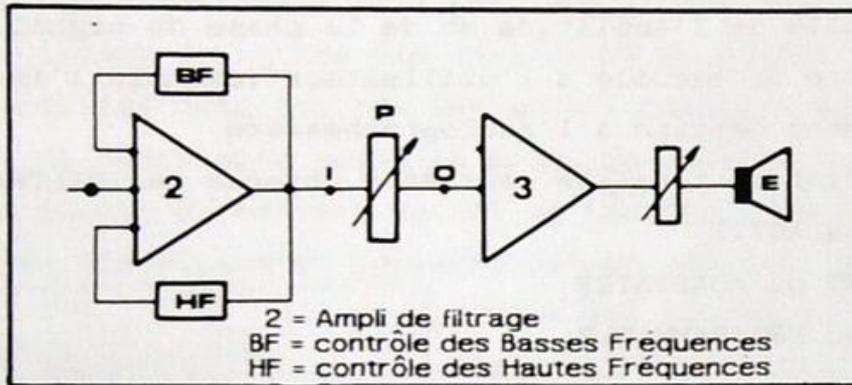


Fig. I.21. Circuits de FILTRAGE ACTIF.

Ces filtres nécessitent l'utilisation de condensateurs relativement volumineux et donc, difficiles à intégrer (dans un circuit intégré). Pour pallier cet inconvénient, un nouveau type de filtre a été utilisé, le Filtre à Capacité Commutée (SCF = Switched Capacitor Filter). Ce filtre, utilisé dans les premiers appareils programmables BERNAFON fonctionne selon le schéma de principe suivant :

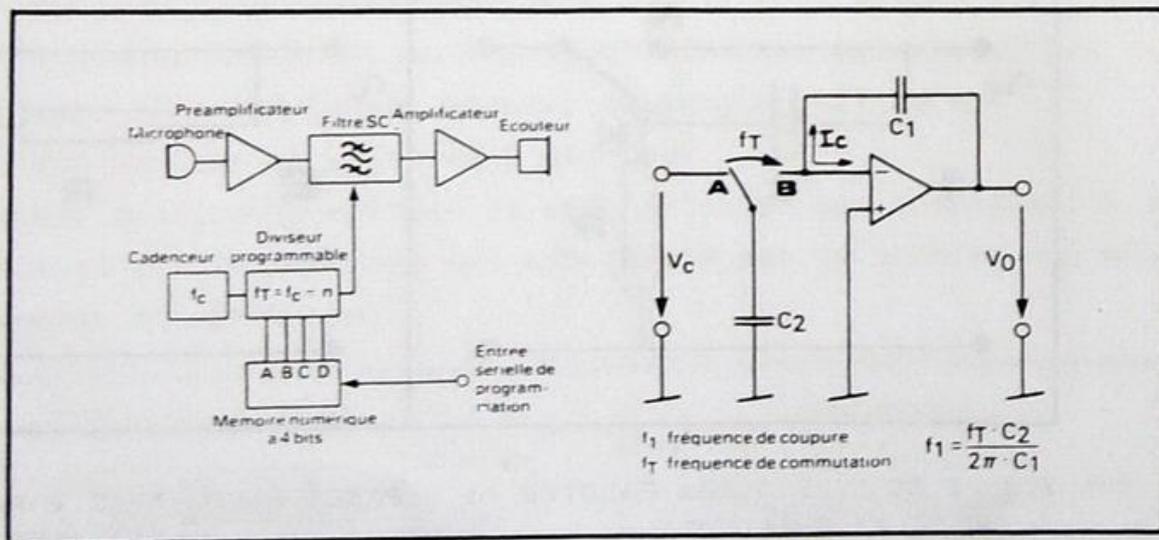


Fig. I.22. Schéma de principe du Filtre à Capacité Commutée (BERNAFON).

L'inverseur électronique est commuté par un oscillateur piloté par un quartz de 32 KHz dont la fréquence de commutation (f_T) peut être divisée par un circuit programmable.

Lorsque l'inverseur est en position **A**, le condensateur C2 prend une charge :

$$Q = C2 \cdot Vc$$

Lorsque l'inverseur est en position **B**, le condensateur C2 peut se décharger et produire un courant I_c . Si T est la PERIODE du signal de commande de l'interrupteur, le courant moyen pourra s'exprimer ainsi :

$$I_c = \frac{Q}{T} = \frac{C2 \cdot Vc}{T} = C2 \cdot Vc \cdot fT \quad (\text{si } T = 1/fT).$$

Ce circuit va donc simuler une résistance de valeur :

$$R = \frac{Vc}{I_c} = \frac{1}{C \cdot fT}$$

Avantages des filtres à capacité commutée :

- excellentes possibilités d'intégration monolithique(★) grâce à l'utilisation d'éléments compacts et ne nécessitant pas d'ajustage précis,
- haute précision des caractéristiques de filtrage obtenue et excellente stabilité dans le temps (le vieillissement des composants et la température sont sans grande influence),
- les caractéristiques de filtrage peuvent être modifiées en agissant sur la fréquence de commutation (fT) ce qui offre une grande souplesse de programmation.

★ Dans les circuits monolithiques, tous les éléments sont intégrés en une fois sur un même cristal semi-conducteur. Différentes technologies sont utilisées ("planar épitaxial" en bipolaire, "métal oxyde", MOS et autres).

Inconvénient :

- bruit de fond dû à la commutation (appelé bruit de commutation). Ce bruit de fond pourrait être réduit à condition d'utiliser une fréquence de commutation beaucoup plus élevée.

c) le filtrage PERMANENT.

Nous parlerons de filtrage permanent lorsque la correction de tonalité, une fois déterminée par l'audioprothésiste, ne varie plus, quelles que soient la composition fréquentielle et l'intensité du signal d'entrée.

d) le filtrage ADAPTATIF.

Le comportement d'un filtrage tel que le filtre à capacité commutée, ne dépend plus d'éléments à variations MECANIQUES (tels que trimmers et inverseurs). Ces nouveaux filtres peuvent être programmés par des variations de tension ou de fréquence de commutation.

Il est donc possible d'imaginer un filtrage dont les caractéristiques de fonctionnement s'adaptent aux circonstances sonores.

Ainsi par exemple le circuit ASP (Automatic Signal Processor) proposé par ARGOSY ELECTRONICS, permet une réduction automatique de l'amplification des fréquences graves lorsque le niveau d'entrée augmente ; ceci afin de limiter l'effet de masque des graves sur les aiguës.

e) le filtrage MANUEL.

Le filtrage que nous appellerons "MANUEL" consiste à déterminer les caractéristiques de filtrage en agissant sur des éléments mécaniques tels que les trimmers, les inverseurs et les commutateurs de tonalité.

f) le filtrage PROGRAMMABLE.

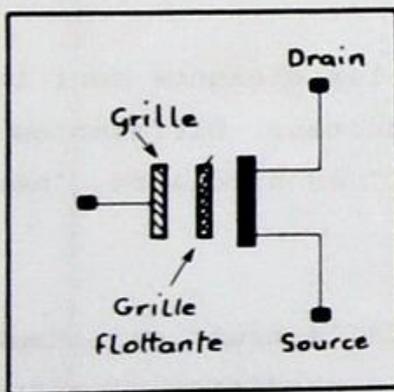
Dernier né, l'ACA à programmation numérique élimine la majorité des réglages mécaniques. Le tournevis d'horloger est désormais remplacé par l'ordinateur.

Cette programmation a été rendue possible grâce à l'utilisation de circuit tel que le SCF mais aussi et surtout par l'utilisation des

*** EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memories).

Elle permettent de conserver les informations (programmation des filtres par exemple) même en cas de coupure de courant et de réaliser ainsi des mémoires dites NON VOLATILES.

Leur structure est basée sur l'utilisation d'un transistor "à grille flottante", spécialement conçu pour cette application.



Son électrode de commande (grille) est double. Si l'on applique une forte tension de commande à la grille et une impulsion de courant entre la source et le drain, selon la nature de la tension (+ ou -), des électrons seront piégés ou chassés de la grille flottante, créant ou faisant disparaître un écran entre la source et le drain. En fonctionnement normal, c'est

à-dire, sous de plus faibles tensions, une conduction entre source et drain sera possible ou non, selon la présence ou l'absence de charges créées par les électrons piégés ou non sur la grille flottante.

Nous disposons ainsi de mémoires non volatiles mais reprogrammables, pouvant conserver leurs informations durant de nombreuses années, même en l'absence de tension d'alimentation.

8. LES SYSTEMES DE LIMITATION.

Les systèmes de limitation sont de deux types :

- les systèmes de contrôle automatique du GAIN,
- les systèmes de limitation du NIVEAU MAXIMUM de SORTIE.

a) les systèmes de CONTROLE AUTOMATIQUE DU GAIN ou A.G.C. (Automatic Gain Control).

Chaque constructeur a développé ses propres systèmes et il n'est pas possible de les citer tous. Nous ferons toutefois la distinction entre :

- le contrôle automatique de gain où le signal de contre-réaction est prélevé AVANT le potentiomètre (points 1 et 2 de la Fig.I.22.) et généralement appelé AGCIn ou IDC (Input Depend Compression),
- le contrôle automatique de gain où le signal de contre-réaction est prélevé APRES le potentiomètre (point 3) et généralement appelé AGCOut ou ODC (Output Depend Compression).

Le signal de contre-réaction est prélevé en un point du circuit où le niveau a une amplitude suffisante pour commander un AMPLI à GAIN VARIABLE (5). Ce signal est parfois amplifié séparément.

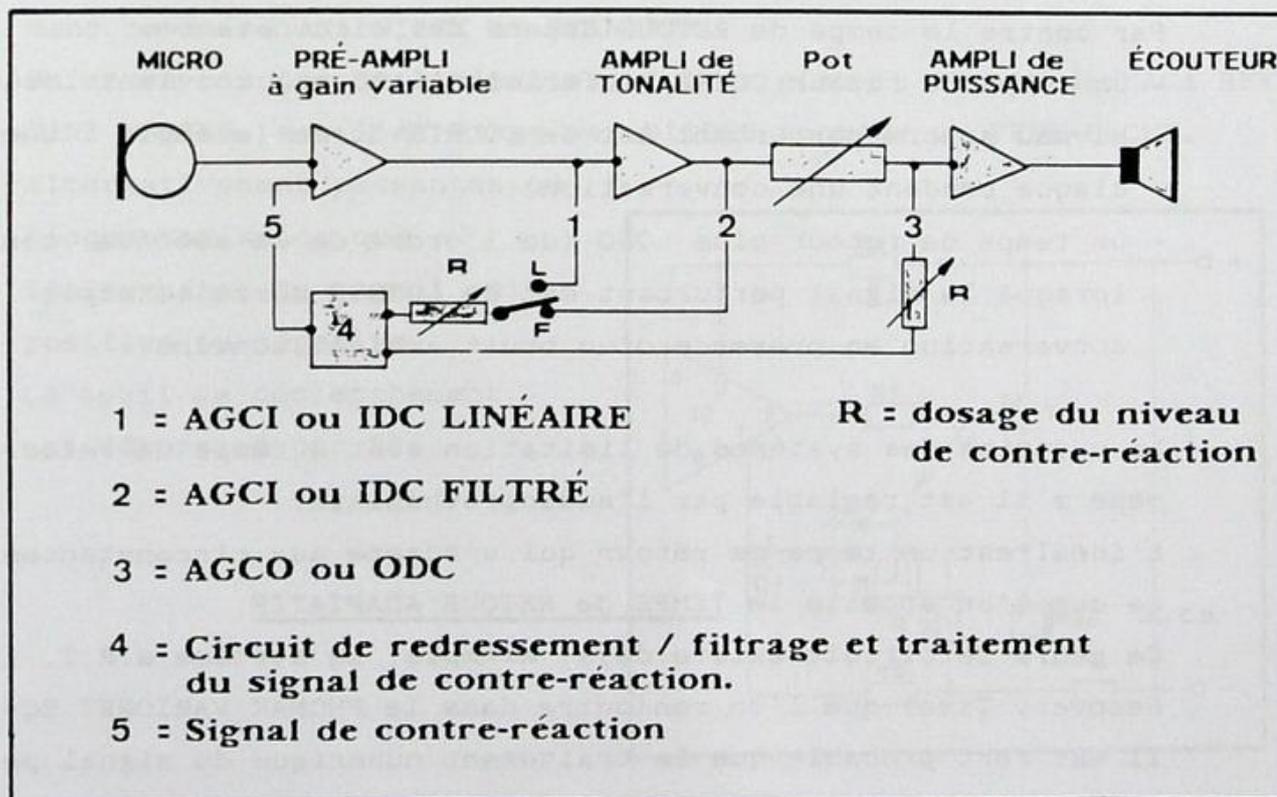


Fig. I.22. Boucles de contre-réaction.

* Comment fonctionne un système A.G.C. ? (voir Fig. I.22.)

Une partie du signal amplifié est prélevée en un point (1-2 ou 3) du circuit. Cette tension, dosée par une résistance variable (trimmer ou commutateur dans le cas d'un ACA à programmation analogique) (R), est redressée et filtrée.

Après traitement, ce SIGNAL CONTINU (5) est appliqué au niveau d'un étage d'amplification (généralement l'étage pré-ampli.) de manière à réduire le taux d'amplification de l'étage attaqué. C'est la raison pour laquelle on parle de SIGNAL ou BOUCLE de CONTRE-REACTION (FEEDBACK LOOP).

Ainsi, chaque fois que le signal atteindra une valeur déterminée, le taux d'amplification sera automatiquement et temporairement réduit. Le temps nécessaire à la mise en fonction de cette contre-réaction s'appelle le TEMPS d'ATTAQUE.

Le temps durant lequel la limitation du gain agit s'appelle le TEMPS d'ACTIVATION. Enfin, le temps nécessaire au rétablissement des conditions initiales d'amplification est appelé TEMPS de RETOUR ou TEMPS de RECOUVREMENT.

Le temps d'ATTAQUE doit théoriquement être inférieur au temps de réponse de l'oreille. En pratique, il est généralement inférieur à 10 ms.

Par contre le temps de RETOUR dépend des circonstances :

- un temps de retour COURT (inférieur à 100 ms) convient lorsque le niveau sonore perturbant est de COURTE durée (exemple : une porte qui claque pendant une conversation).
- un temps de retour plus LONG (de l'ordre de la seconde) convient lorsque le signal perturbant est de LONGUE durée (exemple : une conversation en présence d'un bruit ambiant continu).

La majorité des systèmes de limitation sont à temps de retour FIXE même s'il est réglable par l'audioprothésiste.

L'idéal est un temps de retour qui s'adapte aux circonstances, c'est ce que l'on appelle le TEMPS de RETOUR ADAPTATIF.

Ce genre de circuit existe déjà; exemple, le système a.R.T. (Adaptive Recovery Time) que l'on rencontre dans le PHONAK VARIONET SC-D-2.

Il est fort probable que le traitement numérique du signal permettra de pousser beaucoup plus loin l'analyse fréquentielle, spectrale et temporelle du signal à amplifier.

* Un dernier raffinement consiste à enclencher l'AGC à partir d'un signal filtré. Ce choix, à savoir l'AGC LINEAIRE ou l'AGC FILTRE se rencontre généralement au niveau de l'AGCI (IDC) ; voir Fig. I.22.

Il consiste tout simplement à prélever le signal de contre-réaction AVANT (AGC linéaire) ou APRES (AGC filtré) le système de filtrage. En effet, dans le cas d'une amplification limitée par exemple aux fréquences supérieures à 2000 Hz, à quoi bon enclencher le système de limitation si le bruit perturbant se situe dans les basses fréquences. Ce principe est donc très subtil et l'AGC filtré est recommandé dans les cas de perte auditive à prédominance sur les fréquences aiguës.

b) les systèmes de LIMITATION DU NIVEAU MAXIMUM DE SORTIE (OUTPUT MAX.). Le système le plus connu et le plus élémentaire est le célèbre P.C. (peak clipping) qui n'est autre qu'une résistance variable placée en série avec l'écouteur.

Cet écrêtage est efficace et instantané mais il introduit d'importantes distorsions harmoniques. Il n'est plus utilisé comme unique moyen de limitation que sur les ACA de bas de gamme ou à faible technologie. Par contre son utilisation combinée à un système de limitation du type AGCOut peut être tout à fait justifiée. En effet, nous avons vu que la mise en route d'une contre-réaction nécessitait un temps d'attaque durant lequel l'oreille n'est pas protégée. Cette combinaison (PC+AGC ou PC+C) est appelée ECRETAGE FRONTAL. On le rencontre par exemple dans certains ACA WIDEX et BERNAFON.

Un autre circuit de limitation, à l'origine du succès des ACA REXTON MINI MASTER, est l'écrêtage par DIODES montées en TETE-BECHE,

alternativement passantes ou bloquantes selon que l'alternance du signal soit positive ou négative. Le seuil de déclenchement est déterminé par R2.

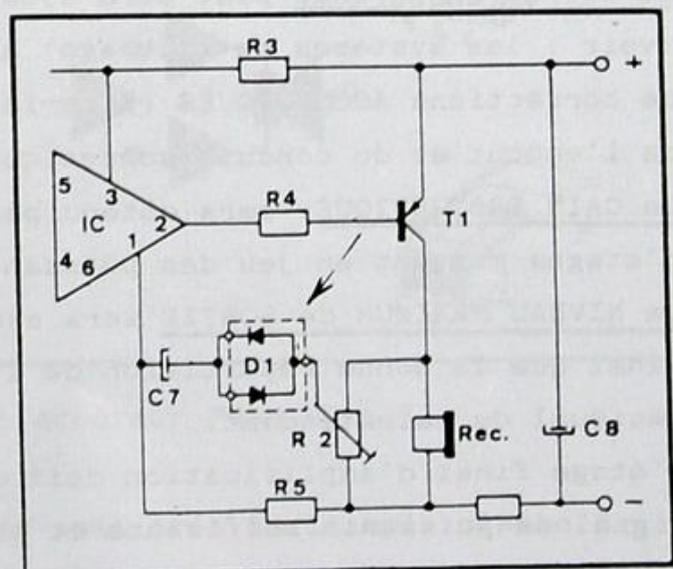


Fig. I.23. Ecrêtage par DIODES en TETE-BECHE.

9. LA CHAÎNE D'AMPLIFICATION.

L'ACA EST UNE CHAÎNE D'AMPLIFICATION ADAPTÉE AUX CARACTÉRISTIQUES ET AUX EXIGENCES DE LA CORRECTION AUDITIVE INDIVIDUELLE.

Une description plus précise nous est proposée par Paul VEIT :

- *** L'ACA est constitué d'un ensemble mécanique, électro-acoustique ***
- *** et électronique miniaturisé s'intégrant au schéma corporel. ***
- *** Il capte, amplifie et adapte les sons de manière à permettre au ***
- *** déficient auditif de recevoir, dans les limites de sa capacité ***
- *** de perception et de tolérance, l'information qu'ils transportent. ***

Après avoir effectué un bilan audioprothétique complet et en fonction de la méthode d'appareillage qu'il utilise, l'audioprothésiste détermine un certain nombre de paramètres auquel doit satisfaire l'appareillage qu'il va adapter à son patient.

Les quatre principaux paramètres sont :

- la courbe de réponse,
- le gain prothétique,
- le niveau maximum de sortie,
- les caractéristiques du conduit acoustique (coude+tygon+embout).

Interviennent également dans la réussite de l'appareillage, deux critères plus subjectifs mais néanmoins très importants, à savoir :

- l'aspect esthétique,
- l'appréciation globale de l'utilisateur quant à la qualité sonore.

La COURBE de REPOSE peut être ajustée à l'aide de corrections électroniques (voir : les systèmes de filtrage) mais aussi, et peut-être surtout, à l'aide de corrections ACOUSTIQUES (lire les nombreux textes relatifs à l'acoustique de l'embout et du conduit acoustique).

Le GAIN PROTHÉTIQUE, sera obtenu par l'amplificateur constitué d'une suite d'étages mettant en jeu des puissances croissantes.

Le NIVEAU MAXIMUM de SORTIE sera ajusté au moyen de systèmes de limitation ainsi que la bonne répartition de l'énergie sonore dans le champ dynamique résiduel du malentendant.

L'étage final d'amplification doit délivrer au transducteur de sortie un signal de puissance suffisante et présentant un minimum de distorsions.

Un des problèmes rencontrés dans ce type d'étage est le rendement d'amplification, c'est-à-dire, le rapport existant entre la consommation et la puissance fournie au transducteur.

Les amplificateurs sont répertoriés par CLASSE. Les plus courants sont de classe A, classe B, classe C et plus récemment de classe D. La notion de rendement est intimement liée à la CLASSE de l'amplificateur.

a) Dans l'ampli CLASSE A, le signal de sortie est entièrement pris en charge par UN SEUL TRANSISTOR. Cette solution offre une bonne reproduction du signal, sans trop de distorsions, mais avec un rendement très faible (souvent inférieur à 20 %).
Cet ampli peut donc convenir aux ACA de faible et moyenne puissance. Sa consommation est constante (de l'ordre de 1 à 2 mA).

b) L'ampli CLASSE B ne traite qu'une DEMI PERIODE du signal.

La reconstitution de la totalité du signal de sortie nécessite l'utilisation d'un montage à DEUX TRANSISTORS où chaque transistor assure l'amplification d'une alternance. Ce montage est connu sous le nom d'ampli PUSH-PULL. Son rendement est nettement supérieur (de l'ordre de 65 %).

Il convient pour les fortes amplifications et son courant d'utilisation est fonction du niveau d'entrée et de la position du potentiomètre (il peut varier entre 0,7 et ... 15 mA).

L'écouteur sera connecté à trois fils respectant ainsi la symétrie du montage push-pull.

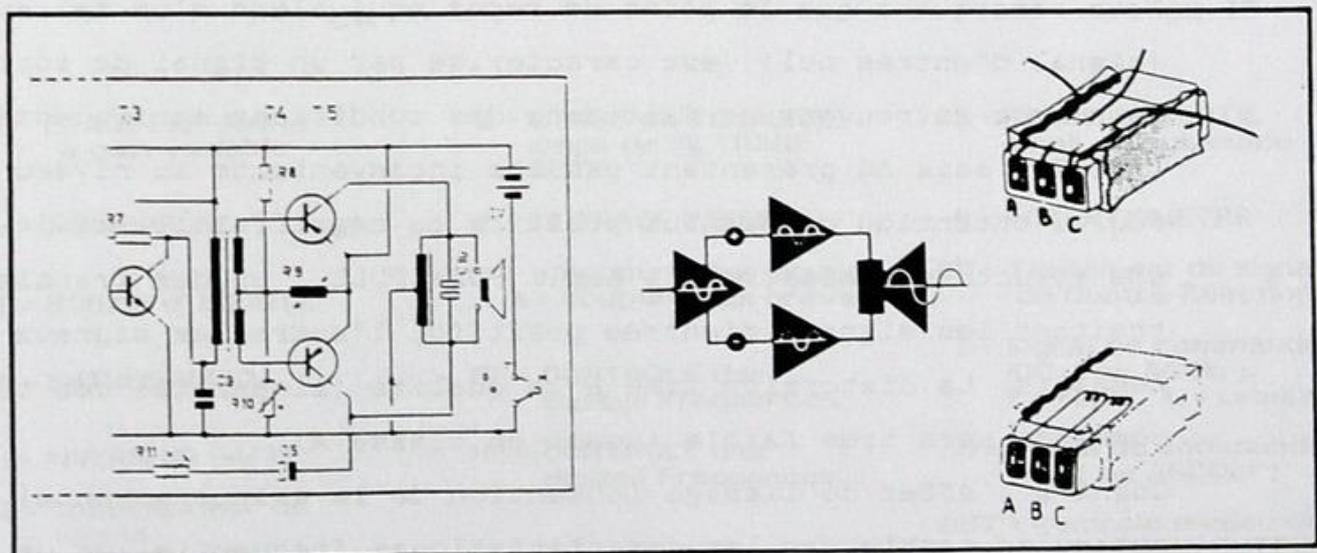
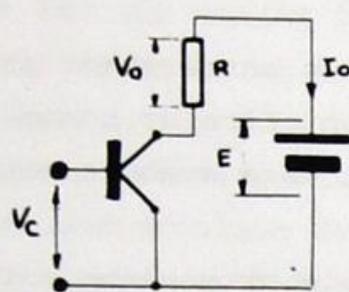


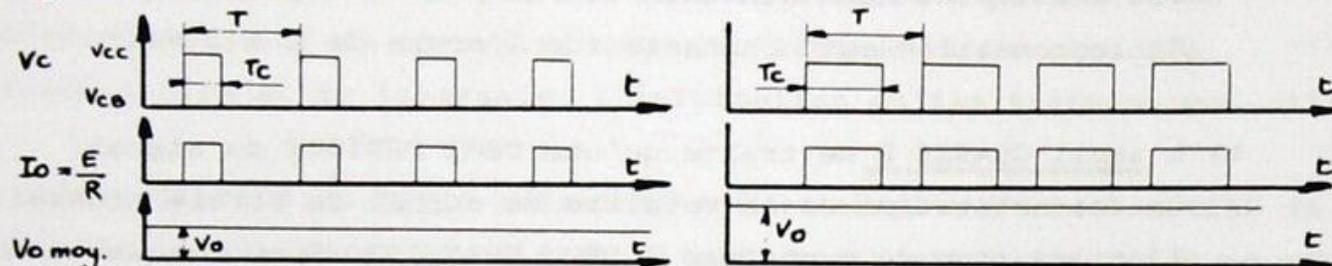
Fig. 1.24. Amplificateur et écouteur PUSH-PULL.

c) L'ampli CLASSE C est une version améliorée de l'ampli classe B. Son rendement peut atteindre les 100 % avec toutefois un taux de distorsion élevé. Cet ampli est souvent utilisé comme ampli de sortie d'émetteur radio.

d) La technique utilisée dans l'ACA programmable BERNAFON fait appel à un tout nouveau type d'ampli de CLASSE D. L'intérêt de cette AMPLIFICATION A COMMUTATION est tel qu'il semble utile de s'y attarder quelque peu.



Soit un transistor rendu conducteur ou non-conducteur par une tension de commande V_{cc} (conducteur) ou V_{cb} (bloqué). On note que la valeur moyenne du courant I_o est proportionnelle au rapport T_c/T (T étant la période des impulsions de commande de V_c et T_c la durée de conduction pour une impulsion).



Comme pour les filtres à capacité commutée, dans une bande de fréquence F très inférieure à la fréquence de commutation, $F_c = 1/T$; on peut considérer que l'ensemble se comporte comme un transformateur fournissant une puissance de sortie constante proportionnelle au rapport temps de conduction T_c et à la période de commande (T).

Il suffit pour commander un tel système, de disposer d'un circuit de commande qui va transformer le signal d'entrée en impulsions de largeur de conduction T_c proportionnelle à l'amplitude du signal d'entrée. Nous remarquons que le point de repos équivalent d'un tel système (signal d'entrée nul), est caractérisé par un signal de sortie nul. Nous nous retrouvons en fait dans des conditions équivalentes à la CLASSE C mais ne présentant pas les inconvénients au niveau distorsion. Pour l'obtention de signaux positifs ou négatifs, il suffit d'employer une structure similaire à l'ampli PUSH-PULL; un des transistors traitant les signaux d'entrée positifs, l'autre les signaux d'entrée négatifs. La distorsion, liée à la qualité (linéarité) des circuits de commande, sera très faible (comme en classe A).

Quant à l'effet de lissage (obtention de la valeur moyenne), il sera obtenu en partie par les caractéristiques fréquentielles de l'écouteur pour autant que la fréquence de commutation (F_c) soit largement supérieure à la bande de fréquence concernée.

Cette électronique sophistiquée a pu être adaptée à l'ACA grâce à l'intégration des circuits de commande et de puissance sous forme monolithique assurant ainsi un haut degré de fiabilité et de stabilité à l'amplificateur.

Nous manquons encore de documentation technique à propos de l'ampli classe D. Cette description nous a été fournie par Monsieur Joël HANCO, chercheur à l'université de MONS, que nous remercions vivement.

Si nous assemblons les différents éléments détaillés tout au long de ce premier chapitre, nous pouvons reconstituer un ACA actuel dans ses grandes lignes.

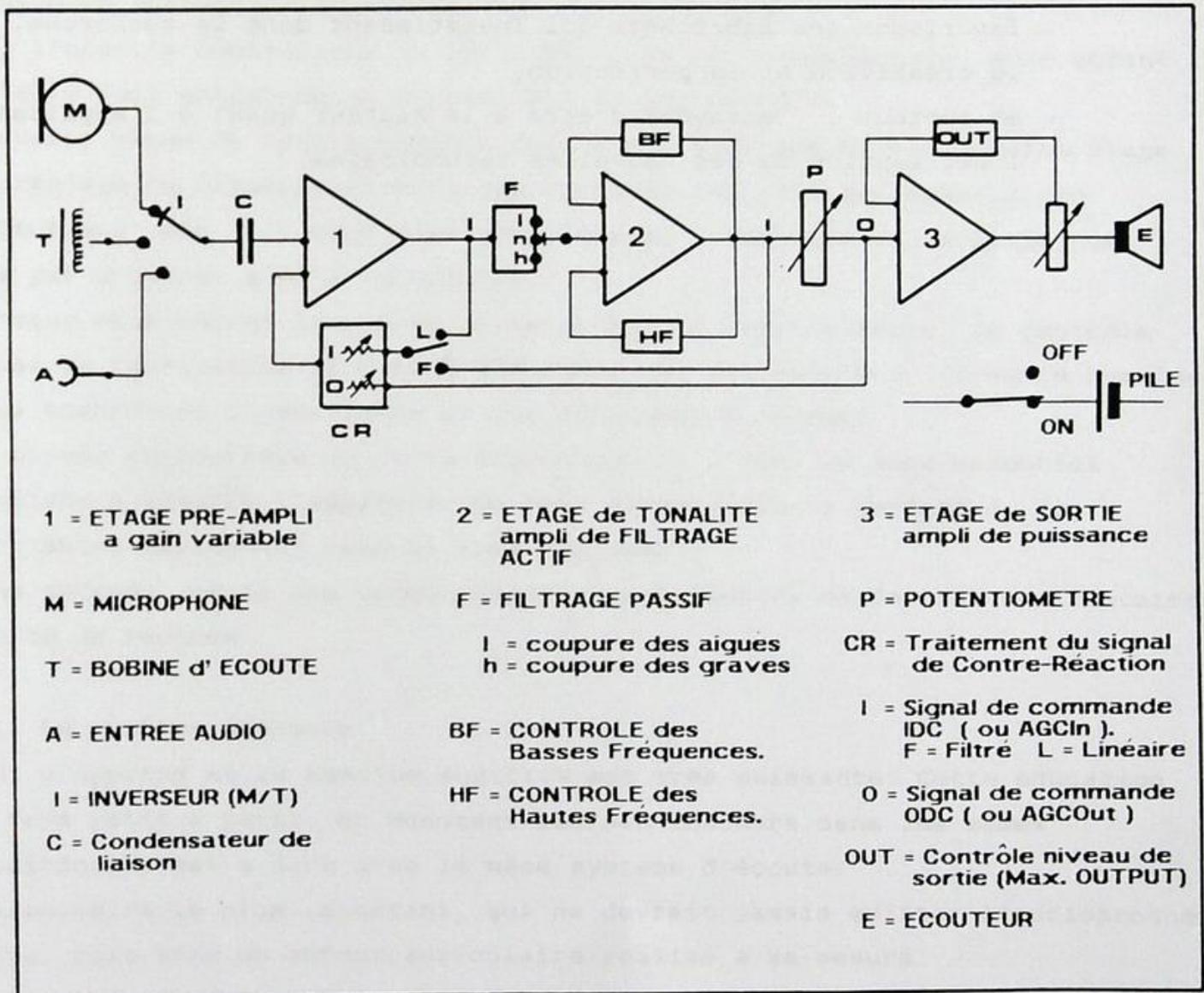


Fig. I.25. Schéma-bloc d'un ACA.

A propos de l'évolution des ACA ...

Il faut hélas constater que les appareils auditifs n'ont pas progressé au rythme de la micro-électronique moderne. Certains fabricants proposent encore des prothèses auditives conçues comme il y a vingt ans et utilisant des composants de seconde catégorie (tolérance élevée). Les faibles connaissances techniques et le manque d'aptitudes de bon nombre d'audioprothésistes ne sont certainement pas étrangers à ce phénomène. Nous pouvons en effet comprendre que, ce qui intéresse avant tout le constructeur, c'est de commercialiser des produits qui se vendent bien, c'est-à-dire, des ACA simples à régler et qui conviennent ainsi à la majorité des applicateurs et des pertes à appareiller !

Il nous appartient de renverser la vapeur et pour cela :

- refusons d'adapter des ACA à faible niveau technologique,
- favorisons les fabricants qui investissent dans la recherche, la créativité et la perfection,
- et surtout ... essayons d'être à la hauteur quant à l'application et l'utilisation de ces nouvelles technologies.

CHAPITRE II

LES MOYENS DE CONTROLE ET L'EQUIPEMENT TECHNIQUE.

Pour tester un ACA, l'audioprothésiste dispose de différents moyens de contrôle :

- écouter l'ACA à l'oreille nue,
- relever les courbes de réponse à l'oreille artificielle,
- effectuer des mesures électriques.

1. L'ECOUTE de l'ACA.

Combien de fois n'observe-t-on pas des professionnels de longue date qui, afin de vérifier le fonctionnement d'un ACA, se livrent à de laborieux contrôles techniques avant même de l'avoir écouté.

Or, l'oreille humaine est un outil de contrôle irremplaçable, pour autant qu'elle soit entraînée et éduquée à l'écoute des ACA.

Certains vices de fonctionnement tels que crachotements ou mauvaise plage de réglage du potentiomètre ou des trimmers, mauvais contacts, micro défectueux ,etc ... , sont bien plus faciles à dépister à l'oreille nue que par d'autres moyens techniques.

Lorsque nous savons que, chez certains grands constructeurs, le contrôle final de fabrication DE CHAQUE ACA passe par une écoute à l'oreille humaine, nous comprenons l'importance qu'ils accordent à ce test.

Au niveau du contrôle ou de la réparation de l'ACA, le test essentiel consiste à ECOUTER l'appareil. Ce test élémentaire va permettre de s'orienter rapidement vers la zone douteuse.

Bien entendu, seule une longue expérience permettra de déceler une mauvaise courbe de réponse.

1.1. Le système d'écoute.

Tout s'apprend et la mémoire auditive est très puissante. Cette éducation se fera petit à petit, en écoutant les ACA toujours dans les mêmes conditions c'est-à-dire avec le même système d'écoute.

L'accessoire le plus important, qui ne devrait jamais quitter l'audioprothésiste, doit être un embout auriculaire réalisé à sa mesure.

Du point de vue acoustique, l'idéal serait de disposer d'un embout personnel prolongé d'un tube de deux centimètres, simulant le tygon.

Malheureusement, ce montage trop court rend les manipulations compliquées et empêche de réaliser certains mouvements de vérification.

Il faudra donc prolonger l'embout d'un tube de quinze à vingt centimètres.

Certains écoutent les ACA à l'aide d'un stéthoscope (C), compas ou lyre (prolongés d'un tube parfois très long.

Ce mode d'écoute procure cependant un certain nombre de désavantages :

- l'obturation des deux oreilles provoque un effet d'occlusion,
- les frottements de la lyre contre les vêtements sont très désagréables et perturbent l'écoute,
- selon l'importance du contact embouts/conque, la reproduction sonore est nettement modifiée (voir Fig. II.1.).

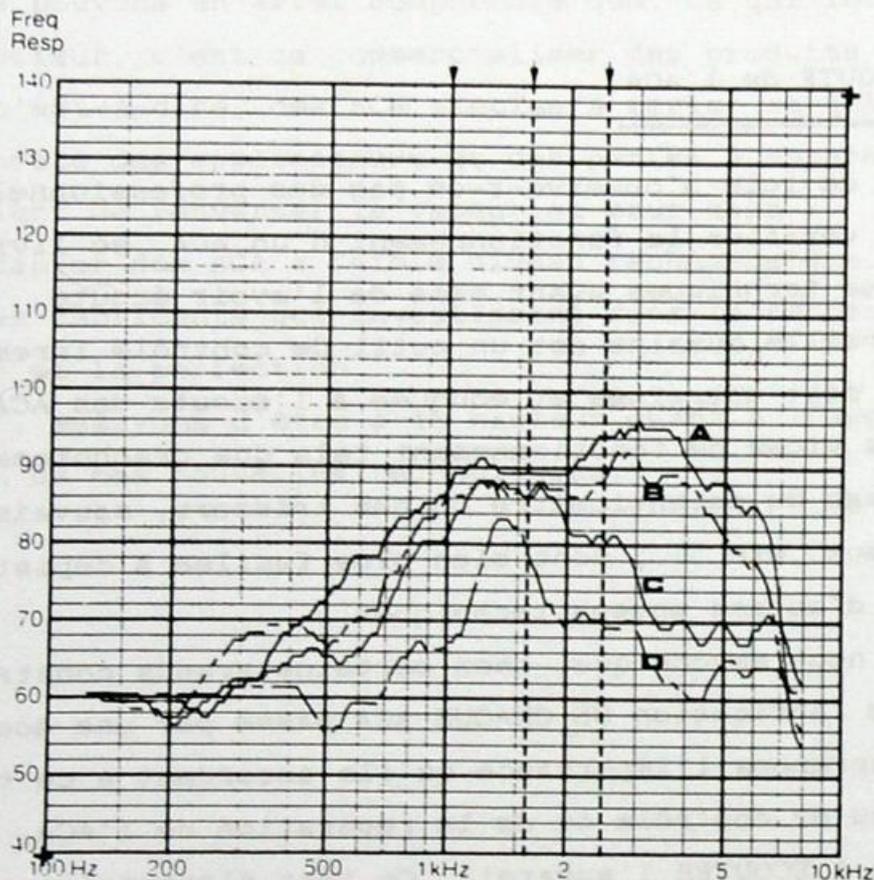


Fig. II.1. Courbes IN VIVO d'un même ACA relevées au niveau d'un seul conduit et dans des conditions d'écoute différentes

A = courbe IN VIVO de l'ACA de référence.

B = embout auriculaire sur mesure + tube souple de 20 cm.

C = stéthoscope correctement appliqué + tube de 5 cm.

D = lyre posée (sans pression) + tube de 10 cm.

* CONSEIL PRATIQUE *

Les partisans de l'écoute à la lyre choisiront de préférence le modèle stéthoscope qui procure une pression et une application constantes (B). Pour l'écoute de l'intra-auriculaire, le tube sera terminé par une réduction dont le diamètre extérieur permettra d'être introduit dans la sortie de l'écouteur.

Certaines firmes, spécialisées en matériel d'équipement de cabinet d'audioprothésistes, proposent un stéthoscope spécialement conçu pour l'écoute des INTRAS. L'embout de fixation englobe la sortie écouteur et l'éventuel canal de ventilation.

Sans ces petites adaptations, il n'est pas facile de tester un INTRA ouvert au maximum.

1.2. La comparaison d'ACA.

Lorsque l'on veut avoir la certitude que l'ACA testé a exactement la même sonorité qu'un ACA neuf de référence, il est parfois intéressant de pouvoir les comparer.

De même, la comparaison "à l'oreille" d'un appareil nouvellement adapté et d'un ancien appareil dont le patient était très satisfait peut apporter des indications très précieuses et difficiles à déceler à l'oreille artificielle, telles que le timbre et les déformations acoustiques de l'ACA. La firme PHONAK propose un comparateur à mouvement pneumatique très efficace.

Cette technique peu scientifique et très subjective est toutefois le complément indispensable des différents moyens de contrôle technique.

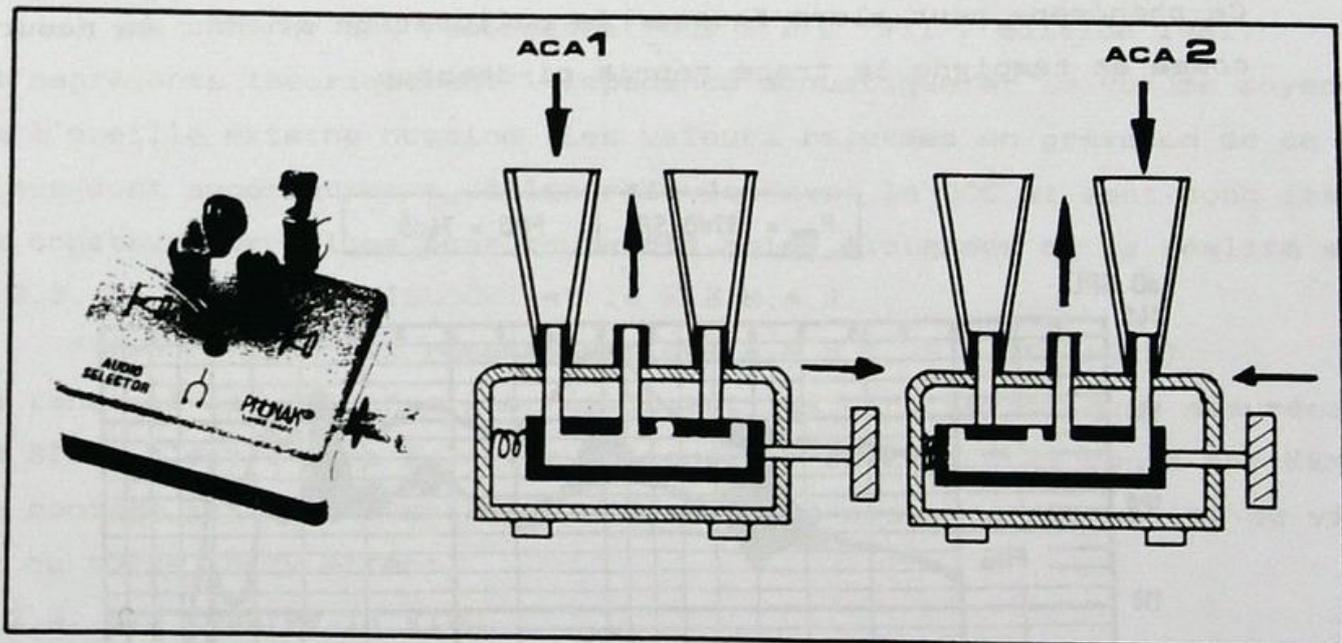


Fig. II.2. AUDIO SELECTOR (PHONAK).

1.3. Le testeur d'éléments.

Pour tester micros, blocs ampli et écouteurs, il est intéressant de créer un ACA décomposé dont les différents composants ont été câblés à l'aide de fils volants bien identifiés.

Ces différents composants serviront de référence et permettront de réaliser une comparaison simple et rapide en cas de doute.

2. L'OREILLE ARTIFICIELLE.

La technique la plus scientifique utilisée pour vérifier les performances acoustiques d'un ACA consiste à relever ses courbes caractéristiques de réponse à l'oreille artificielle.

Les différentes courbes relevées pourront alors être comparées aux courbes de référence fournies par le constructeur.

Dans le cas particulier de l'INTRA de type artisanal, signalons au passage l'intérêt de conserver, pour chaque appareil, les courbes d'origine, chaque INTRA ayant ses propres courbes de réponse.

2.1. La calibration de l'oreille artificielle.

Deux types de calibrations sont utilisées :

- la calibration mémorisée qui se pratique une fois pour toute lors de la mise en route de l'équipement (boucle ouverte à mémoire),
- la calibration permanente qui est réalisée, grâce à un second microphone, en même temps que s'effectue la mesure (boucle fermée).

NB : lors de la mesure d'un ACA à important taux d'amplification et avec un faible niveau d'entrée, une petite quantité de son peut s'échapper du tygon et venir influencer la calibration permanente.

Ce phénomène peut alors fausser la calibration et donc la mesure comme en témoigne le tracé repris ci-dessous.

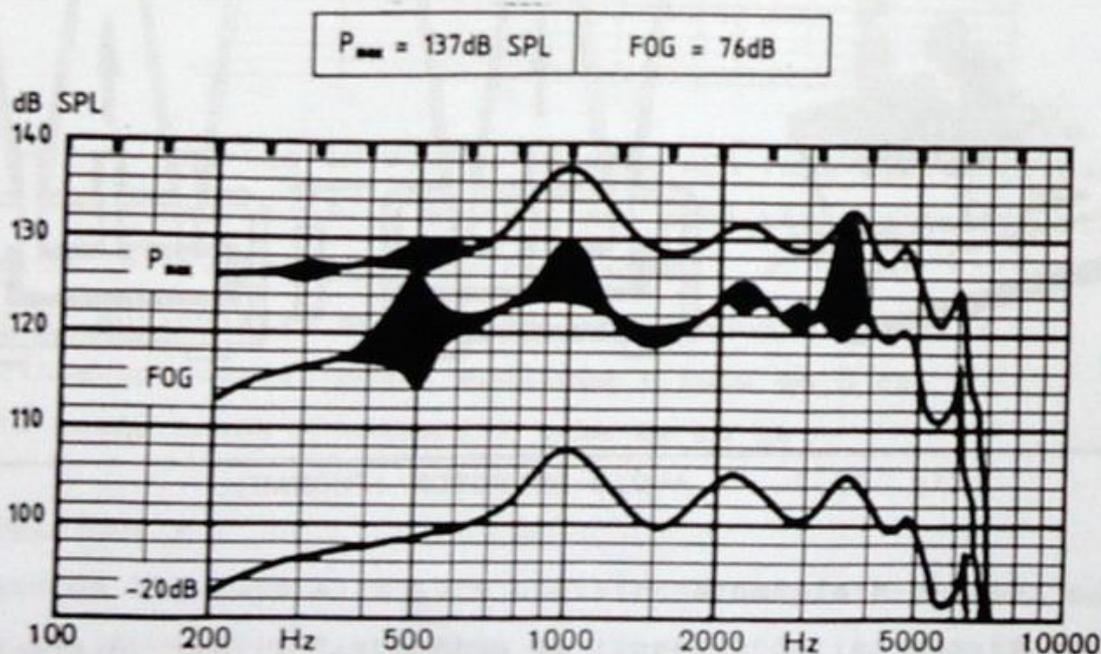


Fig. II.3. Totalisation d'erreurs qui peuvent survenir lors de mesures à l'oreille artificielle (extrait d'une étude de S. MEYER publiée dans HÖRAKUSTIK 4/88).

2.2. Les coupleurs.

L'ACA testé est adapté à la chaîne de mesure par l'intermédiaire de différents types de couplage.

2.2.1. Le coupleur 2CC

(se référer aux recommandations I.E.C. 126 / 2ème édition 1973).

Il est utile de rappeler que ce coupleur n'est pas une oreille artificielle mais uniquement une cavité standard, de construction simple et peu onéreuse qui permet de relever, de manière REPRODUCTIBLE, les courbes de réponse des ACA. Ce coupleur était sensé représenter l'INVERSE de la résonance moyenne du C.A.E. Les courbes de réponse relevées en sa présence étant ainsi réduites d'une valeur théoriquement égale à la perte de résonance naturelle, perte liée à la présence de l'embout auriculaire dans le C.A.E.

La démarche est astucieuse mais ne perdons toutefois pas de vue que :

- CHAQUE CONDUIT AUDITIF A UNE COURBE DE RESONANCE DIFFERENTE,
- LA PRESENCE DE L'EMBOU NE FAIT PAS PERDRE L'INTEGRALITE DE LA RESONANCE NATURELLE DU C.A.E.
- la courbe de réponse du 2CC n'est définie que jusque 5000 Hz et n'est PAS VRAIMENT l'image inversée de la résonance moyenne du C.A.E.

2.2.2. Le simulateur d'oreille ou ear simulator

(se référer aux recommandations I.E.C. 711 / édition 1981).

Il représente théoriquement l'impédance acoustique et le volume moyens de l'oreille externe humaine. Les valeurs relevées en présence de ce coupleur sont supérieures à celles relevées avec le 2CC et sont donc favorables au constructeur. Elles sont toutefois moins éloignées de la réalité moyenne.

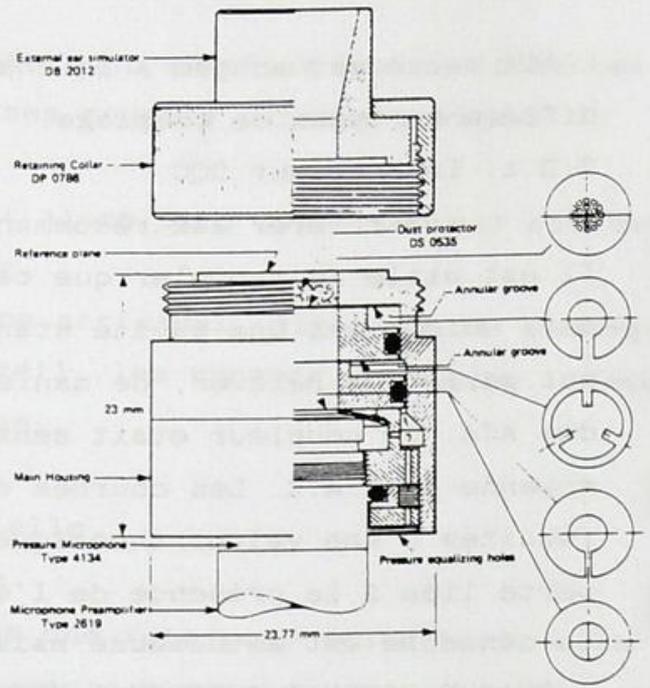
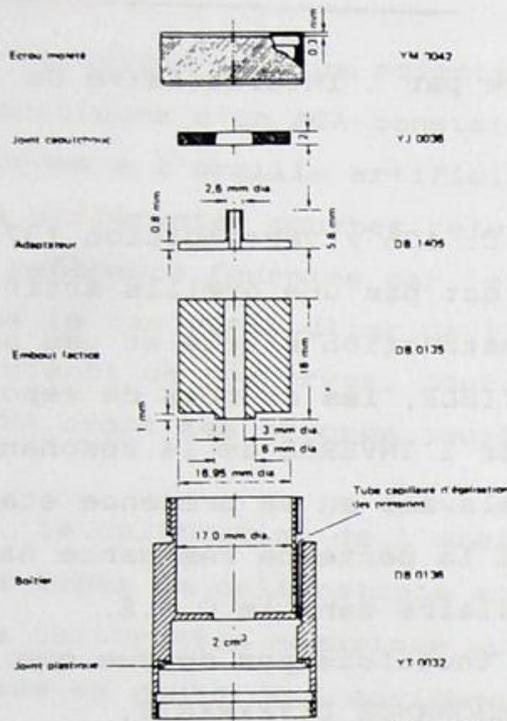
2.2.3. Le coupleur ZWISLOCKI et le K.E.M.A.R.

(se référer aux recommandations A.N.S.I. S 3.35 1985).

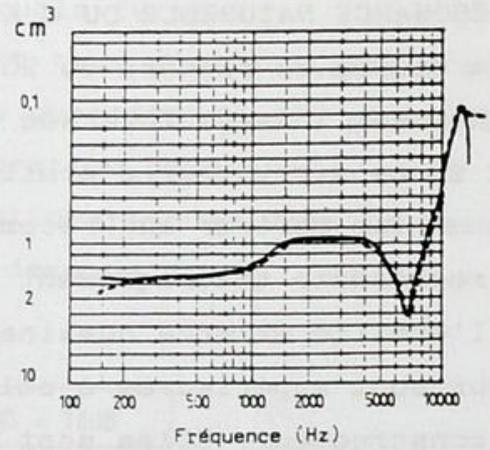
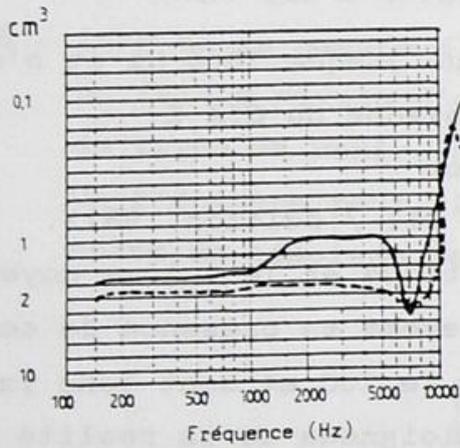
La tendance est de renseigner également les caractéristiques mesurées IN SITU, c'est-à-dire à l'aide du coupleur de ZWISLOCKI monté sur KEMAR. Ce montage fait intervenir les diffractions créées par le relief du visage et du torse (body effect).

2.2.4. Les mesures IN VIVO.

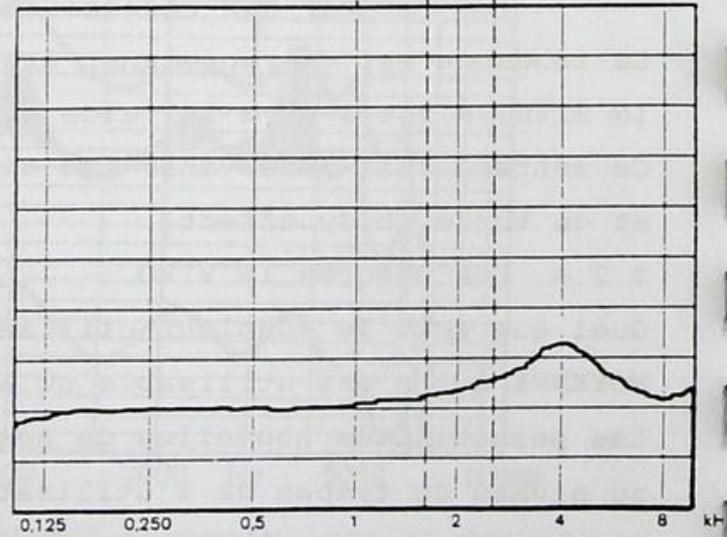
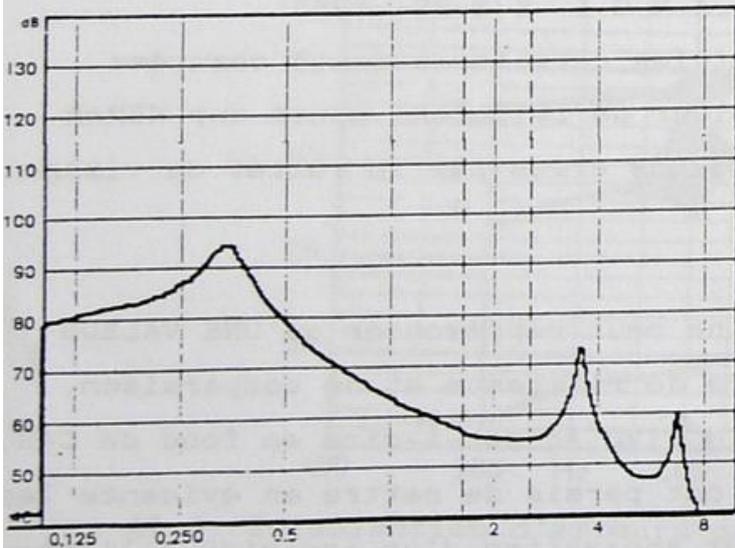
Quel que soit le coupleur utilisé, il ne peut représenter qu'UNE VALEUR MOYENNE qui n'est utilisable qu'à titre de référence et de comparaison. Les possibilités nouvelles de mesure IN VIVO (c'est-à-dire en fond de CAE, au niveau du tympan de l'utilisateur) ont permis de mettre en évidence les écarts énormes de résonance qui peuvent apparaître d'un individu à l'autre. Ne perdons jamais de vue qu'UN MEME ACA AURA DANS CHAQUE OREILLE, UNE COURBE DE REponse DIFFERENTE !



Description technique.



Courbes d'impédance acoustique.



Courbes de réponse.

Fig. II.4. coupleur 2 CC

ear simulator

2.3. Interprétation des courbes.

Les courbes les plus représentatives seront :

- la COURBE de REPONSE (variation du gain en fonction de la fréquence et du niveau d'entrée),
- la COURBE de SATURATION (variation du niveau maximal de sortie en fonction de la fréquence),
- la mesure du TAUX de DISTORSION et (ou) de l'INTERMODULATION,
- la mesure du SOUFFLE ou BRUIT de FOND.

En ce qui concerne le GAIN et l'OUTPUT, nous rencontrerons principalement :

- la valeur relevée à 1000 Hz,
- la valeur HAIC = moyenne arithmétique à 500, 1000 et 2000 Hz,
- la valeur HF = moyenne arithmétique à 1000, 1600 et 2400 Hz,
- la valeur MIDI (proposée par l'auteur) = moyenne arithmétique à 1000, 1500, 2000, 3000 et 4000 Hz,
- la valeur MAX. = valeur maximale atteinte en un point de la courbe.

Nous rappelons qu'une valeur moyenne n'est pas très significative.

D'autre part, les valeurs HAIC sont périmées et inadaptées aux performances des ACA modernes. En effet, elles ont été élaborées à une époque où la bande passante des ACA ne dépassait pas 3000 Hz.

De plus, elles ne figurent pas dans les recommandations Européennes I.E.C.

A cet égard, les spécifications Françaises, qui permettent de choisir une fréquence centrale dans la bande passante paraissent plus judicieuses.

Quoi qu'il en soit, le but recherché étant COMPARATIF, nous prendrons soin d'EFFECTUER LES COMPARAISONS DANS LES MEMES CONDITIONS DE MESURE que celles utilisées par le constructeur.

Pour tester un ACA en conduction osseuse, nous utiliserons une mastoïde artificielle.

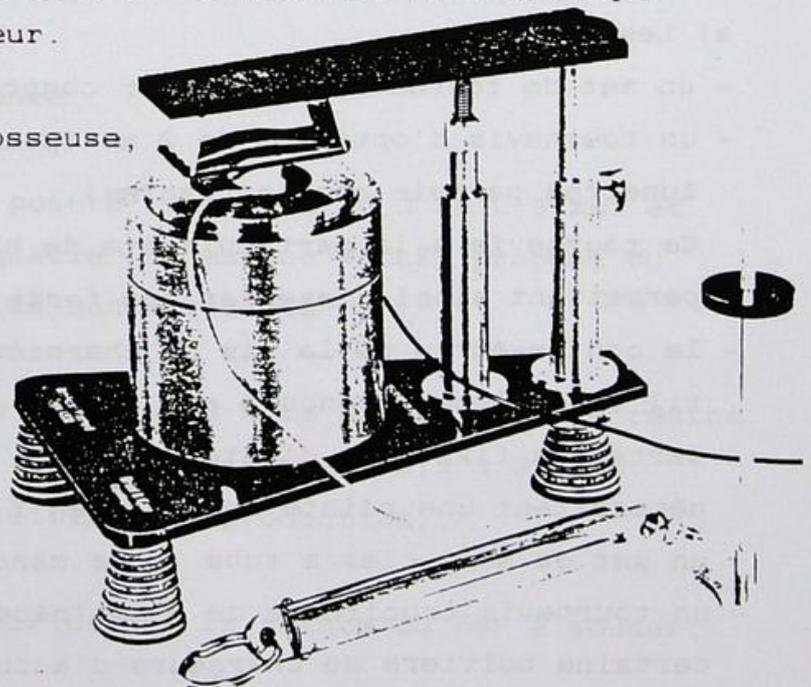


Fig. II.5. Mastoïde artificielle Type 4930 (Brüel & Kjaer).

3. LE SERVICE TECHNIQUE

Si les différents contrôles effectués ont permis de mettre en évidence un vice de fonctionnement, le stade suivant sera la réparation.

Les ACA actuels sont, en ce qui concerne les marques de renommée mondiale, d'une qualité technique satisfaisante et les pannes purement électroniques sont peu nombreuses. Ceci est assez encourageant et signifie qu'avec un minimum d'outillage et un maximum de soin, la grande majorité des pannes d'origine mécanique pourront être réparées par l'audioprothésiste.

Certains constructeurs "haut de gamme" (comme par exemple BERNAFON pour ne pas le nommer) mettent à la disposition des réparateurs des MANUELS DE REPARATION très détaillés. Il est fortement conseillé de s'y référer AVANT d'entamer une réparation.

En cas de panne, certaines manipulations sont spécifiques à la marque et au type d'ACA concerné et cela principalement en ce qui concerne les prothèses à haut niveau de technologie et d'intégration. En effet, cette nouvelle génération d'ACA impose des conditions particulières de réparation en ce qui concerne, par exemple les risques de dommages causés par des décharges d'électricité statique.

3.1. L'équipement.

Un équipement technique et un outillage judicieusement sélectionnés sont à la base d'une intervention rapide, efficace et rationnelle.

En tant que professionnels, il est bien entendu conseillé de toujours acheter du matériel de qualité supérieure.

a) Les tournevis.

- un set de tournevis d'horloger comprenant les pointes de 0,6 à 3 mm,
- un tournevis d'opticien de 2 mm (pour manoeuvrer les vis de charnières de lunettes parfois récalcitrantes).

Ce tournevis a la particularité de bien prendre dans la paume de la main permettant ainsi d'exercer une forte pression.

- le contre-écrou de la vis de charnière peut être tourné à l'aide d'un outil spécialement conçu à cet usage,
- certaines fixations d'interrupteurs, de potentiomètres et de couvercles nécessitent une pointe spéciale en Y,
- un set de mini-clés à tube (pour manoeuvrer de très petits écrous),
- un tournevis cruciforme de 5 mm (nécessaire pour ouvrir les couvercles de certains boîtiers de chargeurs d'accus).

Les pinces.

- brucelles à pointes d'acier très fines,
La qualité de cette petite pince est déterminante pour manipuler aisément les pièces parfois minuscules qui constituent l'ACA.
- brucelles à bouts ronds (pour manipuler les pièces plus volumineuses),
- brucelles à pointes coupantes,
- une pincette à bras coudés,
- une pince coupante à becs obliques,
- une pince à bouts plats,
- des pinces d'opticien (pour recourber les branches de lunettes et maintenir fermement les charnières),
- des pinces à papier ou des pinces à linge en nylon spécialement conçues pour maintenir les couvercles après collage (surtout pour INTRAS),
- une pince à écarter (dilater) le tube souple (TYGON),
- des brucelles à mouvement inversé sur support orientable appelée généralement "troisième main" ou "porte-hameçon".

Les pinceaux, brosses et grattoirs.

- des pinceaux pour étendre les différents produits et recoller les couvercles,
- une petite brosse à poils longs et doux,
- une petite brosse à poils courts et durs (style pochoir),
- une boîte de coton-tiges,
- un stylet de fibres de laine de verre (grattoir à encre de chine).
Cet instrument est idéal pour nettoyer de très petites surfaces et pour préparer le circuit avant soudure,
- du papier de verre à grain très fin,
- un jeu de limes miniatures,
- une lime demi-douce d'un demi pouce.

Le matériel de soudure.

- un fer à souder basse tension à pointe très fine (0,3 ou 0,5 mm) et éventuellement à température réglable. La marque WELLER propose du matériel bien approprié et de très bonne qualité.
- une bobine de soudure multicore,
exemple : soudure 60/38 = 60 % d'étain + 38 % de plomb + 2 % de résine
température de fusion : 188° / diamètre : 0,2 à 0,5 mm.
- un nettoyeur de pointe (surtout utilisé en production),
- de la tresse à dessouder.
- de la pâte spéciale à l'étain pour étamer la pointe du fer à souder,
- de la graisse à souder,

- du fil de LITZ (fil multibrins très fins et vernis de, par exemple, 5 brins de 0,03 mm de diamètre). Les couleurs les plus utilisées sont le rouge, le vert et l'orange.

IMPORTANT : afin de réaliser de bonnes soudures, on prendra toujours soin d'étamer au préalable les parties à souder.

Pour ce faire, chauffer séparément chaque élément à souder et le recouvrir d'un mince film d'étain (soudure).

Divers.

- certains outils spécifiques à une marque ou un type d'ACA,
- une surface de travail anti-statique + bracelet relié au poignet du technicien (pour réparer les ACA à haut niveau d'intégration),
- des marqueurs indélébiles à pointe très fine pour effectuer différents repères sur les ACA (ouverture du potentiomètre, position de l'interrupteur, etc ...).
- une fine paire de ciseaux à bouts droits,
- une petite paire de ciseaux à bouts ronds,
- un bistouri et des lames de rechange ou un couteau très tranchant (style CUTTER),
- des lames de rasoir à bord renforcé,
- un pied à coulisse et (ou) un compas d'ajusteur (à pointes métalliques),
- une poire qui permet de souffler de l'air sec. Il existe également des aérosols d'air,
- un tire tube (principalement utilisé pour déposer la cheminée de l'écouteur),
- de la bande d'isolation auto-collante (très utile, par exemple, pour l'isolation des micros et écouteurs d'intras),
- du tube de silicone de différents diamètres,
- un bloc de mastic non collant (genre plasticine), idéal pour fixer un bloc-ampli ou un ACA sur lequel on travaille (surtout sous microscope),
- une lampe/loupe sur support,
- une loupe d'horloger,
- un porte mèches appelé également roule-goupille,
- une mini-foreuse et ses accessoires (outillage pour modélistes) ou mieux encore une fraiseuse de prothésiste dentaire,
- un jeu de petits forets (0,5 à 3 mm) et de diverses fraises.
- un multimètre de qualité (voir texte s'y rapportant),
- un distributeur d'air chaud (genre chaufferette d'opticien).
- un éclairage basse tension très ponctuel (ex:lampe 12 volts/halogène),
- une boucle d'induction permanente encerclant la table de travail du technicien et alimentée par un lecteur de cassettes,

- un MICROSCOPE BINOCULAIRE.

La réparation au microscope est une technique de plus en plus courante. Les techniciens qui l'utilisent avouent ne plus pouvoir s'en passer.

Caractéristiques souhaitées :

- * il doit être BINAUCULAIRE afin de restituer un bon relief visuel,
 - * le grossissement conseillé sera : soit fois 10 + fois 15 / soit fois 10 + fois 20 / soit, en cas de grossissement unique, fois 15.
- NB : en production, le grossissement généralement utilisé est compris entre fois 5 et fois 10 afin de ne pas trop amplifier les mouvements.

L'idéal est le zoom couvrant un grossissement d'environ 10 à 25 et qui s'adaptera à tous les cas d'espèces :

- fort grossissement (plus de 15) = détection des imperfections mais faible profondeur de champ,
- faible grossissement (moins de 15) = soudures et réparation,
- * les lentilles doivent être d'excellente qualité,
- * l'éclairage doit être puissant, ponctuel et si possible, solidaire du microscope. Il ne doit pas dégager trop de chaleur :
un mini-spot halogène de 20 à 30 W. équipé d'un atténuateur (dimmer) et fixé sur le socle du microscope convient très bien,
- * la surface de travail doit être bien dégagée et suffisamment grande afin de laisser au technicien la liberté de ses mouvements.
Un socle fixé à la table de travail et prolongé d'un bras de support assez long a en plus l'avantage de pouvoir facilement amener ou écarter le microscope selon le travail à exécuter,
- * la PROFONDEUR de CHAMP doit être suffisante (TRES IMPORTANT).

Avantages d'utilisation :

- * image bien nette permettant de détecter des défauts qui n'apparaissent pas à l'oeil nu (ex:soudure froide, dégâts d'oxydation ou de migration),
- * travail et câblage soignés, soudures de qualité,
- * travail moins éprouvant pour la vue,
- * aspect professionnel face au patient.

Désavantages d'utilisation :

- * l'agrandissement du moindre détail peut conduire à un excès de perfectionnisme,
- * les mouvements doivent être très précis et plusieurs jours d'apprentissage sont indispensables avant de pouvoir tirer parti du microscope,
- * le passage constant d'une image de taille normale à une image grossie 10, 15 ou 20 fois peut entraîner, à la longue, une certaine fatigue nerveuse.

Les colles.

- une colle de contact souple (genre PATTEX),
- une colle à prise rapide,
- une colle à prise instantanée,
- une colle silicone transparente (idéale pour isoler micros et écouteurs et pour obturer rapidement et proprement un évent),

Nous conseillons de conditionner la colle silicone dans une seringue (5 cc par exemple) que nous prendrons soin d'obturer parfaitement entre chaque utilisation.

- une colle de polymérisation : poudre (polymère) à mélanger au liquide (monomère) pour réparer les embouts et les coquilles d'INTRAS.
- du "couvercle liquide" pour la réparation des CONTOURS (quelques couvercles de contours d'oreille dissouts dans de l'acétone).
- du "face plate liquide" pour la réparation des INTRAS (même technique).

Les produits de contact, de nettoyage et de protection.

- de la pâte de contact (en seringue),
- de la graisse au silicone (en seringue),
- un aérosol de produit de contact,
- un aérosol de produit d'entretien pour INTRAS,
- du méthanol dénaturé (alcool),
- de l'acétone (n'oublions pas que l'acétone attaque rapidement et irrémédiablement toute pièce en plastique),
- du vernis pour protection des circuits et câblages,
- du vernis à ongle transparent,
- du vernis anti-allergique pour embout auriculaire.

Les cires et pâtes d'obturation.

- de la cire ayant la couleur des ACA (noir, brun foncé, couleur chair, ...)
- de la cire rouge, bleue et blanche (pour obturation des gravures),
- de la cire collante (genre cire OTICON).

Divers.

- de la vaseline neutre, de la lanoline, de l'huile d'amande douce ou mieux encore, une huile désinfectante (HYG-AUR®),
- un aérosol de fluide réfrigérant,
- un produit désinfectant (du Déthol par exemple),
- les solvants et diluants correspondants aux différents produits cités.

3.2. Les schémas.

Lorsque la panne est causée par le mauvais fonctionnement d'un élément électronique ou d'un circuit, une investigation plus poussée sera entreprise. La transpiration représente une agression constante envers le câblage de l'ACA. Un seul fil déconnecté ou interrompu peut le rendre entièrement muet. Cette cause de panne relativement courante est en principe simple à réparer. Le plus difficile est de ne pas créer d'autres pannes en ouvrant et en refermant l'ACA.

Lorsque vous réparerez vos premiers ACA, vous penserez souvent à cette remarque qui peut vous paraître banale et évidente.

* CONSEIL PRATIQUE *

N'hésitez pas à remplacer les fils et à refaire les soudures qui ne vous semblent pas en parfait état.

Le renouvellement complet d'un câblage est souvent la meilleure solution pour effectuer une réparation durable si l'ACA a été fortement attaqué par la transpiration ou a déjà subi de nombreuses réparations.

Pour cela les constructeurs prévoient des schémas blocs, théoriques et pratiques.

3.2.1. Le schéma BLOC.

Il permet de comprendre, dans les grandes lignes, le fonctionnement et les différentes possibilités de l'ACA.

La figure ci-dessous représente le schéma bloc d'un ACA particulièrement sophistiqué, créé par Serge MEYER, où nous observons sept niveaux différents de réglages.

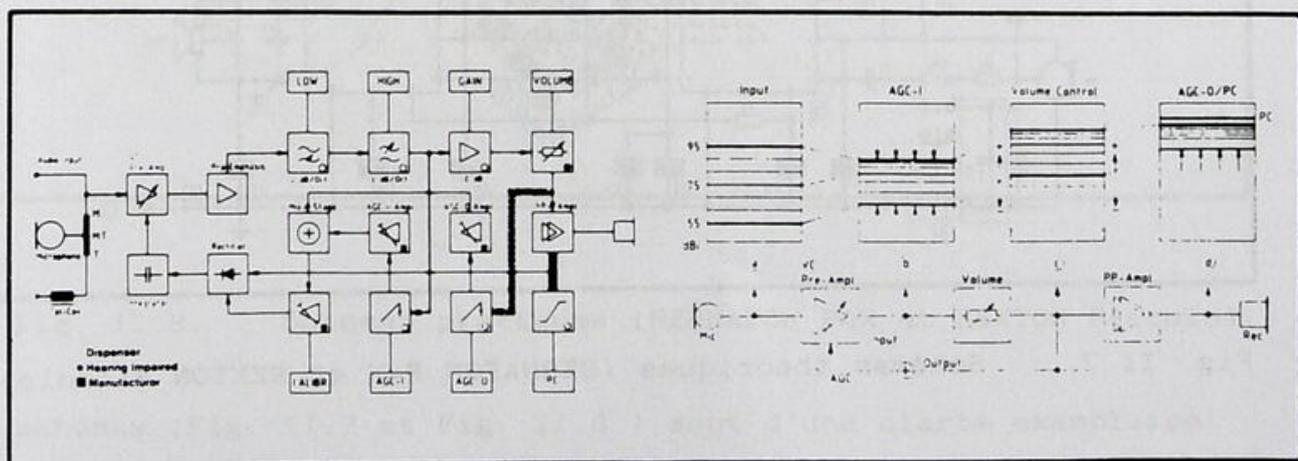
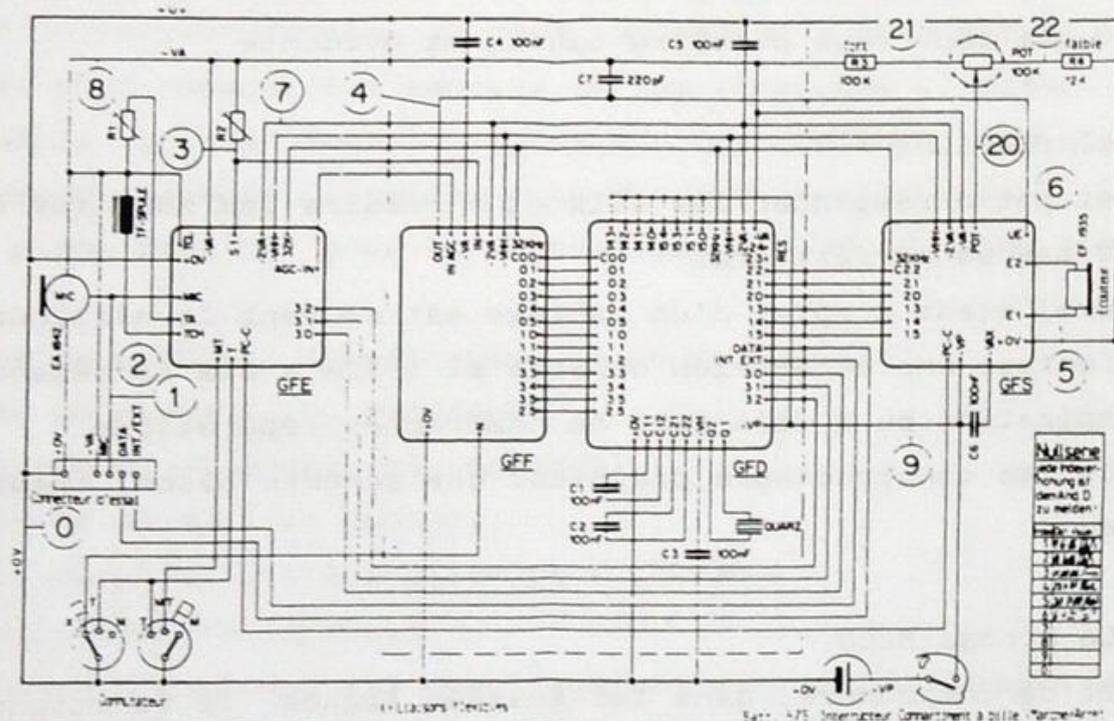


Fig. II.6. Schéma bloc du REXTON SELECTRA et PROGRAM PP6.

3.2.2. Le schéma THEORIQUE ou schéma de PRINCIPE.

Le schéma théorique permet de suivre le cheminement du signal, du micro à l'écouteur.

La valeur des différents éléments électroniques ainsi que les courants et tensions caractéristiques sont clairement indiqués.



P4 / P4X Appareil Contour d'oreille

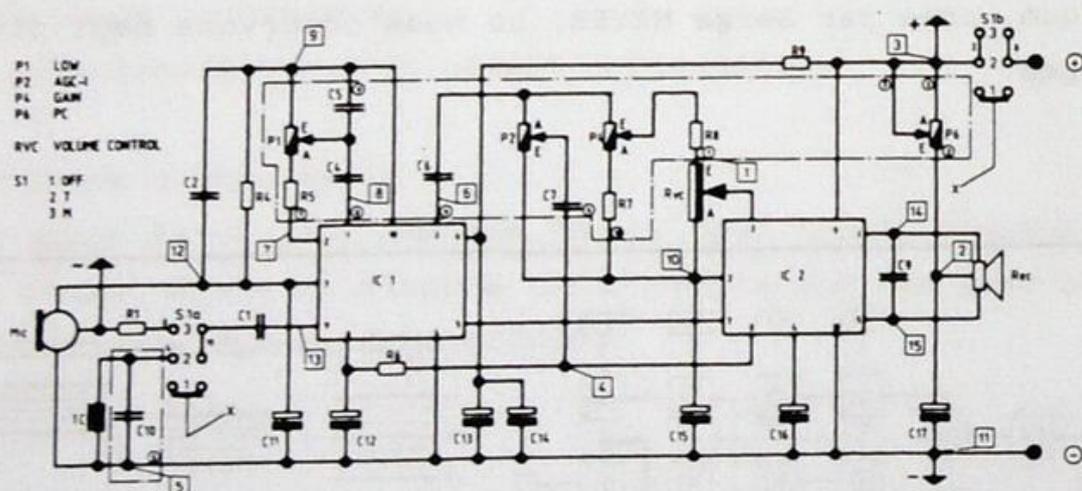


Fig. II.7. Schémas théoriques (BERNAFON P4X et REXTON Piccolo).

3.3.3. Le schéma PRATIQUE ou schéma d'IMPLANTATION.

L'implantation des différents composants est détaillée sur le schéma pratique. La Fig. II.7. montre le schéma pratique correspondant au schéma théorique de la Fig. II.6.

Nous observons les différents repères (chiffres) communs aux deux schémas.

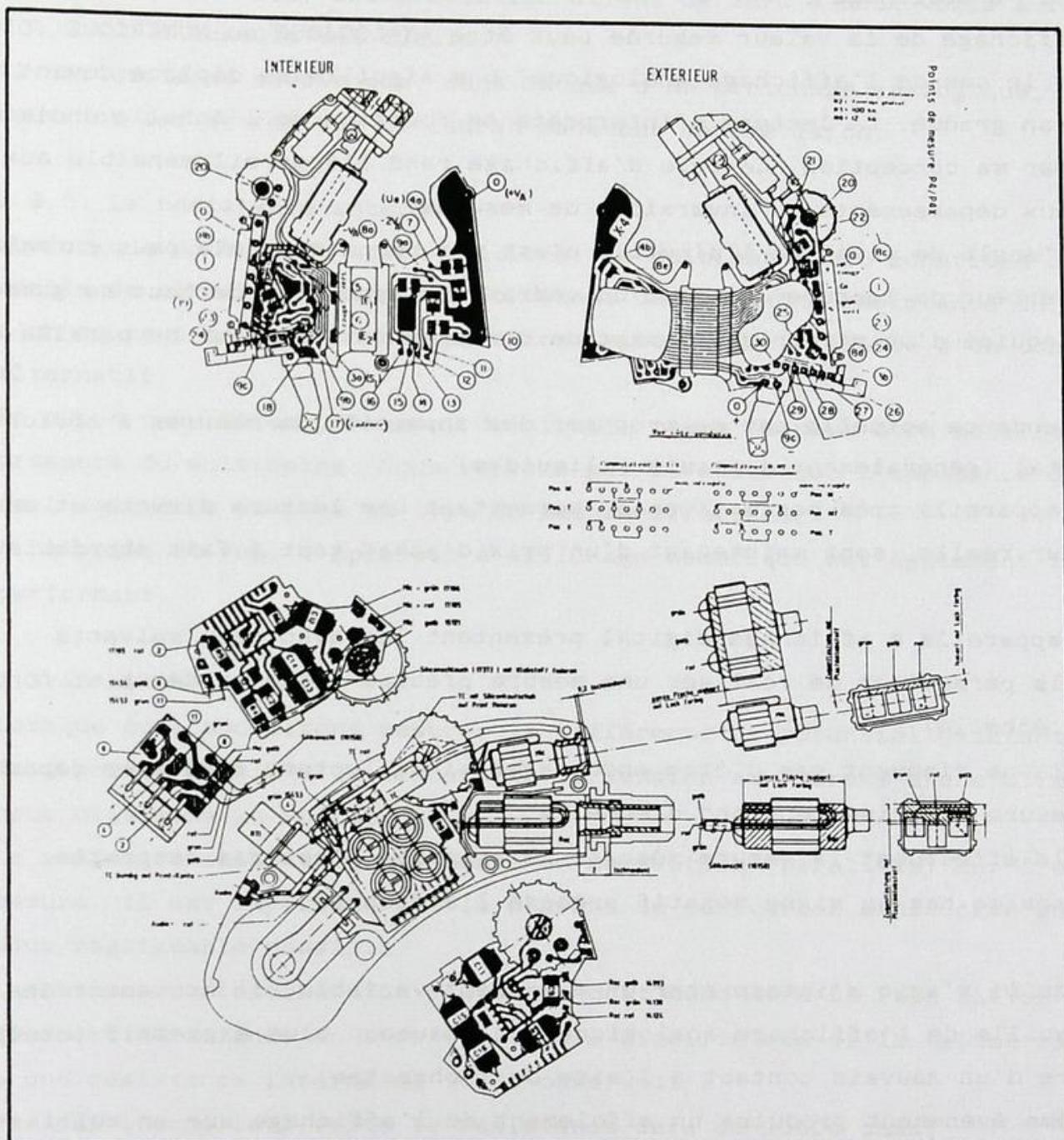


Fig. II.8. Schémas pratiques (BERNAFON P4X et REXTON Piccolo).

Ces schémas (Fig. II.7 et Fig. II.8.) sont d'une clarté exemplaire. Malheureusement, il n'en va pas toujours de même pour tous les constructeurs. Pire, la tendance actuelle est même de ne plus fournir ni schémas, ni circuits de base !...

3.3. Le multimètre.

Principal outil de travail du technicien, le multimètre regroupe à lui seul plusieurs appareils de mesures.

Voyons quelques caractéristiques communes aux appareils de mesures.

3.3.1. L'affichage :

L'affichage de la valeur mesurée peut être ANALOGIQUE ou NUMERIQUE (DIGITAL)

Dans le cas de l'affichage analogique, une aiguille se déplace devant un cadran gradué. La lecture s'interprète en fonction de l'échelle choisie.

De par sa conception, ce type d'affichage rend l'appareil sensible aux chocs et aux dépassements ou inversions de mesures.

Si l'angle de visée de l'aiguille n'est pas respecté, cela peut entraîner une erreur de lecture. Le fond du cadran des appareils de haut de gamme est équipé d'un miroir qui permet de corriger cette erreur de parallaxe.

La tendance actuelle est de proposer des appareils de mesures à affichage digital (généralement à cristaux liquides).

Ces appareils très perfectionnés, permettant une lecture directe et en valeur réelle, sont maintenant d'un prix d'achat tout à fait abordable.

Les appareils à affichage digital présentent les avantages suivants :

- 1° ils permettent de réaliser une mesure précise (même en début et fond d'échelle)
- 2° ils ne risquent pas d'être endommagés si la lecture effectuée dépasse la mesure autorisée en fond d'échelle,
- 3° ils effectuent la mesure même si la polarité n'est pas respectée.
Dans ce cas un signe négatif précède l'affichage.

Lorsqu'il s'agit d'interpréter un événement variable, le mouvement de l'aiguille de l'affichage analogique est beaucoup plus expressif (exemple : mesure d'un mauvais contact à l'aide de l'ohmmètre).

Ce même événement produira un affolement de l'affichage sur un multimètre numérique plus approprié à la mesure de valeurs stables.

3.3.5. L'ampèremètre :

Lorsque nous souhaitons mesurer le courant circulant dans un circuit ou délivré par une alimentation, nous utilisons un ampèremètre.

L'ampèremètre étant toujours monté en SERIE, il est important que sa résistance interne soit LA PLUS FAIBLE POSSIBLE afin de ne pas perturber le fonctionnement du circuit et la mesure effectuée.

Quelle que soit l'échelle utilisée, la chute de tension aux bornes de l'ampèremètre doit être la plus négligeable possible.

L'ampèremètre peut également mesurer des intensités continues et alternatives. Dans notre application, la mesure du courant continu sera la plus utilisée (rarement plus de 20 mA).

Les ampèremètres à affichage analogique (aiguille) offrent des possibilités très limitées en ce qui concerne la mesure du courant alternatif par rapport aux ampèremètres à affichage digital.

NB: pour mesurer de fortes intensités (plusieurs ampères), l'électricien utilise une pince ampèremétrique. Le principe de cet instrument est basé sur la mesure de l'induction produite par le passage d'un courant au travers d'un conducteur.

* CONSEIL PRATIQUE *

La mesure du courant de consommation de l'ACA sera à la base du dépistage systématique des pannes développées au chapitre cinq.

De par sa conception (résistance interne très faible), l'ampèremètre ne peut jamais être monté en parallèle sur une source de tension.

3.3.6. L'ohmmètre :

Lorsque nous souhaitons mesurer la résistance électrique, nous utilisons un ohmmètre monté en PARALLELE sur l'élément ou le circuit testé.

Le principe de mesure de la résistance découle de la loi d'ohm :

$$R = U / I .$$

L'ohmmètre est un dispositif combinant une source de tension continue (U), un ampèremètre (qui mesure I) et les circuits permettant d'effectuer la mesure en différentes échelles.

La résistance interne de l'ohmmètre ne peut bien entendu pas influencer la mesure et doit être négligeable par rapport à l'élément mesuré.

Etant donné que l'ohmmètre délivre une tension, la mesure de la résistance NE PEUT PAS ETRE réalisée sur l'élément d'un circuit en fonctionnement; les tensions respectives (du circuit et de l'ohmmètre) auraient une influence réciproque qui fausserait la mesure. Lorsque nous mesurons la résistance d'un élément, nous veillerons toujours à ce que les autres éléments du circuit ne perturbent pas la mesure.

Les trois principales utilisations de l'ohmmètre sont :

- la mesure d'une résistance nulle,
- la mesure d'une résistance infinie,
- la mesure d'une résistance déterminée.

a) R = ZERO :

Cette mesure correspond à un court-circuit franc, mais peut également renseigner la non-interruption d'un fil ou d'un câblage entre ses extrémités. Les ohmmètres digitaux récents émettent parfois un signal lumineux et (ou) sonore lorsque la résistance mesurée est nulle.

b) R = l'INFINI :

La mesure d'une résistance infinie permet de mettre en évidence l'interruption complète d'un fil, la coupure d'un circuit ou d'éliminer l'hypothèse d'un court-circuit.

c) R = ? :

L'ohmmètre va permettre de mesurer la résistance électrique d'un élément inconnu ou d'en vérifier l'exactitude lorsque la valeur est connue.

Si l'ohmmètre est placé aux bornes d'un micro ou d'un haut-parleur (ou écouteur), la tension délivrée pour effectuer la mesure peut provoquer un mouvement audible de la membrane.

Rappelons que l'ohmmètre permet de mesurer la résistance et non l'impédance qui varie en fonction de la fréquence qui parcourt le circuit ou l'élément mesuré

3.3.7. Montages spéciaux :

Afin de faciliter et de rendre plus rationnelles les mesures effectuées sur les ACA, voici deux montages spécifiques très utiles.

a) Mesure de la tension en charge :

Alors que la tension à vide d'une batterie presque épuisée, peut être quasi-normale, sa tension en charge va chuter à vue d'oeil. La rapidité de la chute dépendra de sa charge résiduelle et du courant délivré.

La mesure à vide d'une batterie n'est donc pas très significative.

Le montage décrit à la Fig. II.8. permet de vérifier le comportement de la source de tension testée lorsqu'elle est en charge, c'est-à-dire en fonctionnement (voir aussi le texte relatif aux caractéristiques des batteries).

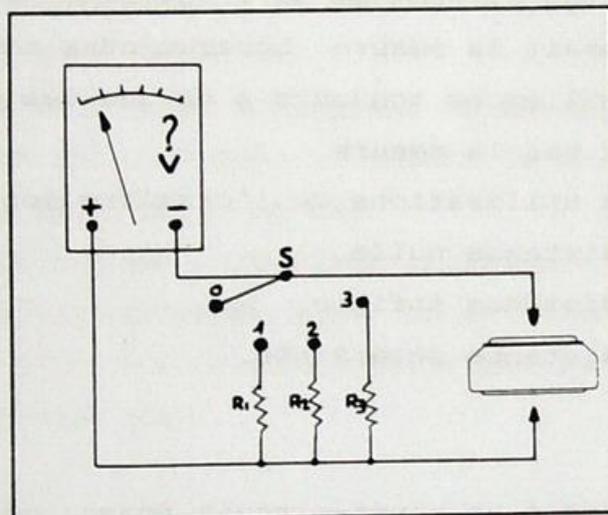


Fig. II.8. Mesure de la tension en charge.

Soit U = la batterie testée

S = l'inverseur à 3 ou 4 positions

V = le voltmètre.

En position S0 nous mesurons la tension à vide,

S1/S2 nous mesurons la tension en charge,

S3 nous mesurons la tension à forte charge.

La valeur des résistances R1, R2 et R3 va déterminer le courant que nous souhaitons faire débiter par la batterie.

Prenons des valeurs pratiques :

$$U = 1,3 \text{ volts}$$

$$R = U/I$$

pour I1 = 2 mA

$$R1 = 1,3 / 0,002 = 650 \text{ ohms,}$$

pour I2 = 10 mA

$$R2 = 1,3 / 0,010 = 130 \text{ ohms,}$$

pour I3 = 20 mA

$$R3 = 1,3 / 0,020 = 65 \text{ ohms.}$$

Pour que la batterie ait un état de charge suffisante, sa tension doit être stable même en présence d'une pointe de consommation.

b) Mesure de la consommation :

Le terme consommation sera utilisé pour parler du courant total de fonctionnement de l'ACA.

▼ CONSEIL PRATIQUE ▼

Lorsque des anomalies de consommation sont constatées dans des conditions bien définies, il est possible d'en déduire un nombre appréciable de pannes. Le montage de la Fig. II.10 permet d'effectuer une mesure rapide et pratique. Pour le réaliser, il est important de disposer d'un accessoire qui permet d'intercepter facilement les contacts piles de l'ACA.

Lorsque nous ne disposons pas de ce connecteur, nous sommes confrontés à un problème pratique de bricolage par fils et pinces crocodiles qui rendra la mesure plus longue, plus fastidieuse et donc moins systématique.

Certains constructeurs proposent des connecteurs (Fig. II.9) adaptés aux formats des piles les plus utilisées (modèles 675, 13 et 312).

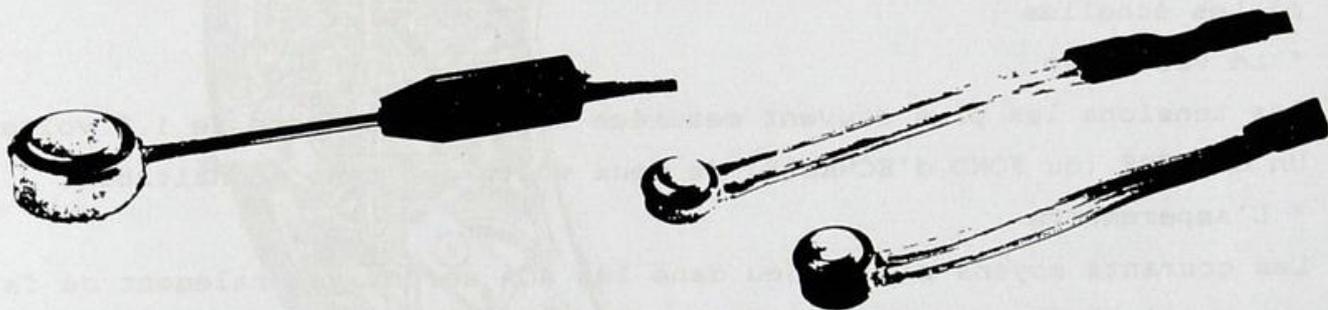
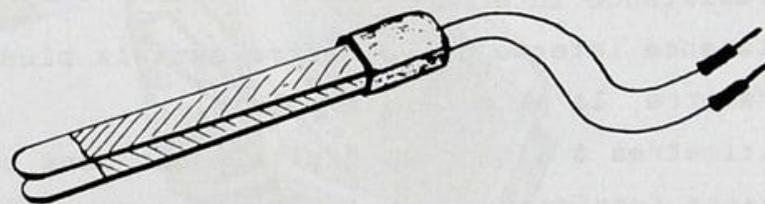


Fig. II.9. Système Oticon

Système Phonic-ear.



Système Starkey

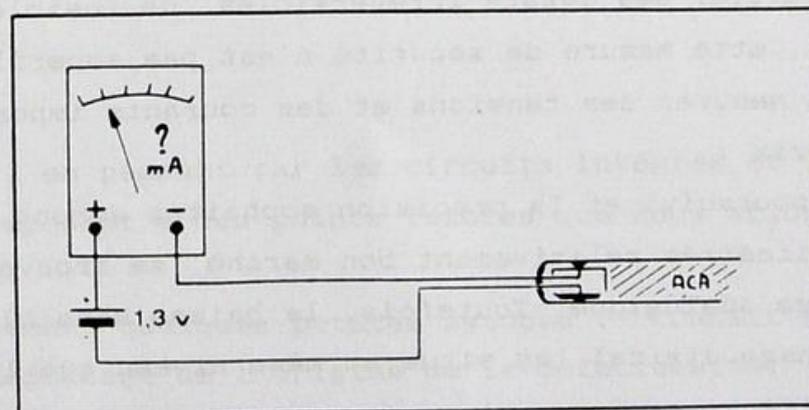


Fig. II.10. Mesure de la consommation par alimentation extérieure.

3.3.8. Critères de sélection :

Parmi l'équipement technique, le multimètre occupe une place très importante et mérite d'être sélectionné avec beaucoup de soin.

Les principaux critères seront :

l'affichage, l'alimentation, les échelles, la résistance interne, la protection et le prix.

a) L'affichage :

S'il s'agit d'effectuer une mesure précise d'une valeur stable, le multimètre à affichage digital (numérique) aura nettement la préférence. Pour effectuer des mesures indicatives et faciles à interpréter, le multimètre à affichage analogique (à aiguille) peut convenir.

b) L'alimentation :

Le multimètre en général et l'ohmmètre en particulier doivent être alimentés par une basse tension continue généralement produite par une ou plusieurs batteries. Certains appareils de haut de gamme peuvent également être alimentés par une petite alimentation branchée sur le secteur.

c) Les échelles :

* Le voltmètre.

Les tensions les plus souvent mesurées seront de l'ordre de 1,3 volts. Un CALIBRE (ou FOND d'ECHELLE) de deux volts est donc souhaitable.

* L'ampèremètre :

Les courants moyens mis en jeu dans les ACA seront généralement de faible intensité. Ici aussi un calibre correspondant à 2, 20, et leurs multiples seront tout indiqués.

d) La résistance interne :

La résistance interne du voltmètre sera la plus élevée possible, celle de l'ampèremètre, la plus faible possible.

Les multimètres à affichage digital sont dans ce cas particulier, les plus performants (résistance quasi-infinie du voltmètre et négligeable de l'ampèremètre).

e) La protection :

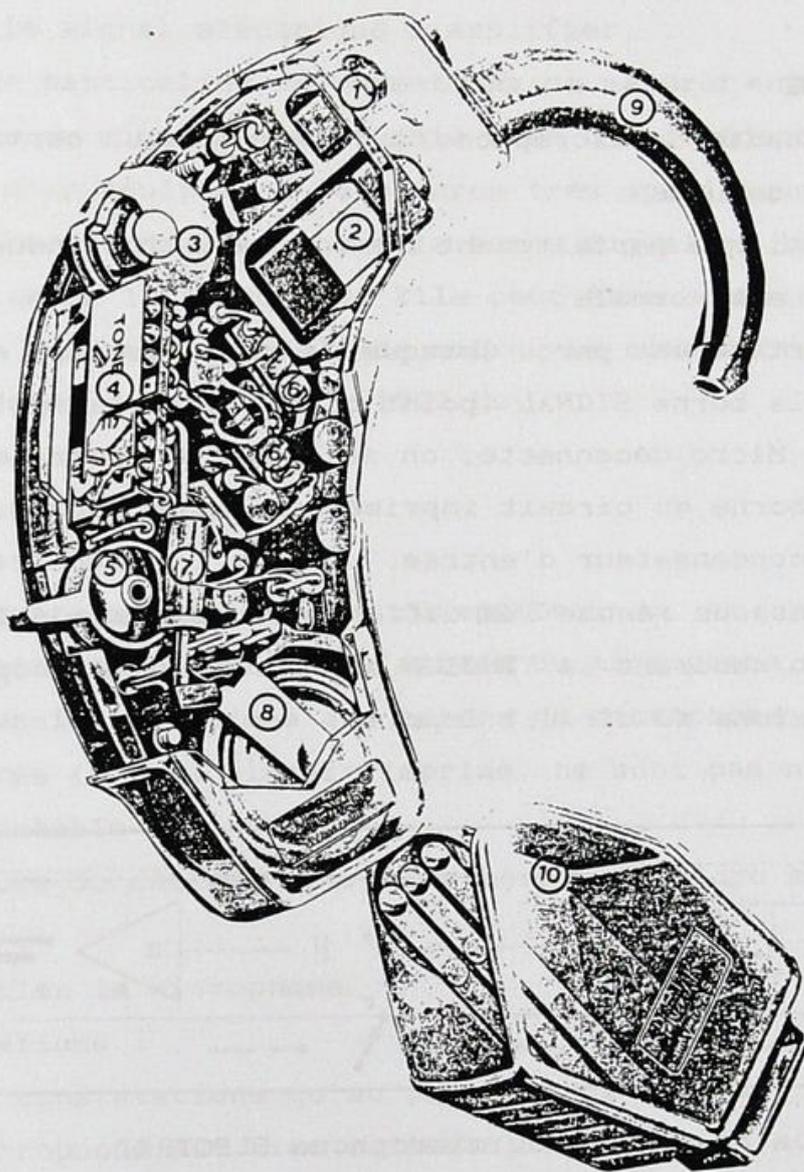
Afin d'éviter des dégâts irréversibles, un fusible équipe certains multimètres. Cette mesure de sécurité n'est pas superflue si l'on est souvent amené à mesurer des tensions et des courants importants.

f) Le prix :

Le but poursuivi et la précision souhaitée seront déterminants. Les multimètres relativement bon marché, se trouveront parmi les appareils à affichage analogique. Toutefois, la baisse sensible du prix des multimètres à affichage digital les situe au même niveau que les appareils analogiques de qualité.

CHAPITRE III

LES DIFFERENTS ELEMENTS COMPOSANTS L'ACA ET LEURS PANNES CARACTERISTIQUES.



Du micro à l'écouteur, en passant par les circuits intégrés et les couvercles, chaque composant a des points faibles que nous allons tenter de mettre en évidence.

Nous proposerons également quelques petites astuces (* CONSEIL PRATIQUE *) qui faciliteront le dépistage de l'origine de la défectuosité.

1. LE MICRO (symbole technique :)

S'il est vrai qu'au fil des années le microphone a bénéficié de nombreux perfectionnements, il n'en demeure pas moins un élément sensible aux poussières et à l'humidité.

La charge statique du microphone électret peut s'atténuer au fil des années. Ce phénomène, accentué par un excès d'humidité, se traduira par une perte de sensibilité (exprimée en mV/Pa à 1000 Hz).

Pour rappel, l'ELECTRET est un condensateur dont la charge a été figée.

* CONSEIL PRATIQUE *

En cas de défectuosité du microphone, on observera un certain nombre de caractéristiques communes :

- l'appareil fonctionne parfaitement bien en position induction (T),
- la consommation est normale,
- un souffle important est perçu lorsque le potentiomètre est ouvert à fond,
- la TENSION sur la borne SIGNAL (point b) est la polarisation fournie par le FET interne. Micro déconnecté, on ne retrouve généralement pas cette tension sur la borne du circuit imprimé. Ce point est en effet isolé de l'ampli par le condensateur d'entrée.

Le tableau ci-dessous résume les différentes pannes que l'on peut diagnostiquer en mesurant la TENSION aux bornes du microphone et à ses points de connexions au circuit imprimé.

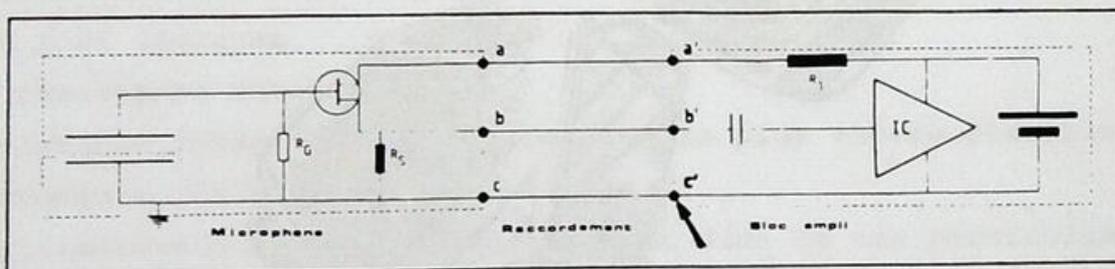


Fig. III.1. Câblage du microphone ELECTRET.

| a | a' | b | b' | c | CAUSE PROBABLE |
|------------------------------------|----|-----|-----|---|---|
| 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 0 | micro bouché |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | liaison a a' coupée |
| 1 | 1 | 0,5 | 0 | 0 | liaison b b' coupée |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | liaison c c' coupée |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | coupure interne du micro |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | si I = 0 mA : IC défectueux si I = élevé : court-circuit |
| (tension en volt par rapport à c') | | | | | |

Caractéristiques communes aux microphones à électret.

- En cas de recâblage, la polarité doit absolument être respectée. Voici comment repérer les trois bornes du microphone :
 - * le SIGNAL se trouve toujours à la borne centrale (b),
 - * le NEGATIF est relié au boîtier (c),
 - * le POSITIF est la borne opposée au négatif (a).
- A la sortie du micro électret nous retrouvons généralement un transistor à effet de champ (FET) et une résistance de charge aux bornes de laquelle apparaît le signal électrique à amplifier.

Ce montage particulier ne permet pas de mesurer une résistance électrique aux bornes du micro électret mais bien une impédance et ce, à condition de disposer d'un équipement de mesures très spécifique.

L'impédance (Z) mesurée entre la borne signal et la masse varie en fonction de la fréquence. Elle peut être comprise entre 2000 et 6000 ohms suivant le modèle de micro. Le constructeur renseigne généralement l'impédance à 1000 Hz.

Pannes caractéristiques :

a) constatations :

- interruption totale de la réception,
- un léger frottement sur l'entrée du microphone n'est pas perçu,
- les tensions mesurées aux bornes du microphone ou au point signal d'entrée (b') du circuit imprimé, ne sont pas normales (voir tableau).

cause probable :

- rupture du câblage entre les bornes du micro et le bloc ampli.

remède :

- recâbler le microphone.

b) constatations :

- mêmes constatations qu'au point a) ci-dessus,
- le microphone est bien alimenté, les fils ne sont ni coupés ni en court-circuit, la tension au point milieu du micro n'est pas normale.

cause probable :

- rupture INTERNE du câblage du microphone.

remède :

- essayer un autre micro.

c) constatations :

- affaiblissement important de la captation,
- un léger frottement à l'entrée du microphone est bien perçu,
- les tensions aux bornes du microphone sont normales,

cause probable :

- obturation de l'entrée du micro ou de sa cheminée.

remèdes :

- il faut dégager prudemment l'entrée du micro ou remplacer la cheminée
- si la grille d'entrée est totalement obturée, il est possible de la retirer (prudemment !); la membrane du microphone est alors sans aucune protection et de plus, cette opération peut entraîner une modification de la courbe de réponse du microphone et donc de l'ACA.

d) constatations :

- la captation est quasi-normale,
- un frottement sur les couvercles est anormalement amplifié,
- les tensions aux bornes du microphone sont normales,
- à forte amplification, sortie écouteur obturée, une oscillation mécanique est perçue.

cause probable :

- la suspension n'est plus en parfait état.

remède :

- il faut repositionner ou remplacer les suspensions concernées

e) constatations :

- affaiblissement ou manque de sensibilité de la captation,
- un léger frottement à l'entrée du micro est fortement perçu,
- les tensions aux bornes du micro sont normales,
- la sensibilité du micro diminue fortement en fonction de l'éloignement de la source sonore (son normal à 5 cm / son faible à 20 cm).

causes probable :

- déplacement de la membrane du microphone.
- la charge statique du micro (électret) est atténuée.

remède :

- essayer un nouveau micro.

2. LA BOBINE D'ECOUTE (symbole technique :).

Il s'agit d'un petit solénoïde de fil très fin, généralement enroulé sur un noyau de fer doux. Il se comporte comme le secondaire d'un transformateur dont le circuit primaire est, par exemple, la bobine d'induction ou l'écouteur du téléphone.

Pannes caractéristiques :

a) constatations :

- l'ACA fonctionne parfaitement bien en position micro (M),
- la résistance aux bornes de la bobine d'écoute est > 1000 ohms.

N.B. : pour être certain de ne pas mesurer la résistance d'un autre élément, l'interrupteur doit être placé en position micro (M).

cause probable :

- coupure du bobinage.

remède :

- essayer une nouvelle bobine d'écoute.

b) constatations :

- l'ACA fonctionne parfaitement bien en position micro (M),
- la résistance aux bornes de la bobine d'écoute est supérieure à zéro ohm et ne dépasse pas 1000 ohms.

cause probable :

- mauvaise connexion du bobinage.

remède :

- vérifier le câblage de la bobine et l'inverseur (mauvais contacts).

c) constatation :

- en position micro seul (M), subsiste une captation inductive.

causes probables :

- soit, la bobine d'écoute est restée branchée,
- soit, un élément de l'ACA provoque une captation inductive.

remèdes :

- soit, vérifier l'inverseur et (ou) son câblage,
- soit, repérer l'élément fautif.

d) constatations :

- l'ACA fonctionne parfaitement bien,
- de légers mouvements de l'ACA (en position M ou T) permettent de percevoir un cliquetis et (ou) provoquent des parasites.

cause probable :

- le bobinage a quitté son emplacement ou sa fixation.

remède :

- fixer la bobine au bloc ampli à l'aide, par exemple, d'une goutte de colle au silicone ou de cire collante.

3. L'AMPLIFICATEUR (symbole technique :).

La description de toutes les pannes des circuits d'amplification n'est pas possible dans le cadre de ce travail.

Les quelques conseils suivants peuvent néanmoins venir en aide :

- vérifier si la tension d'alimentation arrive correctement au bloc ampli,
- s'assurer que le micro, l'écouteur, l'inverseur et le potentiomètre ne soient pas en cause,
- vérifier qu'il n'y ait pas de court-circuit ou d'interruption au niveau câblage et que ce dernier ne soit pas oxydé ou dénudé,
- pratiquer quelques torsions du circuit imprimé pour déceler d'éventuels mauvais contacts ou contacts intermittents,
- repasser les soudures qui paraissent douteuses (à ce stade, l'utilisation du microscope est très intéressante).

remarques : - l'échauffement d'un transistor ou d'un circuit intégré (en repassant sur une soudure) peut en modifier provisoirement le comportement,

- les semi-conducteurs ne peuvent pas être échauffés de manière excessive. Il est possible de dévier la chaleur en plaçant un outil métallique entre le point de soudure et l'élément à souder (des brucelles par exemple),

- une décharge d'électricité statique peut détruire un circuit intégré,

- la tresse à dessouder permet de réaliser un travail propre et net,

- aidé des schémas de principe et de câblage, vérifier les diverses tensions de fonctionnement,

- un élément défectueux n'entraîne pas nécessairement une modification locale de mesure. Des répercussions peuvent se produire à d'autres niveaux

- il est possible de vérifier le fonctionnement des différents étages d'amplification en injectant un signal à l'entrée de chaque étage.

Le contrôle commencera par l'étage de sortie,

- le cheminement du signal peut également être suivi à l'aide d'un oscilloscope,

- la tendance actuelle est de remplacer, non plus un élément mais un ensemble d'éléments (IC, éléments groupés, voire même, l'échange standard du bloc-ampli),

- chacun doit connaître ses propres limites et éviter ainsi de confier un appareil au service technique dans un état tel qu'il ne soit plus réparable.

4. LE POTENTIOMETRE (symbole technique)

Le potentiomètre est une résistance variable souvent placée à la sortie de l'étage préamplificateur. Il est constitué d'une piste résistive sur laquelle se déplace un curseur. La valeur de la résistance peut varier suivant une progression linéaire ou non linéaire (logarithmique). Lorsqu'il n'a pas été bloqué (appareil non pré-réglé), il est soumis, tout comme l'inverseur, à de nombreuses manipulations. Ces deux éléments sont à l'origine des principales défauts de l'ACA.

Pannes caractéristiques :

a) constatation :

- les mouvements du potentiomètre provoquent des parasites.

cause probable :

- la piste de graphite est encrassée ou déformée.

remèdes :

- pulvériser un produit de contact sur la piste résistive ou si le potentiomètre est démontable, la nettoyer avec précaution puis, la recouvrir d'une graisse de contact,
- généralement, il faudra remplacer le potentiomètre.

b) constatation :

- les mouvements du potentiomètre provoquent une amplification irrégulière ou interrompue.

cause probable :

- il y a eu une modification de comportement de la piste résistive.

remède :

- remplacer le potentiomètre.

c) constatation :

- les positions de début et de fin de course ne sont plus respectées.

cause probable :

- le potentiomètre a été forcé et (ou) les butées sont endommagées.

remède :

- réparer ou généralement remplacer le potentiomètre.

d) constatation :

- interruption totale du cheminement du signal.

cause probable :

- interruption de la piste résistive, rupture du curseur, rupture de contact au niveau des bornes du potentiomètre.

remède :

- remplacer le potentiomètre .

e) constatation :

- le volume reste constant quelle que soit la position du potentiomètre.
cause probable :

- interruption au niveau du curseur.

remède :

- remplacer le potentiomètre .

5. LES ELEMENTS DE REGLAGE.

Nous entendons par là les trimmers et commutateurs réservés à l'audio-prothésiste et qui lui permettent d'agir sur les différents réglages de l'ACA (tonalité, gain, output, etc...).

Ils peuvent être de quatre types :

- les trimmers rotatifs,
- les trimmers à curseur,
- les inverseurs à deux positions,
- les inverseurs multi-positions.

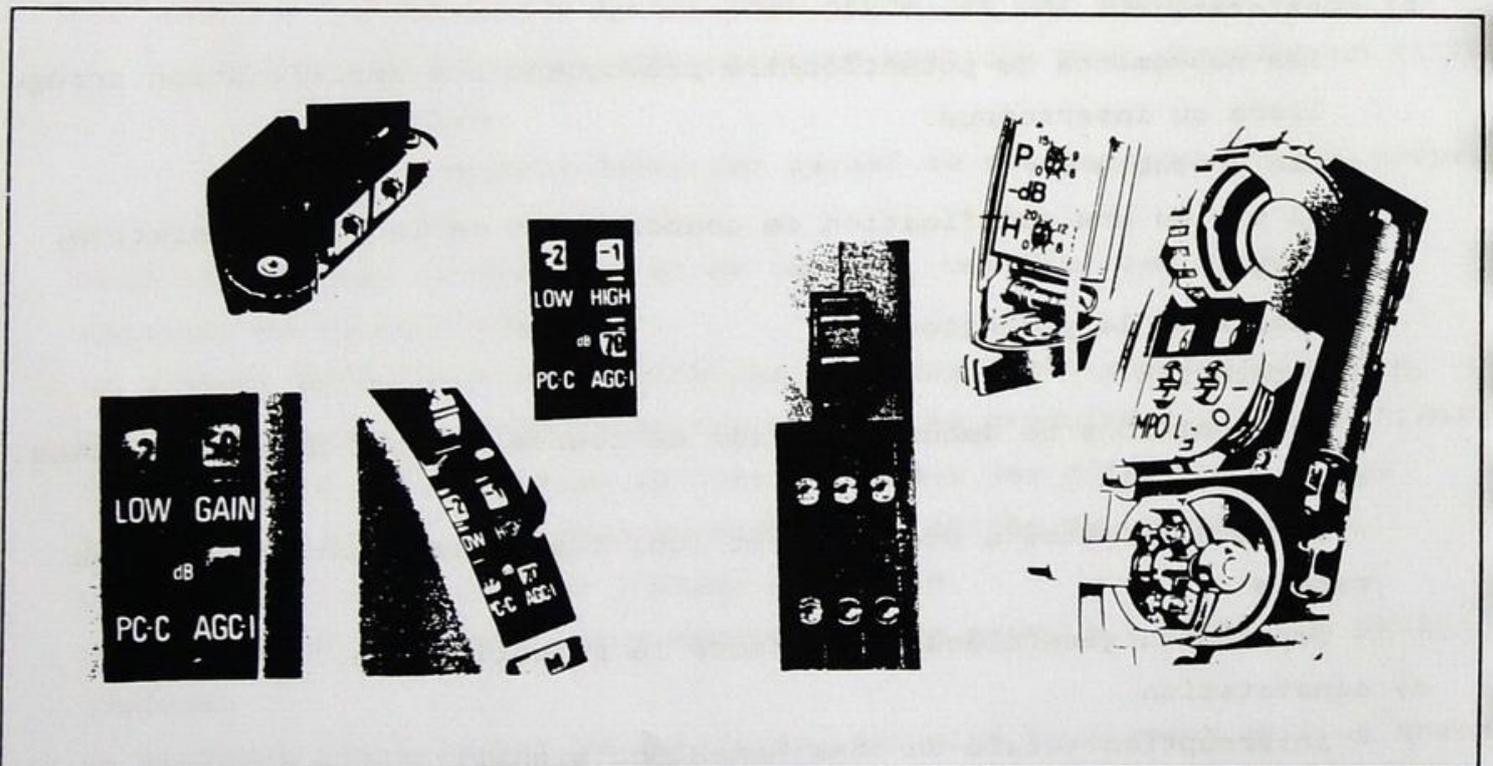


Fig. III.2. Différents éléments de réglage (BERNAFON, PHONAK, REXTON).

Le TRIMMER est en fait un mini potentiomètre. Sa petite taille le rend très sensible aux manipulations intensives. Ces défauts sont comparables à celles de son grand frère le potentiomètre.

Le trimmer est parfois remplacé par un INVERSEUR à deux positions. De plus en plus fréquemment nous rencontrons des commutateurs à positions multiples.

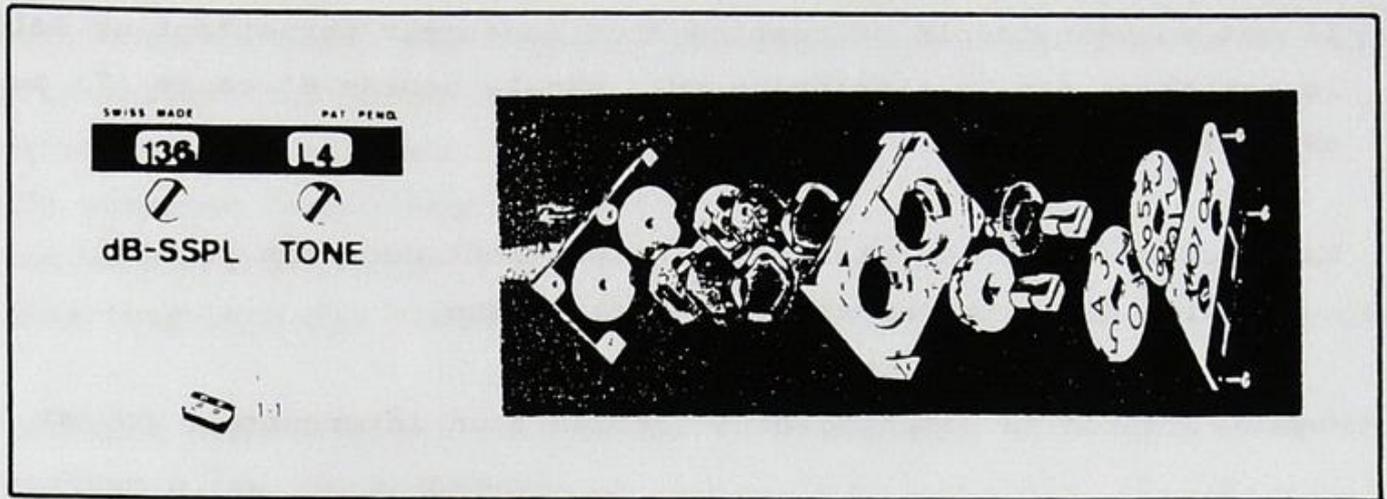


Fig. III.3. Vue éclatée d'un ensemble de deux commutateurs de programme à 6 et 9 positions (PHONAK).

Les commutateurs, bien que très miniaturisés, sont d'une grande fiabilité. De plus, ils présentent des avantages évidents quant à la précision et à la reproductibilité des réglages par rapport aux trimmers.

En cas de mauvais fonctionnement, la pulvérisation d'un produit de contact accompagnée de quelques mouvements de rotation gauche, droite, vient souvent à bout de ces petits problèmes.

De par sa complexité, la réparation d'un tel commutateur n'est plus envisageable. Il est préférable de le remplacer.

Puisque le courant total de fonctionnement de l'ACA dépend principalement de la consommation de l'étage de sortie + écouteur, il est bon de noter que la mise en service d'un système de limitation du niveau de la tension de sortie se traduit généralement par une diminution de consommation.

NB : l'avenir appartenant aux ACA programmables, les TRIMMERS et autres éléments mécaniques de réglage vont progressivement disparaître.

6. L'INTERRUPTEUR ET LES COMMUTATEURS (symbole technique :).

L'interrupteur autorise ou non l'alimentation de l'ACA. Il se situe en série avec la batterie.

Il est souvent couplé ou combiné à un inverseur permettant de sélectionner la captation par le microphone (M), par la bobine d'écoute (T) ou simultanée (MT ou B = Both).

La fonction ON/OFF se réalise principalement de trois façons :

- à l'aide d'un interrupteur O-T-M classique,
- par manipulation du compartiment pile,
- par rotation du potentiomètre combiné à un interrupteur ON/OFF.

Les pannes les plus courantes des interrupteurs et des commutateurs sont généralement d'origine mécanique (mauvais contacts, manette rompue) et donc relativement faciles à détecter et à réparer.

* CONSEIL PRATIQUE *

En POSITION OFF : le courant de consommation = 0 mA.

En POSITION ON, potentiomètre ouvert au minimum :

le courant de consommation = courant de repos de l'ACA.

Tout comme pour les potentiomètres et les trimmers, le stilet de laine de verre, l'aérosol de produit de contact et la pâte de contact seront les principaux alliés du réparateur.

Il est toutefois important de mettre l'accent sur le caractère provisoire de ce genre de réparations. Par précaution et par correction envers l'utilisateur, il est conseillé de lui signaler qu'une réparation plus durable nécessitera peut-être le remplacement de la pièce nettoyée.

7. L'ECOUTEUR (Symbole technique : ).

Elément final de la chaîne d'amplification, l'écouteur électromagnétique, parfois appelé téléphone, n'a pas bénéficié comme le microphone, de perfectionnements sensibles, excepté une importante réduction de sa taille. Ses principales faiblesses sont les suivantes :

- sensibilité aux chocs et à l'humidité,
- bande passante relativement réduite,
- grand besoin énergétique,
- grande fragilité des modèles miniaturisés et utilisés dans l'intra-canal.

Nous pouvons espérer que l'utilisation de l'écouteur DYNAMIQUE permettra de remédier à ces inconvénients.

Dans le cas d'AMPLIFICATEUR PUSH-PULL (classe B et C) utilisant un écouteur à double enroulement, la connaissance des quelques règles suivantes peut faciliter la localisation d'une panne d'écouteur :

- plus le niveau de sortie est élevé, plus l'ACA consomme. En conséquence, la consommation des appareils push-pull est aussi liée au niveau d'ouverture du potentiomètre (gain prothétique) et du niveau sonore environnant. Nous serons donc prudents en renseignant le temps d'utilisation d'une pile ou d'un accu à l'utilisateur d'un ACA push-pull,
- si l'étage de sortie ne fonctionne pas normalement ou est mal chargé par un écouteur défectueux, la consommation sera modifiée,
- l'écouteur de type push-pull possède un double bobinage relié à la sortie de l'ampli par trois fils.

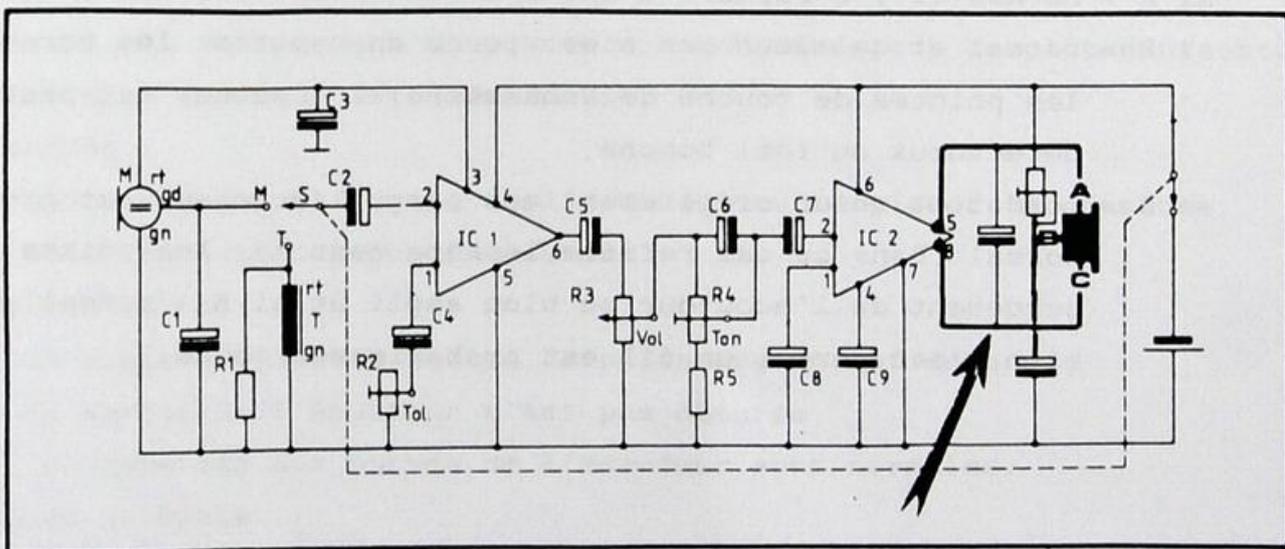


Fig. III.4. Circuit PUSH-PULL.

La RUPTURE d'une des connexions extérieures (A, B ou C) réduit fortement le rendement et la qualité sonore de l'écouteur.

Dans son jargon, le technicien parlera d'écouteur qui fonctionne 'sur une patte'.

L'INVERSION des fils A et C n'a d'influence que sur la PHASE du signal. Elle n'est détectable ni à l'oreille ni par les mesures classiques, mais perturbera l'effet de stéréo-acousie d'un appareillage stéréophonique.

Pour les ACA n'utilisant pas l'amplification push-pull (classe A), la consommation est en principe indépendante du niveau d'entrée, du gain et du niveau de sortie.

dans certains cas, une forte saturation de l'ampli peut entraîner une variation du courant qui, selon les ACA, augmente ou diminue légèrement, l'écouteur est généralement polarisé. Une inversion de polarité se traduira par une forte diminution de l'efficacité et par l'apparition de distorsions,

la consommation d'un ACA de faible amplification sera quasi constante, quelles que soient les conditions d'utilisation,

caractéristiques communes à tous les types d'écouteurs :

si l'écouteur est déconnecté, la consommation sera anormalement faible, lorsqu'une défectuosité de l'écouteur est suspectée, il est conseillé de réaliser le test suivant à l'ohmmètre, l'ACA étant arrêté :

* mesurer la résistance électrique de l'écouteur tout en écoutant l'ACA,

* pour les écouteurs de type push-pull, chaque enroulement sera mesuré,

* si $R = 0$ il y a court-circuit,

si $R >$ normal il y a rupture d'une liaison interne,

si $R =$ normal et qu'aucun son n'est perçu en tapotant les bornes avec les pointes de touche de l'ohmmètre, l'écouteur est probablement défectueux ou (et) bouché,

si $R =$ normal et qu'un crépitement est perçu, l'écouteur est probablement normal. Dans ce cas refaire le même test sur les points de raccordement de l'écouteur au bloc ampli et si $R >$ normal et (ou) rien n'est perçu, un fil est probablement coupé.

Pannes caractéristiques :

a) constatations :

- l'ACA est complètement muet,
- en position Micro (M), potentiomètre ouvert au maximum, la consommation est anormalement faible et stable,
- les tensions aux bornes de l'écouteur et symétriquement sur le bloc ampli ne sont pas identiques.

cause probable :

- interruption dans le câblage de l'écouteur.

remède :

- revoir les soudures et le câblage de l'écouteur.

b) constatations :

- mêmes constatations qu'au point a) ci-dessus, mais les tensions sont identiques,
- la résistance aux bornes de l'écouteur déconnecté est trop élevée.

cause probable :

- la rupture s'est produite à l'intérieur de l'écouteur.

remède :

- essayer un autre écouteur.

c) constatations :

- l'appareil est muet ou fortement affaibli,
- les tensions aux bornes de l'écouteur et sa consommation sont normales et, en cas d'ACA push-pull, varient en fonction des modulations du potentiomètre et du signal d'entrée,
- la résistance électrique aux bornes de l'écouteur est normale.

causes probables :

- soit, la sortie de l'écouteur ou sa cheminée est complètement obturée,
- soit, l'écouteur est défectueux.

remèdes :

- soit, dégager la sortie de l'écouteur ou remplacer la cheminée,
- soit, essayer un nouvel écouteur.

d) constatations :

- le signal de sortie manque de puissance ou est déformé,
- la sortie de l'écouteur n'est pas obturée,
- les tensions aux bornes de l'écouteur sont normales.

cause probable :

- mauvais fonctionnement de l'écouteur ou du bloc ampli.

remède :

- le plus simple est de commencer par le remplacement de l'écouteur.

e) constatation :

- la sortie de l'écouteur étant bien obturée, il y a persistance d'une oscillation acoustique (effet Larsen).

cause probable :

- une partie du signal s'échappe soit de l'écouteur, soit de sa cheminée

remèdes :

- soit, refaire les soudures des bornes de l'écouteur,
- soit, remplacer la cheminée et, dans le cas d'un ACA push-pull, soigner l'isolation du cloisonnement de l'écouteur (fin filet de silicone sur le rebord du compartiment avant de refermer les couvercles).

f) constatation :

- l'oscillation constatée est d'origine mécanique (de basse fréquence

cause probable :

- les suspensions sont détériorées.

remède :

- les remplacer par des pièces d'origine .

g) constatation :

- après avoir remplacé la bobine d'écoute, il y a une oscillation.

cause probable :

- une influence électro-magnétique existe entre l'écouteur et la bobine d'écoute.

remède :

- inverser les deux fils de connexion de la nouvelle bobine d'écoute.

* CONSEIL PRATIQUE *

- en présence d'un problème persistant d'oscillation, la seringue de silicone apporte souvent la solution.
- qu'il soit à 2 ou 3 bornes, l'écouteur est toujours polarisé.

CAS PARTICULIERS.

a) L'INTRA :

L'écouteur de l'INTRA doit se remplacer beaucoup plus fréquemment que celui des autres types d'ACA.

Les raisons de cette panne relativement fréquente semblent être :

- un excès d'humidité lié à la situation de l'écouteur dans le CAE. Pour y remédier il est conseillé, en dehors de son utilisation, de conserver l'INTRA dans un contenant hermétique et en présence d'une capsule de cristaux absorbants,
- une très grande fragilité (surtout en ce qui concerne les modèles très miniaturisés pour intracanal),
- un usage intensif des aérosols conçus pour l'entretien des INTRAS (surtout s'il y a projection du produit en direction de l'écouteur),
- la possibilité pour l'utilisateur d'accéder facilement à la sortie de l'écouteur (à l'aide d'une aiguille par exemple).

* La meilleure façon de s'assurer de l'absence d'oscillation est d'obturer, du bout du doigt, l'ENTREE du MICROPHONE de l'INTRA; le potentiomètre étant ouvert en position d'amplification maximale.

En effet, l'obturation au ras de l'écouteur, peut provoquer une oscillation acoustique même si l'appareil est en parfait état.

b) Le modèle boîtier :

L'écouteur du boîtier ne pose pas de gros problèmes. La panne la plus courante est provoquée par une rupture du cordon qui le relie à la sortie de l'ampli.

L'interruption sera soit constante, soit présente lorsque des torsions lui sont imposées.

Pour tester simultanément cordon et écouteur, il suffit de mesurer la résistance ohmique à l'extrémité libre du cordon.

La valeur trouvée doit être supérieure à zéro ohm et inférieure à 1000 ohms.

Lorsque l'embout auriculaire monté sur l'écouteur est obturé, aucun effet Larsen ne peut exister, même en présence d'un gain prothétique très élevé. Si ce n'est pas le cas, une excellente isolation sera obtenue en plaçant entre l'écouteur et l'embout, un fin filet de colle au silicone.

8. LE VIBRATEUR.

Les ACA les plus utilisés en conduction osseuse sont les boîtiers et les lunettes auditives. Certains contours d'oreille permettent également de réaliser ce mode de transmission.

L'appréciation de l'état de fonctionnement d'un ACA en C.O. n'est pas chose aisée pour le normo-entendant.

Les quelques conseils suivants peuvent néanmoins venir en aide :

- en cas d'hésitation, remplacer le vibreur par un écouteur approprié. L'ACA ainsi transformé sera plus facile à tester et à réparer,
- le courant circulant dans le circuit du vibreur est comparable à celui qui circule dans un écouteur push-pull c'est-à-dire un courant assez élevé
- la résistance électrique d'un vibreur non câblé doit être supérieure à dix ohms et inférieure à cinq cents ohms),

NB : le constructeur renseigne l'impédance à 1000 Hz. A cette impédance correspond une certaine résistance dont la valeur ohmique sera toujours inférieure.

- si l'entrefer du vibreur n'est pas bien respecté ou dégagé de tout corps étranger, le rendement est fortement atténué.

Un entretien régulier du vibreur est nécessaire,

- si la suspension n'est pas correctement disposée ou si l'isolation n'est pas en parfait état, une oscillation mécanique risque d'apparaître.

Ce problème est spécifique aux lunettes auditives.

- pour améliorer le contact du vibreur sur la mastoïde, il est parfois nécessaire d'ajouter un PLAQUETTE ANATOMIQUE réalisée à partir d'une empreinte et posée suivant le schéma de la fig. III.5.

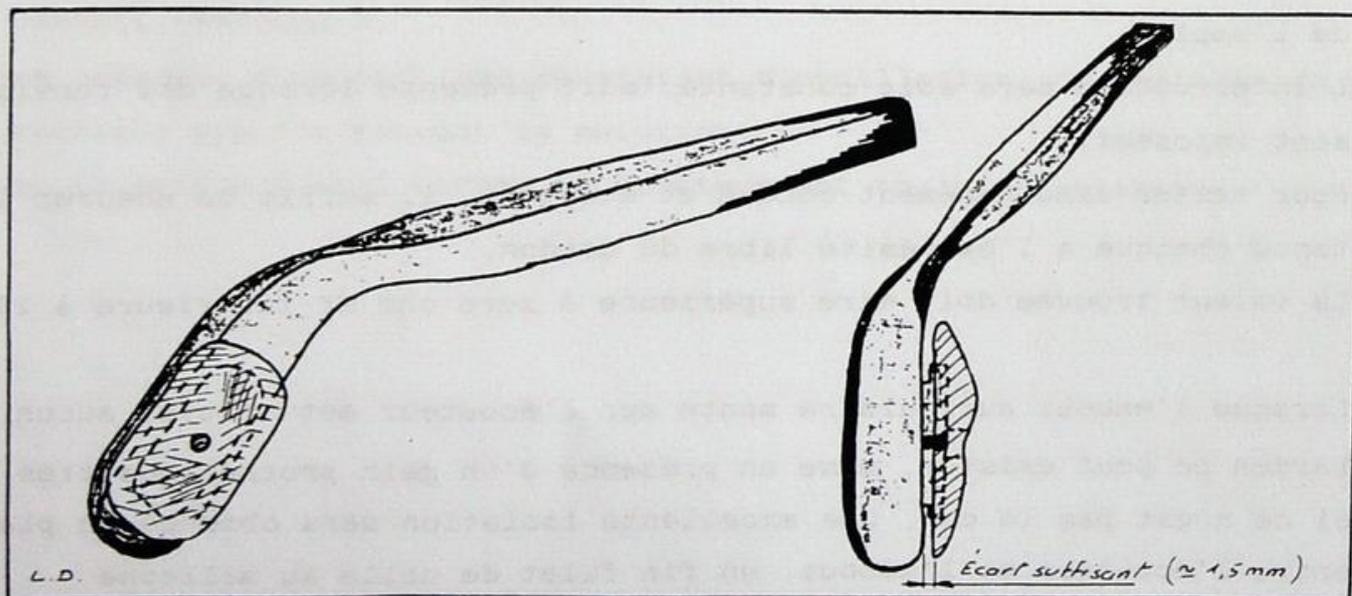


fig. III.5. Lunettes C.O. avec PLAQUETTE ANATOMIQUE.

9. CHEMINÉES, SUSPENSIONS, COUVERCLES, LOGEMENT ET CONTACTS de PILE :

En cas de défectuosité, ces éléments seront à l'origine de petites pannes mécaniques souvent simples à réparer mais parfois graves en conséquences pour l'utilisateur.

9.1. Les cheminées.

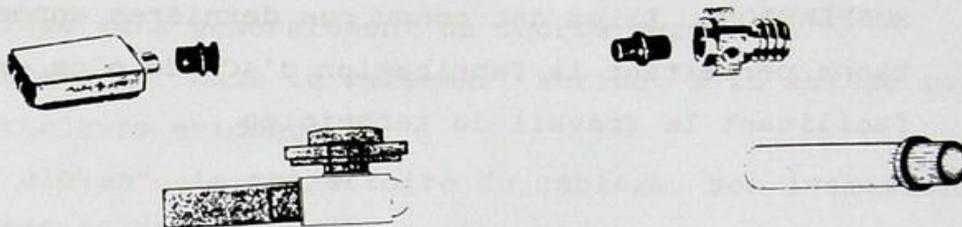


fig. III.6. Entrées micro et sorties écouteur.

L'entrée du microphone (communément appelée : entrée micro) et la sortie de l'écouteur (sortie écouteur) permettent le cheminement du son, mais servent également à positionner et à maintenir le microphone et l'écouteur.

Nous proposons le terme CHEMINÉE plus spécifique que tube, tuyau ou autre appellation.

Pannes caractéristiques.

a) constatations :

- obstruction par un corps étranger ou détérioration sous l'effet de la transpiration,
- un léger frottement sur le boîtier est exagérément amplifié.

conséquences :

- affaiblissement ou interruption du son.

remède :

- remplacer la (ou les) cheminée(s) concernée(s).

b) constatation :

- l'extrémité de l'une des cheminées a quitté son logement.

conséquence :

- oscillation acoustique et (ou) mécanique.

remède :

- refixer ou repositionner la cheminée concernée.

c) constatation :

- la rupture ou le déplacement d'une cheminée a permis au micro ou à l'écouteur de se mettre en contact direct avec le boîtier.

conséquence :

- oscillation mécanique et (ou) oscillation acoustique.

remède :

- renouveler ou repositionner la cheminée concernée.

9.2. Les isolations et les suspensions.

Elles ont un double rôle :

- positionner et maintenir les transducteurs dans leur logement,
- éviter toute propagation de vibration de l'écouteur vers le micro.

Ces deux organes sont souvent combinés en un seul que nous appellerons **SUSPENSIONS**. Elles ont connu ces dernières années d'importantes améliorations permettant la fabrication d'ACA de plus en plus puissants et facilitant le travail du technicien.

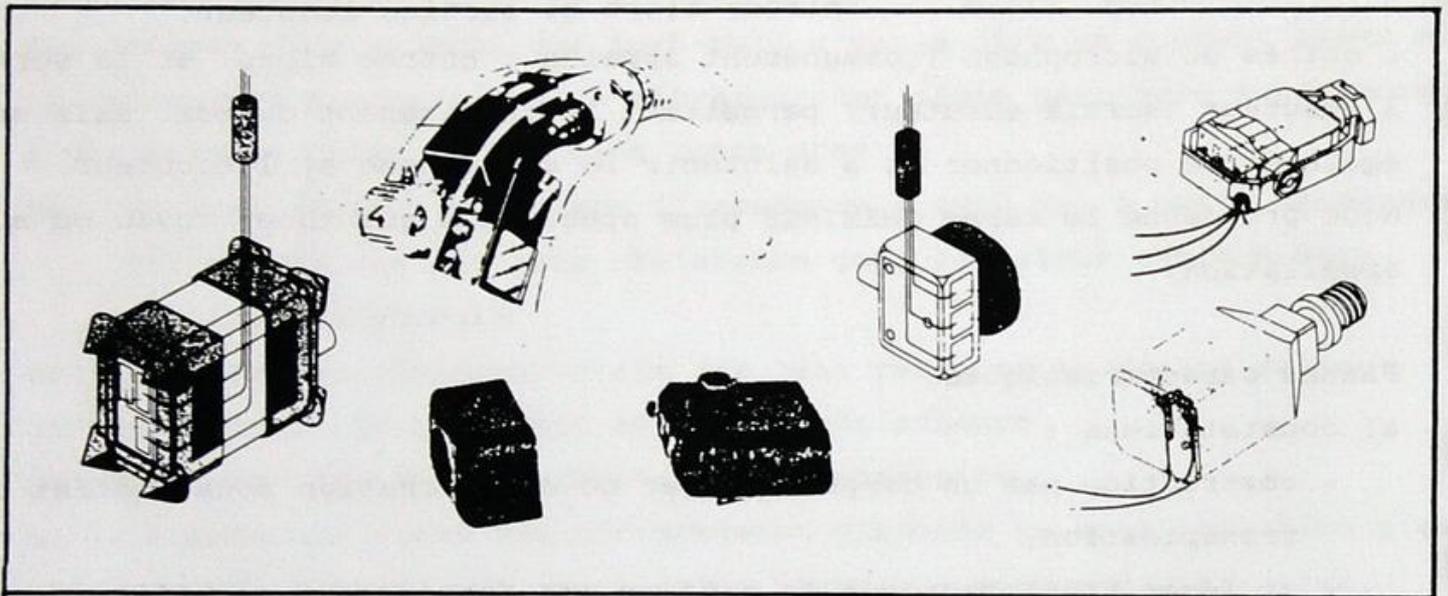


fig. III.7. Quelques modèles de suspensions.

Pannes caractéristiques :

- une suspension n'occupe plus sa place d'origine,
- l'agitation de l'ACA est (parfois) accompagnée d'un cliquetis audible.

conséquence :

- oscillation mécanique.

remède :

- repositionner la suspension.

b) constatation :

- la transpiration a détérioré la suspension.

conséquence :

- oscillation mécanique.

remède :

- renouveler les suspensions concernées.

9.3. Les couvercles (contours et lunettes).

Les deux points faibles des couvercles se situent au niveau de la fixation du logement de la pile et de la fixation du coude.

* CONSEIL PRATIQUE *

- En cas de fissure à ce niveau, l'idéal est de renouveler les couvercles. Tout collage ou bricolage sera généralement de courte durée,

- Ouvrir un ACA est très simple, mais le refermer, surtout s'il est de type PUSC-PULL, n'est pas toujours évident.

La position de chaque élément, la trajectoire du câblage, son isolation, etc ... ont été étudiées en détail par le constructeur.

- Avant de refermer l'ACA, veillez à reproduire le positionnement de tous les composants en soignant particulièrement le trajet, l'état et l'isolation du câblage (vernis), l'isolement du compartiment de l'écouteur (colle silicone) et l'état parfait des suspensions et cheminées.

9.4. Le logement de la pile :

Appelé également compartiment pile, tiroir pile, porte pile ou chambre pile, il est destiné à recueillir l'alimentation de l'ACA.

Certains constructeurs ont la regrettable idée de l'utiliser pour assurer la fonction ON/OFF. Cette double fonction est souvent mal acceptée par l'utilisateur.

Les nombreuses manipulations de la chambre pile sont à l'origine des pannes les plus courantes :

a) constatation :

- détérioration par usure ou à la suite d'une mauvaise manoeuvre.

conséquence :

- la batterie n'est plus bien positionnée.

remède :

- le remplacement de la chambre pile s'impose.

b) constatation :

- la batterie a été inversée.

conséquence :

- cette mauvaise manipulation, sans conséquences sur les composants électroniques, se traduit par le non-fonctionnement de l'ACA et parfois par la détérioration des couvercles.

remède :

- afin de ne pas aggraver la situation, il est parfois nécessaire d'ouvrir le boîtier pour extraire la batterie.

9.5. Les contacts pile.

Placés de part et d'autre de la chambre pile, ils assurent le raccordement des circuits à l'alimentation.

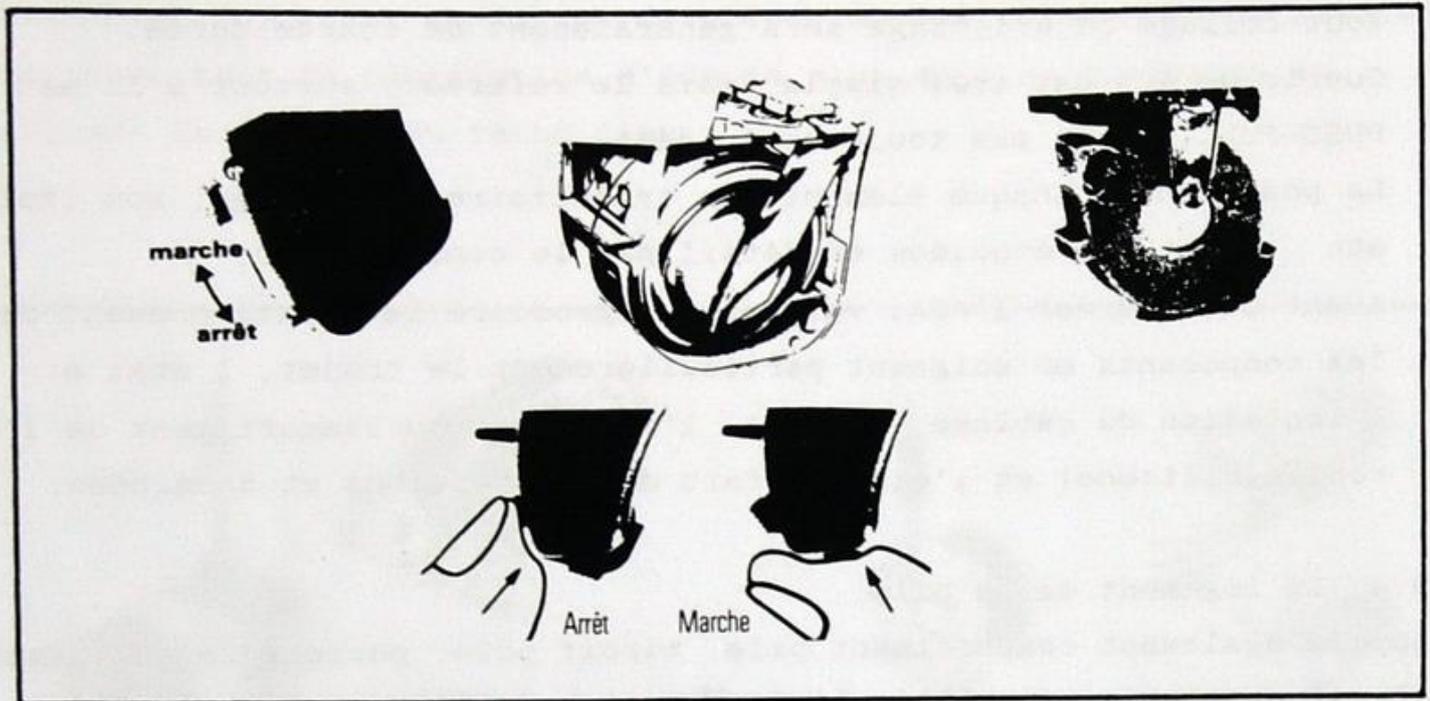


fig. III.8. Différents modèles de contacts pile.

Pannes caractéristiques :

a) constatation :

- les lamelles métalliques ont perdu de leur élasticité ou ne sont plus à leur place d'origine.

conséquence :

- absence ou interruption passagère de contact.

remède :

- replier les contacts, ou si nécessaire, les remplacer.

b) constatation :

- les contacts sont visiblement sales ou oxydés sous l'effet de la transpiration ou d'une batterie qui a coulé.

conséquence :

- absence ou interruption passagère de contact.

remèdes :

- nettoyer les contacts à l'aide du stilet de laine de verre.
- les remplacer ainsi que la chambre pile si nécessaire.

10. LE CONDUIT ACOUSTIQUE.

Le son diffusé par l'écouteur est canalisé vers le tympan par l'ensemble "coude + tygon + embout auriculaire" que nous appellerons CONDUIT ACOUSTIQUE. Nous proposons le terme "TYGON" qui nous semble plus spécifique que "tube" ou "tuyau". Bien que ne figurant pas encore au dictionnaire, ce terme est déjà largement utilisé dans certaines régions.

L'appellation "jonction endo-auriculaire" est également rencontrée. Le contour d'oreille ou les lunettes V.A. seront toujours testés SANS cet ensemble afin d'exclure d'emblée toutes causes de panne à ce niveau. L'état et les caractéristiques du conduit acoustique représentent un maillon non négligeable de la chaîne d'amplification.

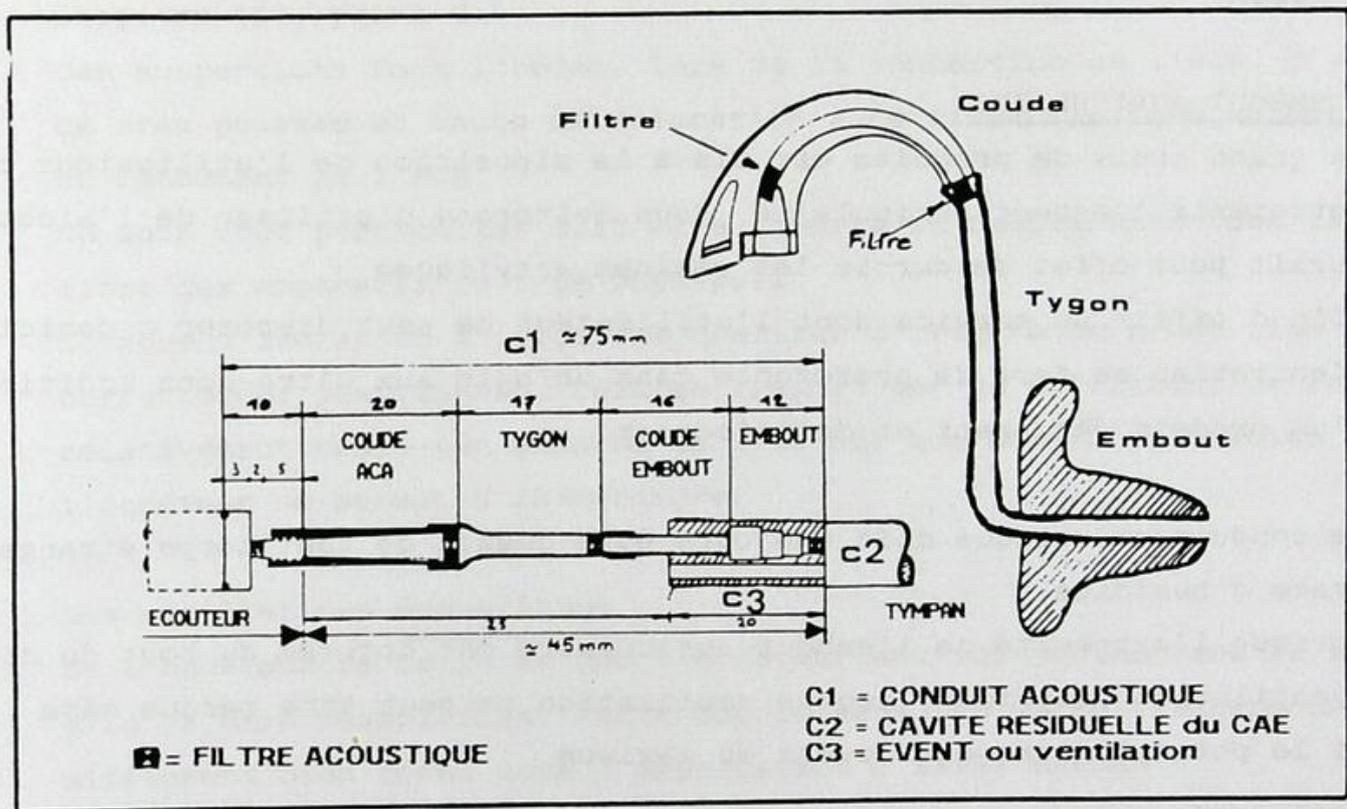


fig. III.9. Le conduit acoustique.

Le COUDE.

La courbe de réponse de l'ACA peut être modifiée par le placement de filtres dans le coude ou par l'utilisation de coudes particuliers.

En cas d'obstruction, ces filtres doivent être dégagés ou remplacés par des filtres aux mêmes caractéristiques acoustiques.

Lorsque le filet de fixation est endommagé, le coude doit être remplacé.

Le TYGON.

Le diamètre interne, la longueur et la matière du tygon ont une influence sur la courbe de réponse.

En fonction des conditions d'utilisation, le tygon aura tendance à durcir plus ou moins vite. Son état et la précision de sa longueur sont très importants :

- trop dur, il rend solidaire la position relative de l'embout et de l'ACA. De plus, en durcissant, il peut raccourcir, diminuer de diamètre et aussi modifier les caractéristiques acoustiques de l'appareillage,
- trop long, il s'oppose au bon positionnement de l'ACA,
- trop court, il exerce une traction sur le pavillon et sur l'embout et peut provoquer une blessure du pavillon.

La bonne longueur sera obtenue en effectuant, si possible, la mesure à l'oreille de l'utilisateur et non pas en reprenant la mesure sur l'ancien tygon.

L'EMBOU AURICULAIRE.

Un grand choix de produits est mis à la disposition de l'utilisateur pour entretenir l'embout auriculaire. Nous éviterons d'utiliser de l'alcool qui aurait pour effet de durcir les résines acryliques.

Afin d'offrir un service dont l'utilisateur ne peut disposer à domicile, l'entretien se fera de préférence dans un bain aux ultra-sons additionné d'un produit détergent et désinfectant.

Le conduit acoustique doit toujours être dégagé de tout corps étranger ou trace d'humidité.

Lorsque l'extrémité de l'embout auriculaire est obturée du bout du doigt (ventilation comprise), aucune oscillation ne peut être perçue même si le potentiomètre est ouvert au maximum.

N'OUBLIONS JAMAIS QUE LES CARACTERISTIQUES DU CONDUIT ACOUSTIQUE en général ET DE L'EMBOU AURICULAIRE en particulier RÉGISSENT FONDAMENTALEMENT LES PERFORMANCES ET LES RESULTATS DE L'APPAREILLAGE.

11. LES OSCILLATIONS.

Les oscillations dont on parle en prothèse auditive, se traduisent généralement par un sifflement de fréquence audible.

Ces oscillations sont de trois types et peuvent avoir des origines très différentes qu'il est important de pouvoir dissocier.

11.1 Les oscillations mécaniques.

L'énergie mécanique développée par l'écouteur a pour effet de le faire vibrer. Si ces vibrations se communiquent au micro, elles seront réamplifiées et la boucle ainsi formée se concrétisera par une oscillation d'origine mécanique ou vibratoire.

Pour pallier à cet inconvénient, micros et écouteurs sont isolés mécaniquement à l'aide de suspensions, d'isolations et de cheminées (voir chapitre III, point 9).

Ces suspensions font l'objet, lors de la conception de l'ACA, d'une étude très poussée et toute détérioration à ce niveau se fera au détriment du rendement de l'ACA.

Un soin tout particulier doit être apporté au remplacement des isolations des appareils du type push-pull.

Lorsque l'isolation a perdu ses qualités d'origine ou n'est plus correctement positionnée, cela se traduit par un sifflement de fréquence relativement basse (en dessous de 1000 Hz) que même l'obturation de l'écouteur ne permet d'interrompre.

11.2 Les oscillations acoustiques.

Si l'onde sonore délivrée par l'écouteur est réinjectée dans le micro, elle va être réamplifiée. Cette boucle sans fin va se traduire par un sifflement bien connu sous l'appellation d'EFFET LARSEN.

En règle générale, cette oscillation de fréquence assez aiguë (environ 4000 Hz), disparaît lorsque la sortie de l'écouteur est obturée.

Les causes principales de l'effet Larsen sont les suivantes :

- fuite entre la sortie immédiate de l'écouteur et sa connexion extérieure à l'ACA. Cette perte peut également avoir comme origine une mauvaise obstruction par la soudure de l'une des bornes de l'écouteur. En effet, pour être connecté au circuit de sortie, le bobinage de l'écouteur traverse le boîtier et se termine aux bornes de connexions. Il est indispensable que, en cas de réparation, ces bornes soient parfaitement obturées par la soudure.

- fuite dans le conduit acoustique qui relie la sortie de l'ACA à l'extrémité de l'embout auriculaire,
- manque d'étanchéité de l'embout auriculaire dont l'effet peut être aggravé par l'obstruction partielle ou totale du conduit auditif (par exemple par un bouchon de cérumen).

11.3 Les oscillations électroniques.

Elles sont liées à la défektivité d'un composant électronique ou au mauvais fonctionnement d'un circuit qui se transforme en oscillateur. La cause de ce type d'oscillation est souvent difficile à localiser. Le manque d'isolation, l'oxydation ou le mauvais positionnement d'un câblage peut le transformer en circuit capacitif à l'origine de l'oscillation.

Un mauvais comportement ou une mauvaise adaptation de la batterie utilisée (voir : résistance interne) peut également provoquer une oscillation électronique de basse fréquence.

Si l'origine de la défektivité siège en aval du contrôle de volume, l'oscillation peut persister même lorsque le potentiomètre est fermé.

CHAPITRE IV

LES DIFFERENTS TYPES D'ACA ET LEURS PANNES CARACTERISTIQUES.1. LE BOITIER ou APPAREIL DE POCHE.

Sans conteste le plus résistant de tous les ACA, le modèle boîtier est principalement réservé à l'appareillage des surdités sévères et profondes. Son point faible est le cordon qui relie l'écouteur ou le vibreur à la sortie de l'amplificateur.

1.1. Le boîtier V.A.

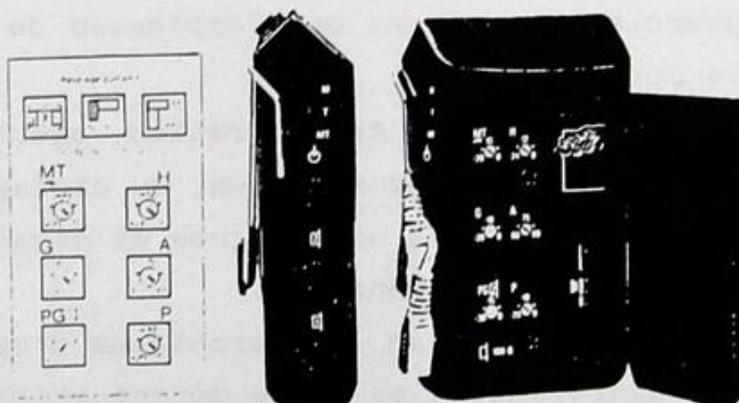
Il existe un grand choix d'écouteurs qui peuvent varier par la taille, le type de connexion (deux ou trois bornes), l'impédance et la courbe de réponse.

Dans certains cas d'appareils push-pull utilisés à pleine puissance, l'écouteur peut présenter des faiblesses.

En cas de montage diotique, il se peut que les deux écouteurs soient montés en série. La défektivité d'un seul brin du cordon ou de l'un des écouteurs peut alors être à l'origine d'une interruption totale de fonctionnement. Le boîtier étant de moins en moins adapté, il disparaît progressivement des programmes de fabrication, ce que nous regrettons car la sourd profond a aussi le droit d'être aidé.

Fort heureusement, certains constructeurs développent encore des boîtiers très attrayants par leurs performances, leurs multiples possibilités de réglages et leur présentation.

La première génération d'ACA à TRAITEMENT NUMÉRIQUE du SIGNAL sera très probablement de type boîtier étant donné l'encombrement des circuits et les problèmes d'alimentation (et de consommation).



BOITIER DANAVOX 107-2 PP AGCI

Fig. IV.1. ACA de type BOITIER bien conçu.

1.2. Le boîtier C.O.

En plus du cordon, le vibreur peut également subir les conséquences néfastes d'une transpiration excessive.

Il faudra tout d'abord s'assurer du bon fonctionnement de l'ampli en remplaçant le vibreur par un écouteur d'impédance appropriée.

Il sera plus aisé, pour le normo-entendant, de tester le son du vibreur en l'appliquant fermement contre le tragus obturant ainsi l'entrée du CAE ou alors, en obturant ses deux oreilles, ce qui n'est pas très commode.

Pannes caractéristiques :

- rupture interne de liaison entre le vibreur et le soquet de connexion du cordon,
- interruption dans le bobinage du vibreur,
- encombrement de l'entrefer (poussières, saletés, oxydation, etc ...),
- dérèglement de l'entrefer.
- perte de puissance du champ magnétique de l'aimant permanent associé,
- les vibrateurs osseux ont une courbe de réponse régie par une série de pics de résonances mécaniques fondamentales et harmoniques.

Des chocs et des contraintes peuvent déplacer ces pics provoquant une modification de la courbe de réponse.

- obturation du microphone par des poussières (boîtier V.A. et C.O.).

2. LE CONTOUR D'OREILLE.

Actuellement, la qualité des contours d'oreille de marque réputée est satisfaisante. Les pannes classiques et les points faibles seraient plutôt imputables à des marques et à des modèles bien particuliers.

2.1. Le contour V.A.

Pannes caractéristiques :

- les pannes liées à l'usure des commandes très utilisées (l'interrupteur, le potentiomètre et les trimmers),
- certains couvercles présentent des faiblesses de fixation de la chambre pile et de la sortie écouteur,
- les pannes provoquées par la transpiration, agent très mordant,
- l'oxydation des circuits, des soudures, du câblage et des contacts pile,
- les problèmes d'oscillations acoustiques et mécaniques liés à la détérioration des cheminées et suspensions,
- en cas de forte amplification, les problèmes d'oscillation acoustique liés à la proximité micro/embout ou à une défectuosité du conduit acoustique.
- la destruction complète ou partielle des transducteurs, éléments particulièrement fragiles et sensibles.

2.2. L'entrée AUDIO (ou audio input).

Comme son nom l'indique, l'entrée audio permet la connexion d'éléments complémentaires tels que micro additionnel (pour montages CROS et dérivés micro à main, bobine d'écoute, système F.M., etc ...

système F.M., etc ...

Les cordons utilisés pour effectuer les montages CROS (et dérivés), étant en contact avec la peau et les cheveux, sont très vulnérables et doivent régulièrement être renouvelés.

Trois ou quatre contacts sont prévus et se présentent principalement sous deux formes :

a) les contacts apparents.

Non-utilisés, il est conseillé de les recouvrir d'une mince pellicule de vernis transparent. En effet, en contact avec la peau, certaines allergies ont été constatées. Des interférences peuvent également être provoquées. A l'inverse, en cas d'utilisation, ces contacts doivent être maintenus dans un état parfait de propreté ainsi que les lamelles du sabot qui les recouvrent. L'utilisation du stilet de laine de verre est tout indiquée.

b) la prise combinée à un inverseur.

Ce système n'a pas les inconvénients des contacts apparents mais présente néanmoins deux points faibles :

- l'inverseur, qui permet ou non de mettre le micro de l'ACA en fonction ne résiste pas à des manipulations intensives,
- la fiche du cordon qui s'introduit dans l'ACA doit être manipulée avec grande précaution.

Voir page 33 les nombreux branchements qui peuvent être effectués grâce à la prise AUDIO.

3. LUNETTES AUDITIVES.

3.1. Lunettes V.A.

Ce type d'ACA très esthétique est le plus rationnel en cas d'appareillage CROS (et dérivés).

Son application doit néanmoins être entourée de certaines précautions :

- la courbure des branches doit être très précise,
- les caractéristiques de la monture doivent répondre aux exigences de la correction optique.

Les pannes caractéristiques du contour d'oreille se retrouvent également sur les lunettes auditives.

Sa sensibilité à la transpiration est accrue par l'importance de la surface en contact avec la peau et les cheveux.

Les couvercles, tout en longueur, peuvent être soumis à d'importantes torsions, principalement si les branches n'ont pas été parfaitement ajustées. Cela peut entraîner des séries de mauvais contacts qui nécessitent parfois un recâblage complet.

3.2. Montages CROS et dérivés.

La rupture du cordon ou de l'un de ses brins est la panne la plus fréquente en cas de montage CROS ou dérivés.

La meilleure manière de limiter ce problème est de soigner particulièrement le placement du cordon en tenant compte du mouvement des branches et des charnières.

En cas de montage BICROS, un condensateur de 22 à 100 nF doit être monté en série avec la borne signal du micro secondaire afin de respecter la symétrie par rapport au micro principal.

En cas de montage CROS et afin d'éviter les perturbations qui peuvent prendre naissance sur le câble de connexion, il est préférable de dissocier du bloc ampli l'écouteur plutôt que le micro (micro + ampli d'un côté, écouteur de l'autre côté).

3.3. Les lunettes Conduction Osseuse (C.O.)

Ce sont des ACA très délicats qui demandent un suivi technique plus important que les contours.

En plus des pannes propres aux lunettes auditives, le vibreur et son isolation mécanique sont souvent à l'origine d'une défektivité.

Pannes caractéristiques :

- rupture du câblage du vibreur,
 - encombrement ou dérèglement de l'entrefer.
- Un entretien préventif et régulier du vibreur est nécessaire pour assurer un rendement constant.
- détérioration de l'isolation et (ou) de la suspension.
 - mauvais contact avec la mastoïde suite à une malformation ou tout simplement au tassement du derme. Afin d'y remédier, il est parfois nécessaire de réaliser une plaquette de vibreur anatomique (sur mesure).

4. L'INTRA-AURICULAIRE (INTRA dans le texte).

Certains grands avantages de l'INTRA sont aussi à l'origine de sa fragilité

Principalement en cause :

- sa petite taille qui impose l'utilisation d'éléments et de circuits très miniaturisés;
- la position de l'écouteur qui le rend très vulnérable.

L'appellation intra-auriculaire couvre toutes les formes d'INTRA.

Selon qu'il soit de fabrication artisanale ou modulaire, intraconque ou intracanal, chaque INTRA a ses points faibles.

Citons principalement :

- la fragilité de l'écouteur, principalement en ce qui concerne l'intracanal,
- la fréquente obturation par le cérumen de la sortie écouteur et (ou) de la ventilation,
- la fragilité du potentiomètre soumis à de nombreuses manipulations et parfois utilisé par le malentendant pour extraire l'INTRA de l'oreille,
- l'obstruction de la grille de protection du microphone ou de sa cheminée,
- les problèmes d'oscillations mécaniques et acoustiques,
- les problèmes au niveau de la chambre et des contacts pile.

exemples : - pile placée à l'envers (intraconque)

- couvercle qui ne ferme plus (intracanal)

- contacts pile déplacés, etc ...

- les problèmes liés à la dégradation de l'INTRA NON MODULAIRE qui a subit plusieurs réparations et donc, plusieurs décollages et recollages.

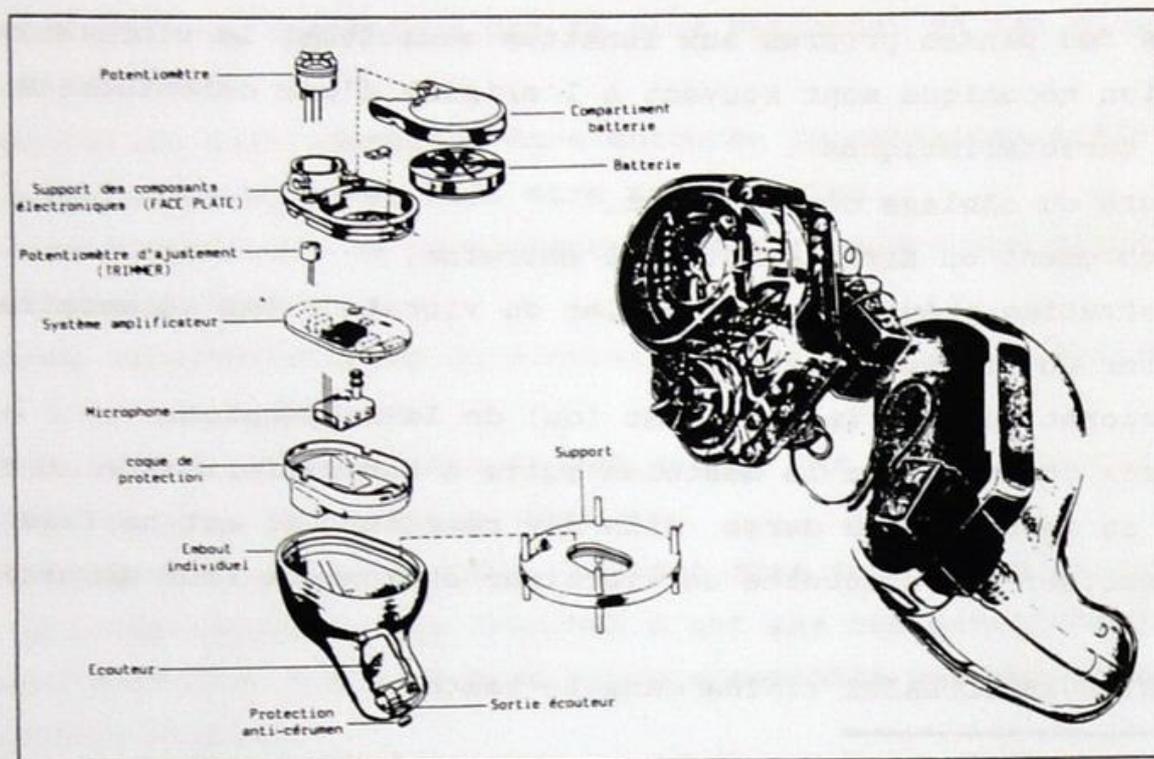


Fig. IV.2. Vues éclatées d'INTRAS modulaires (STARKEY/WILLCO et PHILIPS M33/M34).

Les INTRAS de fabrication industrielle, c'est-à-dire, modulaires et dont le 'face plate' est clipsé, ainsi que les intraconques sont toutefois les plus fiables et les plus faciles à réparer.

5. Les ACA programmables.

Cette nouvelle génération d'ACA se distingue des autres par :

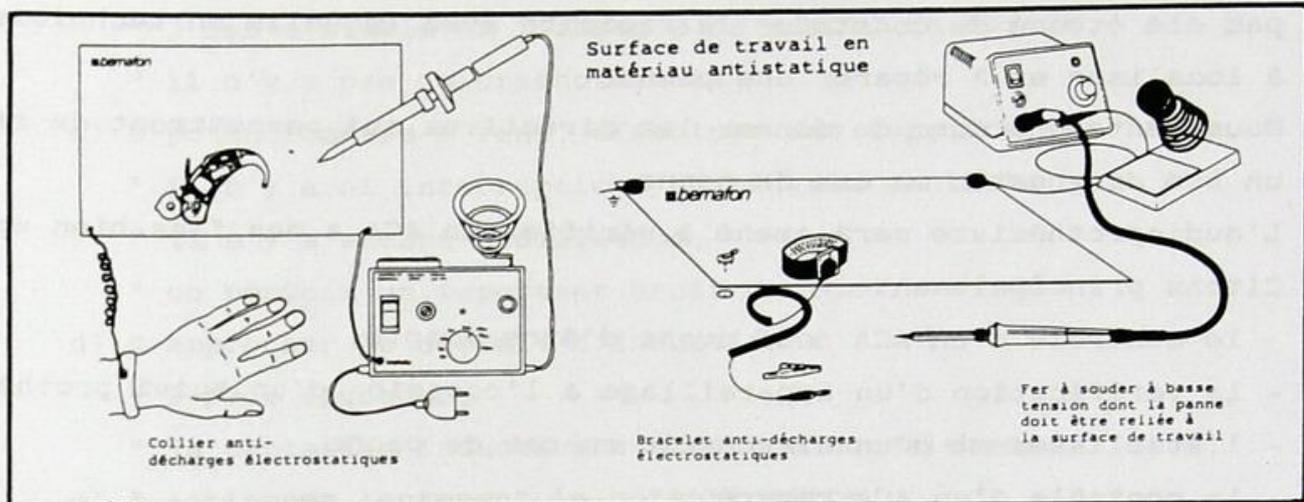
- l'absence ou la diminution de commutateurs ou trimmer de réglage,
- l'utilisation de circuits intégrés à haut niveau d'intégration.
- l'utilisation de nouvelles technologies (S.C.F., ampli classe D, etc ...)

La diminution de réglages mécaniques au profit de réglages électroniques constitue un avantage au point de vue fiabilité et réduction des pannes. Pour ce type d'appareil, seule la réparation de pannes classiques pourra être abordée (telles que le remplacement du micro, de l'écouteur, du potentiomètre, des couvercles, etc ...).

Par contre, il n'est plus pensable d'envisager une réparation au niveau des circuits intégrés qui, dans la nouvelle technologie, sont déposés sur le circuit imprimé et recouverts d'une goutte de matière protectrice).

* CONSEIL PRATIQUE *

- consulter attentivement le "MANUEL DE REPARATION" avant d'entamer la réparation,
- travailler sur une surface ANTISTATIQUE (les décharges d'électricité statique peuvent irrémédiablement endommager les circuits intégrés),



- mentionner sur la fiche technique les réglages d'origine; en cas de panne ou de réparation, la programmation des réglages peut disparaître,
- après réparation, régler l'ACA à nouveau selon la programmation mentionnée par l'audioprothésiste.

6. LE MASQUEUR d'ACOUPHENES ou TINNITUS MASKER.

Comparable au contour d'oreille au point de vue des faiblesses, le masqueur d'acouphènes est sensiblement plus compliqué à réparer, surtout s'il s'agit d'un modèle combiné (masqueur + ACA).

Le nombre assez faible d'appareils adaptés et portés, ne permet pas de mettre en évidence des pannes spécifiques à ce type de prothèse.

7. LES PROTHESES IMPLANTEES.

Dans le cadre de l'adaptation d'un ACA implanté, qu'il soit à stimulation cochléaire ou osseuse, le rôle de l'audioprothésiste n'est pas encore bien défini. Etant donné la haute technologie utilisée (micro-processeurs), le suivi technique se limite principalement à vérifier le bon fonctionnement des stimulateurs.

Dans le cas d'un système osseux, tel que l'AUDIANT par exemple, le contrôle peut s'effectuer sur le patient en posant un stéthoscope à proximité de l'implantation. En l'absence du patient le stimulateur sera approché d'un ACA branché en position d'écoute par induction (T). Le relevé de la courbe de réponse nécessite l'utilisation d'un accéléromètre.

CHAPITRE V

PROCEDURE DE CONTROLE SYSTEMATIQUE DE L'ACA.

Une bonne connaissance technique des ACA va permettre d'aborder le dépistage de leurs éventuelles déficiences sous un angle totalement différent. Combien de fois l'audioprothésiste, non technicien de formation, n'a-t-il pas été étonné de constater la rapidité avec laquelle un technicien arrive à localiser et à réparer une panne.

Nous tenterons donc de donner les directives qui permettront de réaliser un bon diagnostic en cas de panne.

L'audioprothésiste sera amené à vérifier un ACA à des fins bien spécifiques. Citons principalement :

- le contrôle d'un ACA neuf avant d'être adapté,
- la vérification d'un appareillage à l'occasion d'un suivi prothétique,
- l'établissement d'un diagnostic en cas de panne,
- le contrôle d'un ACA réparé.

Afin de réaliser un contrôle rapide et complet, les différentes manipulations ont tout intérêt à être systématisées et ordonnées.

Dans les procédures décrites ci-dessous :

I = intensité du courant général de l'ACA c'est-à-dire sa consommation

\$ = opération à effectuer.

* = ce qu'il faut normalement constater.

1. PROCEDURE COMMUNE à l'ensemble des ACA.

1° \$ mesurer la tension en charge et à forte charge de la batterie utilisée.

* il n'y a pas de chute importante de tension.

2° \$ brancher l'alimentation extérieure combinée à l'ampèremètre.

3° - pour les contours, lunettes, intras et boîtiers V.A. :

\$ brancher le système d'écoute personnel à la sortie IMMEDIATE de l'ACA

- pour les boîtiers C.O. :

\$ remplacer le vibreur par un écouteur et brancher le système d'écoute personnel.

4° \$ positionner l'interrupteur en position OFF.

* I = 0 mA.

5° \$ positionner l'ACA en position induction (T).

a) \$ potentiomètre au minimum :

- * I = courant de repos,
- * il n'y a pas de captation micro.

b) \$ mouvements aller/retour du potentiomètre :

- * I reste stable en l'absence de signal de sortie,
- * il n'y a pas de crachotements.

c) \$ potentiomètre à fond, effectuer des torsions de l'ACA :

- * il n'y a ni interruptions ni mauvais contacts,
- * il n'y a aucune oscillation,
- * on perçoit un important bruit de fond.

d) \$ approcher le circuit d'induction :

- * I peut fluctuer,
- * la captation inductive s'effectue normalement,

e) \$ actionner lentement le potentiomètre :

- * l'amplification est régulière et respecte la progression du potentiomètre concerné.

f) \$ remettre le potentiomètre au minimum d'ouverture.

6° \$ positionner l'ACA en position M+T (si elle existe).

- * la captation micro et induction fonctionnent simultanément.

7° \$ positionner l'ACA en position micro (M).

a) \$ potentiomètre au minimum :

- * I se situe aux environs du courant de repos,
- * le mouvement de l'inverseur n'a pas provoqué de parasites,
- * la captation inductive a disparu.

b) \$ augmenter l'amplification jusqu'à l'obtention d'un niveau d'écoute supportable pour le testeur et,

\$ prononcer quelques sons tests (paroles ritournelles) en plaçant le micro à 5 cm puis à 20 cm de la bouche :

- * le son ne peut pas subir de fortes atténuations,

- en cas de microphone directionnel :

- * l'effet avant/arrière est efficace.

c) \$ actionner les différents réglages (trimmers ou commutateurs),

- * les différents réglages sont efficaces et leur manipulation ne provoque pas de parasites.

ATTENTION : tous les réglages seront toujours replacés dans la position où ils ont été trouvés. Une intervention technique doit se limiter à remettre l'ACA en parfait état de marche.

- d) \$ pincer le tuyau à deux centimètres de la sortie et actionner le potentiomètre tout en émettant des sons tests :
- * la consommation varie en fonction de l'intensité du son test et de l'ouverture du potentiomètre.
 - * en cas d'ampli push-pull, les variations de courant peuvent être très importantes,
 - * potentiomètre à fond et pincement du tuyau légèrement relâché aucune oscillation n'est perçue.

\$ remplacer l'alimentation extérieure par une pile bien chargée.

8° \$ examiner l'aspect extérieur de l'ACA :

- * les contacts et la chambre pile sont en bon état,
- * les couvercles sont propres, en bon état et les vis de fixation recouvertes de cire.

9° \$ examiner l'état du conduit acoustique :

- * embout propre et sans rugosités, canal et évent bien dégagés,
- * tygon propre, souple, sans fuite et à la bonne longueur,
- * coude et filtre(s) en bon état et bien dégagés,
- * filet de fixation du coude en bon état.

10° \$ relier le conduit acoustique à la sortie de l'ACA et ouvrir le potentiomètre au maximum :

a) \$ sortie de l'embout dégagée :

- * une forte oscillation acoustique est perçue.

b) \$ entrée du microphone obturée :

- * aucune oscillation n'est perçue,
- * un important bruit de fond est perçu.

N.B. - cette caractéristique ne se vérifie que si l'état des cheminées, isolations et suspensions est parfait,
- elle n'est pas valable pour les intras.

c) \$ sortie de l'embout obturée :

- * aucune oscillation n'est perçue.

2. PROCEDURES SPECIFIQUES.

1) montages CROS et dérivés (contours et lunettes) :

- tester le micro secondaire de la même manière que le micro principal,
- tester et examiner le câble de connexion sur toute sa longueur.
* en cas de torsion du câble ou de mouvement des branches, on ne constate ni parasites ni interruptions.

2) LUNETTES AUDITIVES,

a) V.A.

- pratiquer des torsions de la branche à différents niveaux pour mettre les éventuels mauvais contacts en évidence,
- si nécessaire, vérifier l'état d'oxydation des circuits et du câblage,

b) C.O.

- tester l'ACA en pressant le vibreur contre le tragus, (contre la mastoïde et CAE non-obturé, le bien-entendant ne perçoit quasiment rien !)
- accorder une importance particulière à l'état du vibreur et de ses suspensions.

3) INTRAS :

- la consommation d'un intra est relativement faible (souvent inférieure à 1 mA),
- en cas de grille micro complètement obturée, il est possible de la perforer (au risque de modifier la courbe de réponse et de rendre le micro plus vulnérable),
- il peut arriver qu'un intra obturé à la sortie immédiate de l'écouteur présente une oscillation, même s'il est en parfait état

3. LES PANNES INTERMITTENTES.

Bête noire de l'audioprothésiste et du technicien, la panne intermittente est celle qui ne se produit jamais en sa présence !

Le plus compliqué est de discerner parmi les renseignements fournis par l'utilisateur, ceux qui permettront de localiser l'origine de la panne. En règle générale, une plainte de patient est toujours à prendre au sérieux car rares sont ceux qui se plaignent vraiment sans raison.

Voici, de façon non exhaustive, quelques pannes intermittentes classiques

a) description (de l'utilisateur) :

- l'ACA s'arrête après un court moment de fonctionnement malgré le changement de pile.

constatations (de l'audioprothésiste ou du technicien) :

- l'ACA fonctionne parfaitement avec une pile neuve,
- la consommation est normale,
- la mesure à forte charge de la batterie utilisée permet de constater une chute de tension.

causes probables :

- soit, l'utilisateur a involontairement conservé et utilisé des anciennes piles qui ont repris une légère charge très temporaire,
- soit, la série de piles utilisées est défectueuse.

remède :

- proposer de faire un essai avec une pile (réellement) neuve.

conseil :

- recommander à l'utilisateur de ne jamais conserver des piles usagées.

b) description :

- même plainte que en a) mais l'ACA fonctionne avec accumulateur.

constatations :

- mêmes que en a),

causes probables :

- soit, l'accu est dégénéré (cela peut également arriver à un accu neuf)
- soit le chargeur est défectueux.

remèdes :

- soit, proposer de tester l'ACA avec une pile neuve,
- soit, vérifier le bon fonctionnement du chargeur.

conseils :

- changer le jeux d'accus tous les ans,
- ne pas conserver les vieux accus.

c) description :

- par moment le son est déformé.

constatations :

- l'ACA de type push-pull, fonctionne normalement,
- il n'y a aucun système de compression enclenché,
- l'alimentation se fait à partir de piles zinc/air.

cause probable :

- en présence de bruits intenses, les piles utilisées ne suivent pas les pointes de courant ou la pile est mal "oxygénée".

remède et conseil :

- pour alimenter les appareils push-pull utilisant un important niveau d'amplification, il est préférable d'utiliser les piles au mercure.

d) description :

- l'ACA consomme beaucoup plus qu'auparavant.

constatations :

- l'ACA fonctionne parfaitement bien,
- la consommation est NORMALE,
- en position OFF :

* I = courant de repos de l'ACA.

cause probable :

- mauvais fonctionnement de l'interrupteur ou problème de câblage.

remède :

- réparer ou remplacer l'interrupteur. Eliminer le court-circuit.

conseil :

- ouvrir la chambre pile lorsque l'appareil n'est pas utilisé.

Cette manipulation permet aussi de procurer une meilleure aération de l'ACA (en cas d'excès d'humidité).

e) description :

- par moments, des sons bizarres sont diffusés.

constatations :

- l'ACA fonctionne parfaitement bien,
- en position micro (M), la bobine d'écoute est encore branchée.

cause probable :

- l'appareil capte des inductions électriques provoquées par des lignes ou des transfos haute tension, par le balast d'un tube TL, par la THT (alimentation Très Haute Tension) d'une TV etc ...

remède :

- revoir le câblage et le fonctionnement du commutateur M/T.

conseil :

- en dehors d'une utilisation bien spécifique, ne pas utiliser M + T.

f) description :

- par moment, j'entends de la musique dans mon appareil,

constatation :

- l'ACA fonctionne parfaitement bien,

causes probables :

- un élément (généralement un transistor) ou un circuit se comporte en diode et provoque une détection des ondes radio,
- l'utilisateur se trouve à proximité d'un émetteur radio (officiel, taxi ou amateur). Cette perturbation peut également avoir comme origine une perte au niveau d'un ampli ou d'un répartiteur de TV distribution.

g) description :

- soit, après un certain temps d'utilisation, l'appareil s'arrête,
- soit, en fin de journée, l'appareil s'arrête.

constatations :

- l'appareil fonctionne parfaitement bien,
- l'embout auriculaire n'est pas fortement ventilé,
- de minuscules gouttelettes d'eau perlent sur les parois du tygon.

cause probable :

- l'accumulation de gouttelettes forme une goutte suffisamment importante pour boucher complètement le tygon.

remède :

- souffler de l'air sec dans le sens coude-tygon-embout.

conseils :

- remplacer le tygon par du tube de silicone anti-condensation,
- sauf contre-indication acoustique, ventiler l'embout auriculaire,
- la nuit, conserver l'ACA dans un écrin hermétique et en présence de cristaux absorbant l'humidité.

h) description :

- par moment, l'appareil s'arrête, le son diminue, le son disparaît, ...

constatation :

- l'appareil fonctionne parfaitement bien,
- une otoscopie du CAE permet de constater la présence d'un bouchon de cérumen.

cause probable :

- le bouchon se déplace et vient, par moments, obturer l'extrémité de l'embout.

remède :

- faire enlever le bouchon.

i) description :

- voir h).

constatations :

- l'appareil fonctionne parfaitement bien,
- un otoscopie permet de constater que le CAE est fortement coudé.

cause probable :

- l'extrémité de l'embout vient buter contre le CAE et est partiellement obturée.

remède :

- raccourcir l'embout et creuser l'extrémité du canal en entonnoir.

conseil :

- sauf en cas de contre-indication anatomique ou (et) acoustique, l'embout a intérêt à ne pas être trop long.

j) descriptions :

- par moment, l'amplification diminue,
- en dégageant légèrement l'embout, le son revient.

constatations :

- l'appareil fonctionne parfaitement,
- la puissance utile est très importante,
- l'embout n'est pas ventilé et est très serrant.

cause probable :

- l'occlusion du CAE et l'importance de la pression sonore, altèrent la flexibilité du tympan et en modifie très sensiblement le comportement.

remède :

- réaliser une petite ventilation de confort (<UN millimètre en //).

conseils :

- l'embout doit TOUJOURS posséder au minimum une petite ventilation de confort (un millimètre). La SEULE contre-indication est l'apparition de l'effet Larsen. *
- lorsque l'utilisateur formule les remarques suivantes, il est utile de ventiler son embout ou d'agrandir la ventilation :
 - * lorsque je marche, je suis gêné par le bruit de mes talons,
 - * les manipulations de papier provoquent un bruit énorme,
 - * lorsque je dégage légèrement mon embout, j'obtiens une meilleure compréhension,

Lire "Les corrections mécaniques et acoustiques de la courbe de réponse d'un appareil de correction auditive" ; cahiers de l'audition N° 90.

- * je suis gêné par le bruit des couverts,
- * ma propre voix me dérange,
- * il y a de la condensation dans le tygon.
- * etc ...

N.B. : ces remarques ne peuvent être prises en considération que si l'utilisateur a porté son appareil durant plusieurs jours.

k) description :

- par moment l'ACA diffuse des parasites.

constatation :

- l'ACA fonctionne parfaitement bien.

causes et remèdes :

Ce genre de phénomène très réel a de nombreuses origines. Il s'agit même d'une panne intermittente fréquente.

Afin d'effectuer des contrôles et des mesures en présence de la panne la procédure suivante est proposée :

- 1° ouvrir les couvercles de l'ACA,
- 2° brancher l'alimentation extérieure combinée à l'ampèremètre,
- 3° prolonger la sortie de l'écouteur par un tube souple d'environ un mètre,
- 4° mettre l'ACA en position micro seul (M) et potentiomètre ouvert au maximum,
- 5° la longueur du tuyau évitera de créer l'effet Larsen mais, dès que les parasites apparaîtront, ils seront perçus à son extrémité,
- 6° Certaines conditions de température peuvent être simulées :
 - CHAUD : en passant le fer à souder sur quelques soudures ou en soumettant les circuits à une soufflerie d'air chaud,
 - FROID : en pulvérisant un fluide réfrigérant sur les circuits.
- 7° l'appareil étant déjà démonté et le multimètre connecté, il sera possible, en un minimum de mouvements, de démarrer les investigations lorsque la panne apparaîtra.

NB : il est également possible de monter, en série avec l'alimentation de l'ACA, un système électronique qui va déclencher un signal sonore lorsqu'il détecte une interruption ou une forte variation de consommation de l'ACA.

4. LE SUIVI TECHNIQUE.

Mieux vaut prévenir que guérir. Un ACA bien entretenu sera moins sujet à tomber en panne qu'un ACA dont la maintenance est négligée.

a) le contrôle simplifié :

A l'occasion de l'achat de piles par exemple, l'état de l'appareillage sera spontanément vérifié.

Ce contrôle simplifié comportera les opérations suivantes :

- 1° nettoyer l'embout (bain à ultra sons + produit désinfectant),
- 2° vérifier le bon fonctionnement technique de l'ACA,
- 3° si nécessaire, remplacer le tygon en respectant bien sa longueur,
- 4° dégager le conduit acoustique de toutes traces d'humidité,
- 5° nettoyer les couvercles de l'ACA (à l'alcool ou au polissoir),
- 6° nettoyer les contacts et le compartiment pile,
- 7° remonter l'ensemble ACA+conduit acoustique et l'adapter à l'utilisateur,
- 8° s'assurer de sa satisfaction et de l'absence d'effet Larsen.

b) le contrôle périodique :

Dans le cadre d'un suivi prothétique, l'audioprothésiste proposera à son patient un contrôle plus complet à date fixe (tous les ans par exemple).

A cette occasion, les opérations suivantes seront effectuées :

- 1° soumettre l'ACA à l'ensemble des vérifications reprises dans le contrôle simplifié,
- 2° - relever les courbes principales de réponse à l'oreille artificielle et en vérifier la concordance avec les courbes d'origine,
- de plus, si l'ACA est porté depuis plusieurs années (4 ans et plus) ou si l'utilisateur a de fortes sudations, une mesure de distorsion renseignera objectivement sur l'état de vétusté de l'ACA. Idéalement, nous mesurerons la distorsion d'intermodulation sur le troisième harmonique, en balayage continu de fréquence.
- 3° s'assurer de la satisfaction de l'utilisateur et de la stabilité de son audition,
- 4° si nécessaire, refaire une audiométrie, et rectifier les réglages prothétiques en conséquence,
- 5° réaliser une otoscopie du CAE, et à la moindre suspicion, conseiller au patient de consulter son ORL,
- 6° s'assurer de la parfaite efficacité de l'embout auriculaire et du conduit acoustique. Prendre une nouvelle empreinte si nécessaire.

CONCLUSIONS .

Nous vivons une époque vraiment passionnante en ce qui concerne les progrès techniques.

La mise au point et l'utilisation de circuits spécifiques à haut niveau d'intégration ainsi que le développement de méthodes d'appareillage assistées par ordinateur devraient permettre l'adaptation d'ACA de plus en plus performants et efficaces.

Peut-être qu'un jour, les prouesses de la technologie et de la médecine permettront de réaliser une réelle prothèse auditive capable de remplacer l'organe de l'ouïe.

En attendant, constructeurs, audioprothésistes et techniciens doivent unir leurs efforts pour que les ACA actuels répondent le mieux possible aux espérances de l'utilisateur.

Après le CORNET ACOUSTIQUE et l'AMPLIFICATION TÉLÉPHONIQUE, nous avons connu l'évolution de l'ACA à traitement ANALOGIQUE du signal.

Nous disposons dès à présent d'une nouvelle génération d'ACA utilisant le TRAITEMENT NUMERIQUE du signal et (ou) de la programmation.

Cette troisième révolution technologique de la prothèse auditive risque de remettre bien des choses en question !

Ce sera pour l'audioprothésiste, l'occasion de confirmer et de prouver qu'il demeure le spécialiste incontesté de l'ADAPTATION audio-prothétique.

BIBLIOGRAPHIE .

Les appareils de correction auditive.

Electricité industrielle

ELECTRONIQUE (Collection J. NIARD)

ELEKTOR (septembre 79/février 80/mars 86/mai 86)

GUIDE du CONSTRUCTEUR

Handbook of clinical audiology (édition 1987)

Hearing instrument vol.36/N° 5

La prothèse auditive

La prothèse auditive, ses compléments et ses extensions (N°349 de «Réadaptation» avril 88)

Les corrections mécaniques et acoustiques de la courbe de réponse d'un ACA / Cahiers de l'audition N° 90.

Serge WITTEMENS

BELLIER & PASTOURIAUX

VAROQUAUX & GALICHON

J. NIARD - R. MERAT

Y. RENOUX

DURACELL-EUROPE

Jack KATZ.

Serge MEYER

APPAIX*DECROIX*OLIVIER

Paul VEIT et

Geneviève BIZAGET

Léon Dodelé