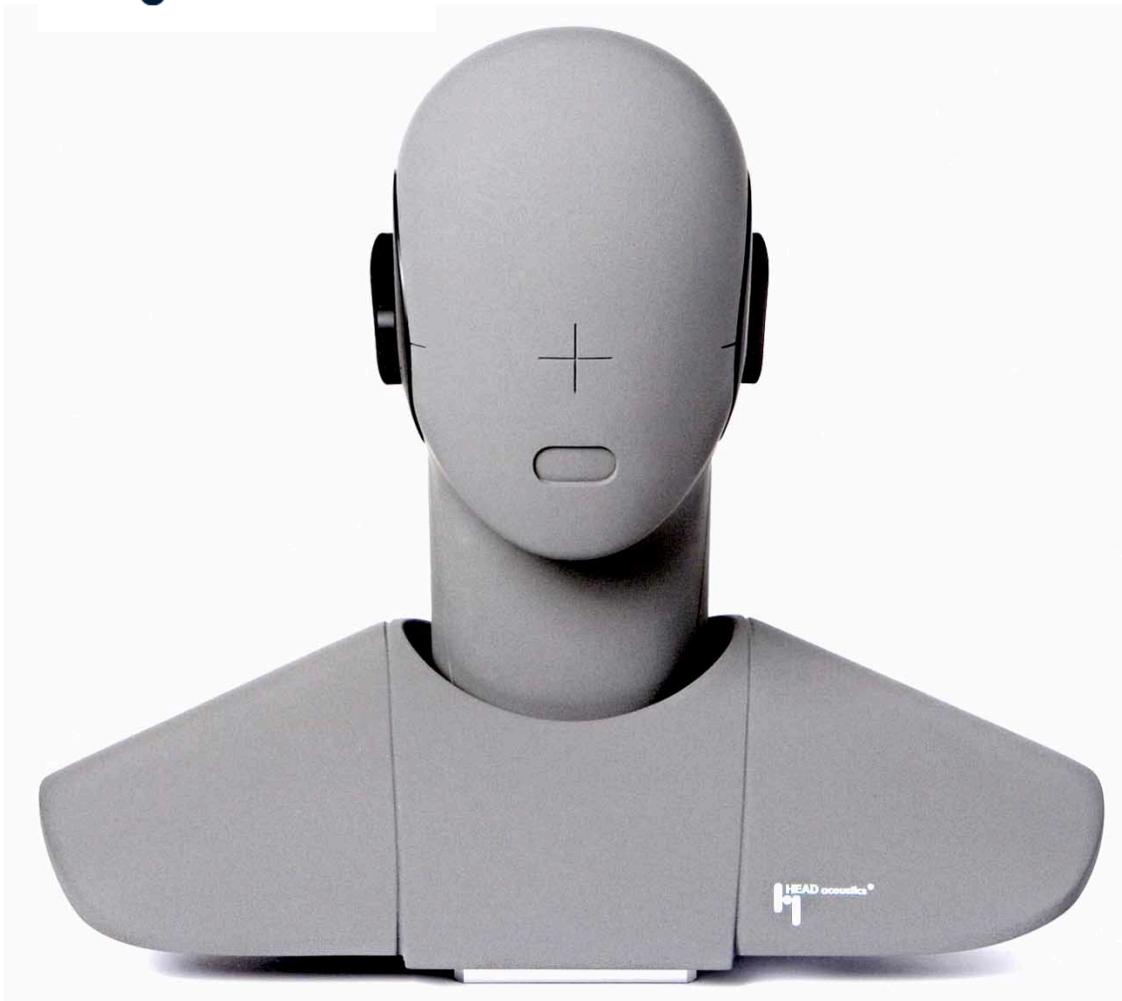


**Expertise**

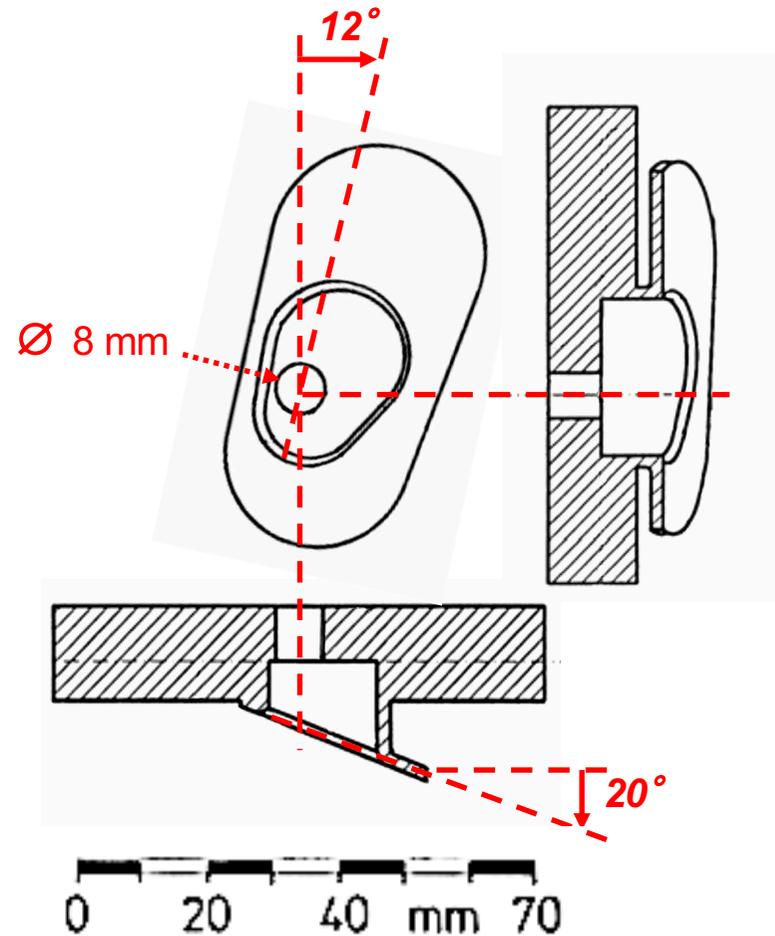
**TÊTES BINAURALES  
POUR DES OREILLES NON  
ANTHROPOMÉTRIQUES...**

**BERNARD LAGNEL**  
**Ingénieur du son Radio France**  
**Juillet 2018**

<https://www.lesonbinaural.fr>



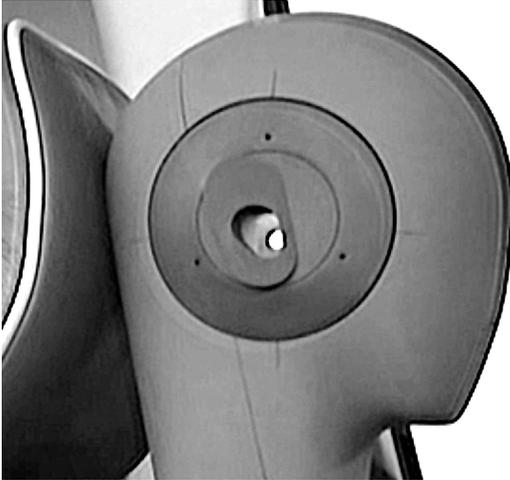
**HSU III**



Artificial ear, type 3.4 (2002)

ITU-T Recommendation P.57

Voir Annexes : ITU-T p.57 type 3.4



## Technical Data HSU III

### General

Interface:	2 x LEMO, 7 pin, male
Thread mounting platform:	M6
Tripod socket:	UNC 3/8", Camlock (series 911F)
Dimensions:	450 mm x 400 mm x 180 mm (WxHxD) (17.72" x 15.75" x 7.09")
Weight:	4.3 kg (9.48 lb)
Operating temperature:	0 °C to 50 °C (32 °F to 122 °F)
Storage temperature:	-20°C to 70°C (-4 °F to 158 °F)

### Microphones

Type of microphones:	2 x 1/2" condenser microphone
Polarization voltage:	200 V
Supply voltage:	120 V
Frequency response:	3.5 Hz to 20 kHz ( $\pm 2$ dB)
Sound pressure level (max.):	146 dB <sub>SPL</sub> (<3 % distortion at 1 kHz)
Unweighted noise voltage:	<3 $\mu$ V
Noise voltage:	<2 $\mu$ V(A)
Dynamic range:	129.5 dB
Inherent noise, incl. impedance converter (acoust.):	15.5 dB(A) <sub>SPL</sub> (typ.) (without equalization)
Sensitivity (typ.):	50 mV/Pa, nominal
Impedance converter	
Distortion factor with sinus 1 kHz:	<0.01 %, 1 kHz, electr. at 0 dB(V)

### Miscellaneous

Radiated emission according to: EN 61326-1 (equipment class B); radiated immunity according to: EN 61326-1; safety according to: EN 61010-1.

Physical dimensions of the head designed according to ITU P.58, table 1 and comparable to ANSI 3.36, table 1.

Please note: Without HEAD Torso Box, some dimensions in P.58, table 1 are not applicable.

The monaural frequency responses comply with ITU P.58, table 4 and to those that can be derived from ANSI 3.36, table 3.



# Configuration du Plug-in IRCAM Tools Spat v3

[https://lesonbinaural.fr/EDIT/PDF/spat\\_user\\_manual.PDF](https://lesonbinaural.fr/EDIT/PDF/spat_user_manual.PDF)

The screenshot displays the SPAT v3 configuration interface, which is divided into several sections:

- Source:** Includes tabs for Source, Reverb (crossed out), and Setup. The selected source is 1. Perceptual Factors include Source Presence (72), Source Warmth (30), and Source Brilliance (30).
- Options:** Features Target Reverb (1), Doppler, Air Absorption (crossed out), Clear Solo, Drop Mode (Log2), Drop (6.00 dB), Radius (2.0 m), Pan\_rev (0.00), Early Width (10.0 deg), and Acoustical criteria (Rt60: 2.00 s, EDT: 0.29 s, Es: -16.00 dB, Rev: -40.00 dB, ASW: -13.01 dB, Destr: 0.00 dB, RtHi: 0.50, RtLow: 1.00, Dest: 0.00 dB).
- Radiation:** A central circular diagram showing the radiation pattern with Front, Back, Left, and Right axes. A yellow '1' is placed on the Back axis. Below it are sliders for Distance (2.00 m), Azimuth (-150 deg), Yaw (0 deg), Elevation (0 deg), Pitch (0 deg), and Aperture (10 deg).
- Frequency Response:** Shows Low Freq. (177 Hz) and High Freq. (5657 Hz) with a graph and gain controls for Low Gain, Med Gain, High Gain, and Global Gain, all set to 0.00 dB.
- ircam Tools:** A section with a logo and a large vertical gain slider set to 0.00 dB.
- Input/Output:** Shows Input and Output gain sliders, both set to 0.00 dB.

Red annotations highlight the Radius (2.0 m) and Aperture (10 deg) sliders, and a red 'X' is drawn over the Room Presence section.

# Configuration du Plug-in IRCAM Tools Spat v3

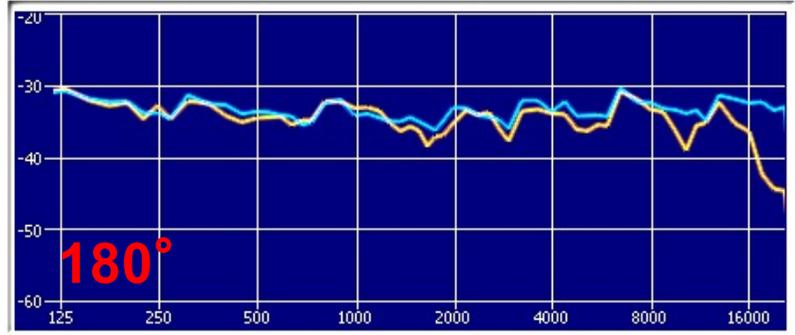
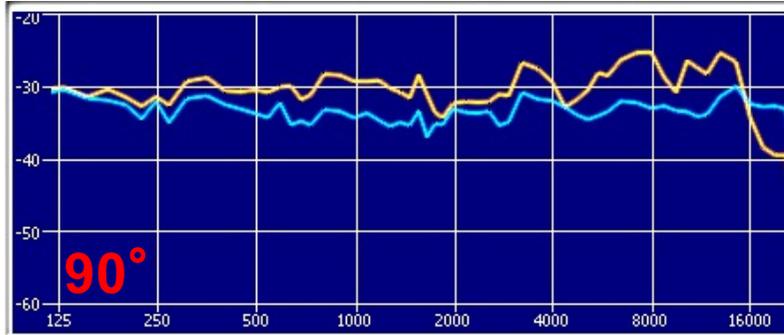
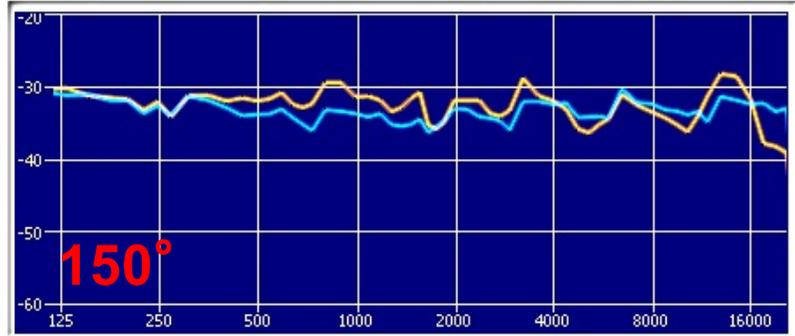
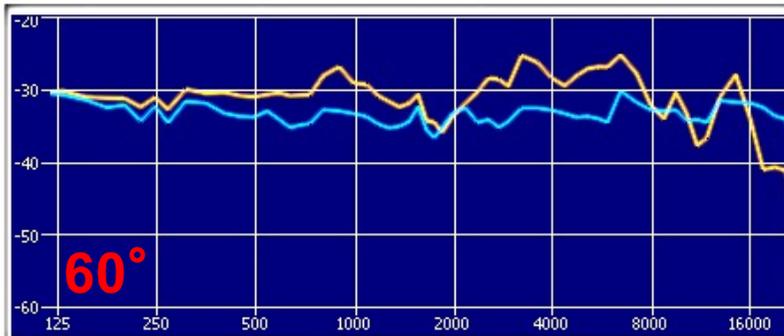
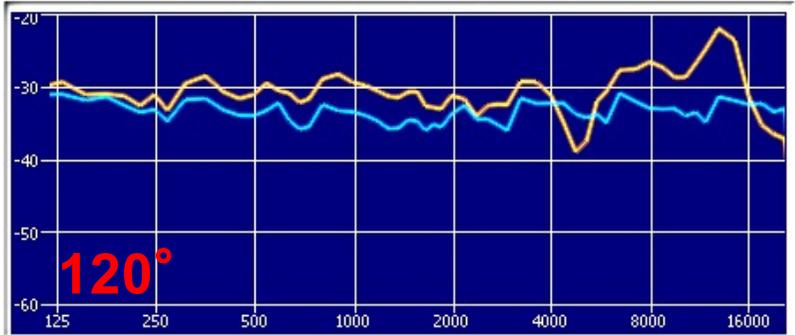
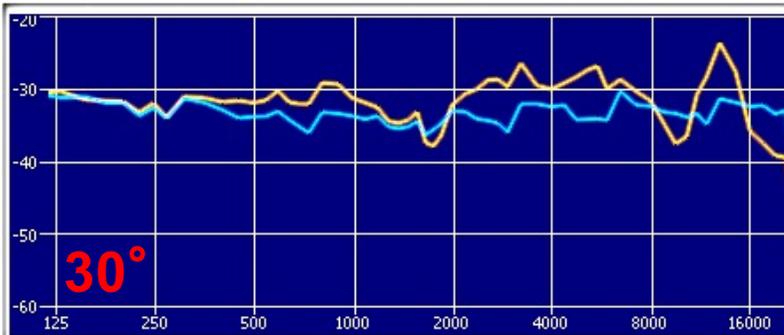
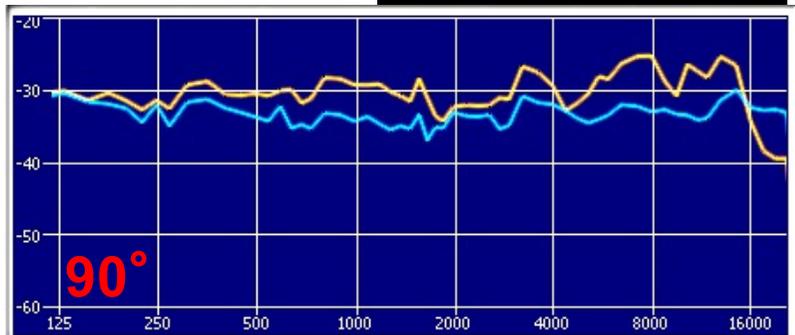
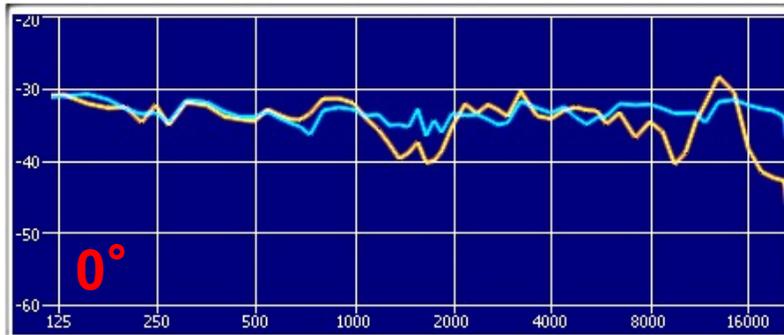
[https://lesonbinaural.fr/EDIT/PDF/spat\\_user\\_manual.PDF](https://lesonbinaural.fr/EDIT/PDF/spat_user_manual.PDF)

The screenshot displays the IRCAM Tools Spat v3 configuration window. The interface is divided into several sections:

- Source:** A list of 16 input channels with volume faders and panning controls. The panning for channels 1, 2, and 3 is set to 60.0 degrees.
- Output arrangement:** A dropdown menu set to "Stereo".
- Panning method:** A dropdown menu set to "Binaural".
- Output decoding:** A dropdown menu set to "Pass through".
- HRTF:** A dropdown menu set to "Head Acoustics".
- Reverb density:** A dropdown menu with "Head Acoustics" selected and circled in red.
- Speakers:** A section for configuring 8 speakers, including output delays (all set to 0.0 ms) and a subwoofer.
- Output routing preset:** A dropdown menu set to "Stereo - L|R".
- Routing Matrix:** A grid showing the routing of signals to the left and right channels.
- Speaker Controls:** Individual gain and slope settings for each speaker. Speaker 7 is highlighted with a slope of 18 dB/dec and a cut-off frequency of 110 Hz.
- Level Meters:** Input and output level meters, both showing 0.00 dB.
- Automation:** A bottom section with "Save", "Recall", and "Copy B" buttons, and an automation slider.

# HRTF et Bruit Rose : **HEAD acoustics**

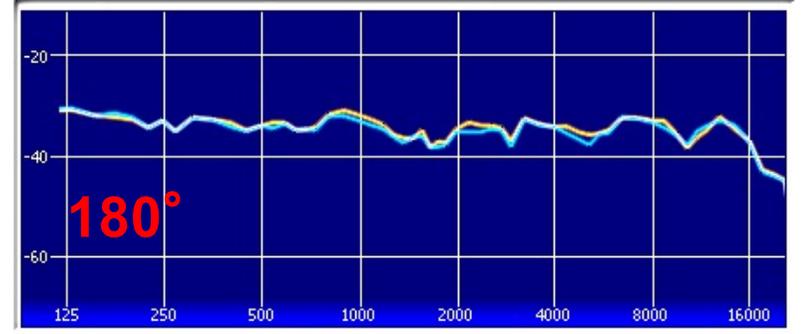
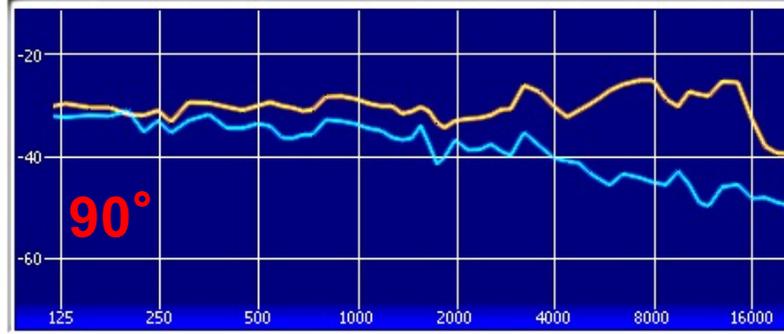
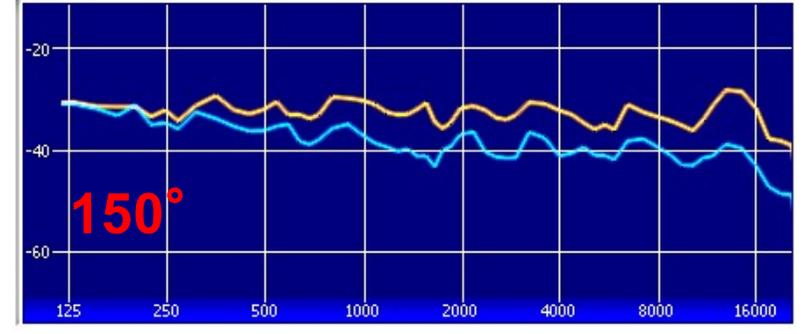
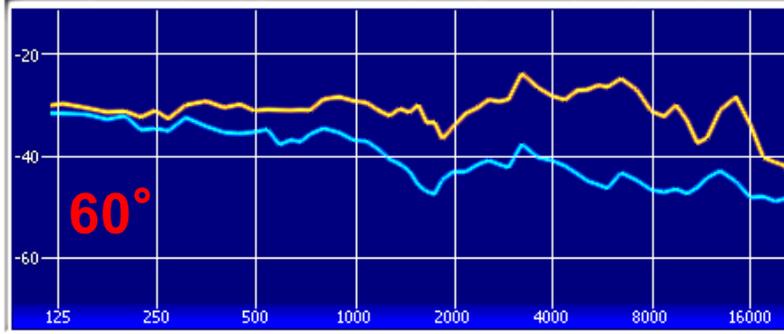
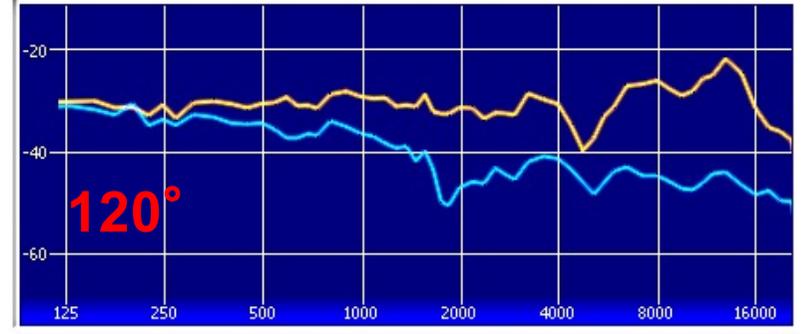
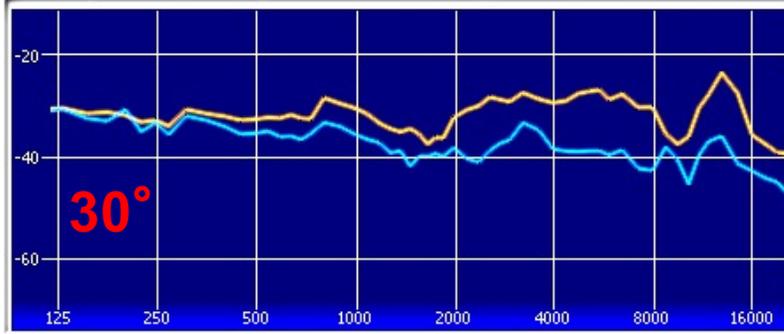
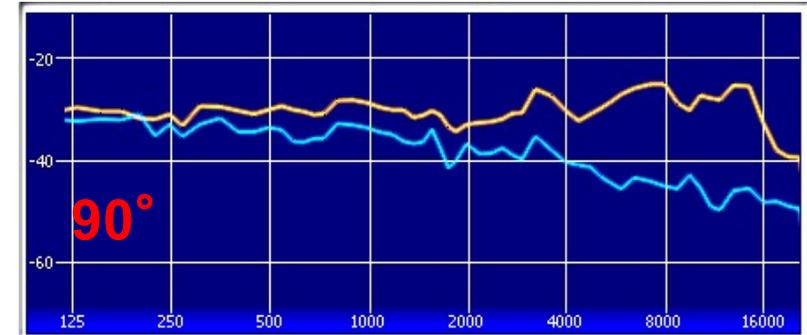
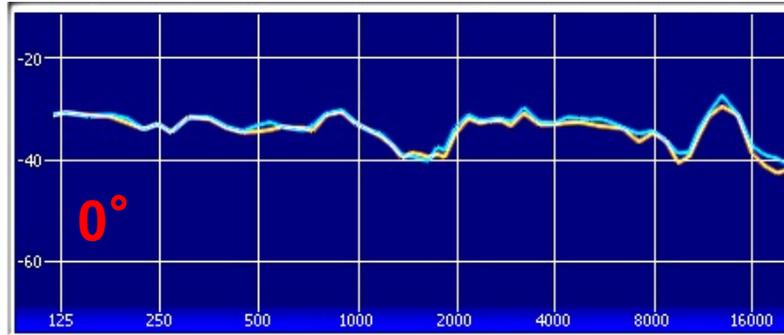
— Oreille Ipsilatéral L  
— BRUIT ROSE IN



[www.head-acoustics.de](http://www.head-acoustics.de)

# HRTF : HEAD acoustics

— Oreille Ipsilatéral L  
— Oreille Contralatéral



[www.head-acoustics.de](http://www.head-acoustics.de)

# Comparaison HRTF :

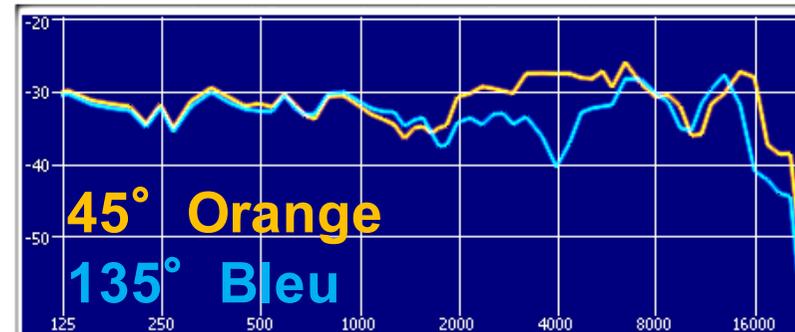
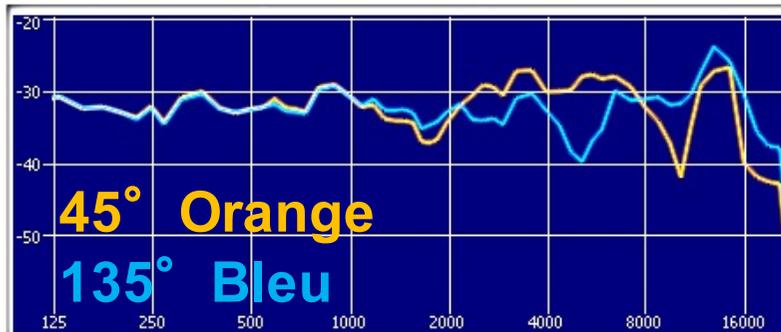
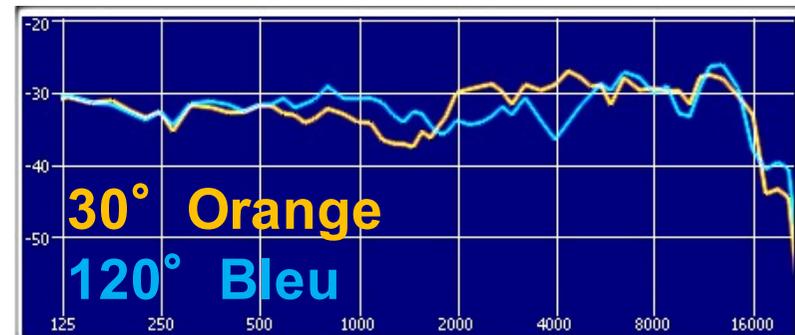
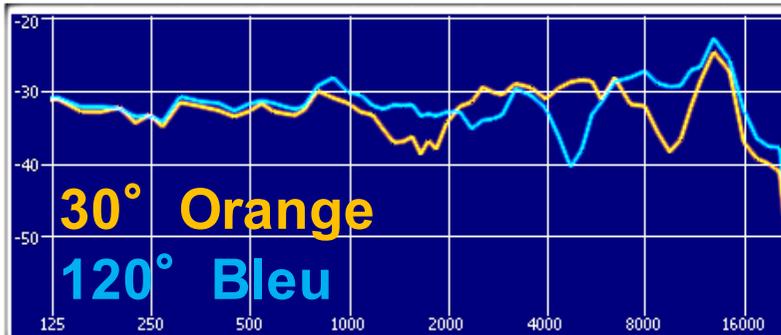
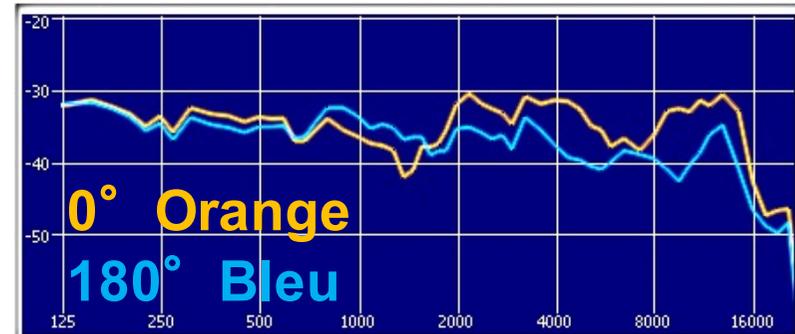
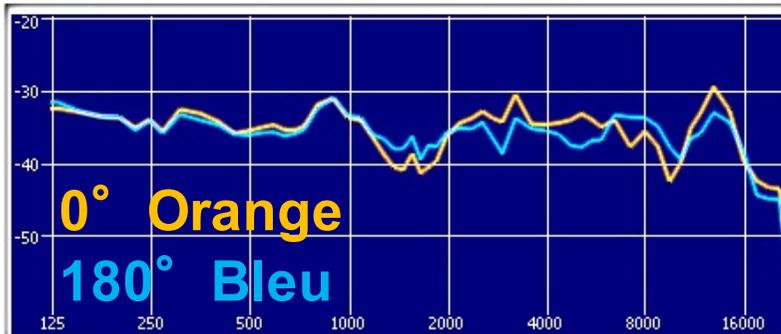
À partir du même DAW avec le Plug-in IRCAM Spat V3



**EAD acoustics**



**KEMAR**



# SAMREC Type 2500s (¥ 198,000 ≈ 1700 €) **2011**



Photos : [www.s-acoust.jp](http://www.s-acoust.jp)



**Pavillon SAMREC Type 2560 / 2561**  
Comité national de la CEI (Japon)  
Dureté Shore (00-85)

**Clone de la MZK 2002 ?**

## **2 Micros à pression électret (1/2")**

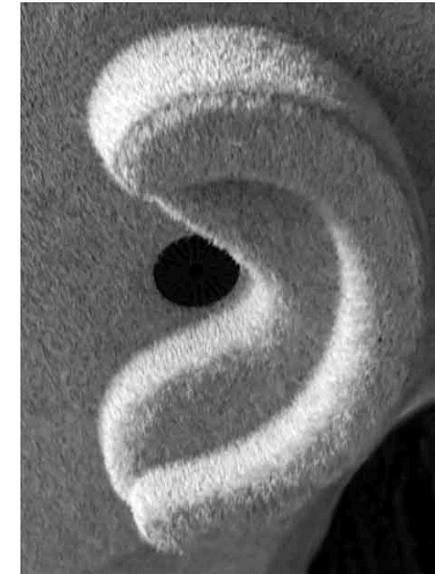
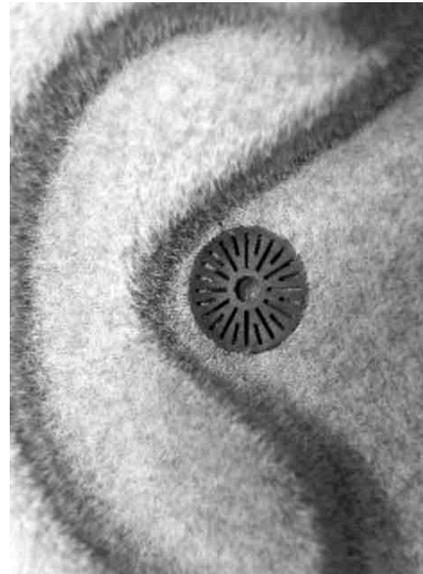
- Tête monobloc 1,4 Kg en PVC  
Répond aux normes **CEI 60318-7** (*distance entre les oreilles*)
- Sortie : mini jack stéréo !! (« *plug-in power* » du Zoom H4n *sur on*)
- SOUTHERN ACOUSTICS Co. Ltd **JAPON**

# AKG HARRY D 99 C

1974



**HARRY D 99 C**



**TETE ARTIFICIELLE de prise de son stéréophonique A.K.G. HARRY D 99 C.**

De par sa conformité et la localisation des deux microphones à l'intérieur de deux pavillons simulant l'oreille humaine, elle se rapproche des conditions d'écoute naturelle, en particulier pour la localisation spatiale des phénomènes sonores avec l'inévitable effet de masque de la boîte crânienne

Les caractéristiques techniques pour chacune des capsules microphoniques équi-

pant cette tête artificielle sont les suivantes :

— Sensibilité : 2,0 mV / PA  $\cong$  0,20 mV /  $\mu$  bar / par canal.

— Bande passante : 50 à 12 500 Hz.

— Impédance 600  $\Omega$  . Balance entre les deux canaux  $\leq$  3 dB.

— Un câble de 7,5 m avec deux prises DIN est prévu.

— Poids : 1,8 kg.

Distributeur : RÉDITEC - 27 ter, rue du Progrès - 93167 MONTREUIL.

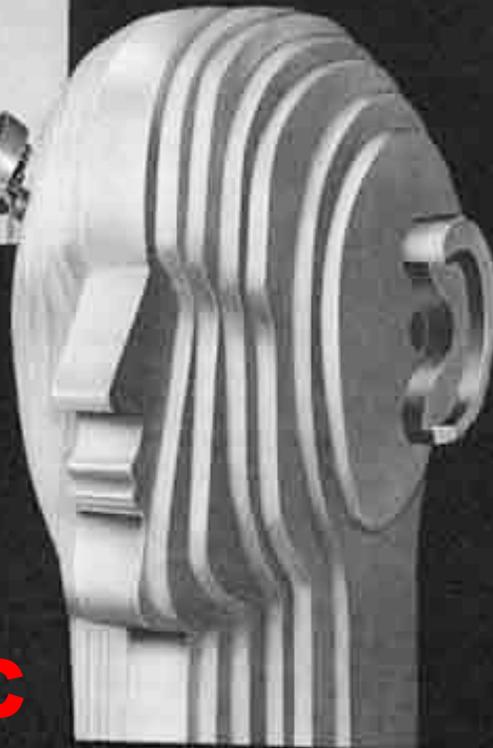
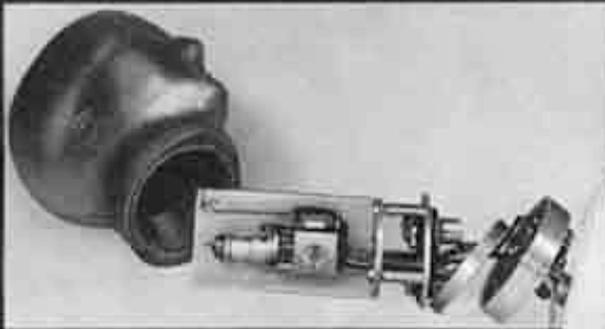
# SOUNDMAN 2011

*Un répliquant !*



## JOHN J5200S

<http://www.soundman.de/fr/kunstkopf-john/>



**1974**

**HARRY D99C**

# AKG

**STEREO-KUNSTKOPF D 99 C**

**1949** entwickelten wir in der experimentellen Phase unseren ersten Kunstkopf.

**1974** stellen wir Ihnen als engagiertem Tonbandfreund ein preisgünstiges Serienprodukt in begrenzter Auflage zur Verfügung.

Zum Abhören geeignete Hörer: Jeder geschlossene oder offene AKG-Stereo-Kopfhörer Ihrer Wahl.



MÜNCHEN · WIEN · ZÜRICH · LONDON

# LA REVOLUTION 77

LE CASQUE BINAURAL JVC HM-200E

## JVC HM-200E

JCD PUBLICITE

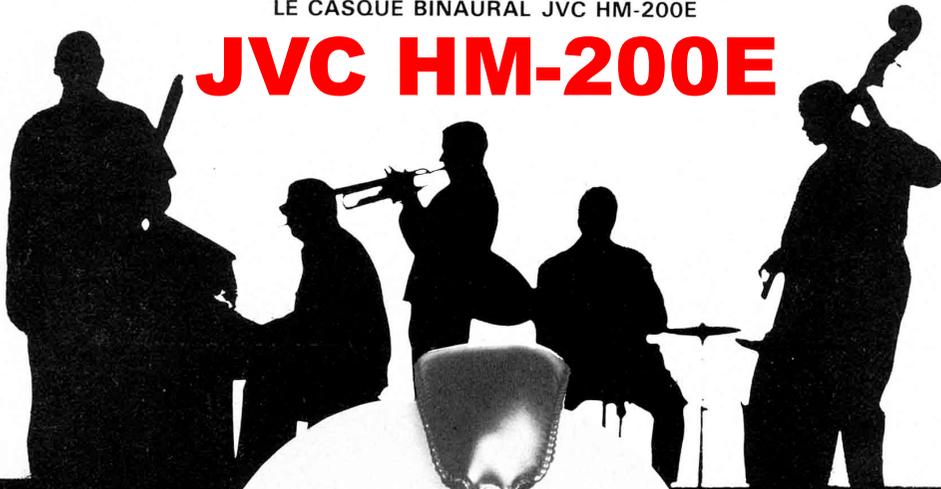


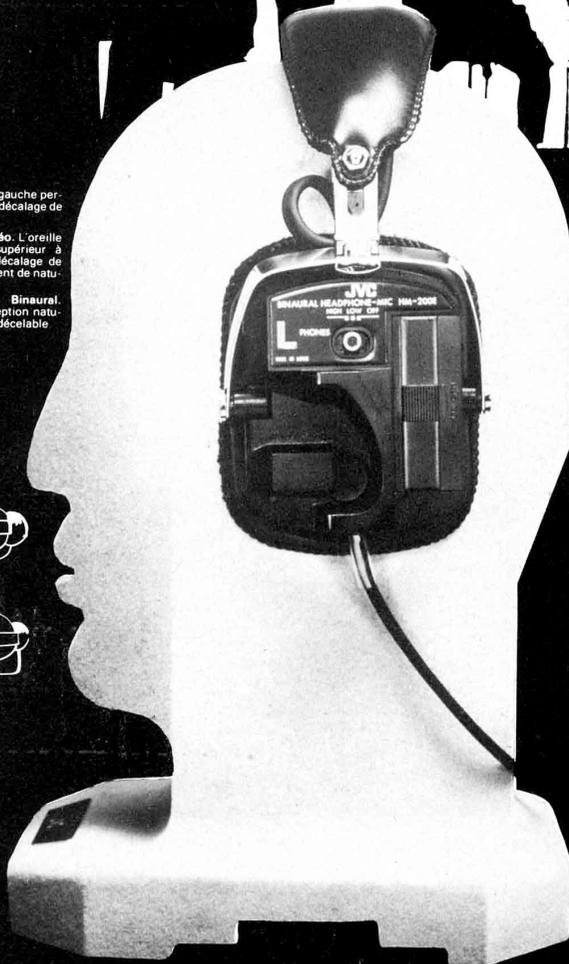
Fig. 1: Perception naturelle. L'oreille gauche perçoit un niveau sonore supérieur avec un décalage de temps inférieur à l'oreille droite

Fig. 2: Reproduction par Casque Stéréo. L'oreille gauche perçoit un niveau sonore supérieur à l'oreille droite. Mais, il n'y a pas de décalage de temps et par conséquent pas de sentiment de naturel.

Fig. 3: Reproduction par Casque Binaural. L'oreille perçoit le son comme en perception naturelle. Le manque de naturel n'est pas décelable.



# JVC



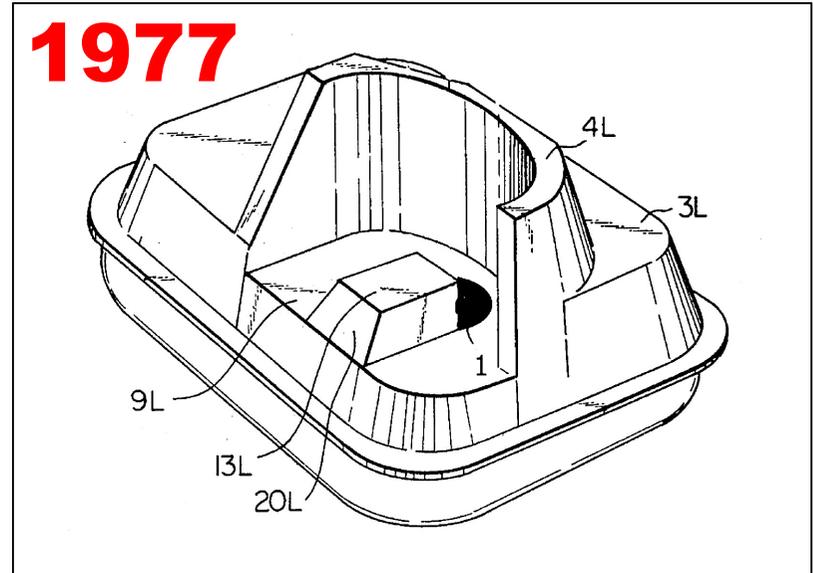
### QU'EST-CE QUE L'ENREGISTREMENT BINAURAL ?

L'homme a deux oreilles ; la différence de distance d'une source sonore entre l'oreille gauche et l'oreille droite nous permet de connaître la direction du son. La différence de distance entre les oreilles signifie ① qu'il y a une différence de temps pour chaque oreille pour percevoir le son, ② qu'il y a des différences de niveau et d'angle d'incidence, causées par la diffraction de la tête et les pavillons des oreilles et ③ qu'il y a une différence dans la réponse en fréquence, pour les mêmes raisons.

Ainsi, lorsqu'un son arrive de la gauche, il atteint d'abord l'oreille gauche et les hautes fréquences du son entrant dans l'oreille droite sont atténuées par la diffraction causée par la tête. En d'autres termes, par l'interaction des différences perçues à un moment entre les oreilles gauche et droite, par le niveau et la réponse en fréquence, nous nous rendons compte de ce que le son est venu de la gauche.

Dans l'enregistrement binaural, une tête artificielle est utilisée pour créer la même sorte d'interaction acoustique que dans un champ sonore réel pour déterminer la direction et la distance du son.

Le HM-200E étant un ensemble casque avec micros incorporés, conduits auditifs et pavillons reconstitués, vous pourrez simuler une tête artificielle soit en portant vous-même l'ensemble soit en le montant sur le support à forme de tête humaine qui est fourni.



Vue de l'écouteur gauche du casque binaural breveté par Usami et Kato, montrant la position de la capsule électret (1) dans le pavillon simulé (4L, 9L, 20L) sur l'écouteur.

# Autres réalisations à 50 ans d'écart :



Tête artificielle Hiraga, une amélioration d'un modèle datant de 1963. La forme des pavillons, des oreilles et surtout la présence du réflecteur inférieur, simulant les épaules, ont été choisis pour la meilleure localisation dans le sens vertical, en particulier pour les sons venant du dessus.



Le binaural est de retour par « **Fidel** »...

<https://www.sounddesigners.org/forum/bricolage-diy/le-binaural-est-de-retour-10230.html>

# Annexes :



IENT Aachen (Aix-la-chapelle)

Prototype K. GENUIT

**1986**



HEAD acoustics

Head Measurement System **HMS II**

**1992**

## Mesure, analyse et reproduction binaurales

### Table des matières

Introduction	1
Enregistrements réalisés avec la tête artificielle	3
Égalisation d'un enregistrement réalisé avec une tête artificielle	4
Interface d'égalisation	5
Analyse d'un enregistrement réalisé avec une tête artificielle	8
Enregistrements binauraux réalisés avec d'autres appareils	9
Reproduction audio d'enregistrements binauraux	10
Annexe : exemple d'application	14

### Introduction

#### Localisation d'une source sonore

Grâce à son ouïe binaurale, l'homme est capable de localiser l'origine d'une source sonore, et ce, aussi bien au plan horizontal que médian. Au plan horizontal, la localisation est basée sur l'analyse de différences interaurales : dès que la source sonore ne se trouve plus directement

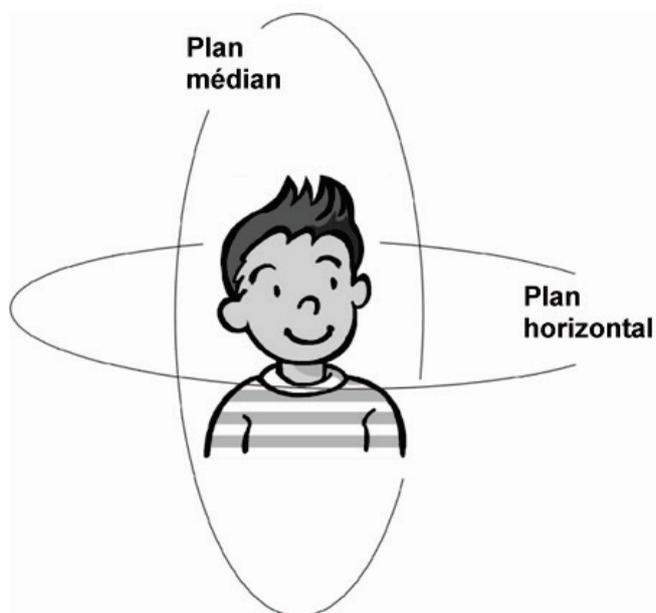


Figure 1 : Plan médian et plan horizontal

devant la tête, le fait que les trajets devant être parcourus par le son pour atteindre les oreilles aient une longueur différente, entraîne des durées de parcours interaurales elles aussi différentes. Bien que ces différences soient très minimes (nettement inférieures à 0,0001 s) et qu'elles soient a priori imperceptibles, le cerveau peut les interpréter comme étant une direction. Si un bruit atteint une oreille avant l'autre, notre cerveau pense alors qu'il vient de cette direction. Les différences de durée de parcours les plus importantes apparaissent lorsque la source sonore se trouve sur le côté droit ou gauche de l'auditeur. Les différences de durée de parcours interaurales constituent la base la plus importante de la localisation de sources sonores. Les ombres entraînent de plus des différences de niveaux interaurales. Une source sonore se

trouvant devant l'oreille droite entraîne un niveau plus élevé à l'oreille droite qu'à la gauche car la tête influence la propagation du son. Ces différences de niveau sont, elles aussi, interprétées

par le cerveau et lui permettent de localiser la source sonore. Ces deux effets sont toujours utilisés pour l'orientation spatiale. Des essais employant des signaux artificiels ont montré que ces effets permettent aussi une localisation lorsqu'ils sont utilisés séparément.

La localisation qui se fait au plan médian se base, elle, sur un autre phénomène. Si la source sonore se déplace le long du plan médian, aucune différence interaurale n'intervient. Pourtant, le cerveau est, à ce plan aussi, capable de localiser la source sonore grâce à une filtration du son dépendant de la direction suscitée par la forme géométrique ou anatomique du pavillon des oreilles, de la tête, des épaules et du tronc. Le spectre du signal atteignant les oreilles est déformé selon sa direction d'incidence. Ces différences spectrales peuvent être interprétées comme direction par le cerveau qui attribue certaines distorsions à certaines directions. La localisation au plan médian a une résolution moins précise que la localisation au plan horizontal.

L'ouïe binaurale permet également la séparation des sources sonores, l'atténuation des parasites et la sélection lors de l'écoute. L'exemple de l'effet « cocktail party » explique ce phénomène de la manière la plus simple : lors d'une soirée à laquelle participent de nombreuses personnes qui s'entretiennent en petits groupes pour ainsi créer un niveau sonore relativement élevé, il est tout de même possible de se concentrer sur un interlocuteur et de faire abstraction des autres personnes parlant en même temps. Cette capacité est basée sur la séparation spatiale des sources sonores qui n'est, elle, possible que parce que l'ouïe est capable de localiser les différentes origines des sources.

### Modifications du champ sonore dépendantes et indépendantes pas de la direction

Comme nous l'avons expliqué ci-dessus, pour pouvoir localiser des sources sonores, l'ouïe a non seulement besoin des différences interaurales, mais aussi des modifications du signal acoustique dépendant de la direction qui sont causées par la présence de la personne dans le champ sonore. Les modifications dépendant de la direction sont principalement causées par les pavillons, la tête et les épaules.

La cavité des pavillons (*cavum conchae*) et le canal auditif causent, en plus, des modifications indépendantes de la direction d'incidence du bruit. Contrairement aux modifications dépendant de la direction – qui sont basées sur la diffraction et la réflexion – celles qui ne dépendent pas de la direction sont causées par des résonances. La figure 2 représente ces différentes modifications de champ sonore et leurs causes.

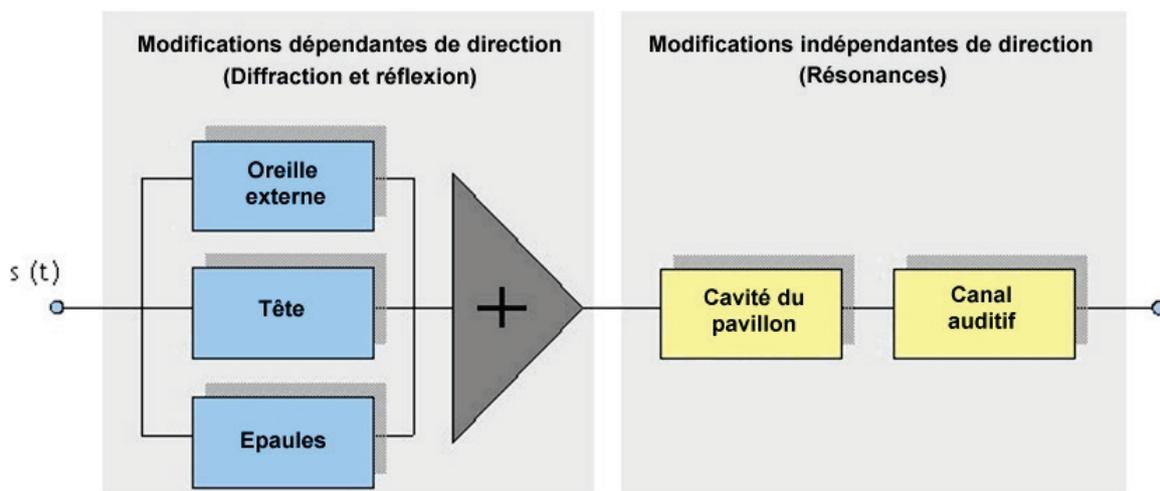


Figure 2 : Causes des modifications du signal dépendant et ne dépendant pas de la direction

## Enregistrements réalisés avec la tête artificielle

Le point commun des effets cités ci-dessus liés à la localisation est qu'ils analysent les différences interaurales et les modifications de champ sonore entraînées par la physiologie de l'auditeur. L'ouïe a besoin de ces informations pour pouvoir réaliser une localisation spatiale logique. Seul un enregistrement sonore contenant ces informations peut évoquer un sentiment spatial lorsqu'il est écouté. Un enregistrement réalisé avec un seul microphone ne contient pas ces informations et ne peut donc pas être analysé en conséquence par l'ouïe. Les sources sonores ne se distinguent pas dans l'espace, le cerveau n'est pas en mesure de séparer les différentes sources et il est alors plus difficile de se concentrer sur les différentes sources existantes.

Un enregistrement réalisé avec des microphones stéréo contient des différences d'intensité ou de durée de parcours engendrées par la distance spatiale à laquelle se trouvent les microphones. Ces enregistrements ne rendent cependant pas la distorsion du champ sonore causée par la tête et nécessaire à la localisation au plan médian. Un enregistrement stéréo ne permet donc pas non plus de localisation correcte, mais uniquement la détermination approximative d'une position au plan horizontal.

La restitution spatiale complète d'un champ sonore n'est donc possible qu'en l'enregistrant avec une tête artificielle. Un tel enregistrement contient deux voies (oreille gauche et oreille droite) qui rendent les différences interaurales, comme les distorsions nécessaires car la tête artificielle, comme une personne réelle, entraîne une distorsion du champ sonore. Un enregistrement réalisé avec une tête artificielle permet à l'auditeur de percevoir un son comme s'il se trouvait vraiment dans le champ sonore enregistré.

Le but de l'enregistrement binaural est de mesurer, de transférer et de reproduire sans distorsion des événements sonores aux tympans humains. Le principe de la mesure avec une tête artificielle peut paraître simple, mais il engendrait autrefois beaucoup de difficultés avec des mannequins acoustiques technologiquement moins avancés (par exemple, un bruit propre élevé, une gamme dynamique faible, peu de possibilités de calibrage). 1982 vit l'arrivée sur le marché de la HMS I (HEAD Measurement System) de HEAD acoustics GmbH, le premier système de mesure à tête artificielle pouvant être calibré disposant d'une reproduction de la tête et des pavillons de l'oreille ainsi que des propriétés de transfert fidèles à ceux de l'être humain. La tête artificielle HMS II, basée sur une description mathématique et une géométrie simplifiée ainsi qu'une caractéristique directive représentative l'a remplacée en 1989. Sa géométrie simplifiée prend en compte le positionnement relatif de toutes les parties du corps ayant un effet acoustique et sa description mathématique permet par exemple le calcul de l'égalisation ID.

Les têtes artificielles numériques HMS III et HMS IV (figure 3) sont le résultat du perfectionnement de la technologie de la tête artificielle HEAD. La nouvelle technologie 24 bits confère à cette tête artificielle un bruit propre très faible et une dynamique comparable à celle de l'ouïe humaine.

Elle permet d'enregistrer des événements sonores de manière à ce qu'ils contiennent toutes les informations nécessaires à la localisation et au timbre.



Figure 3 : HMS IV

### Égalisation d'un enregistrement réalisé avec une tête artificielle

Un enregistrement réalisé avec une tête artificielle doit être reproduit avec un système ajusté à cette tête. Cette reproduction doit également garantir la même impression acoustique que si l'auditeur avait directement perçu l'évènement sonore (voir figure 4). Pour cela, les signaux  $(p_r(t), p_l(t))$  arrivant aux oreilles d'une personne soumise au test et se trouvant dans le champ sonore, doivent correspondre aux signaux  $(p'_r(t), p'_l(t))$  arrivant aux oreilles d'une personne soumise au test écoutant les signaux enregistrés par la tête artificielle dans le même champ sonore.

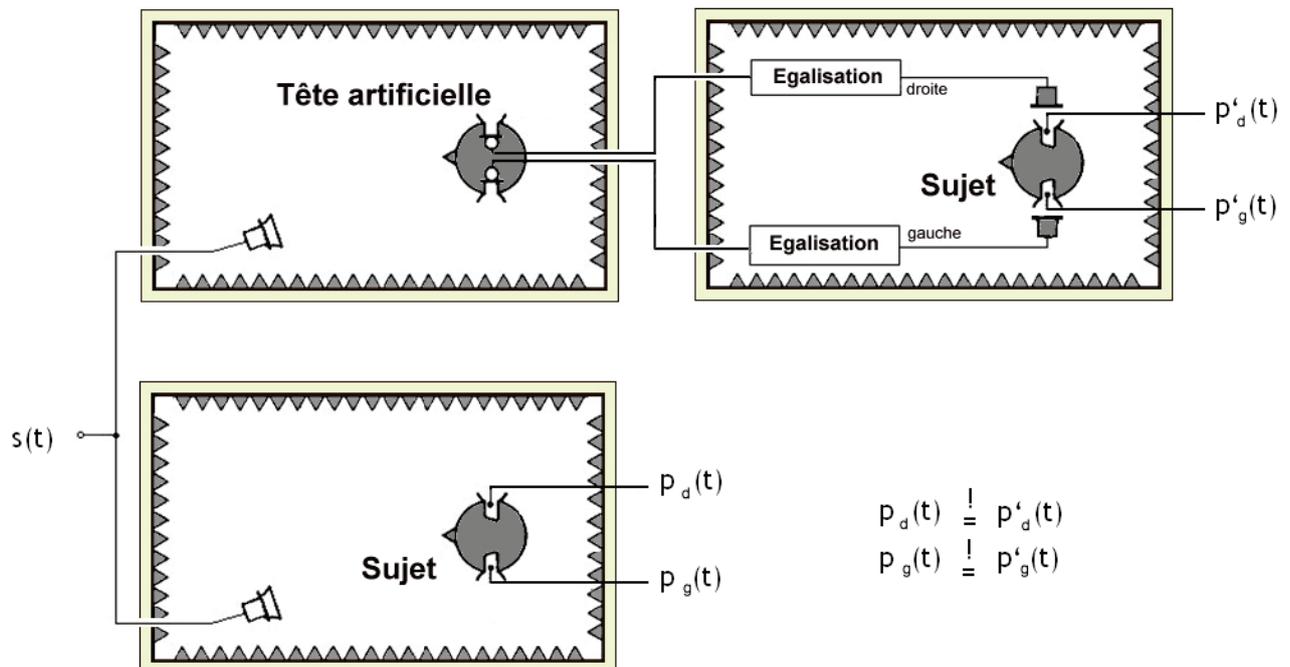


Figure 4 : Conditions de reproduction audio d'un enregistrement réalisé avec une tête artificielle

Pour réaliser une telle reproduction, il faut cependant d'abord filtrer les signaux enregistrés avec la tête artificielle. On appelle aussi cette filtrage « égalisation » (en anglais « equalization »). Elle

est nécessaire car la membrane du casque ne peut pas être placée au même endroit que celle du microphone dans la tête artificielle. La figure 5 contient une représentation simplifiée de ce phénomène. Le son qui a par exemple déjà traversé la reproduction d'une cavum conchae avant l'enregistrement avec le microphone dans l'oreille de la tête artificielle passe à nouveau à travers le cavum conchae humain par l'intermédiaire d'un casque lors de la reproduction audio. L'association du casque à l'oreille et les différentes terminaisons (tympan <-> microphone) modifient également le champ sonore dans l'oreille. L'égalisation permet de compenser ces effets afin de fournir les mêmes signaux au tympan de l'auditeur lorsqu'il écoute un enregistrement réalisé avec une tête artificielle comme s'il se trouvait lui-même dans le champ sonore d'origine. L'égalisation peut aussi permettre de compenser d'éventuelles irrégularités existant dans les caractéristiques de transfert du casque.

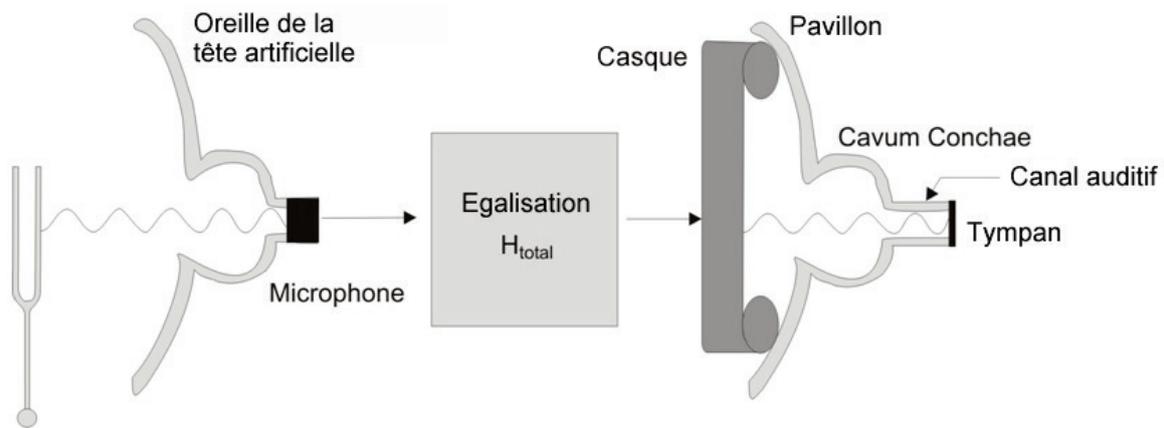


Figure 5 : Égalisation d'un enregistrement réalisé avec une tête artificielle pour sa réécoute correcte (audioconforme)

## Interface d'égalisation

Il est nécessaire de créer une interface si l'on veut analyser les signaux de la tête artificielle en respectant les techniques de mesure conventionnelles (enregistrements réalisés avec un microphone). Pour les produits de HEAD acoustics, l'égalisation  $H_{total}$  nécessaire à une reproduction audioconforme des signaux acoustiques est divisée en deux égalisations partielles ( $H_{record}$ ,  $H_{play-back}$ ) pour pouvoir obtenir une telle interface. Le signal de la tête artificielle y est filtré par l'égalisation sur l'entrée  $H_{record}$  pour le rendre comparable à des enregistrements conventionnels réalisés avec un microphone. Ce signal peut ensuite être utilisé pour l'analyse des signaux. Cette division est représentée par un schéma sur la figure 6.

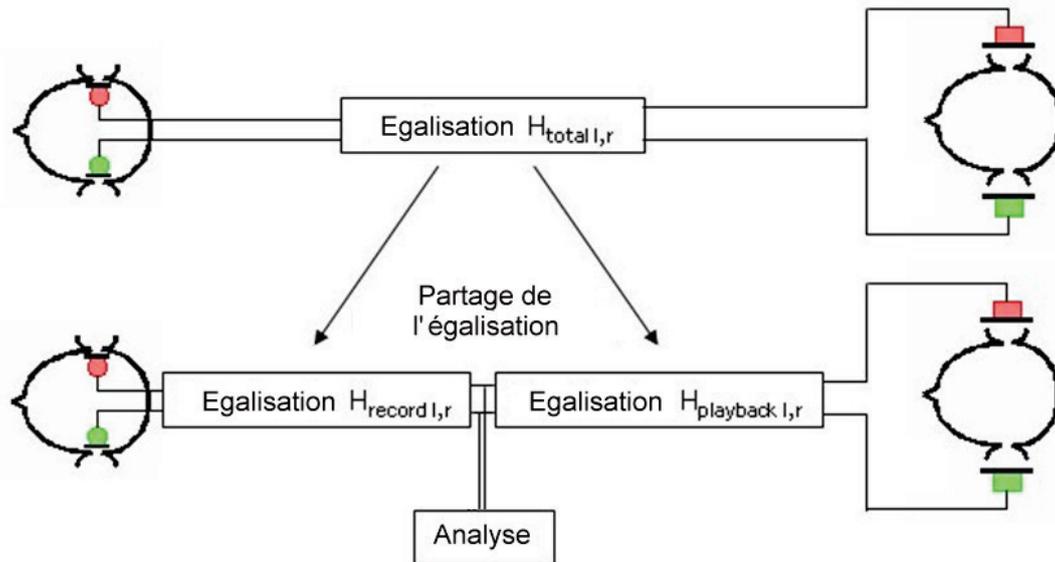


Figure 6 : Partage de l'égalisation en deux niveaux distincts pour l'analyse

Si l'on veut garantir que le signal présent à l'interface corresponde à celui d'un enregistrement conventionnel réalisé avec un microphone, on dispose de différentes égalisations sur l'entrée  $H_{\text{record}}$  pour différents champs sonores. La tête artificielle de HEAD acoustics propose les trois égalisations suivantes : FF (Libre), DF (Diffus) et ID (Indépendant de la direction). Pour que chaque égalisation sur le signal d'entrée  $H_{\text{record}}$  associée à l'égalisation sur le signal de sortie  $H_{\text{playback}}$  donne l'égalisation globale  $H_{\text{total}}$ , il existe autant d'égalisations sur le signal de sortie que d'égalisations sur le signal d'entrée. L'égalisation sur la sortie  $H_{\text{playback}}$  doit égaliser l'égalisation sur l'entrée  $H_{\text{record}}$  et créer l'égalisation globale  $H_{\text{total}}$  pour obtenir une reproduction audioconforme.

C'est en effet le seul moyen de garantir que les mêmes signaux soient fournis au tympan de l'auditeur lorsqu'il écoute un enregistrement réalisé avec une tête artificielle, comme s'il se trouvait lui-même dans le champ sonore d'origine.

Le champ libre comme le champ diffus sont des champs sonores dont les conditions sont définies avec exactitude, mais que l'on rencontre cependant rarement dans la pratique. C'est la raison pour laquelle HEAD acoustics a mis au point l'égalisation ID et l'a faite breveter. Dans le signal de la tête artificielle, elle ne filtre que les portions de la fonction de transfert qui sont causées par des résonances et qui sont indépendantes de la direction. Les égalisations FF et DF éliminent aussi les portions dépendant de la direction du signal. Contrairement aux égalisations FF et DF qui ont été déterminées par des mesures élaborées, l'égalisation ID est basée sur des calculs mathématiques.

La figure 7 représente sous forme schématique la méthode de base pour déterminer l'égalisation FF :

Pour déterminer l'égalisation en champ libre pour une tête artificielle, celle-ci est placée dans un champ libre, un bruit blanc étant rejoué en incidence frontale. L'essai est à nouveau réalisé en remplaçant la tête artificielle par un microphone de mesure. Les deux spectres résultant de ces deux essais, celui de l'enregistrement réalisé avec la tête artificielle et celui réalisé avec le microphone, sont soustraits l'un à l'autre. On obtient alors un filtre d'égalisation FF permettant de filtrer un enregistrement réalisé avec une tête artificielle dans les conditions de champ sonore

données pour qu'il corresponde à un enregistrement réalisé avec le microphone. L'égalisation ne fonctionne bien sûr correctement que si les conditions de champ sonore données sont remplies. Tout autre condition de champ sonore ou d'incidence doit être soumise à une autre égalisation.

L'égalisation FF permet donc d'égaliser un enregistrement réalisé avec une tête artificielle, en champ libre et en incidence frontale, de manière à ce que le signal de la tête artificielle soit comparable à celui de l'enregistrement correspondant réalisé avec un microphone. De même, l'égalisation DF permet d'égaliser un enregistrement réalisé avec une tête artificielle, en champ diffus et en incidence multidirectionnelle. Pour les champs sonores ne correspondant ni à un champ diffus ni à un champ libre, il est recommandé d'utiliser l'égalisation ID. Le fait d'utiliser une égalisation inappropriée, c'est-à-dire une égalisation qui ne corresponde ni aux conditions de champ sonore ni à l'incidence, fausse le signal enregistré.

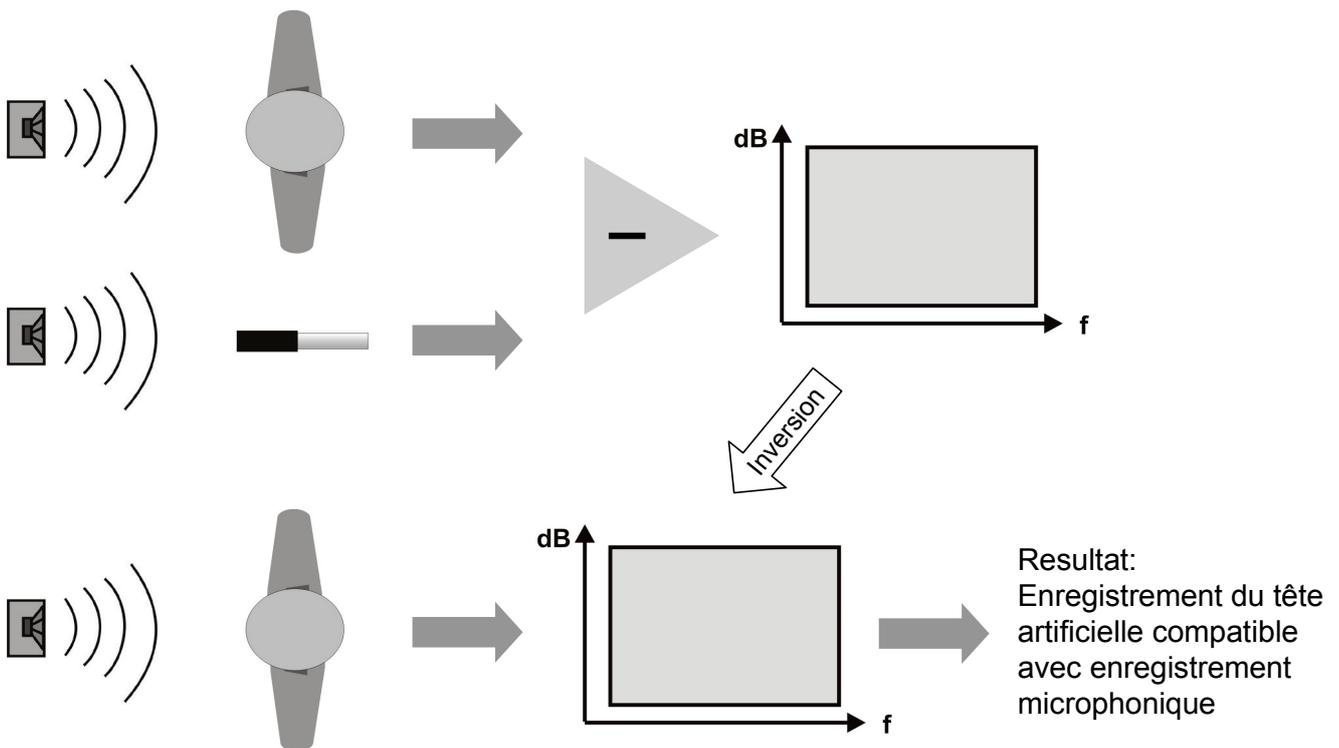


Figure 7 : Mesure visant à déterminer l'égalisation en champ libre (simplifiée)

Un signal de tête artificielle incorrectement égalisé n'est pas comparable à un signal de microphone et entraîne des interprétations erronées lors de l'analyse.

La figure 8 montre une comparaison de l'allure de la fréquence des trois courbes d'égalisation.

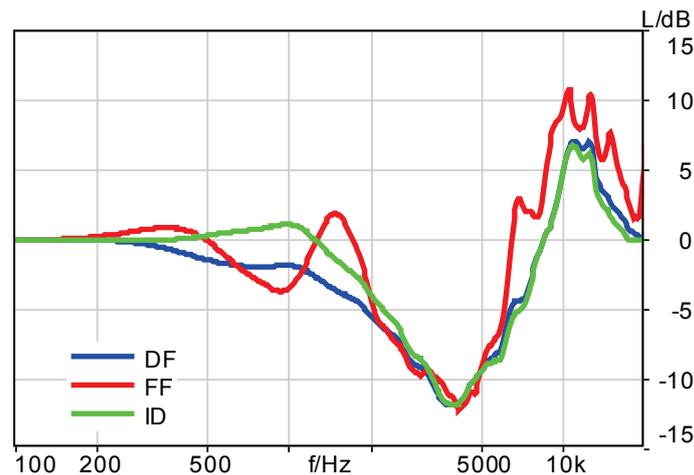


Figure 8 : Allure de la fréquence des différentes fonctions d'égalisation

Un enregistrement réalisé avec une tête artificielle avec une égalisation sur le signal d'entrée adaptée est comparable à un enregistrement classique réalisé avec un microphone et peut être analysé avec un logiciel d'analyse de signal usuel comme ArtemiS.

## Analyse d'un enregistrement réalisé avec une tête artificielle

La différence existant entre un enregistrement réalisé avec une tête artificielle correctement égalisé et un enregistrement réalisé avec un microphone est bien sûr que le premier est une mesure à deux voies et que le deuxième ne donne qu'une mesure à une voie. Pour simplifier l'analyse de l'enregistrement réalisé avec une tête artificielle, l'utilisateur moyenne souvent les deux voies de la tête artificielle, bien qu'il soit rarement judicieux de le faire.

Dans la pratique, les enregistrements réalisés avec une tête artificielle sont en fait des signaux dichotiques, c'est-à-dire que les signaux des deux oreilles sont différents. Ces signaux différents ne sont pas toujours simplement moyennés lorsque le cerveau humain perçoit le son. Des essais visant à évaluer la nuisance sonore de signaux dichotiques ont montré que la gêne ressentie augmentait lorsque les différences de niveaux interaurales augmentaient aussi. Avec d'autres aspects acoustiques aussi, la moyenne arithmétique ne représente pas forcément l'impression acoustique générale car son calcul peut avoir pour conséquence que la valeur négative d'une des voies soit supprimée par la valeur positive de l'autre voie (voir aussi l'exemple d'application contenu en annexe). Ceci ne correspond cependant pas toujours au traitement et à la perception du son dans le cerveau humain.

C'est pourquoi il est recommandé de toujours commencer par analyser les deux voies lorsque l'on réalise l'analyse de signaux enregistrés avec une tête artificielle. Si la comparaison des deux voies montre qu'il n'existe qu'une faible différence, il suffira ensuite de n'analyser qu'une seule des voies. Si l'on constate des différences plus importantes, il peut être utile d'utiliser la voie donnant la plus mauvaise valeur d'analyse (donc par exemple la valeur la plus élevée pour l'analyse de l'acuité) pour réaliser les autres analyses.

Les signaux enregistrés avec une tête artificielle doivent d'autre part toujours être d'abord écoutés pour réaliser l'analyse des signaux. La comparaison de l'impression acoustique avec les résultats de l'analyse des signaux permet de déterminer l'analyse qui rend le mieux l'impression

acoustique. Cette comparaison montre également la voie qui devra faire l'objet d'une attention particulière.

## Enregistrements binauraux réalisés avec d'autres appareils

Il n'est pas toujours possible d'utiliser une tête artificielle pour réaliser un enregistrement binaural. Le bruit présent dans l'habitacle d'un véhicule à l'endroit où se trouve le conducteur ne peut par exemple pas être enregistré avec une tête artificielle pendant le trajet. En effet, seule une personne peut prendre cette place pour pouvoir conduire le véhicule. Le microphone binaural BHM (Binaural Head Microphone) a été mis au point pour ce genre de situation (figure 9).



Figure 9 : Microphone binaural BHM

Cet appareil d'enregistrement est constitué de deux microphones-sondes que le conducteur porte sur sa tête pendant le trajet. Ces deux microphones enregistrent le niveau de pression acoustique présent aux deux oreilles du conducteur à l'aide des sondes. Les modifications nécessaires dans le champ sonore sont alors provoquées par le conducteur au lieu de l'être par la tête artificielle. L'utilisateur obtient ainsi un enregistrement acoustique binaural comparable à un enregistrement réalisé avec une tête artificielle.

Un enregistrement réalisé avec un microphone binaural doit, tout comme un enregistrement réalisé avec une tête artificielle, être égalisé afin qu'il donne la même impression lorsque l'auditeur l'écoute que si celui-ci se trouvait dans le champ sonore d'origine. Pour l'enregistrement réalisé avec un microphone binaural aussi, cette égalisation doit être divisée en une égalisation sur l'entrée et une sur la sortie afin d'obtenir une interface avec la technique de mesure classique. Seule l'égalisation ID est toute fois disponible pour les microphones binauraux, c'est-à-dire que seules les modifications indépendantes de la direction du champ sonore sont égalisées. Pour les autres conditions de champ sonore théoriques, telles que FF ou DF, il est recommandé d'utiliser une tête artificielle. L'égalisation ID pour le microphone binaural se base sur des mesures réalisées avec plusieurs porteurs différents et a été conçue pour qu'un enregistrement réalisé avec un microphone binaural et égalisé avec une égalisation ID soit comparable à un enregistrement réalisé avec une tête artificielle et égalisé avec une égalisation ID. La géométrie différente selon les porteurs de microphone binaural peut entraîner de légères divergences.

Comme avec la tête artificielle, l'égalisation réalisée pour le microphone binaural est, elle aussi, divisée afin de créer une interface par rapport à la technique de mesure classique. Contrairement à la tête artificielle, avec laquelle l'égalisation est réalisée directement par l'intermédiaire

de son système électronique, un enregistrement réalisé avec un microphone binaural BHM de HEAD acoustics est égalisé soit par un égaliseur binaural BEQ, soit par le logiciel d'enregistrement. Veiller à ce que l'égalisation ne soit réalisée qu'une fois afin d'éviter de fausser le timbre de l'enregistrement. Les enregistrements binauraux égalisés peuvent alors être analysés de la même manière qu'un enregistrement réalisé avec une tête artificielle. Le Headset BHS binaural est aussi un appareil de HEAD acoustics permettant de réaliser des enregistrements binauraux. Il s'agit d'une unité d'enregistrement et de reproduction audio binaurale qui peut être raccordée au terminal d'acquisition SQuadriga de HEAD acoustics (figure 10).



Figure 10 : SQuadriga avec BHS

Comme les enregistrements réalisés avec un microphone binaural, ceux réalisés avec un BHS peuvent être égalisés avec une égalisation ID et sont alors comparables à un enregistrement réalisé avec une tête artificielle et égalisé avec une égalisation ID. Les divergences existant entre l'enregistrement réalisé avec le BHS et celui réalisé avec la tête artificielle peuvent cependant être plus importantes que celles existant entre les enregistrements réalisés avec un microphone binaural et ceux réalisés avec une tête artificielle. Ce fait est dû à la différence de construction des appareils et à la manière dont ils sont portés. L'égalisation des enregistrements réalisés avec un BHS est automatiquement effectuée par le terminal d'acquisition SQuadriga, permettant ainsi d'obtenir un enregistrement réalisé avec un BHS correctement égalisé et de pouvoir l'analyser de la même manière qu'un enregistrement réalisé avec une tête artificielle.

## Reproduction audio d'enregistrements binauraux

Lors de la reproduction audio d'enregistrements binauraux, il est important que le niveau de la sortie et l'égalisation sur la sortie soient adaptés aux paramètres configurés lors de l'enregistrement. Comme il a déjà été expliqué plus haut, l'égalisation sur la sortie  $H_{\text{playback}}$  doit être sélectionnée de manière à ce que associée à celle sur l'entrée  $H_{\text{record}}$ , elle corresponde à l'égalisation globale  $H_{\text{total}}$ . Le filtre d'égalisation choisi influence non seulement le niveau de la sortie, mais aussi la répartition spectrale, donc le timbre de l'enregistrement. HEAD acoustics propose un égaliseur programmable (PEQ) pour la reproduction audio d'enregistrements binau-

raux (figure 11). Cet égaliseur permet de paramétrer le niveau correct et l'égalisation adaptée pour la reproduction audio. Il dispose d'autre part de filtres qui permettent de compenser d'éventuelles variations des caractéristiques de transfert du casque. Ces filtres sont fabriqués individuellement pour les casques livrés avec le PEQ. Il dispose également de filtres standards pour d'autres types de casques.



Figure 11 : PEQ V avec casque électrodynamique HD IV.1

## Sélection de l'égalisation sur la sortie

L'égaliseur programmable est programmé avec tous les filtres nécessaires à l'égalisation sur la sortie  $H_{\text{playback}}$ , afin que l'enregistrement binaural soit correctement égalisé et que l'impression acoustique soit comparable au champ sonore d'origine. Il est possible de régler l'égalisation sur la sortie sur le PEQ de manière manuelle ou automatique. Le PEQ IV a besoin de données HMS<sup>1</sup> pour le réglage automatique. Son successeur, le PEQ V, n'en a, lui, plus besoin, il peut être télécommandé par l'intermédiaire de l'interface USB.

Lorsque la reproduction audio est réalisée avec le logiciel d'analyse ArtemiS, il est possible de transmettre des données HMS au PEQ. Pour cela, ouvrir la page de propriétés via l'option « Settings » (Paramètres) dans le menu « Options » (voir figure 12). Dès que l'option « Generate HMS/RPM pulse » (Générer impulsion HMS/RPM) est activée, ArtemiS génère des données HMS pour la reproduction audio avec le PEQ. Si le fichier contient des informations relatives à l'égalisation, celles-ci sont utilisées et transmises. Si ces informations n'existent pas, des données HMS sont générées avec l'égalisation sélectionnée sur la ligne « Default Equalization » (égalisation par défaut).

---

<sup>1</sup> Les données HMS contiennent, entre autre, des informations relatives à la plage de réglage et à l'égalisation utilisée pour l'enregistrement.

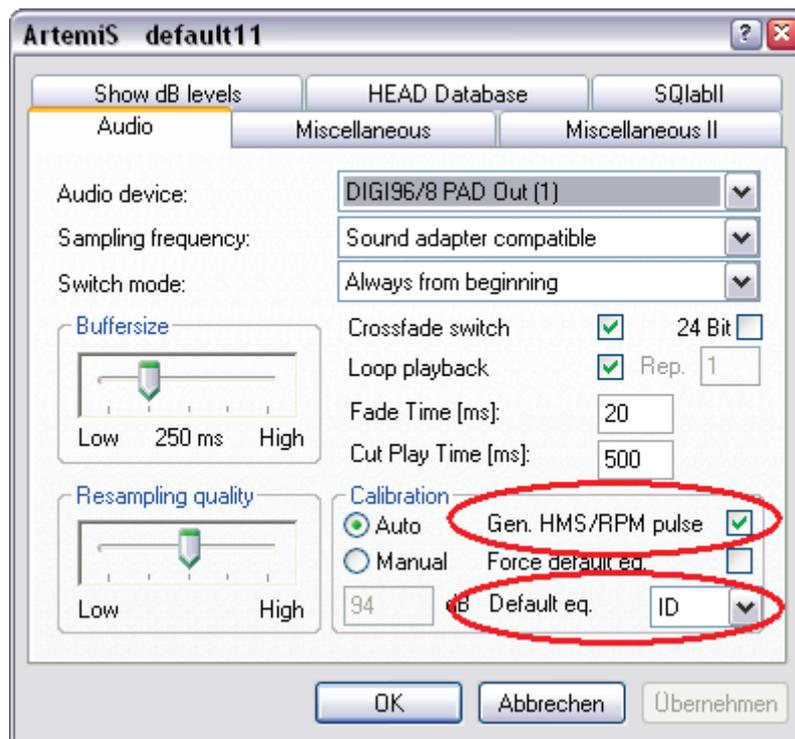


Figure 12 : Page de propriétés permettant, entre autre, de définir l'utilisation de données HMS

### Sélection du niveau de la sortie pour les enregistrements réalisés avec une tête artificielle

Outre les paramètres corrects d'égalisation, le choix du niveau de la reproduction audio est également déterminant si l'on veut réaliser une reproduction correcte et calibrée. La plage de réglage est fixe pour les enregistrements réalisés avec une tête artificielle – par étapes de 10 dB (84 dB, 94 dB, etc.). Elle correspond au niveau avec lequel le PEQ doit être réglé pour réaliser une reproduction correcte, elle est sauvegardée dans le fichier et peut être transmise au PEQ pour qu'il se règle automatiquement sur la valeur. Si l'on utilise un PEQ IV, il est de plus nécessaire d'activer dans ArtemiS l'option « Generate HMS/RPM pulse » déjà citée afin de générer les données HMS requises pour que le PEQ IV se règle automatiquement. Le PEQ V n'a plus besoin de ce type de données et se règle correctement par l'intermédiaire de l'interface USB dès qu'il se trouve en mode « Auto », même si l'option « Generate HMS/RPM pulse » est désactivée.

Comme pour l'égalisation, il est également possible avec le PEQ IV et le PEQ V de régler et de modifier le niveau de manière manuelle. Penser alors que, si les paramètres sont incorrects, la reproduction audio n'aura pas lieu avec le niveau d'origine. Pour réaliser une reproduction audio correcte d'enregistrements réalisés avec une tête artificielle, le PEQ doit être réglé sur le niveau correspondant à celui de la plage de réglage.

### Sélection du niveau de la sortie pour les enregistrements réalisés avec un BHM

La plupart du temps, la reproduction audio d'un enregistrement réalisé avec un BHM se fait, elle aussi, par l'intermédiaire du logiciel d'analyse ArtemiS, d'un PEQ et d'un casque. L'égalisation ID étant la seule disponible pour les enregistrements réalisés avec un BHM, le PEQ doit toujours être paramétré sur ID pour la reproduction audio. Le réglage du niveau du PEQ doit correspondre à la plage de réglage de l'enregistrement. Selon sa configuration, un enregistrement réalisé avec un BHM peut aussi contenir des données HMS. Si c'est le cas, la plage de réglage

correspond à l'une des étapes de 10 dB connues, le PEQ devant ainsi être aussi réglé sur cette valeur. Ce réglage peut être réalisé manuellement ou automatiquement. Si l'on utilise un PEQ IV, le paramétrage automatique de l'option « Generate HMS/RPM pulse » doit être activé.

Si ce n'est pas le cas, le PEQ IV doit être manuellement réglé sur la valeur de niveau la plus proche de la plage de réglage de l'enregistrement.

Si les voies de la mesure réalisée avec un BHM ont des plages de réglages différentes, le PEQ doit alors être réglé sur la plage de réglage la plus élevée. La voie ayant la plage de réglage la moins élevée est automatiquement convertie par ArtemiS afin de permettre, pour cette voie aussi, une reproduction audio conforme du niveau.

### Reproduction audio avec SQquadriga et le casque BHS

Le casque BHS étant une unité d'enregistrement et de reproduction, il permet de réaliser directement des enregistrements, comme des reproductions audio. En le combinant au SQquadriga, il permet non seulement de reproduire des enregistrements réalisés avec un BHS, mais aussi d'autres types d'enregistrements binauraux comme par exemple des enregistrements réalisés avec une tête artificielle. Dès que la fonction « Auto » est activée dans le menu de monitoring, le SQquadriga réalise automatiquement le réglage de l'égalisation et du niveau pour la reproduction audio, le tout, pouvant également être réalisé manuellement. Comme pour la reproduction audio réalisée par le PEQ, il faut avec le SQquadriga sélectionner l'égalisation utilisée pour l'enregistrement. Le niveau de la sortie doit être réglé pour qu'il corresponde à la plage de réglage de l'enregistrement.

### Reproduction audio avec une plage de niveau fixe

La figure 12 représente une page de propriétés d'ArtemiS contenant à gauche de l'option « Generate HMS / RPM pulse » la possibilité de régler le niveau de la sortie. Les options « Auto » ou « Manual » y sont disponibles. Toutes les méthodes décrites ci-dessus permettant de paramétrer le PEQ pour reproduire des fichiers binauraux concernent le paramètre « Auto ». La section ci-dessous décrira l'utilisation de l'option « Manual ».

Lorsqu'elle est cochée, la zone se trouvant en dessous est alors activée afin de pouvoir paramétrer un niveau de reproduction audio fixe. Chaque fichier qui sera à partir de ce moment reproduit dans ArtemiS sera automatiquement réglé sur le niveau de reproduction audio qui y est indiqué. Il doit être sélectionné de manière à ce qu'il corresponde aux étapes de 10 dB imposées par les données HMS (84 dB, 94 dB, etc.). Pour permettre une reproduction audio correcte et conforme au niveau, le PEQ doit être paramétré sur la même valeur. Si le PEQ est paramétré sur « Auto », la valeur de ce niveau sera automatiquement paramétrée (avec le PEQ IV, l'option « Generate HMS/RPM pulse » doit en plus être activée). Ce paramétrage peut cependant aussi être réalisé manuellement. Cette fonction permet de reproduire avec ArtemiS des fichiers qui disposent d'une plage de réglage différente et qui ne disposent pas de données HMS. Pour la reproduction audio, une plage de niveau est alors sélectionnée qui sera aussi celle réglée pour le PEQ et avec laquelle tous les fichiers seront reproduits. Ne pas oublier que la plage de niveau doit être suffisamment grande pour éviter toute saturation.

## Annexe : exemple d'application

### Enregistrement réalisé avec un BHM dans l'habitacle d'un véhicule

Le mélange de matériaux réfléchissants et absorbants d'un habitacle de voiture fait qu'il ne s'agit ni d'un champ libre à proprement dit, ni d'un champ diffus. Pour réaliser un enregistrement dans l'habitacle d'une voiture, il est donc recommandé d'utiliser une égalisation ID. Dans l'exemple suivant, on a utilisé un BHM avec une égalisation ID. L'enregistrement a été directement sauvegardé sur le disque dur de l'ordinateur et est à présent disponible avec une égalisation correcte pour être analysé et reproduit.

### Analyse d'un enregistrement réalisé avec un BHM

La figure 13 représente l'analyse FFT vs. temps de l'enregistrement réalisé dans l'habitacle. L'analyse FFT montre nettement que le signal traverse une résonance entre la 8,5<sup>e</sup> et la 13,5<sup>e</sup> seconde. Cette résonance est plus intense dans la voie gauche que dans la droite.

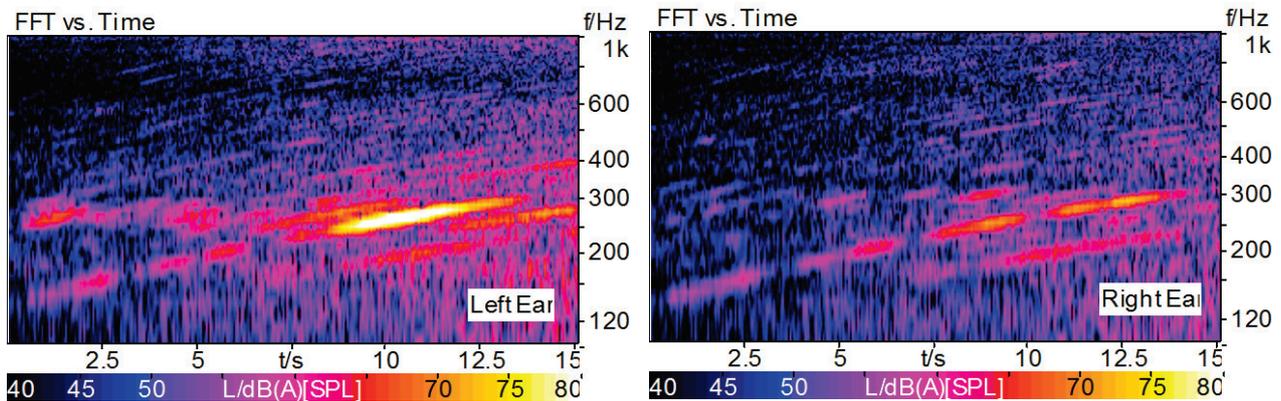


Figure 13 : Analyse FFT vs. temps du bruit d'un habitacle de véhicule

La figure 14 représente le résultat d'une analyse du rapport d'émergence spécifique du bruit de l'habitacle de la figure 13. Cette analyse sert à trouver les composantes tonales d'un signal et à les représenter à l'aide de chiffres. On détermine par exemple pour cela la puissance sur une bande de fréquence d'un tiers d'octave qui sera ensuite rapportée à la moyenne des puissances situées sur les bandes de tiers d'octave voisines. Plus la valeur obtenue est grande, plus le son contient de composantes tonales. L'analyse du rapport d'émergence spécifique se prête bien à la détection des résonances du signal décrite ci-dessus.

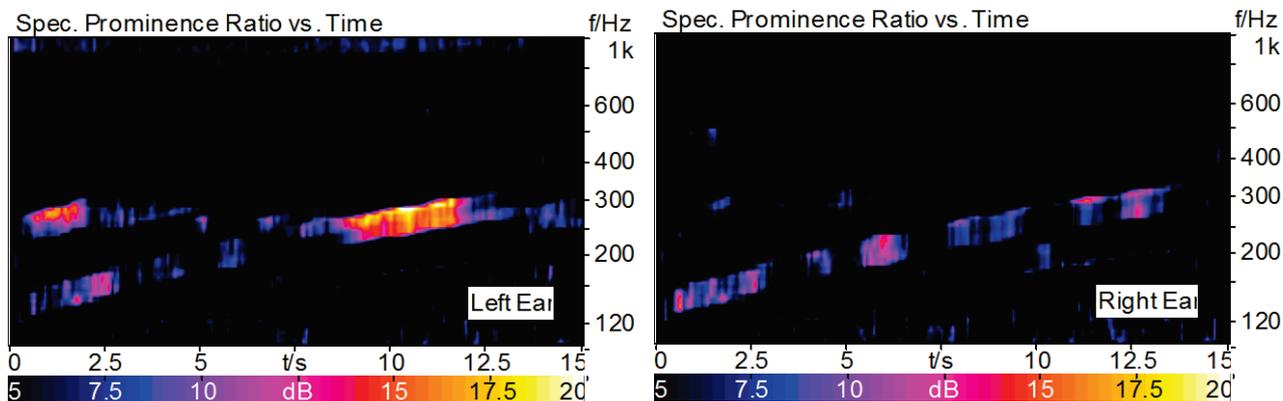


Figure 14 : Analyse du rapport d'émergence spécifique du bruit d'habitable de la figure 13

Cette analyse montre, elle aussi, que la résonance est plus intense dans l'oreille gauche que dans la droite. Le moyennage des deux voies représenté sur la figure 15 montre nettement qu'un moyennage diminue la pertinence de l'analyse. Les composantes tonales apparaissent aussi dans l'analyse moyennée, mais elles sont moins marquées. Il serait donc dans ce cas judicieux d'utiliser la voie gauche pour les analyses de ce type.

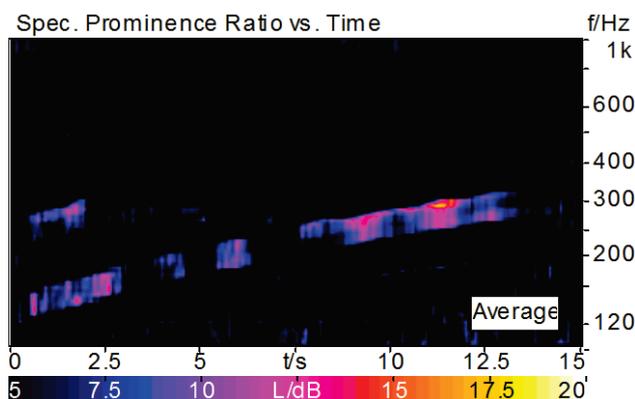


Figure 15 : Valeurs moyennées de l'analyse du rapport d'émergence spécifique de la figure 14

Pour vérifier que les résultats d'analyse correspondent bien à l'impression perçue, il faut écouter le fichier de signaux.

### Reproduction audio d'un enregistrement réalisé avec un BHM

ArtemiS et un PEQ sont utilisés pour reproduire le fichier enregistré avec le BHM dans cet exemple d'application. La plage de réglage de l'enregistrement est paramétrée sur 105,1 dB pour les deux voies. Cette information est contenue dans l'info des données (en anglais « Dataset Information ») et peut être lue par ArtemiS (voir figure 16).<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Pour appeler le dialogue ci-dessus, vous devez appuyer sur la touche [Maj] et cliquer simultanément sur le bouton « Dataset Info » situé sur la page de propriétés du signal temporel.

Ch	Abb.	Name	Title	Sampling rate	Range(rms)	Unit	Quantity	Calibration	Headroom	Emphasis	Equalization
1	BL	BHM_L		44100 Hz	7.1841	Pa	pressure	105.1	6	<input type="checkbox"/> on/off	ID
2	BR	BHM_R		44100 Hz	7.2071	Pa	pressure	105.1	6	<input type="checkbox"/> on/off	ID
3	as	accsitz		44100 Hz	7.0987	m/(s^2)	acceleration	11.0	6	<input type="checkbox"/> on/off	Lin
4	al	acclenk		44100 Hz	7.0763	m/(s^2)	acceleration	11.0	6	<input type="checkbox"/> on/off	Lin

Figure 16 : Information des données d'un enregistrement réalisé avec un BHM

Lorsque l'option « Auto » est sélectionnée dans la section « Calibration » de la page de propriétés « Paramètres audio », plusieurs possibilités sont disponibles pour reproduire le fichier de manière correcte :

- Reproduction audio avec des données HMS via un PEQ IV : si l'option « Generate HMS/RPM pulse » est activée, les informations du fichier relatives au niveau et à l'égalisation sont transmises sous forme de données HMS au PEQ IV lors la reproduction audio. Lorsque le PEQ est paramétré sur « Auto », le réglage correct est réalisé automatiquement par étapes de 10 dB (84 dB, 94 dB, etc.). Dans l'exemple, avec une plage de réglage de 105,1 dB, le PEQ se réglerait automatiquement sur la plage supérieure, donc celle de 114 dB, et l'égalisation ID. Pour que l'intensité sonore de la reproduction audio ne soit pas trop élevée, ArtemiS adapte le réglage.
- Reproduction audio sans données HMS via un PEQ IV : lors de la reproduction audio sans données HMS, donc lorsque l'option « Generate HMS/RPM pulse » est désactivée, le niveau ne doit pas être paramétré sur une étape de 10 dB correspondant aux données HMS. Le PEQ sera paramétré manuellement sur le niveau au nombre entier le plus proche de la plage de réglage, dans l'exemple sur 105 dB.
- Reproduction audio via PEQ V (via USB) : le PEQ IV n'a plus besoin de données HMS pour le réglage automatique. Si le PEQ V est paramétré sur « Auto », la reproduction audio se fait alors soit dans les étapes de 10 dB connues (lorsque l'option « Generate HMS / RPM pulse » est activée), soit avec le niveau au nombre entier le plus proche de la plage de réglage (lorsque l'option « Generate HMS / RPM pulse » n'est pas activée). Dans les deux cas, la plage de réglage du fichier est convertie par ArtemiS afin de réaliser une reproduction audio conforme au niveau.

Avez-vous une question à poser à l'auteur de cet article ? Écrivez-nous : [imke.hauswirth@head-acoustics.de](mailto:imke.hauswirth@head-acoustics.de).

Nous serons heureux de prendre connaissance de vos réactions !

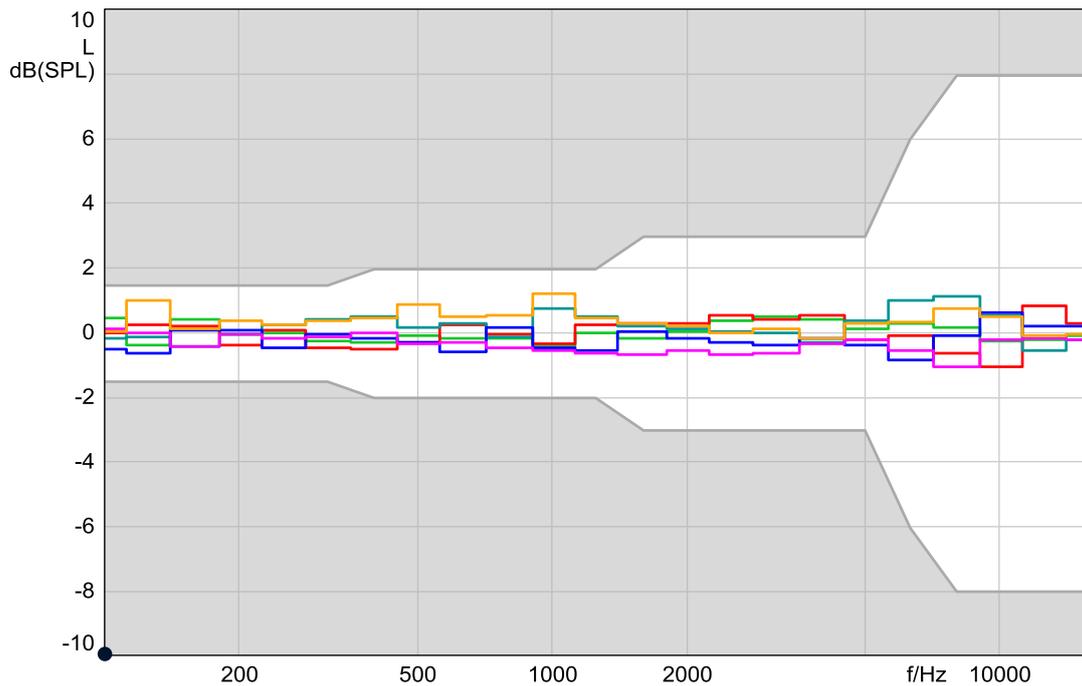
## Comparabilité d'enregistrements réalisés avec les systèmes de mesure d'HEAD acoustics

1. Comparabilité de mesures réalisées avec différentes têtes artificielles	1
2. Comparabilité de mesures réalisées avec des microphones binauraux	3
2.1 Comparabilité de mesures réalisées avec un microphone binaural (BHM) porté par des personnes différentes	3
2.2 Comparabilité entre des mesures réalisées avec une tête artificielle et avec un BHM	4
3. Comparabilité de mesures réalisées avec un HEAD Seat Mount IV et avec un HEAD Torso Box IV	5
4. Comparabilité de mesure effectuées avec le BHS I (Binaural Headset I relié à un SQuadriga I)	7
5. Comparabilité des mesures réalisées avec un BHS II (Binaural Headset II sur l'entrée BHS du SQuadriga II)	9

### 1. Comparabilité de mesures réalisées avec différentes têtes artificielles

Les mesures réalisées à l'aide de têtes artificielles à des fins de comparaison ne doivent pas toujours forcément l'être avec le même système. La tête artificielle HMS III étant un système d'enregistrement calibré, les enregistrements réalisés avec des têtes différentes mais dans des conditions d'enregistrement exactement identiques peuvent toujours être comparés.

Pour vérifier cette comparabilité, nous avons réalisé des enregistrements de la même source de bruit dans un champ diffus avec six têtes artificielles HMS III issues de différentes années de production. La figure 1.1 représente les différences existant entre les différents enregistrements et la valeur moyenne de tous les enregistrements (chacune uniquement pour la voie gauche de la tête artificielle). L'analyse tiers d'octave de ces différences montre que les comportements en fréquence de différentes têtes artificielles HMS III sont très similaires et donc que les mesures enregistrées avec différents systèmes sont comparables. Les différences se situent jusqu'à 500 Hz dans une marge de tolérance de +/- 1 dB et de +/- 1,5 dB au-delà.



**Figure 1.1 :** Comparaison de la fonction de transfert de six têtes artificielles différentes (différence des voies gauches avec la moyenne); les zones en gris indiquent les limites de tolérance en champ libre selon IEC 959

Avec des valeurs inférieures à 200 Hz, il se peut que certaines différences soient provoquées par la manière dont la mesure est organisée et non par les différences existant entre les têtes artificielles. Pour déterminer ces tolérances, la position de la mesure doit absolument être identique pour toutes les têtes. Si ce n'est pas le cas, une comparaison des enregistrements ne montrerait alors que l'homogénéité ou l'inhomogénéité du champ sonore et non les différences de comportement fréquentiel entre les têtes.

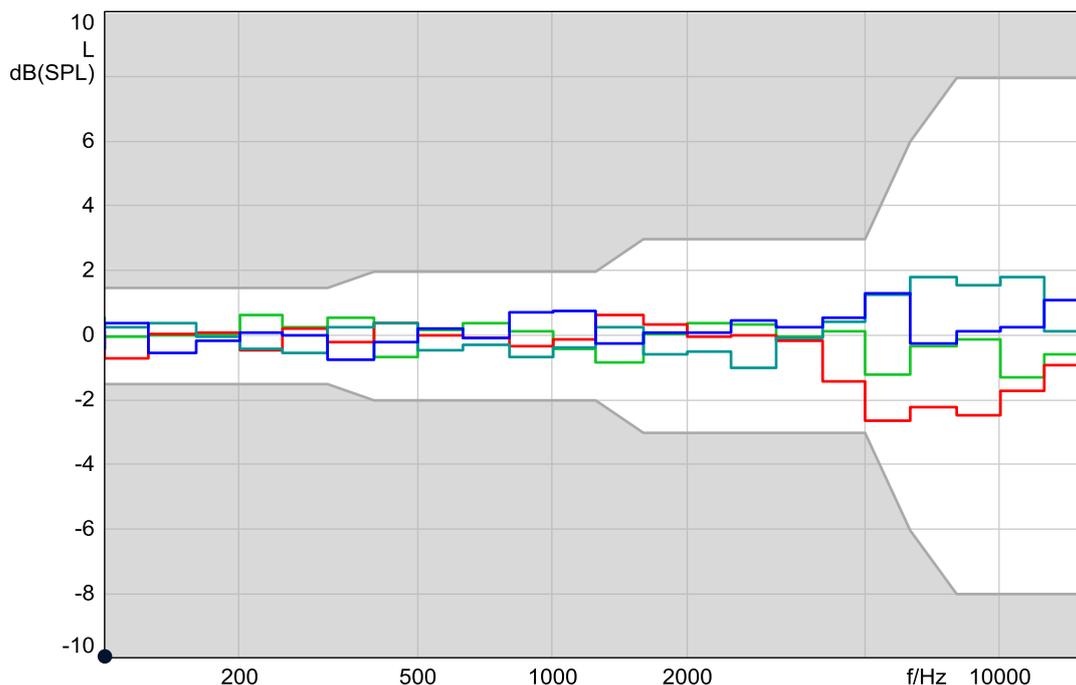
Les mannequins acoustiques de la quatrième génération (HMS IV.0 et HMS IV.1) respectent les mêmes tolérances, étant donné que la production des pièces déterminantes de la fonction de transfert, comme la tête, les épaules et la forme de l'oreille respectent exactement les mêmes variations que pour la HMS III. De plus, les conditions de base et les standards de qualité lors de la mesure des têtes artificielles HMS IV sont identiques à celles de la HMS III.

## 2. Comparabilité de mesures réalisées avec des microphones binauraux

### 2.1 Comparabilité de mesures réalisées avec un microphone binaural (BHM) porté par des personnes différentes

La figure 2.1 représente les différences existant entre quatre enregistrements réalisés avec un microphone binaural, chacun par rapport à la valeur moyenne de tous les enregistrements. Ceux-ci ont été réalisés par un microphone binaural porté par quatre personnes différentes dans un environnement réfléchissant (mélange d'onde sonore et de réflexions). Ces personnes se tenaient pour le test une position précise d'un champ sonore donné. Le diagramme montre que les courbes inférieures à 5 kHz ne sont que très légèrement différentes. Les différences deviennent plus grandes au-delà d'une fréquence de 5 kHz pour atteindre env. 5 dB. Elles sont dues aux différentes statures des personnes portant le microphone binaural. De faibles différences dans la physiologie des personnes modifient les fonctions de transfert et donc les enregistrements.

En outre, la position du microphone binaural sur la tête de celui qui le porte et la position de ce dernier influencent les mesures de manière considérable. On en déduit que la personne portant le microphone binaural doit veiller à le porter exactement de la même manière pendant toutes les mesures pour permettre une comparabilité optimale. De plus, il est très important de vérifier la position du microphone binaural dans le champ sonore et de la garder constante si des personnes différentes portent le microphone binaural.



**Figure 2.1 :** Comparaison de mesures réalisées avec un microphone binaural porté par quatre personnes différentes (chaque courbe représente la différence de la voie droite d'une mesure sur une personne avec la moyenne) Les zones en gris indiquent les limites de tolérance pour une tête artificielle en champ libre selon IEC 959

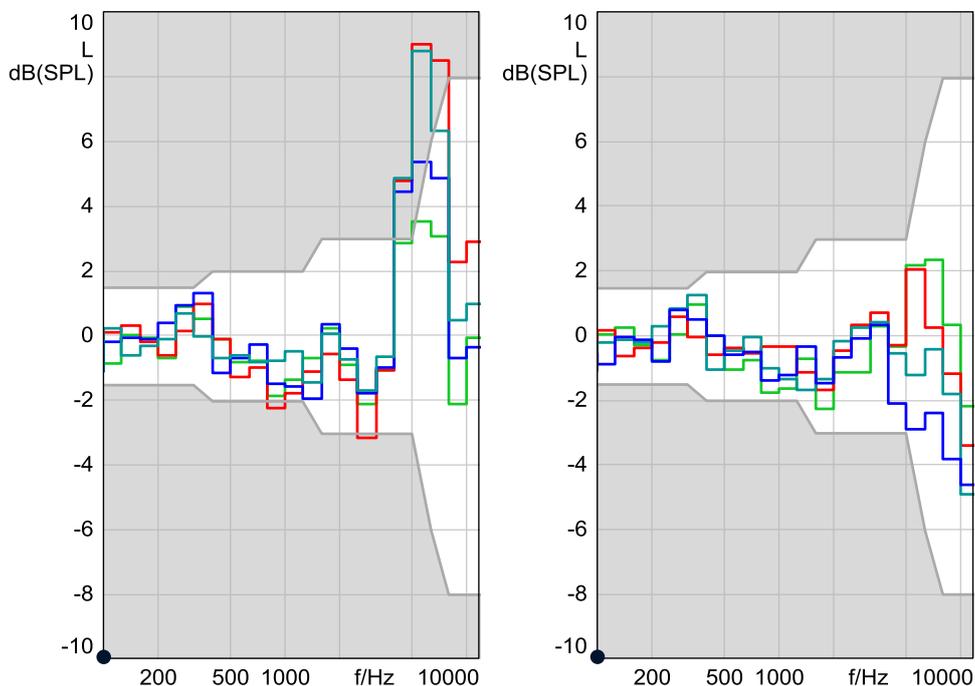
En raison de résonances existant dans un habitacle de voiture, le champ sonore peut avoir des fréquences et des niveaux très différents de manière locale. Lors d'une mesure acoustique au cours de laquelle un microphone binaural est porté par deux personnes de taille très différente et qui ne vérifient pas la position des microphones, des répartitions différentes de fréquence peuvent apparaître. Ceci ne signifie cependant pas que ces mesures ne peuvent pas être comparées. Lorsqu'il est correctement utilisé, le microphone binaural permet de réaliser des mesures pouvant être reproduites.

**2.2 Comparabilité entre des mesures réalisées avec une tête artificielle et avec un BHM**

Les mesures réalisées avec un microphone binaural ne peuvent être comparées à des mesures réalisées avec une tête artificielle (HMS III et HMS IV) que si les égalisations ID des microphones binauraux sont ajustées à celles des têtes artificielles HMS III/HMS IV.

On avait l'habitude de réaliser cet ajustage de sorte qu'un microphone binaural placé sur une tête artificielle indique le même comportement de fréquence après l'égalisation ID qu'une tête artificielle HMS III/HMS IV avec une égalisation ID activée. On a constaté au cours du développement postérieur du microphone binaural que cette égalisation ne correspondait pas à la pratique. Au cours des tests habituels, le microphone binaural n'est pas porté par une tête artificielle, mais par des personnes. C'est pourquoi l'égalisation a été revue par nos ingénieurs. Pour cela, on a réalisé des mesures avec plusieurs sujets et calculé une égalisation moyenne qui garantit qu'un enregistrement réalisé avec un microphone binaural et porté par une personne standard idéale, indique le même comportement de fréquence dans un environnement réverbérant qu'une tête artificielle HMS III/HMS IV à égalisation ID.<sup>1</sup>

La figure 3.2 représente des analyses par FFT des différences existant entre les enregistrements réalisés avec un microphone binaural et un enregistrement réalisé avec une tête artificielle à égalisation ID. Le BHM a été porté par 4 personnes différentes (courbes rouge, violet, rose et jaune). Les courbes du diagramme de gauche représentent les différences entre les enregistrements effectués avec une tête artificielle et un BHM, et égalisés avec l'ancienne égalisation ID. Les courbes du diagramme de droite représentent les mêmes mesures effectuées avec la nouvelle égalisation améliorée. Les mesures BHM correspondent mieux aux mesures de la tête artificielle de référence, lorsque la nouvelle égalisation est utilisée : les différences calculées sont plus faibles et les tolérances ne sont plus dépassées.



**Figure 3.2 :** Différences entre enregistrement réalisé avec une tête artificielle et un BHM en utilisant l'ancienne égalisation du BHM (diagramme de gauche) et la nouvelle (diagramme de droite) ; les zones en gris indiquent les limites de tolérance pour une tête artificielle en champ-libre selon IEC 959

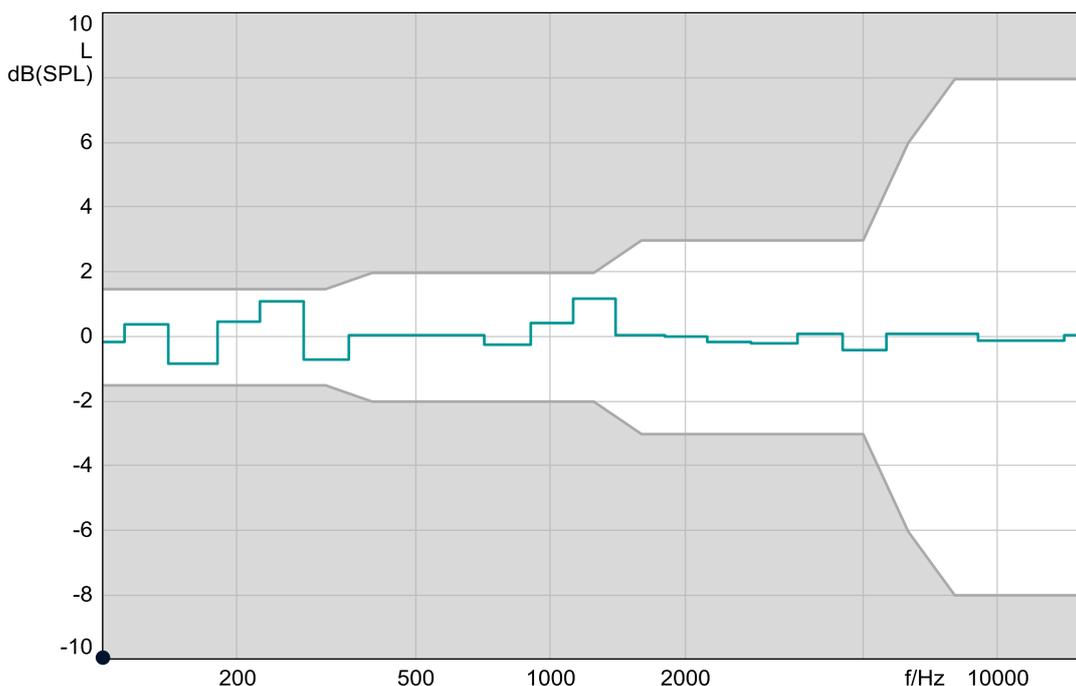
<sup>1</sup> La nouvelle égalisation a été livrée avec les microphones binauraux à partir d'octobre 2002.

### 3. Comparabilité de mesures réalisées avec un HEAD Seat Mount IV et avec un HEAD Torso Box IV

Pour démontrer la comparabilité de mesures au cours desquelles une tête artificielle HMS III a été montée sur un HEAD Seat Mount IV (HSM IV) avec des mesures au cours desquelles une tête a été fixée sur un HEAD Torso Box IV (HTB IV), nous avons réalisé des mesures organisées de la manière suivante.

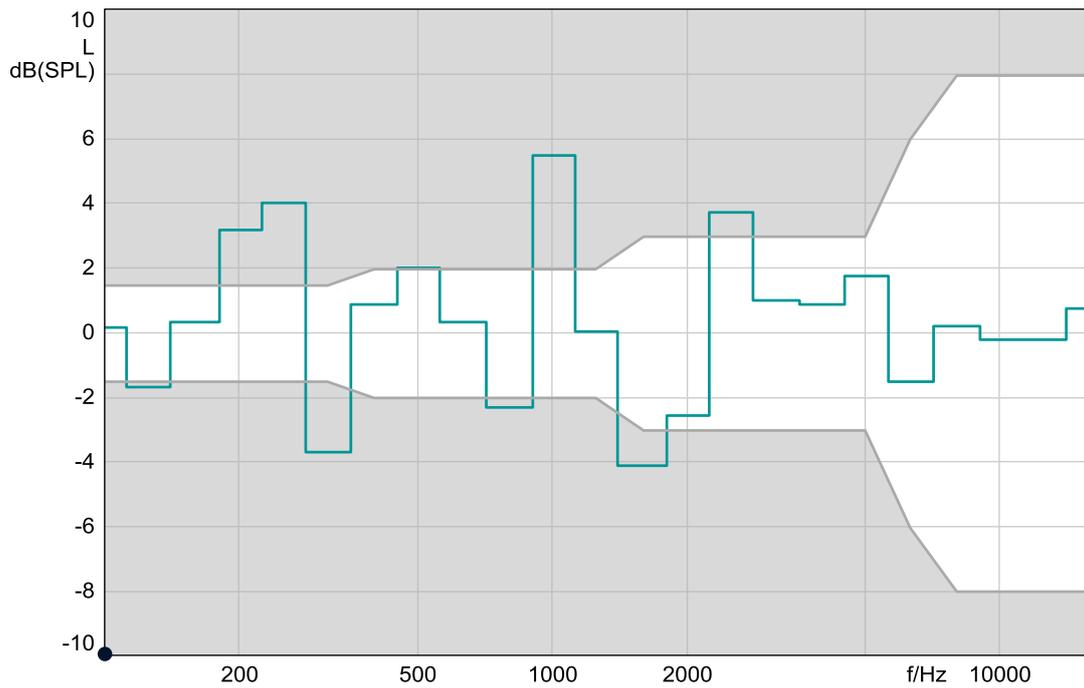
L'habitacle d'une voiture a été sonorisé pendant 10 secondes avec un bruit d'habitacle de voiture enregistré lors d'un test automobile à 150 km/h. Une HMS III a été fixée sur un HTB IV et placée sur le siège du passager. Le bruit de l'habitacle a ensuite été enregistré. La tête était alors réglée sur une égalisation ID se prêtant de manière idéale à l'habitacle d'une voiture. La position exacte de la tête dans le champ sonore devait être déterminée avant de réaliser la mesure de comparaison avec la HMS III sur un HSM IV. On réalisa ensuite la mesure de comparaison pour laquelle la tête artificielle avait été placée sur le HSM IV et à la même position dans l'habitacle de la voiture. Toutes les configurations de la tête artificielle telles que l'égalisation ID furent maintenues sans être changées. Une mesure du bruit de l'habitacle fut alors réalisée avec la même structure d'essai.

La figure 3.1 montre la différence entre les spectres tiers d'octave des deux enregistrements. On reconnaît nettement que les divergences existant entre les deux enregistrements sont très faibles. On en trouve seulement aux alentours de 300 Hz et de 1300 Hz dans le domaine d'1 dB.



**Figure 3.1 :** Comparaison entre une mesure réalisée avec une HMS III sur un HSM IV et une mesure réalisée avec une HMS III sur un HTB IV; les zones en gris indiquent les limites de tolérance pour une tête artificielle en champ-libre selon IEC 959

Avec cette structure, le positionnement de la tête doit être reproduit de manière particulièrement exacte. Si l'on négligeait ce point et que le responsable de l'essai avait travaillé de manière inexacte au positionnement, la comparaison pourrait indiquer de nettes divergences. Pour démontrer ce fait, la figure 3.2 représente une comparaison des deux mesures avec un positionnement intentionnellement incorrect. Cette figure montre clairement qu'un positionnement incorrect de la tête artificielle entraîne d'importantes divergences à partir d'environ 180 Hz.

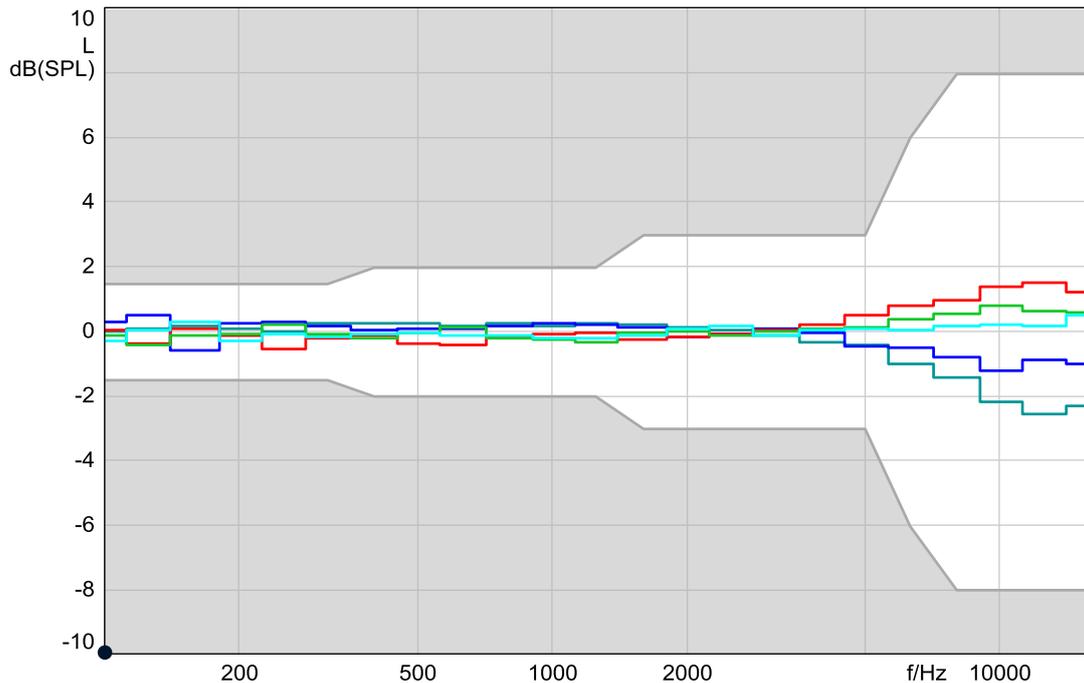


**Figure 3.2 :** Comparaison entre une mesure réalisée avec une HMS III sur un HSM IV et une mesure réalisée avec une HMS III sur un HTB IV sans positionnement précis

Une mesure comparative utilisant un nouveau HTB V ou le HSM V produirait des résultats comparables.

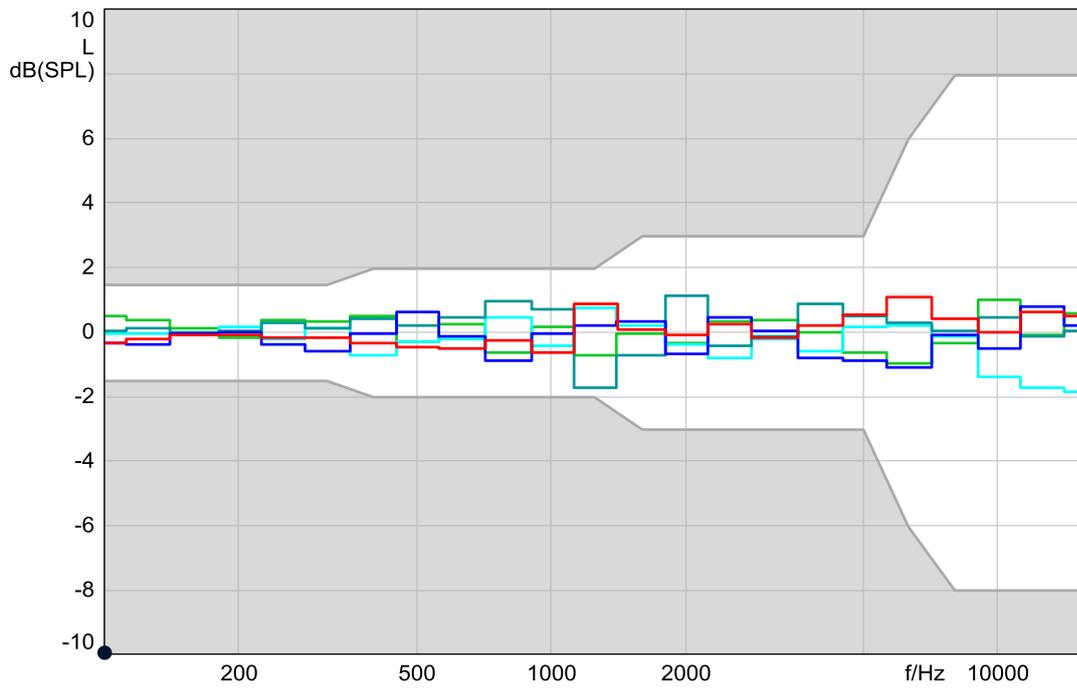
#### 4. Comparabilité de mesure effectuées avec le BHS I (Binaural Headset I relié à un Squadriga I)

La figure 4.1 montre les résultats de l'analyse tiers d'octave de mesures effectuées en champ diffus avec un BHS I. Le diagramme montre les enregistrements de 5 BHS I différents, représentés relativement à la moyenne de ces 5 mesures. Les résultats montrent clairement que les différences entre chacun des BHS I sont très faibles jusqu'à 5 Hz et augmentent pour les fréquences plus élevées. Pour cette mesure, les BHS I étaient positionnés sur une même tête artificielle.



**Figure 4.1:** Comparaison des fonctions de transfert de 5 BHS I différents (différence entre la moyenne et chacune des voies gauche). Les zones en gris indiquent les limites de tolérance pour une tête artificielle en champ-libre selon IEC 959

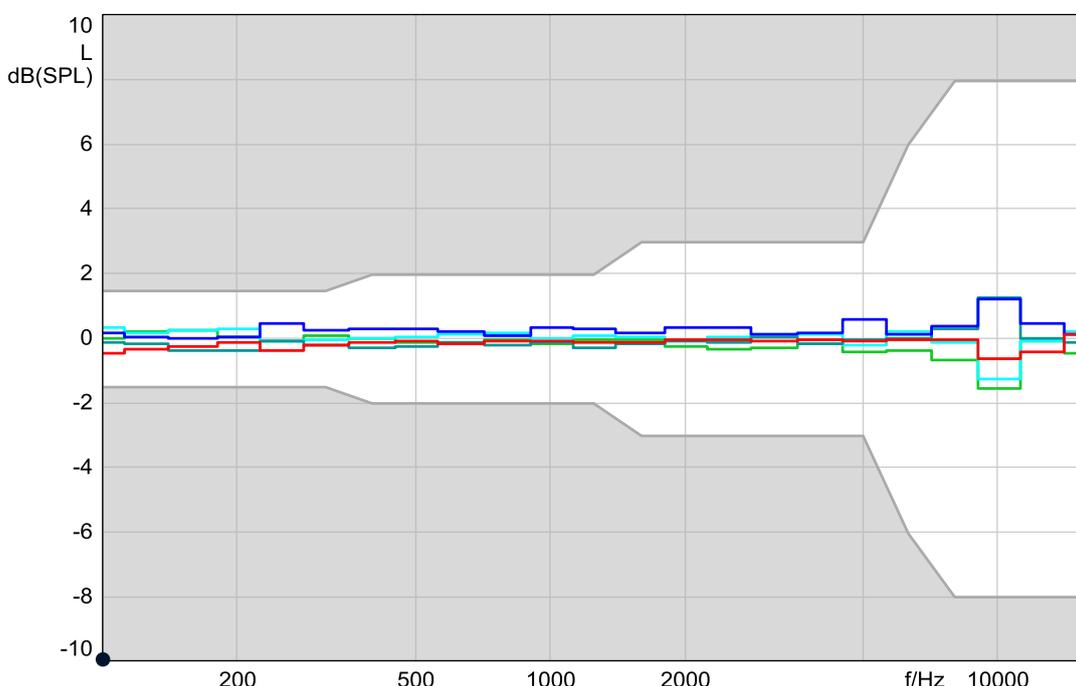
Lorsque le BHS I est porté par différentes personnes, les différences augmentent légèrement. Les différences sont à expliquer par les différences de morphologie des personnes et le positionnement du BHS I sur la tête du porteur. La figure 4.2 correspond à la fonction de transfert d'un même BHS I, porté par 5 personnes différentes dans un environnement similaire à celui d'un bureau. La source de bruit était placée en face de la personne. La figure 4.2 représente la différence des spectres tiers d'octave de ces 5 personnes (voie gauche) relativement à la moyenne des mesures. Les différences sont ici aussi plus faibles pour les basse fréquences que pour les fréquences les plus hautes.



**Figure 4.2:** Comparaison des fonctions de transfert d'un BHS I, porté par 5 personnes différentes (différence entre la moyenne et chacune des voies gauche). Les zones en gris indiquent les limites de tolérance pour une tête artificielle en champ-libre selon IEC 959

### 5. Comparabilité des mesures réalisées avec un BHS II (Binaural Head Set II sur l'entrée BHS du SQuadriga II)

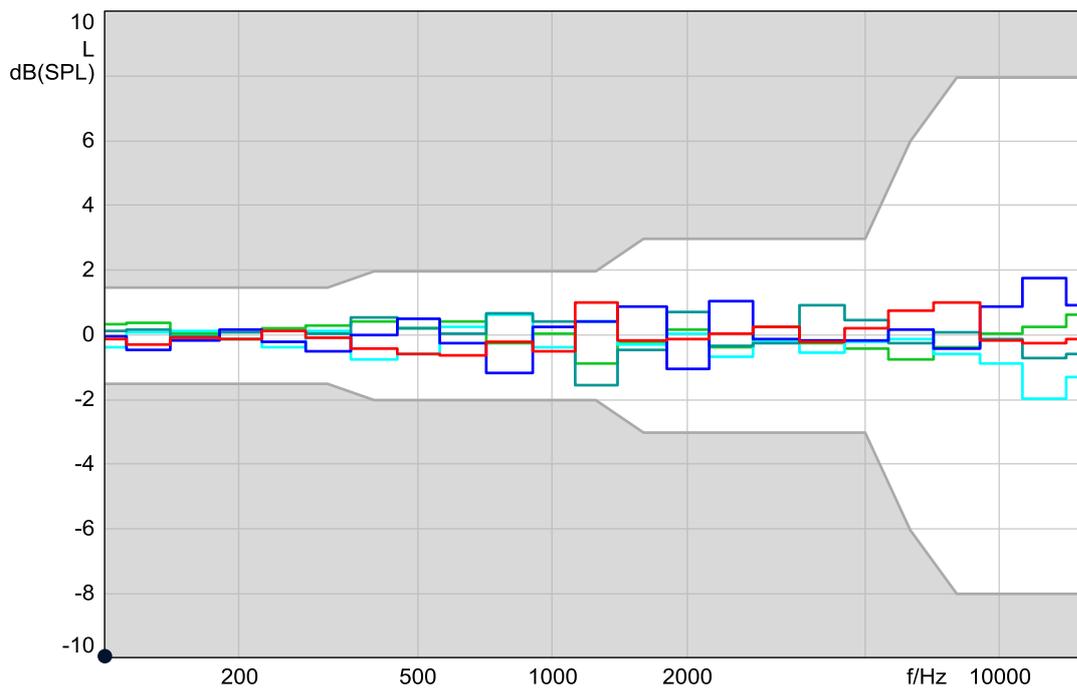
La figure 5.1 représente les résultats de l'analyse du niveau de tiers d'octave des mesures réalisées avec le BHS II qui ont été enregistrés dans le même champ sonore diffus que les mesures réalisées avec le BHS I de la figure 4.1. Le diagramme représente les enregistrements de cinq casques différents, chacun par rapport à la valeur moyenne de ces cinq mesures. Comme pour les mesures réalisées avec le BHS I, les différents BHS II n'ont pas été portés pour ces mesures par des personnes différentes, mais toujours positionnés sur la même tête artificielle. La technique améliorée du BHS II (égalisation individuelle de l'enregistrement pour chaque BHS II) a permis de réduire les différences intervenant entre les courbes par rapport aux résultats des mesures réalisées avec le BHS I (voir figures 4.1 et 5.1).



**Figure 5.1 :** Comparaison des fonctions de transfert de cinq BHS II différents (différence par rapport à la valeur moyenne, voie de gauche) ; les tolérances admissibles selon la norme CEI 959 sont d'autre part indiquées sous forme de courbe grise pour le comportement de transfert d'une tête artificielle en champ libre

La figure 5.2. représente le comportement de transfert d'un BHS II qui a été porté par cinq personnes différentes dans un environnement similaire à celui d'un bureau. La source sonore se trouvait devant ces personnes. Les différences existant par rapport à la valeur moyenne émanant de ces cinq mesures sont représentées sur la figure 5.2. sous forme d'analyse de tiers d'octave (uniquement sur la voie de gauche). La mesure a été réalisée exactement comme les mesures réalisées avec un BHS I pour la figure 4.2.

Les différences existant dans les fonctions de transfert de ces mesures sont causées par les statures différentes des porteurs ainsi que par le positionnement différent sur la tête artificielle et sont les mêmes dans les mesures réalisées avec le BHS II et celles réalisées avec le BHS I. Les différences existant entre les courbes obtenues pour un BHS II (figure 5.2) et pour un BHS I (figure 4.2) sont donc comparables. Ces différences sont, ici aussi, plus faibles à basses fréquences qu'à hautes fréquences.



**Figure 5.2 :** Comparaison des fonctions de transfert d'un BHS II porté par cinq personnes différentes (différence par rapport à la valeur moyenne, à chaque voie de la voie de gauche) ; les tolérances admissibles selon la norme CEI 959 sont d'autre part indiquées sous forme de courbe grise pour la fonction de transfert d'une tête artificielle en champ libre

Avez-vous une question à poser à l'auteur de cet article ?  
 Écrivez-nous : [imke.hauswirth@head-acoustics.de](mailto:imke.hauswirth@head-acoustics.de).  
 Nous serons heureux de lire vos réactions !



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

**UIT-T**

SECTEUR DE LA NORMALISATION  
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
DE L'UIT

**P.57**

(08/96)

SÉRIE P: QUALITÉ DE TRANSMISSION  
TÉLÉPHONIQUE

Appareils de mesures objectives

---

**Oreilles artificielles**

Recommandation UIT-T P.57

(Antérieurement «Recommandation du CCITT»)

---

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE P  
QUALITÉ DE TRANSMISSION TÉLÉPHONIQUE

Vocabulaire et effets des paramètres de transmission sur l'opinion des usagers	P.10-P.29
Lignes et postes d'abonnés	P.300-P.399
Lignes et postes d'abonnés	P.30-P.39
Normes de transmission	P.40-P.49
Appareils de mesures objectives	P.500-P.599
<b>Appareils de mesures objectives</b>	<b>P.50-P.59</b>
Mesures électroacoustiques objectives	P.60-P.69
Mesures de la sonie vocale	P.70-P.79
Méthodes d'évaluation objective et subjective de la qualité	P.800-P.999
Méthodes d'évaluation objective et subjective de la qualité	P.80-P.99

*Pour plus de détails, voir la Liste des Recommandations de l'UIT-T.*

## AVANT-PROPOS

L'UIT-T (Secteur de la normalisation des télécommunications) est un organe permanent de l'Union internationale des télécommunications (UIT). Il est chargé de l'étude des questions techniques, d'exploitation et de tarification, et émet à ce sujet des Recommandations en vue de la normalisation des télécommunications à l'échelle mondiale.

La Conférence mondiale de normalisation des télécommunications (CMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'études à traiter par les Commissions d'études de l'UIT-T lesquelles élaborent en retour des Recommandations sur ces thèmes.

L'approbation des Recommandations par les Membres de l'UIT-T s'effectue selon la procédure définie dans la Résolution n° 1 de la CMNT (Helsinki, 1<sup>er</sup>-12 mars 1993).

La Recommandation révisée UIT-T P.57, que l'on doit à la Commission d'études 12 (1993-1996) de l'UIT-T, a été approuvée le 30 août 1996 selon la procédure définie dans la Résolution n° 1 de la CMNT.

---

### NOTE

Dans la présente Recommandation, l'expression «Administration» est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une administration de télécommunications qu'une exploitation reconnue de télécommunications.

© UIT 1997

Droits de reproduction réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'UIT.

## TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>	
1	Domaine d'application.....	1
2	Objet.....	1
3	Références normatives .....	1
4	Définitions.....	1
5	Types d'oreille artificielle.....	4
5.1	Type 1 – CEI 318.....	4
5.2	Type 2 – CEI 711.....	4
5.3	Type 3.....	7
5.3.1	Type 3.1 – Simulateur de conque inférieure .....	8
5.3.2	Type 3.2 – Simulateur de pavillon simplifié.....	8
5.3.3	Type 3.3 – Simulateur de pavillon .....	13
5.3.4	Type 3.4 – Simulateur de pavillon (simplifié) .....	17
5.4	Etalonnage des oreilles artificielles types 1 et 3.2 .....	17
5.4.1	Essais de contrôle des caractéristiques du simulateur d'oreille occluse CEI 711 (type 3.2 uniquement) .....	17
5.4.2	Réponse en fréquence .....	17
5.4.3	Impédance acoustique d'entrée .....	19
5.5	Contrôle des caractéristiques des oreilles artificielles de types 2, 3.1, 3.3 et 3.4 .....	19
5.6	Conditions climatiques de référence .....	21
5.7	Spécifications générales.....	21
5.8	Fonction de correction DRP – ERP .....	21
Annexe A	– Procédure pratique de détermination de l'impédance acoustique d'entrée des oreilles artificielles.....	21
A.1	Introduction .....	21
A.2	Etalonnage de la sonde d'impédance .....	22
A.2.1	Réponse en fréquence du microphone sonde .....	22
A.2.2	Réponse en fréquence relative du microphone émetteur .....	23
A.2.3	Sensibilité absolue du microphone émetteur en tant que source sonore .....	23
A.3	Etalonnage de l'oreille artificielle.....	24
A.3.1	Détermination de l'impédance acoustique .....	24
A.3.2	Détermination de la sensibilité à la pression acoustique dans des conditions d'oreille fermée .....	24

## RÉSUMÉ

La présente Recommandation spécifie les caractéristiques électroacoustiques des oreilles artificielles aux fins d'utilisation pour les mesures téléphonométriques. Trois dispositifs sont spécifiés: un type pour les mesures dans la bande de base des postes téléphoniques traditionnels, un type pour la mesure des écouteurs à embout et un type reproduisant fidèlement les caractéristiques de l'oreille humaine.

Le dernier type (type 3) est spécifié sous la forme de quatre configurations. La quatrième de celles-ci (type 3.4), nouvelle adjonction de la présente Recommandation, est un simulateur de pavillon simplifié (c'est-à-dire pouvant être décrit de manière géométrique). De plus, les caractéristiques du type 3.2 (simulateur de pavillon simplifié) sont améliorées, compte tenu de l'expérience acquise par le fabricant dans la production en série de ce dispositif.

Une autre amélioration importante ajoutée à cette révision de la présente Recommandation concerne la formulation d'une nouvelle méthode d'étalonnage et la définition des caractéristiques d'impédance d'entrée applicables à l'oreille artificielle de type 1 (CEI 318).



## OREILLES ARTIFICIELLES

(Helsinki, 1993; révisée en 1996)

### 1 Domaine d'application

La présente Recommandation spécifie les oreilles artificielles à usage téléphonométrique. Trois types sont recommandés, représentant les divers types de transducteurs, de géométries et de procédés.

Les méthodes d'utilisation des oreilles artificielles ne font pas partie du domaine d'application de la présente Recommandation mais quelques règles générales sont proposées en matière de force d'application et de positionnement des transducteurs.

### 2 Objet

Trois types d'oreilles artificielles sont définis:

- 1) un type pour les mesures dans la bande de base des postes téléphoniques traditionnels;
- 2) un type pour la mesure des écouteurs à embout;
- 3) un type reproduisant fidèlement les caractéristiques de l'oreille humaine moyenne.

### 3 Références normatives

Les Recommandations et autres références suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Recommandation. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute Recommandation ou autre référence est sujette à révision; tous les utilisateurs de la présente Recommandation sont donc invités à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des Recommandations et autres références indiquées ci-après. Une liste des Recommandations UIT-T en vigueur est publiée régulièrement.

- [1] Publication 318 de la CEI:1970, *Une oreille artificielle de la CEI, à large bande, pour l'étalonnage des écouteurs utilisés en audiométrie.*
- [2] Publication 711 de la CEI:1981, *Simulateur d'oreille occluse pour la mesure des écouteurs couplés à l'oreille par des embouts.*
- [3] Recommandation UIT-T P.79 (1993), *Calcul des équivalents pour la sonie des postes téléphoniques*
- [4] Recommandation UIT-T P.38 (1993), *Caractéristiques de transmission des systèmes téléphoniques d'opératrice.*
- [5] Publication 1260 de la CEI:1995, *Electroacoustique – Filtres de bande d'octave et de bande d'une fraction d'octave.*
- [6] Publication 959 de la CEI:1990, *Simulateur provisoire de tête et de torse pour les mesures acoustiques des appareils de correction auditive à conduction aérienne.*

### 4 Définitions

La présente Recommandation définit les termes suivants:

**4.1 oreille artificielle:** Dispositif destiné à l'étalonnage des écouteurs, comprenant un coupleur acoustique et un microphone étalonné pour la mesure de la pression acoustique, et présentant une impédance acoustique globale semblable à celle de l'oreille humaine moyenne dans une gamme de fréquences donnée.

**4.2 point de référence oreille** (ERP, *ear reference point*): Point virtuel de référence géométrique situé à l'entrée de l'oreille de la personne qui écoute, traditionnellement utilisé pour le calcul des équivalents téléphonométriques pour la sonie.

**4.3 point d'entrée du canal auditif** (EEP, *ear canal entrance point*): Point situé au centre de l'orifice du canal auditif.

**4.4 point de référence tympan (DRP, ear-drum reference point):** Point situé à l'extrémité du conduit auditif, correspondant au plan du tympan.

**4.5 prolongateur de conduit auditif:** Tube cylindrique prolongeant vers la conque le conduit auditif imité par le simulateur d'oreille occluse.

**4.6 simulateur d'oreille:** Dispositif destiné à la mesure de la pression acoustique produite par un écouteur, chargé acoustiquement de manière bien définie, dans un domaine de fréquence spécifié. Il comporte essentiellement une cavité principale, des réseaux de charge acoustique et un microphone étalonné. L'emplacement du microphone est choisi de façon que la pression acoustique sur sa membrane corresponde approximativement à la pression acoustique appliquée au tympan humain.

**4.7 simulateur d'oreille occluse:** Simulateur d'oreille qui imite la partie interne du conduit auditif, depuis l'extrémité d'un embout jusqu'au tympan.

**4.8 simulateur de pavillon:** Dispositif qui possède approximativement la forme et les dimensions d'un pavillon d'une oreille d'adulte moyenne.

**4.9 écouteurs circumauraux:** Ecouteurs qui recouvrent le pavillon et prennent appui sur la surface crânienne périphérique. Le contact avec la tête est normalement assuré par des coussinets élastiques. Les écouteurs circumauraux peuvent entrer en contact avec le pavillon mais sans exercer de pression notable sur celui-ci (voir la Figure 1).

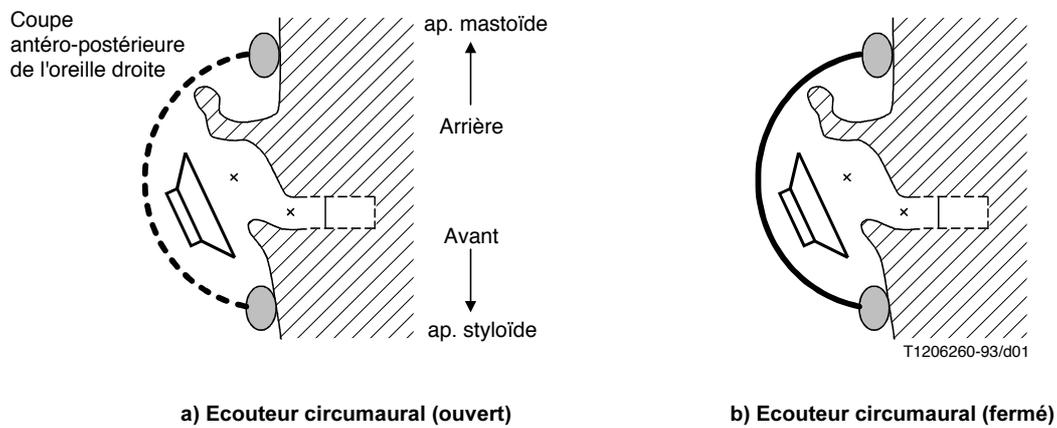


FIGURE 1/P.57

**4.10 écouteurs supra-auraux:** Ecouteurs qui reposent sur le pavillon et ont un diamètre extérieur (ou une dimension maximale) d'au moins 45 mm (voir la Figure 2).

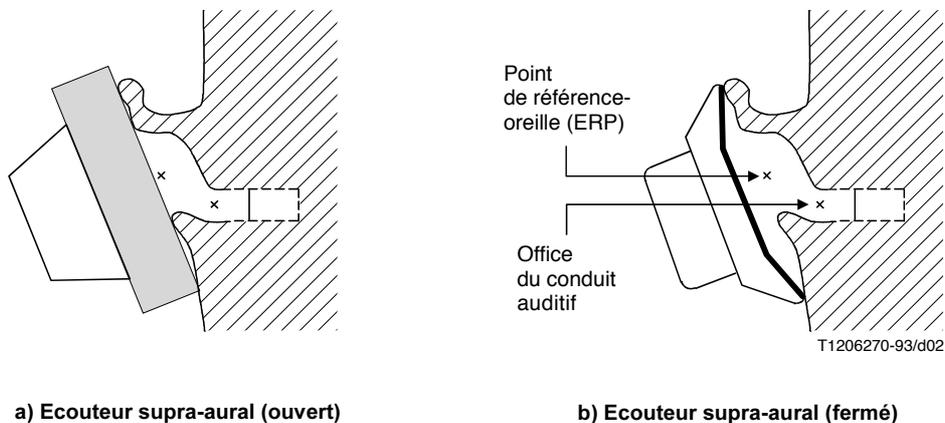


FIGURE 2/P.57

**4.11 écouteurs supraconques:** Ecouteurs destinés à reposer sur l'ourlet (ou hélix) de la conque, qui ont un diamètre (ou dimension maximale) supérieur à 25 mm, mais inférieur à 45 mm (voir la Figure 3).

**4.12 écouteurs intraconques:** Ecouteurs destinés à reposer à l'intérieur de la conque auriculaire. Ils ont un diamètre extérieur (ou dimension maximale) inférieur à 25 mm, mais ne sont pas conçus pour pénétrer dans le conduit auditif (voir la Figure 4).

**4.13 écouteurs à embout:** Ecouteurs destinés à pénétrer partiellement ou complètement dans le conduit auditif (voir la Figure 5).

**4.14 écouteurs acoustiquement ouverts (à couplage dit non hermétique):** Ecouteurs destinés à établir un trajet acoustique entre l'environnement extérieur et le conduit auditif.

**4.15 écouteurs acoustiquement fermés (à couplage dit hermétique):** Ecouteurs destinés à empêcher un quelconque couplage acoustique entre l'environnement extérieur et le conduit auditif.

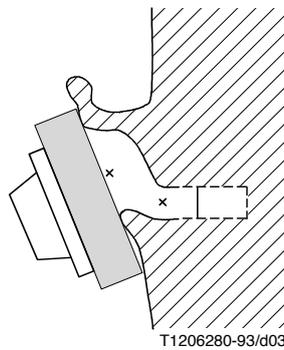
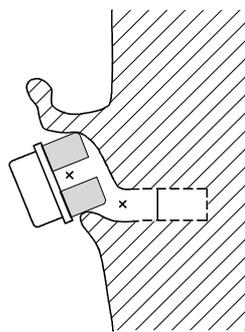
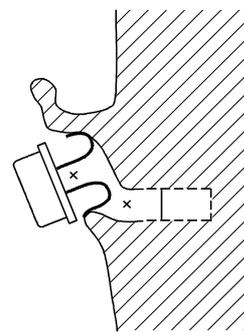


FIGURE 3/P.57  
**Ecouteur supraconque (ouvert)**



a) Ecouteur intraconque (ouvert)



b) Ecouteur intraconque (fermé)

FIGURE 4/P.57

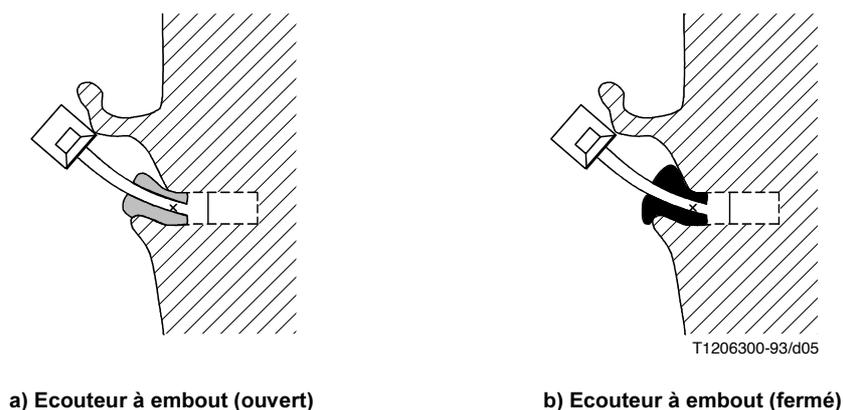


FIGURE 5/P.57

## 5 Types d'oreille artificielle

### 5.1 Type 1 – CEI 318

L'oreille artificielle de type 1 est spécifiée dans la Publication 318 de la CEI [1].

Il est recommandé que l'oreille artificielle de type 1 soit utilisée pour les mesures sur écouteurs supra-auraux et supraconques destinés aux applications à bande passante téléphonique (100 Hz à 4 kHz).

L'impédance acoustique d'entrée et la sensibilité en fréquence de l'oreille artificielle de type 1 sont déterminées par rapport au point de référence oreille ERP tel qu'indiqué au 5.4. Les valeurs nominales de l'impédance et les tolérances correspondantes sont indiquées au Tableau 1.

#### NOTES

- 1 L'oreille artificielle de type 1 ne convient pas pour la mesure des écouteurs à basse impédance acoustique.
- 2 L'oreille artificielle de type 1 est définie de manière à simuler la charge acoustique de l'oreille humaine en conditions d'absence de fuites. Pour les calculs d'équivalent pour la sonie à la réception selon les indications de la Recommandation P.79, il est recommandé de corriger les mesures au moyen des données de correction d'affaiblissement au niveau de l'oreille réelle  $L_E$  indiquées au Tableau 2/P.79.
- 3 Il est recommandé d'utiliser une force d'application comprise entre 5 N et 10 N pour placer les écouteurs contre l'oreille artificielle de type 1. La valeur de la force appliquée lors des mesures doit toujours être spécifiée.

### 5.2 Type 2 – CEI 711

L'oreille artificielle de type 2 est spécifiée dans la Publication 711 de la CEI [2].

Il est recommandé que l'oreille artificielle de type 2 soit utilisée pour les mesures sur écouteurs à embout, aussi bien hermétiques que non hermétiques.

La pression acoustique mesurée par l'oreille artificielle de type 2 est déterminée au point de référence tympan (DRP, *ear-drum reference point*). La fonction de correction indiquée aux Tableaux 2a (mesures à 1/3 d'octave) et 2b (mesures à 1/12 d'octave et sinusoïdales) doit être utilisée pour rapporter les données au point de référence oreille (ERP, *ear reference point*), lorsqu'il est nécessaire de calculer les équivalents pour la sonie ou de vérifier des résultats par rapport à des spécifications fondées sur des mesures rapportées à l'ERP.

NOTE – Pour les calculs d'équivalent pour la sonie à la réception selon les indications de la Recommandation P.79, les corrections d'affaiblissement au niveau de l'oreille réelle  $L_E$  doivent être effectuées tel qu'indiqué dans la Recommandation P.38.

TABLEAU 1/P.57

**Impédance acoustique (Type 1 – CEI 318 oreille artificielle)**

Fréquence	Imp. acoustique	Tolérance	Fréquence	Imp. acoustique	Tolérance
(Hz)	(dB re 1 Pa s/m <sup>3</sup> )	(± dB)	(Hz)	(dB re 1 Pa s/m <sup>3</sup> )	(± dB)
100	145,6	1	950	134,5	1
106	145,3	1	1000	134,0	1
112	145,0	1	1060	133,4	1
118	144,6	1	1120	132,8	1
125	144,3	1	1180	132,2	1
132	144,0	1	1250	131,7	1
140	143,7	1	1320	131,1	1
150	143,4	1	1400	130,6	1
160	143,2	1	1500	130,1	1
170	143,0	1	1600	129,6	1
180	143,0	1	1700	129,4	1
190	142,9	1	1800	129,2	1
200	142,8	1	1900	129,2	1
212	142,9	1	2000	129,3	1
224	142,9	1	2120	129,5	1
236	143,1	1	2240	129,7	1
250	143,2	1	2360	129,8	1
265	143,4	1	2500	129,8	1
280	143,5	1	2650	129,6	1
300	143,7	1	2800	129,2	1
315	143,6	1	3000	128,6	1
335	143,7	1	3150	127,9	1
355	143,6	1	3350	127,0	1
375	143,3	1	3550	125,9	1
400	143,0	1	3750	124,8	1
425	142,7	1	4000	123,2	1
450	142,2	1	4250	121,5	1
475	141,7	1	4500	119,5	1
500	141,3	1	4750	117,1	1
530	140,7	1	5000	114,2	1
560	140,1	1	5300	109,6	1
600	139,4	1	5600	104,7	1
630	138,9	1	6000	109,6	1
670	138,3	1	6300	113,6	1
710	137,6	1	6700	117,0	1
750	137,1	1	7100	119,5	1
800	136,4	1	7500	121,3	1
850	135,7	1	8000	123,2	1
900	135,1	1			

TABLEAU 2a/P.57

**S<sub>DE</sub> – Mesures au 1/3 d'octave**

Fréquence (Hz)	S <sub>DE</sub> (dB)
100	0,0
125	0,0
160	0,0
200	0,0
250	-0,3
315	-0,2
400	-0,5
500	-0,6
630	-0,7
800	-1,1
1000	-1,7
1250	-2,6
1600	-4,2
2000	-6,5
2500	-9,4
3150	-10,3
4000	-6,6
5000	-3,2
6300	-3,3
8000	-16,0
(10 000)	(-14,4)

S<sub>DE</sub> Fonction de transfert du DRP à l'ERP  
 $S_{DE} = 20 \log_{10} (P_E/P_D)$   
où:  
P<sub>E</sub> Pression acoustique à l'ERP  
P<sub>D</sub> Pression acoustique au DRP  
Les valeurs figurant dans ce tableau s'appliquent exclusivement aux mesures au 1/3 d'octave.

TABLEAU 2b/P.57

**S<sub>DE</sub> – Mesures au 1/12 d'octave**

Fréquence (Hz)	S <sub>DE</sub> (dB)						
92	0,1	290	-0,3	917	-1,3	2901	-11,0
97	0,0	307	-0,2	972	-1,4	3073	-10,5
103	0,0	325	-0,2	1029	-1,8	3255	-10,2
109	0,0	345	-0,2	1090	-2,0	3447	-9,1
115	0,0	365	-0,4	1155	-2,3	3652	-8,0
122	0,0	387	-0,5	1223	-2,4	3868	-6,9
130	0,0	410	-0,4	1296	-2,6	4097	-5,8
137	0,0	434	-0,6	1372	-3,1	4340	-5,0
145	0,0	460	-0,3	1454	-3,3	4597	-4,2
154	0,0	487	-0,7	1540	-3,9	4870	-3,3
163	0,0	516	-0,6	1631	-4,4	5158	-2,7
173	-0,1	546	-0,6	1728	-4,8	5464	-2,4
183	-0,1	579	-0,6	1830	-5,3	5788	-2,4
193	0,0	613	-0,6	1939	-6,0	6131	-2,5
205	0,1	649	-0,8	2053	-6,9	6494	-3,3
218	0,0	688	-0,8	2175	-7,5	6879	-4,5
230	-0,1	729	-1,0	2304	-8,1	7286	-5,9
244	-0,2	772	-1,1	2441	-9,1	7718	-9,0
259	-0,3	818	-1,1	2585	-9,5	8175	-14,2
274	-0,3	866	-1,2	2738	-10,4	8659	-20,7

Les fréquences mentionnées correspondent aux fréquences centrales au 1/12 d'octave spécifiées dans la Publication 1260 de la CEI [5]. Les valeurs s'appliquent aux mesures au 1/12 d'octave comme aux mesures sinusoïdales. Les valeurs de S<sub>DE</sub> peuvent être déterminées par interpolation pour les fréquences intermédiaires par la relation (log f) en fonction de (ln dB).

**5.3 Type 3**

L'oreille artificielle de type 3 fait appel au simulateur d'oreille occluse de la CEI 711, auquel est ajouté le prolongateur de conduit auditif, terminé par un dispositif de simulation du pavillon. Trois simulateurs de pavillon sont recommandés pour assurer un couplage adapté à la mesure de différents types de transducteur. Les configurations de l'oreille artificielle de type 3 sont classées comme suit:

- type 3.1      Simulateur de conque inférieure
- type 3.2      Simulateur de pavillon simplifié
- type 3.3      Simulateur de pavillon (de forme anatomique)
- type 3.4      Simulateur de pavillon (simplifié)

NOTE – Les écouteurs acoustiques de type ouvert, équipés de coussinets élastiques doivent être appliqués contre l'oreille artificielle de type 3 avec la même force qu'en cours d'utilisation normale. La force appliquée lors des mesures doit toujours être mentionnée.

### 5.3.1 Type 3.1 – Simulateur de conque inférieure

L'oreille artificielle de type 3.1 réalise la simulation de la conque inférieure en ajoutant une plaquette au prolongateur de conduit auditif, dont la longueur est de 10,0 mm.

Il est recommandé d'utiliser l'oreille artificielle de type 3.1 pour les mesures sur écouteurs intraconques, conçus pour reposer sur la partie inférieure de la conque auriculaire.

La pression acoustique mesurée au moyen de l'oreille artificielle de type 3.1 est déterminée au point de référence tympan (DRP). La fonction de correction indiquée aux Tableaux 2a (mesures au 1/3 d'octave) et 2b (mesures au 1/12 d'octave et sinusoïdales) doit être utilisée pour rapporter les données au point de référence oreille, lorsqu'il est nécessaire de calculer les équivalents pour la sonie ou de vérifier des résultats par rapport à des spécifications fondées sur des mesures rapportées à l'ERP.

NOTE – Pour les calculs d'équivalent pour la sonie à la réception selon les indications de la Recommandation P.79, la correction d'affaiblissement au niveau de l'oreille réelle  $L_E$  est nulle.

### 5.3.2 Type 3.2 – Simulateur de pavillon simplifié

L'oreille artificielle de type 3.2 réalise la simulation du pavillon en ajoutant une cavité au prolongateur de conduit auditif de 10,0 mm de long. Une fuite bien définie de la cavité vers l'extérieur simule l'affaiblissement au niveau de l'oreille réelle dans le cas d'un combiné téléphonique que l'utilisateur maintient contre l'oreille en exerçant une pression (version fuite faible) ou non (version fuite importante) contre son oreille. La définition de la fuite peut différer en fonction de l'application spécifique de l'oreille artificielle de type 3.2 (voir la Figure 6 et le Tableau 3).

Il est recommandé d'utiliser l'oreille artificielle de type 3.2 pour les mesures sur écouteurs supra-auraux et supraconques, aussi bien fermés qu'ouverts, destinés aux applications téléphoniques à bande large (100 Hz à 8 kHz). Le type 3.2 est également recommandé pour les mesures sur écouteurs à basse impédance acoustique.

L'impédance acoustique d'entrée et la sélectivité en fréquence de l'oreille artificielle de type 3.2 sont déterminées par rapport au point de référence oreille ERP tel qu'indiqué au 5.4. Les valeurs nominales de l'impédance et les tolérances correspondantes sont indiquées au Tableau 4.

#### NOTES

- 1 Le niveau de fuite («élevé» ou «faible») adopté pour les mesures doit être spécifié.
- 2 L'oreille artificielle de type 3.2 émule le canal de l'oreille humaine, le diaphragme du microphone se trouvant à l'emplacement du tympan. Ainsi, outre les caractéristiques propres du microphone, la réponse en fréquence de l'oreille artificielle comporte une fonction de transfert ERP vers DRP qui lui est spécifique. Il est donc essentiel de corriger les valeurs mesurées en fonction des données d'étalonnage de la réponse en fréquence (conditions oreille ouverte) fournies avec le type particulier d'oreille artificielle utilisée.
- 3 Pour les calculs d'équivalent pour la sonie à la réception selon les indications de la Recommandation P.79, la correction d'affaiblissement au niveau de l'oreille réelle  $L_E$  est nulle.
- 4 La fonction de transfert ERP vers DRP dépend dans une large mesure de la charge acoustique appliquée à l'oreille. A des fins de diagnostic (par exemple pour interpréter des différences par rapport à des mesures réalisées au moyen de l'oreille artificielle de type 1), des données d'étalonnage obtenues dans la position oreille fermée ou avec des terminaisons acoustiques bien définies peuvent être fournies avec l'oreille artificielle de type 3.2.
- 5 La plaquette terminant le prolongateur de conduit auditif dans le type 3.1 peut aussi être ajoutée à l'oreille de type 3.2.
- 6 L'oreille artificielle de type 3.2 est destinée à être utilisée uniquement avec des écouteurs conçus pour fonctionner en contact étroit avec le pavillon réel.
- 7 Toutes les cotes mentionnées pour la détermination du niveau de fuite acoustique sont données à titre indicatif. Elles peuvent être modifiées légèrement sur différents modèles commerciaux afin d'obtenir les valeurs nominales de l'impédance acoustique d'entrée.
- 8 Il est conseillé d'utiliser une force d'application de 5 à 10 N des pavillons rigides d'écouteur contre l'oreille artificielle de type 3.2. La force appliquée lors des mesures doit toujours être relevée.

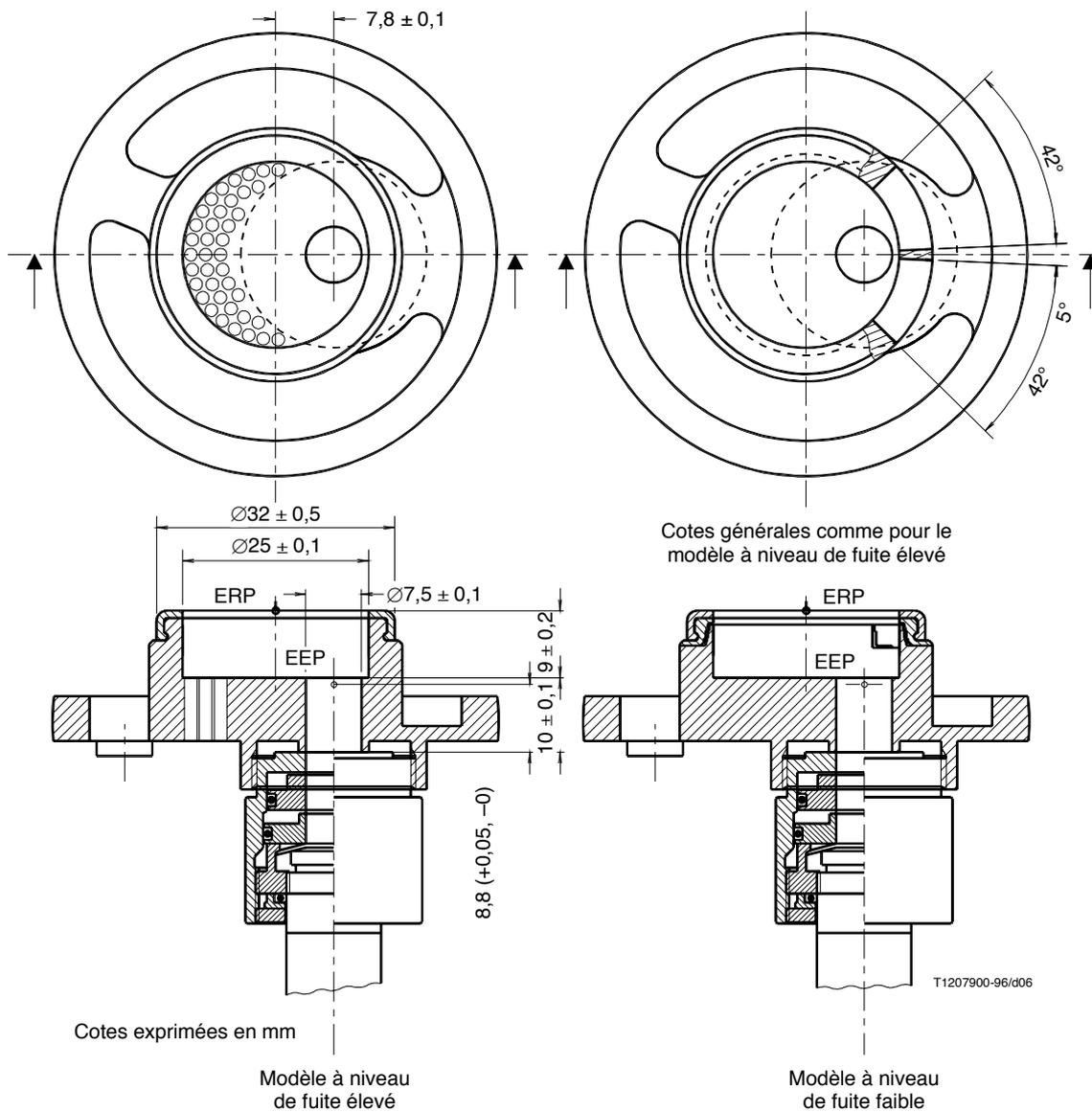


FIGURE 6/P.57

**Exemple de simulateur de pavillon simplifié à niveaux de fuite élevé et faible pour casque d'essai LRGP**

TABLEAU 3a/P.57

**Simulation des fuites acoustiques (oreille artificielle de type 3.2)**

Niveau de fuites	Usage	Longueur de fente (mm)	Largeur de fente (mm)	Angle d'ouverture équivalent
Faible	LRGP/HATS	2,8 ± 0,2	0,26 ± 0,01	84 ± 1
Elevé	HATS	1,9 ± 0,2	0,50 + 0,01 – 0,03	240 ± 1

TABLEAU 3b/P.57

**Simulation des fuites acoustiques – au moyen de trous cylindriques (oreille artificielle de type 3.2)**

Niveau de fuites	Usage	Nombre de trous	Diamètre (mm)	Angle d'ouverture équivalent
Elevé	LRGP	33	1,7	8,5 ± 0,2
		6	1,8	8,5 ± 0,2

Toutes les cotes liées au dimensionnement du niveau de fuite sont mentionnées à titre indicatif – voir également la Figure 6. Il faut toujours optimiser la réalisation concrète en fonction des spécifications acoustiques.

TABLEAU 4a/P.57

**Impédance acoustique, résonance et coefficient Q (oreille artificielle de type 3.2 – niveaux de bruit faible et élevé)**

	Coefficient Q	Résonance (Hz)	Amplitude (dB)
Niveau de fuite faible	1,81	713,8	140,4
Tolérance (±)	0,18	25	1,0
Niveau de fuite élevé	3,5	1570	138,8
Tolérance (±)	0,35	50	1,5

TABLEAU 4b/P.57

**Impédance acoustique (oreille artificielle de type 3.2, niveau de fuite faible)**

Fréquence	Imp. acoustique	Tolérance	Fréquence	Imp. acoustique	Tolérance
(Hz)	(dB re 1 Pa s/m <sup>3</sup> )	(± dB)	(Hz)	(dB re 1 Pa s/m <sup>3</sup> )	(± dB)
100	125,77	4,00	950	137,18	1,00
106	126,07	4,00	1000	136,33	1,00
112	126,18	4,00	1060	135,34	1,00
118	126,28	4,00	1120	134,40	1,00
125	126,44	4,00	1180	133,48	1,00
132	126,60	4,00	1250	132,46	1,00
140	126,74	4,00	1320	131,48	1,00
150	127,26	4,00	1400	130,40	1,00
160	127,27	4,00	1500	129,10	1,00
170	127,42	3,73	1600	127,85	1,00
180	127,79	3,47	1700	126,69	1,00
190	127,89	3,23	1800	125,58	1,00
200	128,10	3,00	1900	124,46	1,00
212	128,44	3,00	2000	123,45	1,00
224	128,71	3,00	2120	122,38	1,26
236	129,01	3,00	2240	121,22	1,51
250	129,31	3,00	2360	119,99	1,74
265	129,66	2,75	2500	118,69	2,00
280	130,08	2,51	2650	117,60	2,00
300	130,46	2,21	2800	116,99	2,00
315	130,92	2,00	3000	117,47	2,00
335	131,50	2,00	3150	117,91	2,00
355	132,02	2,00	3350	118,74	2,00
375	132,52	2,00	3550	119,23	2,00
400	133,23	2,00	3750	118,77	2,00
425	133,95	1,73	4000	116,22	2,00
450	134,72	1,47	4250	111,62	2,27
475	135,32	1,23	4500	108,19	2,53
500	136,08	1,00	4750	111,36	2,77
530	136,97	1,00	5000	114,89	3,00
560	137,78	1,00	5300	117,80	3,00
600	138,75	1,00	5600	119,87	3,00
630	139,45	1,00	6000	121,93	3,00
670	140,13	1,00	6300	123,19	3,00
710	140,32	1,00	6700	124,61	3,00
750	140,30	1,00	7100	125,81	3,00
800	139,76	1,00	7500	126,90	3,00
850	138,99	1,00	8000	128,12	3,00
900	138,09	1,00			

TABLEAU 4c/P.57

**Impédance acoustique (oreille artificielle de type 3.2, niveau de fuite élevé)**

Fréquence	Imp. acoustique	Tolérance	Fréquence	Imp. acoustique	Tolérance
(Hz)	(dB re 1 Pa s/m <sup>3</sup> )	(± dB)	(Hz)	(dB re 1 Pa s/m <sup>3</sup> )	(± dB)
100	105,4	4,0	950	127,7	1,5
106	105,9	4,0	1000	128,4	1,5
112	106,2	4,0	1060	129,4	1,5
118	106,7	4,0	1120	130,5	1,5
125	107,3	4,0	1180	131,7	1,5
132	107,7	4,0	1250	133,3	1,5
140	108,3	4,0	1320	134,9	1,5
150	108,9	4,0	1400	137,2	1,5
160	109,6	4,0	1500	138,1	1,5
170	110,1	3,7	1600	138,1	1,5
180	110,6	3,5	1700	137,1	1,5
190	111,1	3,2	1800	135,8	1,5
200	111,5	3,0	1900	134,0	1,5
212	112,1	3,0	2000	133,0	1,5
224	112,4	3,0	2120	130,7	2,0
236	113,0	3,0	2240	128,3	2,0
250	113,4	3,0	2360	126,3	2,0
265	114,0	2,8	2500	124,2	2,0
280	114,5	2,5	2650	122,6	2,0
300	115,0	2,2	2800	121,5	2,0
315	115,5	2,0	3000	121,7	2,0
335	116,1	2,0	3150	121,9	2,0
355	116,6	2,0	3350	122,6	2,0
375	117,1	2,0	3550	123,3	2,0
400	117,7	2,0	3750	123,4	2,0
425	118,4	1,5	4000	121,7	2,0
450	118,8	1,5	4250	118,2	2,3
475	119,3	1,5	4500	113,8	2,5
500	120,0	1,5	4750	110,9	2,8
530	120,6	1,5	5000	113,6	3,0
560	121,1	1,5	5300	116,6	3,0
600	121,9	1,5	5600	118,9	3,0
630	122,3	1,5	6000	121,3	3,0
670	123,0	1,5	6300	122,7	3,0
710	123,6	1,5	6700	124,3	3,0
750	124,4	1,5	7100	125,7	3,0
800	125,2	1,5	7500	126,9	3,0
850	126,1	1,5	8000	128,3	3,0
900	126,9	1,5			

### 5.3.3 Type 3.3 – Simulateur de pavillon

L'oreille artificielle de type 3.3 est réalisée en ajoutant au prolongateur de conduit auditif le simulateur de pavillon décrit dans la Publication 959 de la CEI [6] (voir la Figure 7). Les points de la Figure 7b sont situés sur un axe vertical passant par le point d'entrée du canal auditif. La matière du simulateur de pavillon doit être un élastomère de haute qualité, de dureté Shore (A), mesurée en surface à 15 mm en avant de l'orifice du conduit auditif, normalement fixée à  $25 \pm 3$  à  $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$  (conformément à l'ISO 868).

Il est recommandé d'utiliser l'oreille artificielle de type 3.3 pour les mesures sur écouteurs supraconques qui, en raison de leur forme particulière, ne s'adaptent pas aux contours circulaires des oreilles artificielles de type 1 ou de type 3.2, selon le cas. Il convient également d'utiliser l'oreille artificielle de type 3.3 pour mesurer les écouteurs intraconques non destinés à reposer au bas de la conque.

La pression acoustique mesurée par l'oreille artificielle de type 3.3 est rapportée au point de référence tympan (DRP). La fonction de correction indiquée aux Tableaux 2a (mesures au 1/3 d'octave) ou 2b (mesures au 1/12 d'octave et mesures sinusoïdales) doit être utilisée pour rapporter les données au point de référence oreille (ERP), lorsqu'il est nécessaire de calculer les équivalents pour la sonie ou de vérifier les résultats par rapport à des spécifications fondées sur des mesures rapportées à l'ERP.

#### NOTES

1 Pour les calculs d'équivalent pour la sonie à la réception selon les indications de la Recommandation P.79, la correction d'affaiblissement au niveau de l'oreille réelle  $L_E$  est nulle.

2 La force d'application des pavillons rigides d'écouteur contre le simulateur de pavillon de type 3.3 doit être 10 fois plus importante que la force d'application en usage réel. Il est recommandé d'utiliser une force d'application de 10 à 20 N. La valeur de la force appliquée lors des mesures doit toujours être relevée.

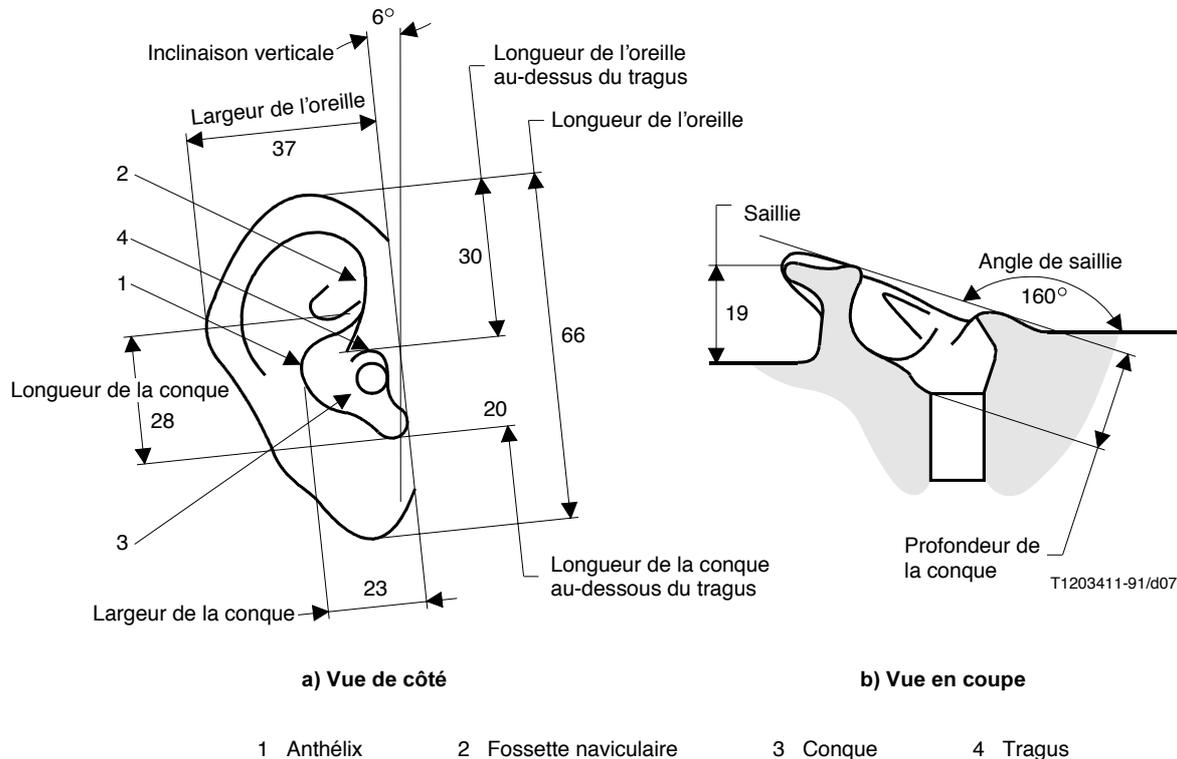
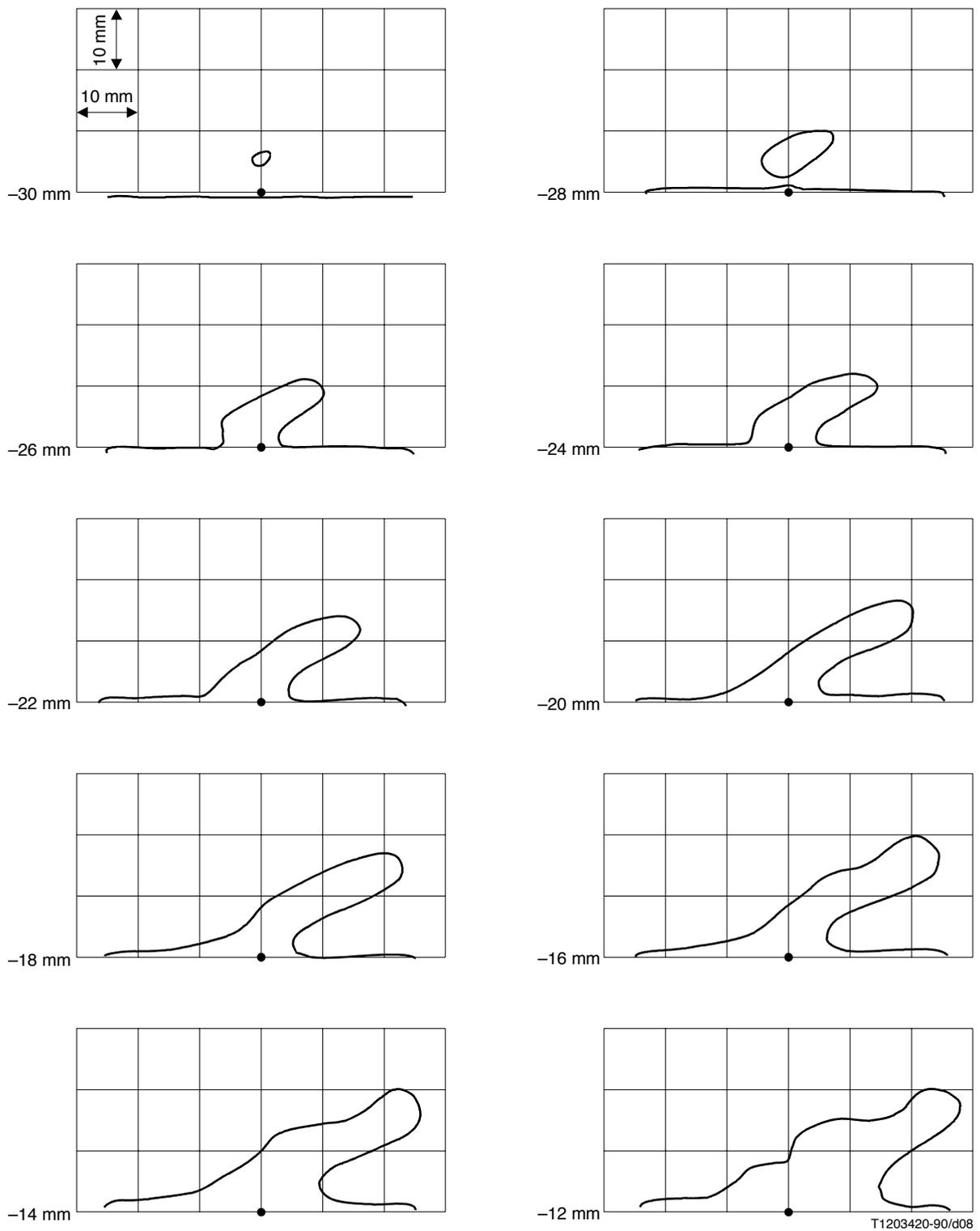


FIGURE 7a/P.57

**Simulateur de pavillon de forme anatomique  
(échelle quelconque, en millimètres)**



T1203420-90/d08

FIGURE 7b/P.57  
Coupes du simulateur de pavillon

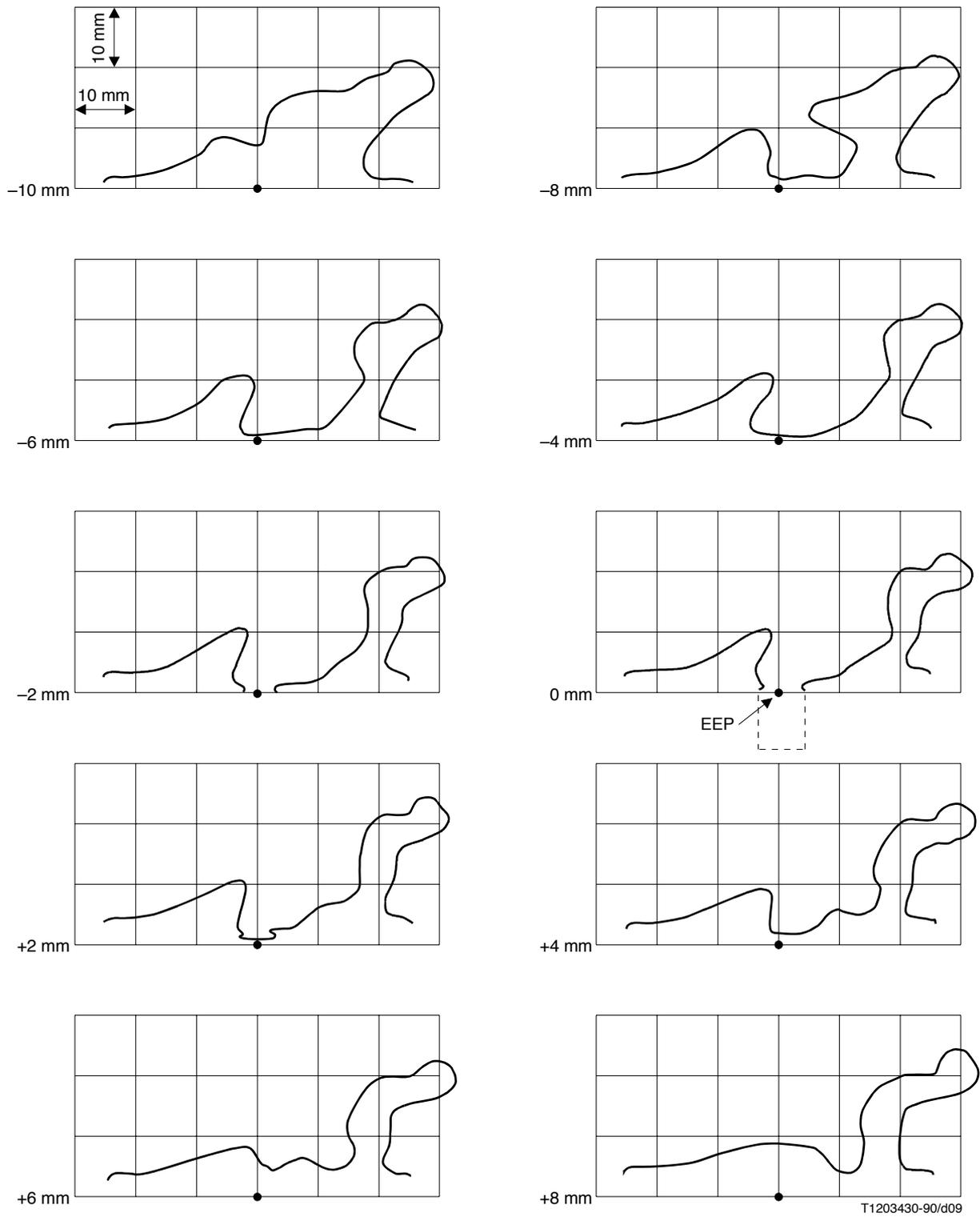


FIGURE 7c/P.57  
 Coupes du simulateur de pavillon

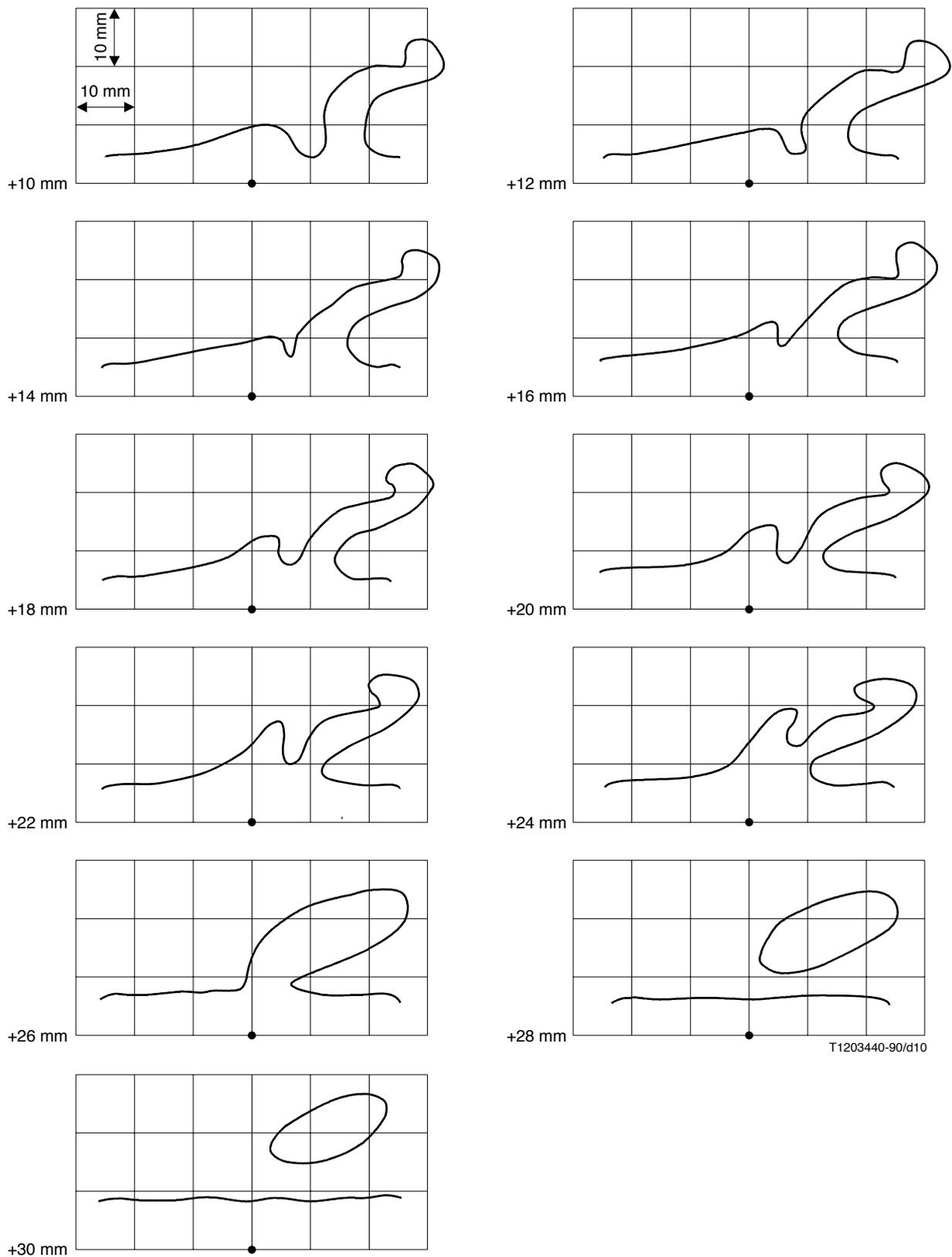


FIGURE 7d/P.57  
 Coupes de simulateur de pavillon

### 5.3.4 Type 3.4 – Simulateur de pavillon (simplifié)

L'oreille artificielle de type 3.4 est réalisée en ajoutant au plan de référence tympan de l'oreille artificielle de type 2 un prolongateur de conduit auditif et un pavillon simplifié (voir la Figure 8). La matière du pavillon doit être un élastomère de haute qualité, de dureté Shore (A), normalement fixée à  $25 \pm 2$  à  $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ .

Il est recommandé d'utiliser l'oreille artificielle de type 3.4 au lieu de l'oreille artificielle de type 3.3 pour les mesures sur écouteurs supraconques et pour les mesures sur récepteurs supra-auraux dans le cas des applications exigeant une caractérisation en fonction de la pression des performances électroacoustiques à la réception. L'oreille artificielle de type 3.4 est conçue pour simuler les niveaux de fuite types observés en usage réel pour des forces d'application comprises entre 1 N et 13 N.

La pression acoustique mesurée par l'oreille artificielle de type 3.4 est rapportée au point de référence tympan (DRP). La fonction de correction indiquée aux Tableaux 2a (mesures au 1/3 d'octave) ou 2b (mesures au 1/12 d'octave et mesures sinusoïdales) doit être utilisée pour rapporter les données au point de référence oreille (ERP), lorsqu'il est nécessaire de calculer les équivalents pour la sonie ou de vérifier les résultats par rapport à des spécifications fondées sur des mesures rapportées à l'ERP.

NOTE – Pour les calculs d'équivalent pour la sonie à la réception selon les indications de la Recommandation P.79, la correction d'affaiblissement au niveau de l'oreille réelle  $L_E$  est nulle.

## 5.4 Etalonnage des oreilles artificielles types 1 et 3.2

### 5.4.1 Essais de contrôle des caractéristiques du simulateur d'oreille occluse CEI 711 (type 3.2 uniquement)

Le simulateur d'oreille occluse CEI 711 fait partie intégrante de l'oreille artificielle de type 3.2; son bon fonctionnement est essentiel à celui de l'oreille artificielle complète.

NOTE – Les essais de contrôle des caractéristiques et l'étalonnage du simulateur d'oreille occluse sont spécifiés dans la Publication 711 de la CEI.

### 5.4.2 Réponse en fréquence

L'oreille artificielle à étalonner est montée à l'intérieur d'un grand déflecteur plan. La pression acoustique est mesurée immédiatement à l'avant de l'ERP au moyen d'un microphone sonde, l'extrémité de la sonde (diamètre inférieur à 1,5 mm) étant placée au niveau du plan de référence de l'oreille tel qu'indiqué à la Figure 9.

La réponse en fréquence (conditions oreille ouverte) est alors définie comme le signal de sortie de l'oreille artificielle rapporté à la pression acoustique correspondante enregistrée au point de référence oreille (ERP) par le microphone sonde lorsque celui-ci est exposé à une onde incidente plane perpendiculaire au déflecteur.

#### NOTES

1 La réponse en fréquence est très peu sensible à l'emplacement de la source sonore. Aussi est-il possible dans la pratique de réaliser des dispositifs d'étalonnage plus compacts avec ou sans correction des résultats, suivant la précision requise de l'étalonnage.

2 La réponse en fréquence dans des conditions d'oreille fermée peut être mesurée au moyen du dispositif d'étalonnage mis au point pour l'impédance acoustique d'entrée et dont la description figure au 5.4.3. Elle est déterminée comme étant égale au rapport entre le signal de sortie de l'oreille artificielle et la pression acoustique correspondante enregistrée au point de référence oreille (ERP) par le microphone sonde.

3 La réponse en fréquence est normalement déterminée en présence des conditions climatiques de référence définies au 5.6, pour les fréquences dont la liste figure au Tableau 2b. Les conditions climatiques réelles doivent être relevées. Lorsque les conditions de fonctionnement de l'oreille de référence sont notablement différentes des conditions de référence, l'étalonnage de la réponse en fréquence doit, si possible, être effectué dans les conditions d'utilisation effective.

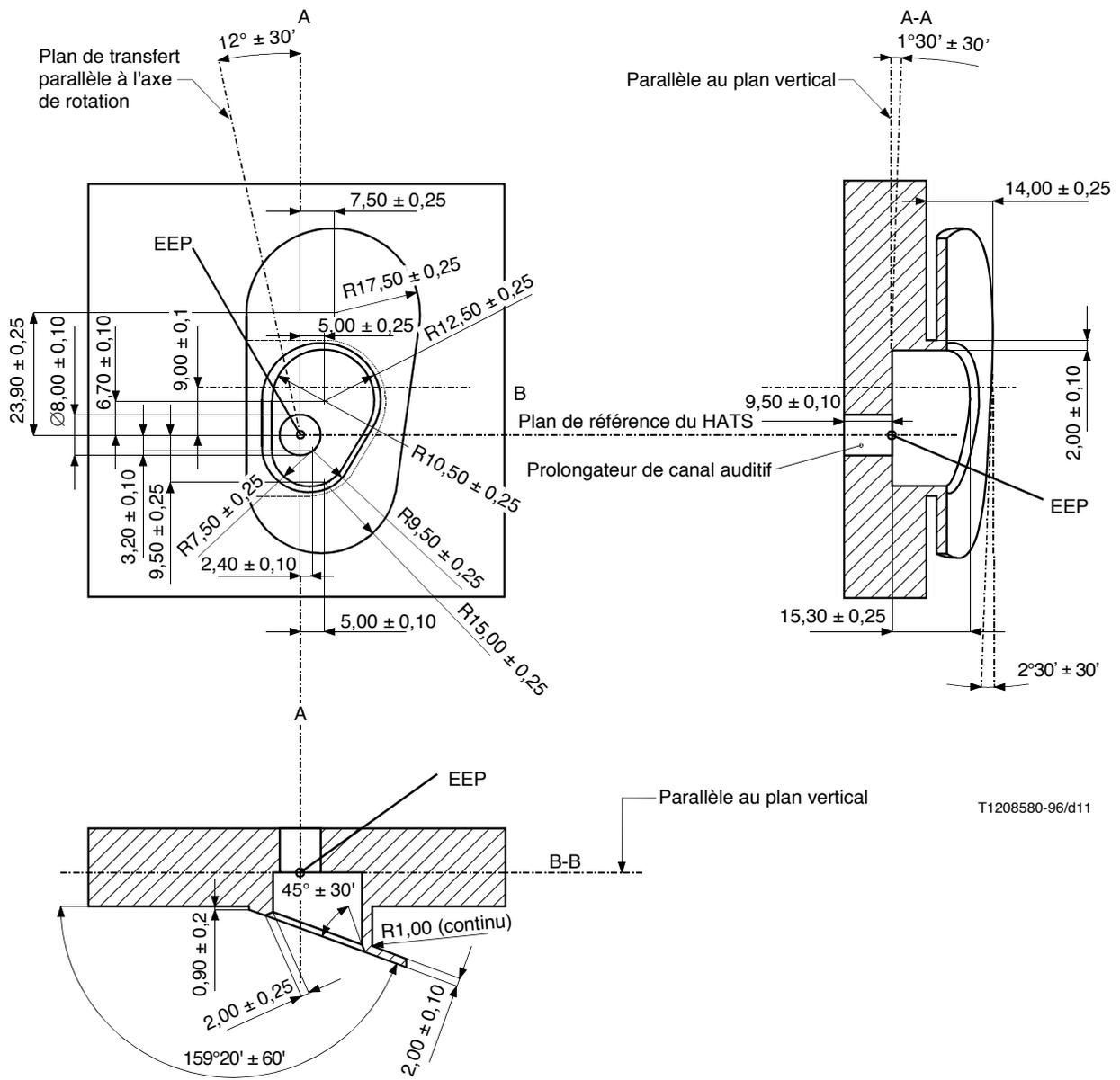


FIGURE 8/P.57  
Oreille artificielle de type 3.4

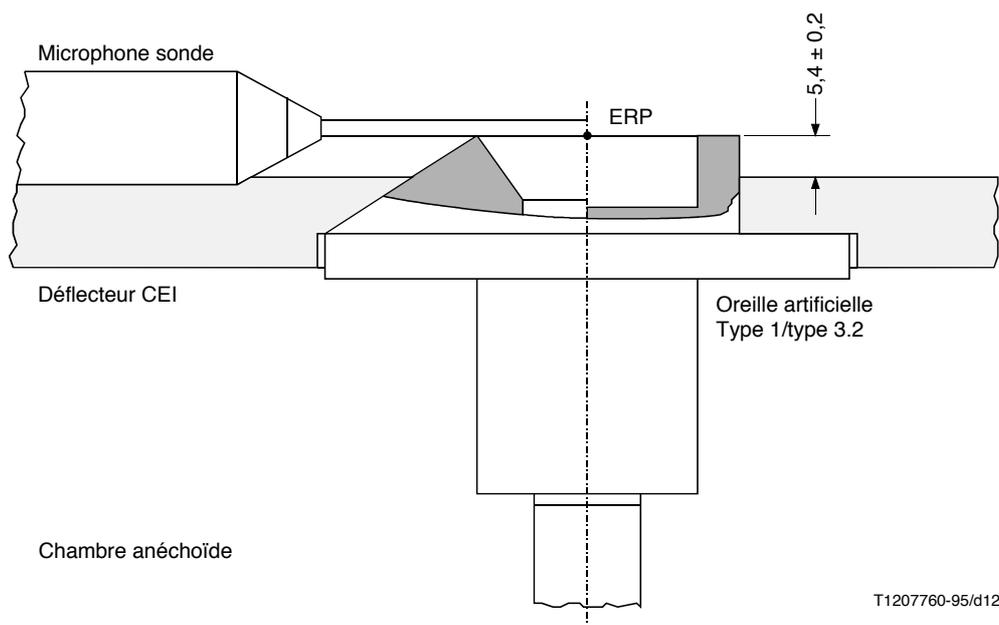


FIGURE 9/P.57

**Dispositif de mesure de la réponse en fréquence (conditions d'oreille ouverte) des oreilles artificielles de type 1 et de type 3.2**

**5.4.3 Impédance acoustique d'entrée**

Un microphone à condensateur LS2P 1/2 de la CEI, muni de sa grille de protection, est installé dans une surface plate et concentrique, scellée à l'oreille artificielle, servant de source de flux constant de vitesse acoustique, excitant l'oreille au point ERP. La pression d'entrée correspondante au niveau de l'ERP doit être mesurée à l'aide d'un microphone à sonde, dont l'extrémité (diamètre inférieur à 1,5 mm) est placée au point de référence oreille (ERP). La distance entre la grille de protection du microphone et le point capteur du simulateur d'oreille ne doit pas dépasser 1 mm. La Figure 10 représente une réalisation concrète de dispositif d'étalonnage.

L'impédance acoustique d'entrée est donc définie comme étant le rapport entre la pression acoustique enregistrée par le microphone à sonde et le flux de vitesse acoustique produit par le microphone d'un demi-pouce.

NOTE – L'impédance acoustique d'entrée est déterminée dans les conditions climatiques de référence indiquées au 5.6. Les conditions réelles observées doivent être relevées.

Une procédure permettant de réaliser un étalonnage complet, au moyen d'un microphone de référence étalonné et d'un volume étalonné, est décrite en détail à l'Annexe A.

**5.5 Contrôle des caractéristiques des oreilles artificielles de types 2, 3.1, 3.3 et 3.4**

Ces types d'oreille artificielle ne comportent pas de point de référence ERP bien défini, puisqu'ils ne simulent pas le pavillon ou sont dotés d'un pavillon souple susceptible de provoquer une fluctuation de la réponse en fréquence et de l'impédance acoustique d'entrée en fonction de la force d'application. Aussi n'y a-t-il pas lieu de procéder à un véritable étalonnage en ce qui concerne tant la réponse en fréquence que l'impédance acoustique d'entrée.

La vérification de ces oreilles artificielles repose donc uniquement sur les essais de contrôle des caractéristiques et sur l'étalonnage du simulateur d'oreille occluse, selon les spécifications de la Publication 711 de la CEI, avec vérification des propriétés mécaniques du simulateur de pavillon (uniquement pour les types 3.3 et 3.4).

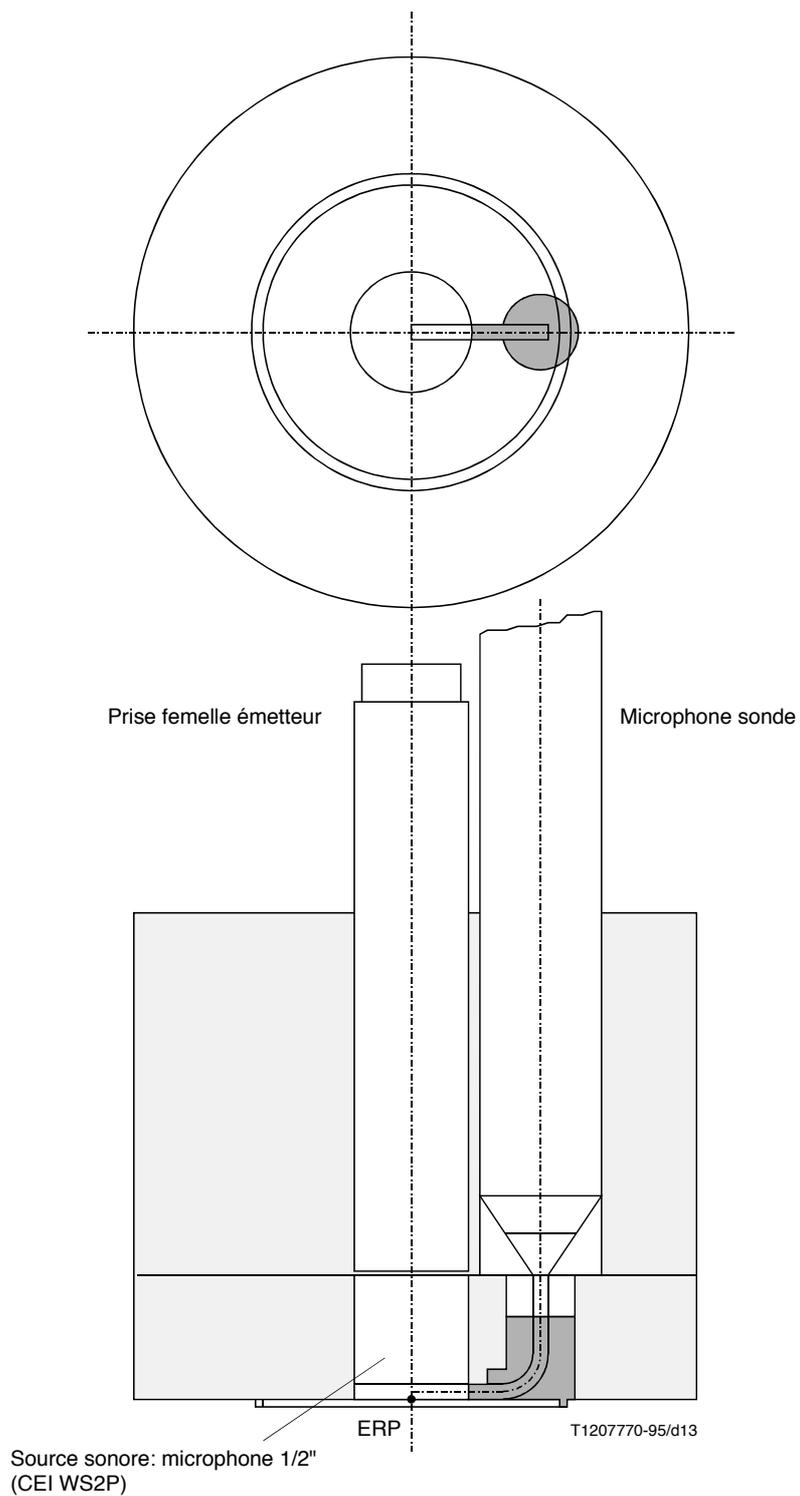


FIGURE 10/P.57

**Installation d'un dispositif d'étalonnage (sonde d'impédance) pour la mesure de l'impédance acoustique d'entrée des oreilles artificielles de types 1 et 3.2**

## 5.6 Conditions climatiques de référence

Il est recommandé de réaliser les mesures utilisant des oreilles artificielles dans les conditions de référence définies ci-dessous:

Pression statique:  $101,3 \pm 3,0$  kPa

Température:  $23 \pm 3$ °C

Humidité relative:  $60 \pm 20$ %

NOTE – Il est nécessaire de relever les conditions climatiques effectivement présentes lorsque les mesures doivent être réalisées dans des conditions différentes des conditions de référence.

## 5.7 Spécifications générales

Les éléments constitutants métalliques des oreilles artificielles doivent être en matériau non magnétique.

NOTE – Les microphones pour oreille artificielle conformes aux indications de la Publication CEI WS2P sont susceptibles de contenir des matériaux magnétiques.

## 5.8 Fonction de correction DRP – ERP

Alors que les oreilles artificielles de types 2, 3.3 et 3.4 sont étalonnées en appliquant une pression acoustique connue au point de référence tympan DRP, les oreilles de types 1 et 3.2 le sont en appliquant une pression acoustique connue au point de référence oreille ERP. Par conséquent, la pression acoustique mesurée par les oreilles artificielles de types 2, 3.3 et 3.4 doit être rapportée à l'ERP au moyen des fonctions de correction dont les valeurs sont indiquées aux Tableaux 2a et 2b, tandis que la pression mesurée par les oreilles de types 1 et 3.2 est directement rapportée à l'ERP.

NOTE – L'étalonnage individuel des oreilles de types 1 et 3.2 peut soit être assuré par le fabricant en termes de sensibilité électroacoustique globale depuis l'ERP jusqu'à la sortie électrique du microphone de mesure intégré à l'oreille artificielle, soit être réalisé en termes de correction de niveau entre la pression acoustique mesurée par le microphone intégré et la pression à l'ERP. Cette dernière solution est préférable puisqu'elle simplifie le contrôle périodique de l'étalonnage des oreilles artificielles.

# Annexe A

## Procédure pratique de détermination de l'impédance acoustique d'entrée des oreilles artificielles

(Cette annexe fait partie intégrante de la présente Recommandation)

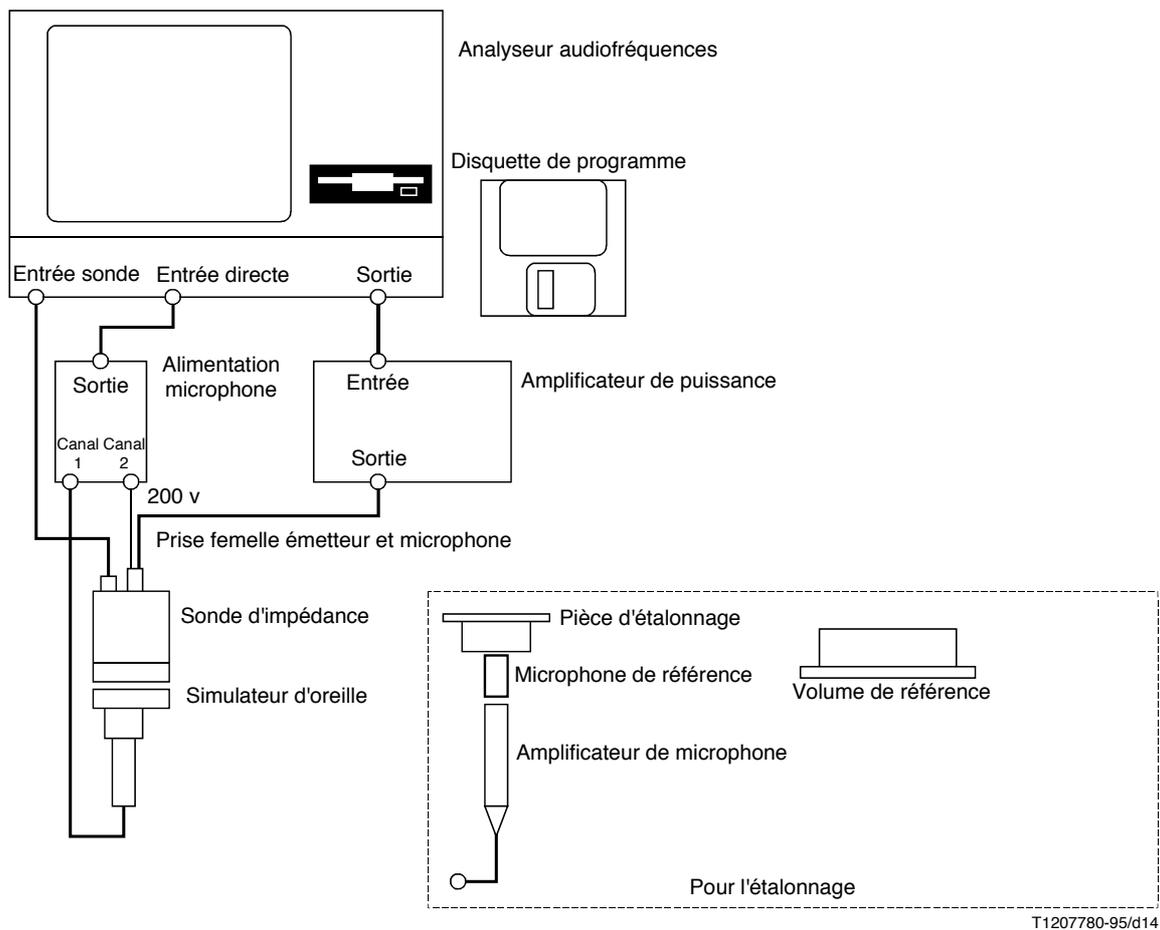
### A.1 Introduction

La procédure décrite dans la présente annexe permet de réaliser un étalonnage précis et normalisé de l'impédance acoustique d'entrée des oreilles artificielles de type 1 et de type 3.2 conformément aux spécifications du 5.4.3. En outre le dispositif d'étalonnage permet de déterminer la réponse en fréquence des oreilles artificielles dans la condition oreille fermée.

Pour suivre cette procédure il faut disposer d'un microphone à pression de laboratoire de 1/2" (CEI LS2P) dont la réponse en fréquence a été étalonnée, et d'un volume de référence également étalonné.

Le dispositif requis pour effectuer les mesures est représenté à la Figure A.1. Il se compose d'un analyseur de réponse en audiofréquences et d'une sonde d'impédance constituée d'un microphone à pression étalon d'1/2" (CEI WS2P) faisant office d'émetteur, et d'un microphone sonde faisant office de récepteur (voir Figure 10).

Le microphone de référence et le volume de référence servent à déterminer les réponses en fréquence comparées des microphones de l'émetteur et de la sonde à l'intérieur de la sonde d'impédance, avant de procéder à l'étalonnage de l'oreille artificielle proprement dite. A cet effet, le microphone de référence est installé à l'intérieur d'une pièce d'étalonnage, aussi près que possible de l'extrémité de la sonde intégrée à la sonde d'impédance.



T1207780-95/d14

FIGURE A.1/P.57  
Dispositif de mesure

## A.2 Etalonnage de la sonde d'impédance

### A.2.1 Réponse en fréquence du microphone sonde

Le microphone de référence (Figure A.1) est installé à l'intérieur du dispositif d'étalonnage et celui-ci est placé dans un banc d'essai approprié. La sonde d'impédance est fixée au dispositif d'étalonnage et le microphone de référence sert alors à étalonner le microphone sonde. Il suffit à cet effet de mesurer la réponse en fréquence du microphone sonde par rapport à celle du microphone de référence. Le signal est produit par le microphone émetteur de la sonde d'impédance. La réponse en fréquence absolue du microphone sonde exprimée en [V/Pa] est ensuite déterminée par la relation suivante:

$$H_{Prb.Abs}(f) = [v_{O,Prb}(f) / v_{O,Ref}(f)] \cdot H_{RefCal}(f)$$

avec:

- $H_{Prb.Abs}(f)$  réponse en fréquence absolue du microphone sonde
- $v_{O,Prb}(f)$  tension de sortie du microphone sonde dans le dispositif d'étalonnage
- $v_{O,Ref}(f)$  tension de sortie du microphone de référence dans le dispositif d'étalonnage
- $H_{RefCal}(f)$  réponse en fréquence absolue du microphone de référence étalonné

### A.2.2 Réponse en fréquence relative du microphone émetteur

Hormis un facteur constant, la capsule du microphone émetteur de la sonde d'impédance présente la même réponse en fréquence lorsqu'elle est utilisée comme source sonore ou en usage normal comme récepteur. L'étalonnage du microphone émetteur de la sonde d'impédance et celui du microphone sonde utilisent donc la même méthode et le même dispositif. La seule différence vient alors du fait que le microphone de référence produit le signal et que le microphone sonde étalonné sert à étalonner le microphone émetteur – lequel fait office de récepteur en l'occurrence.

$$H_{Tr.Abs.Mic}(f) = [v_{O,Tr}(f) / v_{O,Prb}(f)] \cdot H_{Prb.Abs}(f)$$

avec:

$H_{Tr.Abs.Mic}(f)$  réponse en fréquence absolue du microphone émetteur

$v_{O,Prb}(f)$  tension de sortie du microphone sonde dans le dispositif d'étalonnage

$v_{O,Tr}(f)$  tension de sortie du microphone émetteur dans le dispositif d'étalonnage

$H_{Prb.Abs}(f)$  réponse en fréquence absolue du microphone sonde (mesurée ci-dessus)

La réponse en fréquence du microphone émetteur par rapport à l'efficacité à une fréquence de référence ( $f_0$ ), en cas d'utilisation comme source de flux de vitesse acoustique, est donnée par la relation:

$$H_{Tr.Rel,Src}(f) = H_{Tr.Abs.Mic}(f) \cdot (f / f_0) / H_{Tr.Abs.Mic}(f_0)$$

dans laquelle la présence du terme ( $f / f_0$ ) correspond au fait que l'efficacité à l'émission est exprimée en termes de vitesse sonore plus que de niveau sonore.

### A.2.3 Sensibilité absolue du microphone émetteur en tant que source sonore

Le facteur supplémentaire rendant compte de l'efficacité absolue du microphone émetteur utilisé comme source de flux de vitesse acoustique reste à déterminer. Ce facteur est déterminé en mesurant la pression acoustique produite par le microphone émetteur à l'intérieur du volume de référence. Ce volume de référence est installé dans le banc d'essai, la sonde d'impédance lui étant fixée. L'impédance acoustique nominale exprimée en [ $\text{Pa s/m}^3$ ] est égale à l'inverse de l'élasticité acoustique ( $C_a$ ) du volume de référence:

$$Z_{a,Ref.Vol} = 1 / j\omega C_a = \rho c^2 / j\omega V$$

Il est recommandé de prévoir un volume de référence de dimensions comparables à celles des oreilles artificielles. Pour une tension d'excitation donnée  $v_{i,Tr.Mic}$ , la pression acoustique  $p_{Pr.Mic}$  est mesurée à une fréquence faible ( $f_0$ ), pour laquelle la réponse en fréquence du microphone émetteur est indépendante de la fréquence et le volume de référence se comporte comme un volume parfaitement élastique. Le facteur d'efficacité absolue du microphone émetteur en [ $\text{m}^3/\text{Vs}$ ] est alors calculé comme suit:

$$s_{Tr.Src} = p_{Pr.Mic}(f_0) / [Z_{a,Ref.Vol}(f_0) \cdot v_{i,Tr.Mic}(f_0)]$$

L'efficacité absolue du microphone émetteur utilisé comme source de flux de vitesse acoustique est donc:

$$H_{Tr.Abs.Src}(f) = H_{Tr.Rel.Src}(f) \cdot s_{Tr.Src}$$

### A.3 Etalonnage de l'oreille artificielle

#### A.3.1 Détermination de l'impédance acoustique

L'oreille artificielle est installée dans un banc d'essai approprié (non représenté sur la Figure A.1) pour la réalisation des mesures. La sonde d'impédance est fixée à l'oreille artificielle tel qu'indiqué à la Figure A.1. Lorsque le microphone émetteur produit le flux de vitesse acoustique  $q(f)$ , la pression acoustique  $p_{ERP}(f)$  à l'ERP est mesurée par le microphone sonde de la sonde d'impédance:

$$Z_{Ear,ERP}(f) = p_{ERP}(f) / q(f) = [v_{O,PrbMic}(f) / H_{Prb.Abs}(f)] / [v_{i,Tr.Src}(f) \cdot H_{Tr.Abs,Src}(f)]$$

avec:

$v_{i,Tr.Src}(f)$  tension d'entrée du microphone émetteur utilisé comme source de flux de vitesse acoustique

$v_{O,PrbMic}(f)$  tension de sortie du microphone sonde

#### A.3.2 Détermination de la sensibilité à la pression acoustique dans des conditions d'oreille fermée

Un dispositif identique permet de déterminer l'impédance acoustique d'entrée, mais la tension de sortie de l'oreille artificielle rapportée à la pression acoustique au niveau de l'ERP est mesurée:

$$H_{Ear,Closed\ Cond.}(f) = v_{O,Ear}(f) / [v_{O,PrbMic}(f) / H_{Prb.Abs}(f)]$$

## SERIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

- Série A Organisation du travail de l'UIT-T
- Série B Moyens d'expression
- Série C Statistiques générales des télécommunications
- Série D Principes généraux de tarification
- Série E Réseau téléphonique et RNIS
- Série F Services de télécommunication non téléphoniques
- Série G Systèmes et supports de transmission
- Série H Transmission des signaux autres que téléphoniques
- Série I Réseau numérique à intégration de services
- Série J Transmission des signaux radiophoniques et télévisuels
- Série K Protection contre les perturbations
- Série L Construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
- Série M Maintenance: systèmes de transmission, de télégraphie, de télécopie, circuits téléphoniques et circuits loués internationaux
- Série N Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophoniques et télévisuels
- Série O Spécifications des appareils de mesure
- Série P Qualité de transmission téléphonique**
- Série Q Commutation et signalisation
- Série R Transmission télégraphique
- Série S Equipements terminaux de télégraphie
- Série T Equipements terminaux et protocoles des services télématiques
- Série U Commutation télégraphique
- Série V Communications de données sur le réseau téléphonique
- Série X Réseaux pour données et communication entre systèmes ouverts
- Série Z Langages de programmation