

## Utilisation du microphone binaural BHM

HEAD acoustics propose différents appareils binauraux qui permettent d'enregistrer des sons audioconformes à différents endroits. « Audioconforme » signifie que les enregistrements sont réalisés de telle manière que la personne qui les entend ensuite – s'ils sont reproduits avec une égalisation adéquate – a l'impression de vraiment entendre les sons qu'elle aurait entendus dans le champ sonore dans lequel l'enregistrement a été réalisé.

Parmi ces enregistreurs binauraux, on compte par exemple le microphone binaural (Binaural Head Microphone, BHM) ou le système de tête artificielle (Head Measurement System, HMS). Le BHM vous permet de réaliser des enregistrements binauraux là où il est impossible d'utiliser une tête artificielle. C'est par exemple le cas lorsque l'on veut effectuer une mesure sur le siège du conducteur dans un véhicule en mouvement. On utilise donc un microphone binaural que porte le conducteur et qui permet de mesurer le son directement à l'entrée du canal auditif (voir figure 1).

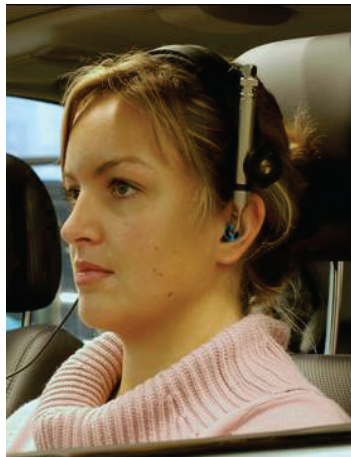


Figure 1 : Utilisation du BHM sur le siège du conducteur dans l'habitacle d'un véhicule

### Enregistrer avec un microphone binaural

On utilise souvent un microphone binaural pour réaliser des enregistrements dans l'habitacle d'un véhicule. Les points suivants doivent être respectés si l'on veut obtenir des résultats reproductibles avec le BHM :

Dans un environnement acoustique aussi complexe que l'habitacle d'un véhicule, la position des microphones a une très grande influence sur l'enregistrement obtenu. Les ondes stationnaires peuvent, par exemple, entraîner des niveaux très différents selon que le siège se trouve plus en avant ou plus en arrière. On ne peut pas dire que l'une de ces positions soit mauvaise puisque les deux enregistrements représentent la pression sonore à l'endroit où ils ont été réalisés. Pour garantir une reproductibilité parfaite, l'endroit où est réalisé l'enregistrement doit être documenté avec exactitude et parfaitement reproduit si la mesure doit à nouveau être réalisée.

La personne qui porte le BHM joue également un rôle important pour son positionnement. Les différentes caractéristiques acoustiques du porteur et les différences de positionnement du BHM sur sa tête peuvent également différer d'une personne à l'autre. Les enregistrements d'une même série d'essais, par exemple destinés à un essai acoustique, doivent donc tous être réalisés avec la même personne si l'on veut obtenir des enregistrements comparables. Ce type d'enregistrements est alors aussi plus facile à comparer par des auditeurs inexpérimentés.

Un autre point important est que le porteur du microphone doit essayer d'éviter de faire des bruits parasites pendant l'enregistrement. Contrairement à la tête artificielle qui ne produit aucun bruit parasite, l'être humain est constamment en mouvement. Le frottement de ses vêtements, le déplacement du câble du BHM ou même le tic-tac de la montre qu'il porte au poignet génèrent des bruits parasites. Il se peut que le porteur du microphone ne remarque pas ces bruits pendant l'enregistrement, mais ils peuvent être très gênants lors de sa reproduction ultérieure et l'enregistrement devra même éventuellement être recommencé.

Pour réaliser un enregistrement au réglage parfait, il faut paramétrer une valeur de plage de réglage adéquate dans le logiciel d'enregistrement comme pour tous les autres microphones. On évite ainsi une saturation éventuelle et que les bruits à enregistrer soient couverts par les bruits de fond de la chaîne d'enregistrement.

L'ingénieur expérimenté apprendra rapidement à prendre toutes ces conditions en compte.

## Égalisation d'un enregistrement réalisé avec un BHM

Comme lorsque l'on réalise un enregistrement avec une tête artificielle, un BHM doit être égalisé pour réaliser une analyse et une reproduction. Pour l'analyse, l'enregistrement avec le BHM est égalisé pendant sa réalisation. L'égalisation sert à obtenir un signal pour l'analyse qui soit comparable à un enregistrement réalisé avec un microphone de mesure. Vous analysez ainsi un signal qui ne contient pas les particularités acoustiques du capteur d'enregistrement, mais un signal égalisé que vous pouvez analyser comme un enregistrement réalisé avec un microphone de mesure.<sup>1</sup>

Pour réaliser une égalisation correcte pour le BHM lors de l'enregistrement, on utilise l'égalisation ID. Elle permet de filtrer du signal les composantes indépendantes de la direction de la fonction de transfert. Cette égalisation a été mise au point car les champs sonores présents dans la pratique correspondent rarement aux conditions de champs sonores normés que sont le champ diffus ou le champ libre. Elle doit être utilisée pour tous les champs sonores qui ne correspondent ni à un champ diffus, ni à un champ libre, donc, par exemple, pour le champ sonore de l'habitacle d'un véhicule. Un nouveau filtre d'égalisation est généré pour chaque BHM et peut être utilisé de plusieurs manières différentes.

1. La manière la plus simple est d'utiliser un égaliseur binaural BEQ II.1. Il peut en effet être programmé avec les courbes d'égalisation individuelles d'un BHM. On dispose donc à la sortie d'un signal de BHM audioconforme et égalisé ID. La programmation est réalisée par HEAD acoustics, par exemple lorsque le BHM doit être livré avec un BEQ II.1. Mais l'égalisation ID peut également être réalisée par la suite. Pour obtenir un signal correctement égalisé, il est important de veiller à bien utiliser le BHM compatible au BEQ II.1. Chaque BEQ II.1 ne peut être programmé que pour un BHM en particulier. Le numéro de série du BHM correspondant est indiqué sur le BEQ II.1.

---

<sup>1</sup> Vous trouverez une description détaillée de l'égalisation d'un enregistrement dans l'Application Note intitulée « Mesure, analyse et reproduction binaurales ».

L'utilisation d'un BHM avec un BEQ II.1 correctement programmé se paramètre dans le logiciel d'enregistrement HEAD Recorder de la manière suivante : dans le menu « Visualiser » (en anglais, « View ») de l'interface utilisateur du HEAD Recorder, cliquez sur l'option « Propriétés matériel » (en anglais « Hardware-Properties ») et sélectionnez l'option « BHM » dans le champ « Configuration » (voir la figure 2). Ce paramétrage fait automatiquement basculer le paramètre « Equalization » sur « ID ». La liste de configuration des voies est d'autre part reliée aux auto-capteurs dans le HEAD Recorder. Avec cette configuration, l'égalisation ID programmée sur le BEQ II.1 est utilisée et le signal du BHM, correctement égalisé.

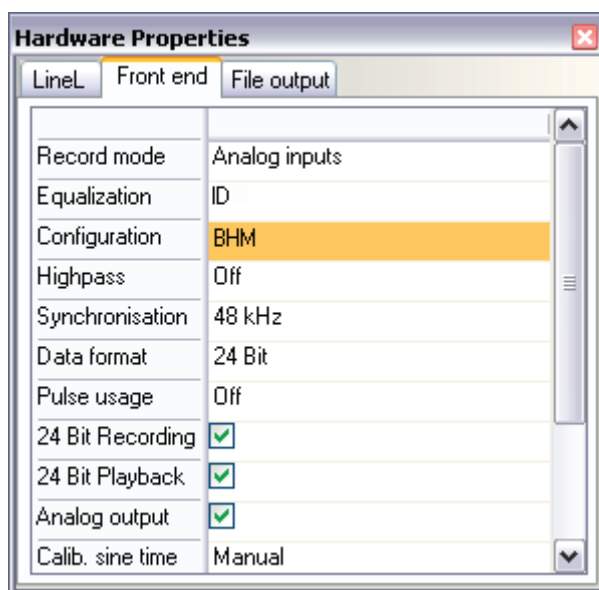


Figure 2 : Paramétrage des périphériques dans le HEAD Recorder

2. Il est également possible de réaliser l'égalisation par l'intermédiaire du logiciel utilisé. Le filtre d'égalisation individuel est dans ce cas pris en compte lorsque vous définissez le capteur du BHM dans le champ « Filter File » dans le Sensor Explorer de HEAD (voir la figure 3). Ces filtres d'égalisation individuels se trouvent sur le CD d'égalisation livré avec le BHM et doivent être appliqués pour les voies gauche et droite au niveau de la configuration des capteurs dans le champ correspondant. Les filtres contenus sur le CD Égalisation renferment toutes les informations nécessaires pour réaliser une égalisation correcte. Ce filtre individuel à égalisation ID est alors automatiquement utilisé pour les voies du BHM lorsque vous réalisez un enregistrement avec le logiciel HEAD Recorder. Si une seconde égalisation était activée dans le champ « Equalization », on obtiendrait une double filtration qui fausserait le signal enregistré. Pour éviter ce phénomène, ce champ est automatiquement grisé dès qu'un filtre d'égalisation est entré dans le champ « Filter File ».

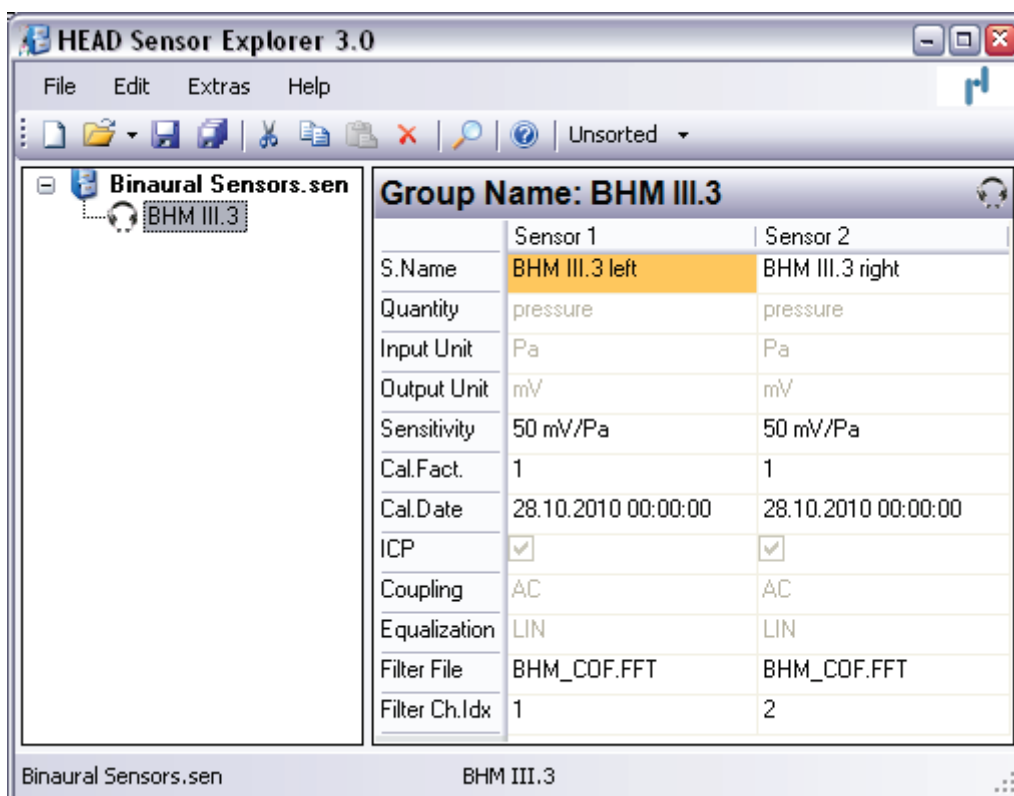


Figure 3 : Définition d'un capteur de BHM dans le Sensor Explorer

3. Si l'égalisation n'a pas déjà été réalisée pendant l'enregistrement, le signal peut aussi être filtré après coup dans le logiciel d'analyse ArtemiS à l'aide d'un filtre d'égalisation individuel. Ce type d'égalisation ne doit néanmoins être réalisé que dans des cas exceptionnels. Il se peut en effet qu'un mauvais réglage soit réalisé pendant un enregistrement non égalisé. Une plage de réglage trop basse donne un enregistrement saturé après la réalisation ultérieure d'une égalisation. Une plage de réglage trop élevée ne permet pas d'utiliser la plage dynamique de manière optimale. Égaliser des enregistrements après coup en format 16 bits peut d'autre part intensifier les bruits de fond. L'amplification dans la plage comprise entre 10 et 12 kHz provoquée par le filtre d'égalisation ID augmente le signal utile, mais aussi le bruit de quantification qui est plus élevé dans un enregistrement réalisé en format 16 bits que, par exemple, dans un enregistrement réalisé en format 24 bits. Le bruit ainsi amplifié peut donc être important lorsque vous enregistrez des signaux faibles. Nous recommandons donc de choisir le format 24 bits et d'égaliser le signal dès l'enregistrement si vous voulez enregistrer des bruits de faible intensité sonore.

Quelle que soit la variante d'égalisation décrite ci-dessus utilisée, vous devez utiliser le filtre d'égalisation adapté au BHM individuel. C'est en effet le seul moyen de garantir une égalisation correcte. Et c'est aussi le seul moyen d'obtenir une mesure qui soit comparable à une mesure réalisée avec une tête artificielle et une égalisation ID ou à une mesure réalisée avec un microphone de mesure.

Pour garantir la comparabilité d'une mesure réalisée avec une tête artificielle soumise à une égalisation ID et d'une mesure réalisée avec un BHM soumise à une égalisation ID, vous devez

positionner les capteurs avec grand soin. Les microphones de la tête artificielle ou les ouvertures du BHM doivent se trouver exactement à la même position<sup>2</sup>.

### Courbes d'égalisation individuelles

La figure 4 montre des exemples de courbes d'égalisation individuelle de 4 BHM différents. Ce diagramme montre, que les enregistrements effectués avec un BHM sont clairement renforcés aux alentours de 11 kHz par le filtre d'égalisation. Cette amplification est due aux propriétés intrinsèques du BHM, comme p.ex. les petits tubes et les microphones utilisés. En fonction du BHM, cette amplification peut être plus ou moins forte, comme il est possible de le voir sur la figure 4 p.ex. sur la courbe rouge (plus de 15dB à 10,5kHz sur la voie de droite).

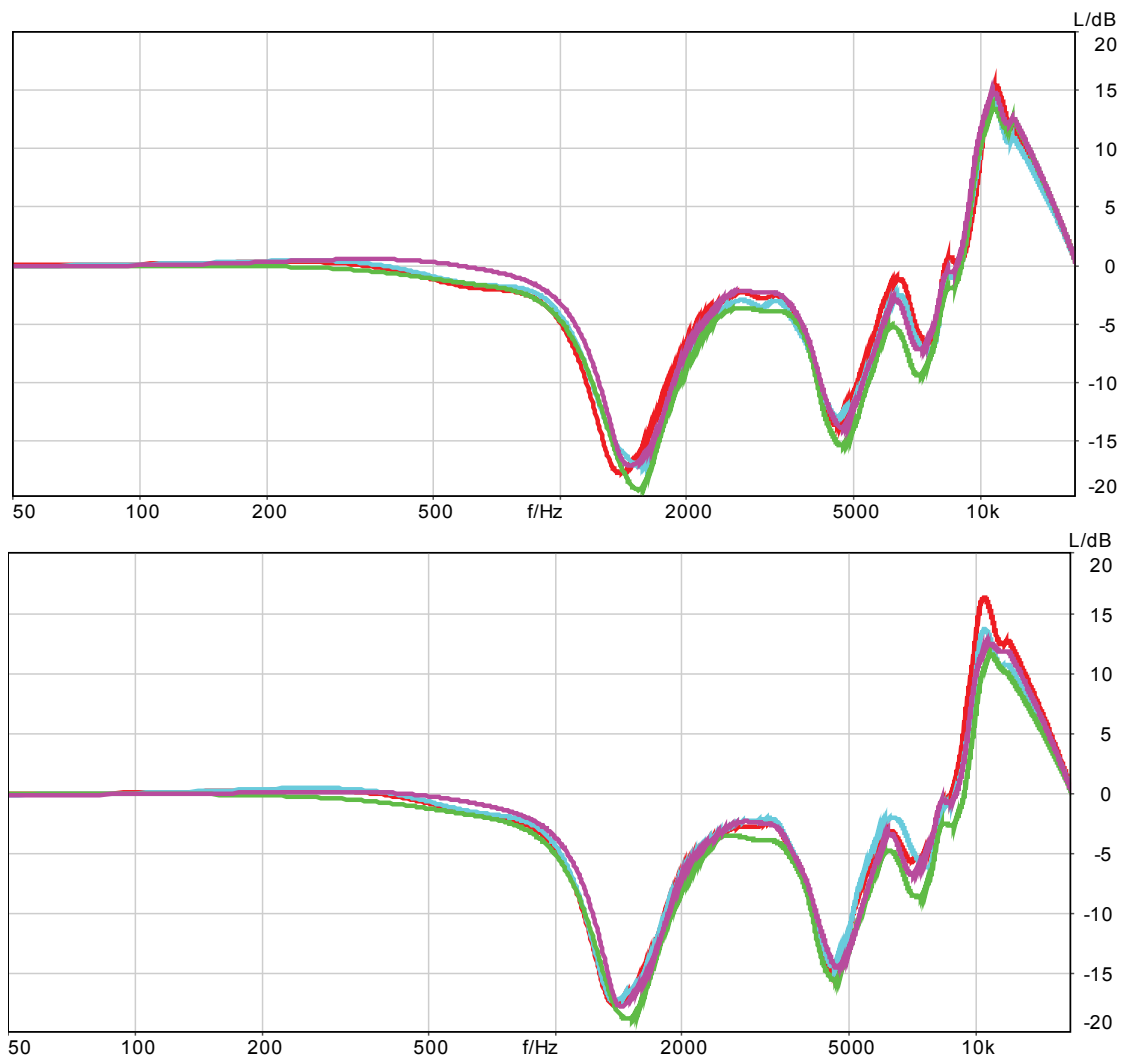


Figure 4: Courbes individuelles d'égalisation de 4 BHM différents

<sup>2</sup> L'égalisation du BHM a été conçue pour être correctement égalisée pour un BHM porté par un adulte et non par une tête artificielle. Pour pouvoir comparer les mesures réalisées avec le BHM, celui-ci doit donc être porté par une personne et non par une tête artificielle.

## Utilisation des courbes d'égalisation

Cette correction de niveau importante est nécessaire, pour une égalisation correcte des enregistrements effectués avec le BHM et pour assurer la comparabilité des mesures, et n'influence pas dans la majorité des cas la qualité du signal.

Toutefois, cette correction importante peut dans certains cas particuliers avoir des effets de marge : c'est notamment toujours le cas, lorsqu'un signal très faible est enregistré avec une gamme très élevée. Dans ce cas l'utilisation de la très grande marge d'enregistrement conduit, du fait de l'amplification à 11kHz, à un relèvement du bruit de fond relativement élevé, ce qui fait que ce bruit pourra être clairement audible et interprété lors des écoutes comme une composante gênante.

Cet effet peut être réduit par l'utilisation de mesures adaptées. Toutefois, étant donné que l'enregistrement de signaux sonores est forcément lié aux qualités physiques du microphone, à la chaîne de mesure utilisée et à la numérisation des signaux, cet effet ne peut être complètement éliminé. Les mesures décrites par la suite correspondent aux actions à appliquer pour améliorer la qualité du signal lors d'une égalisation effectuée a posteriori (page 4, point 3).

Afin de maintenir la part de bruit à un niveau aussi faible que possible, il est important de faire attention, à l'enregistrement, de choisir la gamme adaptée. Une gamme trop faible conduira à des saturations. Une gamme trop élevée conduira à une utilisation non optimale de la dynamique et par conséquent à un bruit de fond qui pourrait devenir important : les composantes de faible niveau du bruit d'intérêt pourraient être noyées dans le bruit de fond de l'enregistrement et le bruit de fond pourrait être renforcé dans certaines bandes fréquentielles par le filtre d'égalisation.

Le bruit de quantification est plus élevé pour un enregistrement effectué p.ex. sur 16 bits que pour un enregistrement effectué sur 24 bits. Lors de l'enregistrement de signaux faibles, ce bruit de quantification peut éventuellement être renforcé par l'égalisation. C'est pourquoi il est particulièrement conseillé d'utiliser le format 24 bits pour l'enregistrement de bruits faibles.

## Post-traitement sous ArtemiS

Lorsque la situation d'enregistrement oblige à l'utilisation d'une gamme élevée, même lorsque des signaux de faible niveau doivent être enregistrés (p.ex. enregistrement de signaux variables rapidement avec des niveaux à la fois très élevés et très faibles) et que l'effet décrit ci-dessus apparaît, il est conseillé d'utiliser les possibilités de filtrage interactif offertes par ArtemiS : l'utilisation d'un filtrage adapté permet de supprimer de manière contrôlée les composantes gênantes à la réécoute. L'auditeur a ainsi la possibilité de ne se concentrer que sur le signal utile.

ArtemiS propose p.ex. via l'analyseur interactif des possibilités de filtrage interactif. Une fois l'analyse désirée représentée dans la fenêtre de l'analyseur interactif, il est possible d'ouvrir l'éditeur de filtres et de sélectionner le filtre désiré. Vous pouvez choisir entre des filtres coupe-bande ou des passe-bande paramétriques<sup>3</sup>. Avec l'aide des coupe-bande les composantes gênantes du signal seront complètement filtrées. Mais si le signal possède aussi du signal utile vers 11 kHz, un tel filtre modifiera fortement aussi le signal utile. Cet effet peut être contourné par l'utilisation d'un filtre passe-bande paramétrique, qui autorise le réglage de l'atténuation appli-

---

<sup>3</sup> Pour l'utilisation d'un filtre passe-bande paramétrique vous avez besoin de l'option ATP 09.

quée. Avec ce dernier type de filtre, il est p.ex. possible d'ajuster l'atténuation du filtre à 6 dB, ce qui permet de minimiser l'effet sur le signal-utile.



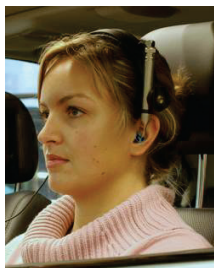
Figure 5: Coupe-bande      Passe-bande paramétrique

Il est évidemment aussi possible de sauvegarder le fichier filtré dans un nouveau fichier. Pour cela, il faut copier le filtre défini, dans la zone des filtres. Ensuite, il est possible de filtrer le signal temporel et d'envoyer le résultat dans un nouveau fichier en passant p.ex. par un Export-Fichier (format HEAD acoustics) ou un export-Wav. Un signal filtré est ainsi créé, qui pourra être utilisé p.ex. dans une présentation PowerPoint®.

## Lecture d'un enregistrement réalisé avec un BHM

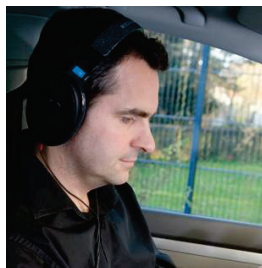
Un enregistrement réalisé avec un BHM doit être égalisé pour être reproduit. Cette égalisation vous permet d'entendre le signal comme si vous vous trouviez dans le champ sonore dans lequel il a été enregistré.

Enregistrement avec un BHM dans le véhicule



+

Lecture avec un PEQ et un casque



=

(en utilisant les égalisations correctes pour les enregistrements et les lectures)

Impression sonore dans le champ sonore d'origine



Figure 6 : Enregistrement et lecture d'un enregistrement réalisé avec un BHM

HEAD acoustics propose un égaliseur programmable (PEQ) pour la lecture d'enregistrements réalisés avec un BHM. Le PEQ est programmé avec le filtre ID nécessaire de manière à ce que l'enregistrement réalisé avec un BHM puisse être reproduit correctement égalisé et à ce que l'impression acoustique obtenue soit comparable à celle enregistrée dans le champ sonore d'origine. La manière la plus simple de reproduire un enregistrement réalisé avec un BHM est d'utiliser le logiciel d'analyse ArtemiS ou le HEAD Data Portal, un PEQ et un casque.

Le réglage du niveau du PEQ doit correspondre à la plage de réglage de l'enregistrement. Ce réglage peut être réalisé manuellement ou automatiquement. Si les deux voies de la mesure réalisée avec le BHM ont des plages de réglages différentes, le PEQ doit alors être réglé sur la plage de réglage la plus élevée lors du paramétrage manuel. 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 au niveau. Vous trouverez une description détaillée de la manière de paramétrer correctement le PEQ IV et le PEQ V dans la section suivante.

**Exemple d'application : enregistrement réalisé avec un BHM dans l'habitacle d'un véhicule<sup>4</sup>**

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 5 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 celle de droite.

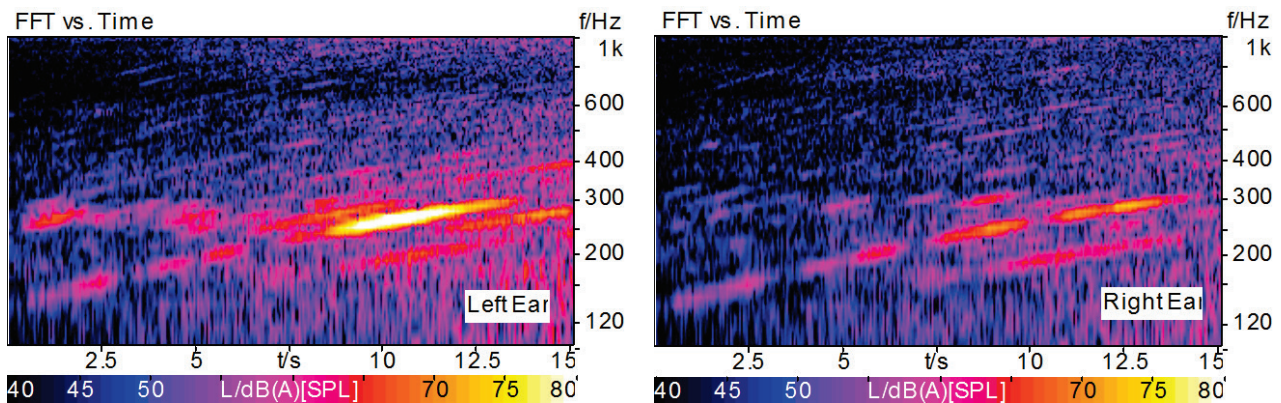


Figure 7 : Analyse FFT vs. temps du bruit d'un habitacle de véhicule

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 6).<sup>5</sup>

<sup>4</sup> Cette section est un extrait de l'Application Note intitulée « Mesure, analyse et reproduction binaurales » et est mentionnée ici pour compléter et expliquer les informations concernant le BHM.

<sup>5</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.

Dataset Information

Ch	Abb.	Name	Title	Sampling rate	Range(rms)	Unit	Quantity	Calibration	Headroom	Emphasis	Equalization
1	BL	BHM_L		44100 Hz	7.1891	Pa	pressure	105.1	6	<input type="checkbox"/> on/off	ID
2	BR	BHM_R		44100 Hz	7.2021	Pa	pressure	105.1	6	<input type="checkbox"/> on/off	ID
3	as	accsitz		44100 Hz	7.0987	m/(s^2)	level	11.0	6	<input type="checkbox"/> on/off	Lin
4	al	acclenk		44100 Hz	7.0763	m/(s^2)	level	11.0	6	<input type="checkbox"/> on/off	Lin

Channel attributes / Digital channel attributes / Abscissa attributes / Comment /

Write protection:  On  Off

HMS data Decoded:  Apply...

OK Cancel

Figure 8 : Information des données d'un enregistrement réalisé avec un BHM

Lorsque l'option « Automatique » 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 de 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 cet 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 avec le 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 audioconforme 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 lire vos réactions !