

## Document technique

**Port de masques de protection individuelle. Évaluation du risque de réduction d'intelligibilité des échanges PNT en cockpit et impact sur les enregistrements CVR.**



## 1. OBJECTIF

Évaluer l'impact du port de masques de protection individuelle sur la qualité des échanges vocaux et leur intelligibilité sur les enregistrements CVR.

La méthode consiste à réaliser une mesure comparative entre la situation de non port de masque et celle du port de masques de protection de différents modèles.

Les travaux ont été réalisés dans le laboratoire d'analyse audio-CVR du BEA.

## 2. MÉTHODES D'ÉVALUATION

Deux opérations ont eu lieu.

Un premier test dit « subjectif » consiste à lire un texte à proximité d'un microphone d'ambiance en portant un casque de PNT (Sennheiser HMEC-25) et en se protégeant au moyen de différents modèles de masques (matières et niveaux de protection différents).

Un second test dit « pseudo objectif » consiste à émettre un stimulus de référence (bruit blanc) dans une enceinte acoustique et à placer successivement à l'interface entre la source sonore et le micro boomset du casque PNT les différents modèles de masques.

## 3. MODÈLES DE MASQUES ÉVALUÉS

- Masque dit « chirurgical » à usage unique (écran filtrant non tissé)
- Masque de protection FFP3 (équipé d'une valve d'expiration)
- Masque en tissu N°1 (en fibre de coton tissé)
- Masque en tissu N°2 (en polytéraphthalate d'éthylène (P.E.T) - fibre dite « Polaire »)



*Vue des modèles de masque*

## 4. DÉROULÉ DU TEST SUBJECTIF

L'annexe 1 présente l'installation d'essai constituée :

- D'une paire d'enceinte assurant la diffusion d'une ambiance sonore de cockpit (échantillon de bruit ambiant de cockpit d'A320).
- D'un PC dédié aux activités audio et de l'application d'édition audio multipistes Samplitude.
- D'un micro d'ambiance (CAM) d'A320 placé sur un support réglable en hauteur.
- D'un boîtier de pré-amplification de CAM d'A320.

- D'un casque de PNT (Sennheiser HMEC-25 CAP).
- D'un boîtier d'alimentation et d'interface du microphone boomset du casque et la liaison audio associée.
- D'un enregistreur numérique nomade (TASCAM DR-40 Stéréo).

Un opérateur porteur du masque de protection et du casque PNT lit le même texte dans une ambiance sonore proche de l'ambiance cockpit. L'opération est reproduite pour chacun des modèles de masques de protection à évaluer. Le signal du microphone délivré par le boîtier d'interface micro est enregistré en même temps que le signal capté par le micro d'ambiance.

## 5. DÉROULÉ DU TEST PSEUDO OBJECTIF

Les annexes 2, 4b et 4c, présentent l'installation d'essai constituée :

- D'une enceinte acoustique qui supporte l'assemblage composé du masque de protection et du casque PNT et assure la diffusion d'un signal de référence.
- D'un PC connecté à l'enceinte amplifié qui génère le signal de référence.
- D'un casque de PNT (Sennheiser HMEC-25 CAP).
- D'un boîtier d'alimentation et d'interface du microphone boomset du casque et la liaison audio associée.
- D'un enregistreur numérique nomade (TASCAM DR-40 Stéréo).

Le signal de référence est joué en permanence dans l'enceinte acoustique. Les masques sont placés successivement sur le support dédié et le signal capté par le microphone boomset du casque PNT est enregistré sur l'enregistreur nomade.

## 6. MÉTHODE DE MESURE COMPARATIVE

L'acquisition du signal a été réalisée durant 1 à 2 minutes durant chacun des tests.

Les fichiers audio ont ensuite été écoutés (principalement dans le cadre de l'évaluation subjective) pour évaluer les modifications/masquages introduits par le dispositif de protection (masques de différents modèles).

Une période de 25 s de signal d'intérêt a été sélectionnée (tour de parole dans le cas de l'évaluation subjective et bruit blanc pour l'évaluation pseudo objective). Dans les deux cas le spectre de fréquence de cet échantillon a été comparé avec l'échantillon de référence (enregistrement sans port de masque).

Les échantillons d'analyse ont été représentés sous forme de spectre de densité de puissance (DSP) et de spectre de tiers d'octave, tous intégrés sur une durée de 25 s de signal.

Les annexes 3a, 3b, et 4a présentent le relevé comparatif réalisé.

## 7. RÉSULTAT

L'analyse des données recueillies durant les deux phases de test met en évidence les éléments suivants :

### Évaluation subjective :

Le résultat de l'écoute par un analyste CVR des enregistrements réalisés durant le test subjectif permet de faire le constat suivant :

- le port du masque chirurgical n'apporte pas d'atténuation significative du niveau de la locution ; aucune réduction de l'intelligibilité de la locution n'est décelée.
- le port du masque FFP3 n'apporte a priori pas d'atténuation significative du niveau de la locution ; il y a toutefois une réduction notable des composantes haute fréquence de la bande vocale ; le discours paraît assourdi ou étouffé ce qui peut réduire significativement l'intelligibilité de la locution.
- le port du masque en tissus N°2 n'apporte pas d'atténuation significative du niveau de la locution ; on perçoit une légère réduction des composantes haute fréquence de la bande vocale ; la locution est très légèrement étouffée mais cela ne semble pas réduire son intelligibilité.

#### **Note 1. Observation des spectres produits durant l'évaluation subjective (annexe 3) :**

*La méthode utilisée pour produire les spectres de fréquence (intégration des spectres durant 25 s) s'avère peu adaptée à l'évaluation comparative sur une activité vocale qui est composée par nature d'une succession d'événements sonores de charge spectrale variable. Une large intégration des spectres tend à favoriser la visualisation du bruit général (prédominance du bruit ambiant) ce qui est confirmé par les illustrations de spectre présentées dans l'annexe 3 ; on ne décèle visuellement quasi aucune différence entre les captures sonores réalisées durant l'essai des trois modèles de masque. Le même constat est fait sur les trois captures réalisées sur le micro d'ambiance.*

*Il sera donc préférable dans le cadre d'essais similaires d'isoler dans le discours un seul phonème de référence, d'intégrer le faible nombre de spectres qui le contiennent, et de comparer les courbes produites.*

#### **Note 2. Robustesse de la méthode d'évaluation:**

*L'évaluation subjective est sujette à la variabilité de la qualité et du niveau du discours émis par l'opérateur durant les essais successifs. La méthode s'avère être peu robuste.*

### Évaluation pseudo objective :

Le résultat de l'analyse comparative (annexe 4) des spectres de bruit issus des captures sonores réalisées à partir du stimuli de référence permet de faire le constat suivant :

- le port du masque chirurgical n'apporte pas d'atténuation significative dans la bande de fréquence utile attribuée à l'activité vocale (0 – 4kHz).
- le port du masque FFP3 peut apporter en fonction de la position du micro boomset une atténuation conséquente dans la bande de fréquence de la voix et au-delà.
- le port de masques en tissus peut apporter selon le modèle (densité de la matière ou du tissage) une atténuation significative de l'activité vocale.

#### **Note : robustesse de la méthode d'évaluation:**

*L'évaluation pseudo-objective est réalisée à partir d'un référentiel invariable qui couvre l'ensemble de la bande passante du dispositif de captation. La méthode est robuste.*

## Annexe 1. Dispositif de captation pour évaluation subjective



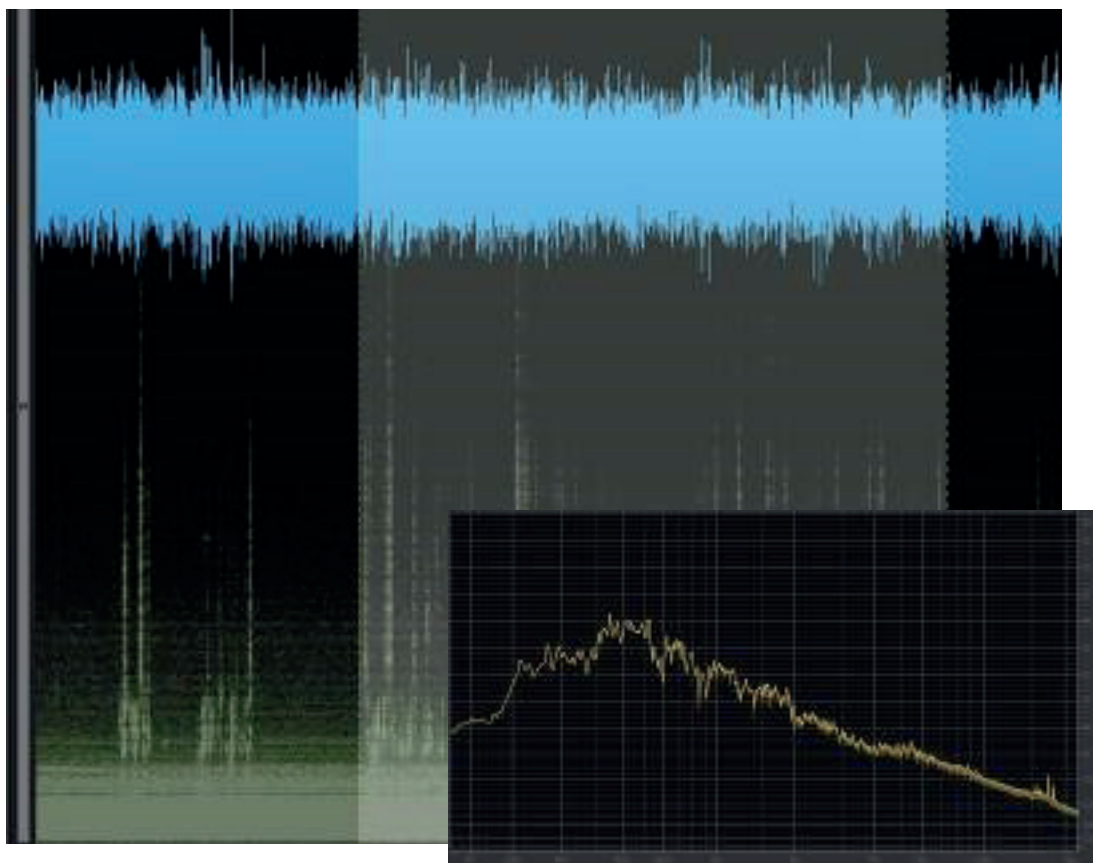
L'opérateur porte successivement chacun des trois modèles de masque évalués et lit le même texte.

Le signal audio capté par le micro du boomset et par le micro d'ambiance est enregistré; les spectres de fréquence sont observés et comparés à la donnée de référence.



Vue des modèles de masque

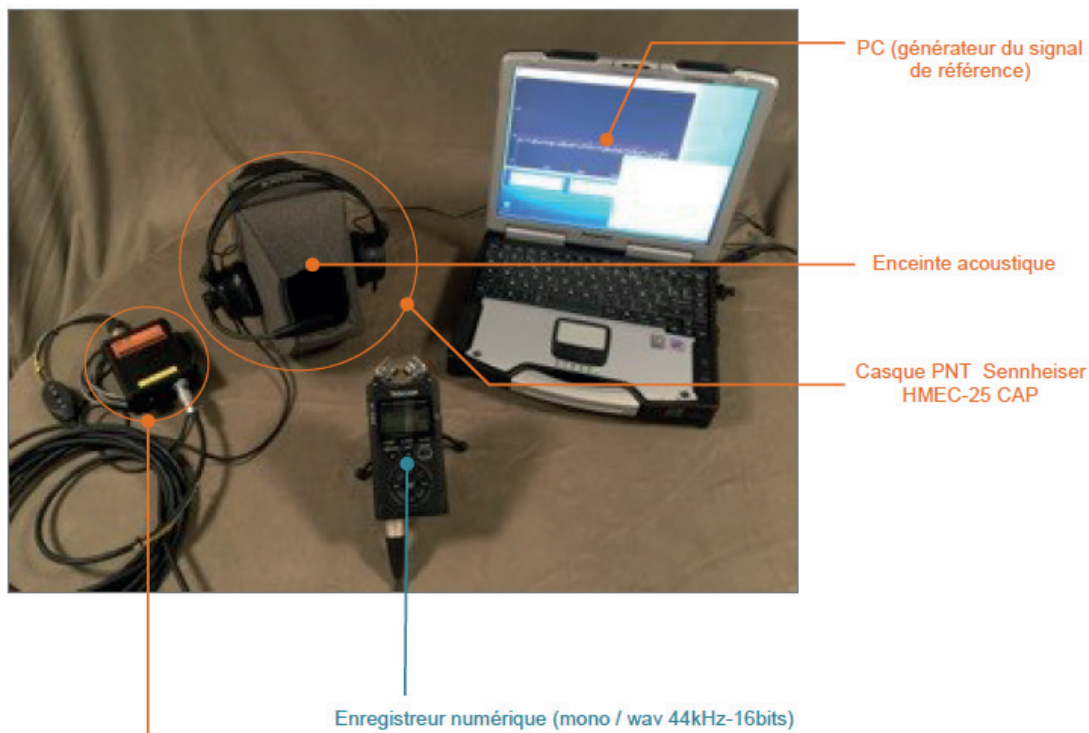




*Observation du spectre et forme d'onde*

*Note : l'annexe 3 illustre les spectres observés dans le cadre de cette évaluation.*

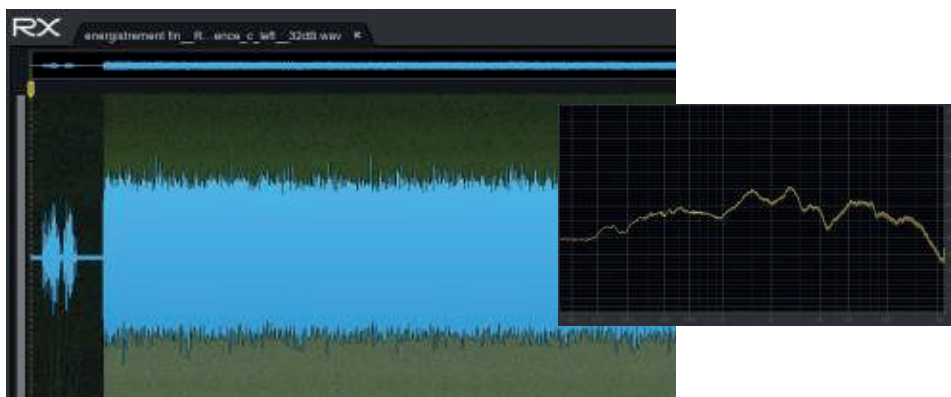
## Annexe 2. Dispositif de captation pour évaluation pseudo-objective



Vue des modèles de masque

Les masques sont placés successivement sur l'enceinte acoustique qui émet en permanence le stimulus de référence (bruit blanc).

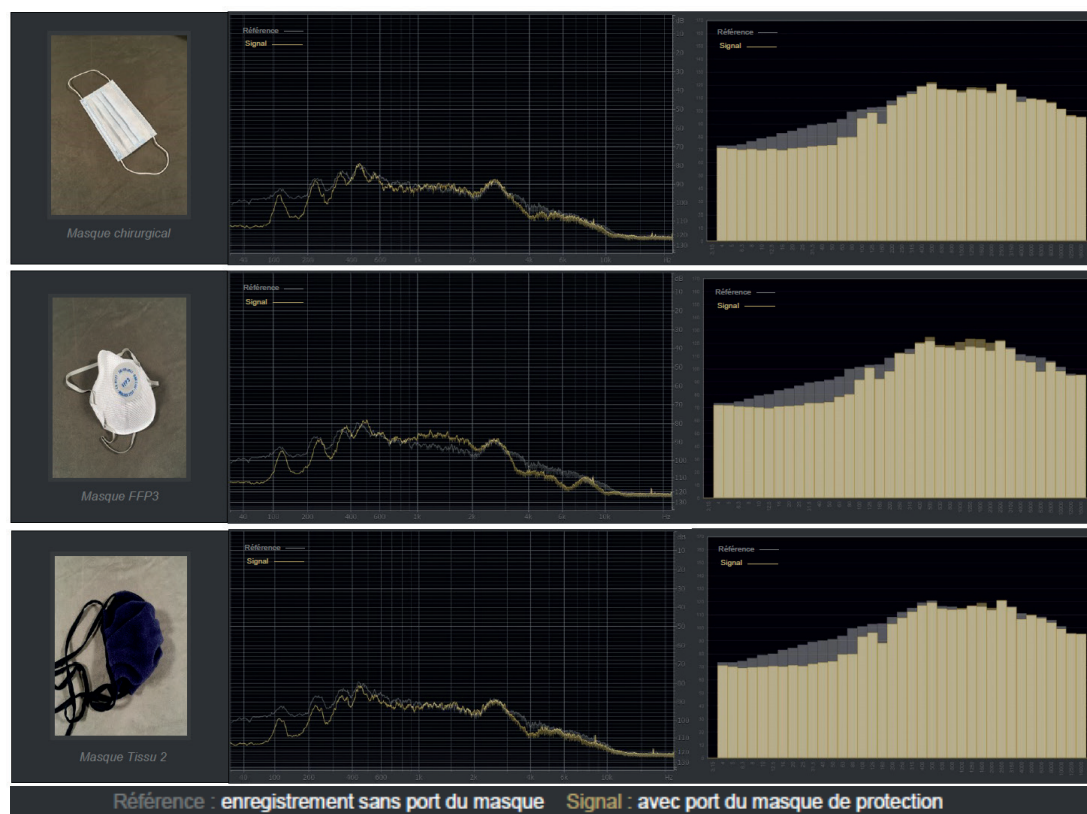
Le signal audio capté par le micro du boomset est enregistré ; le spectre de fréquence est observé et comparé à la donnée de référence.



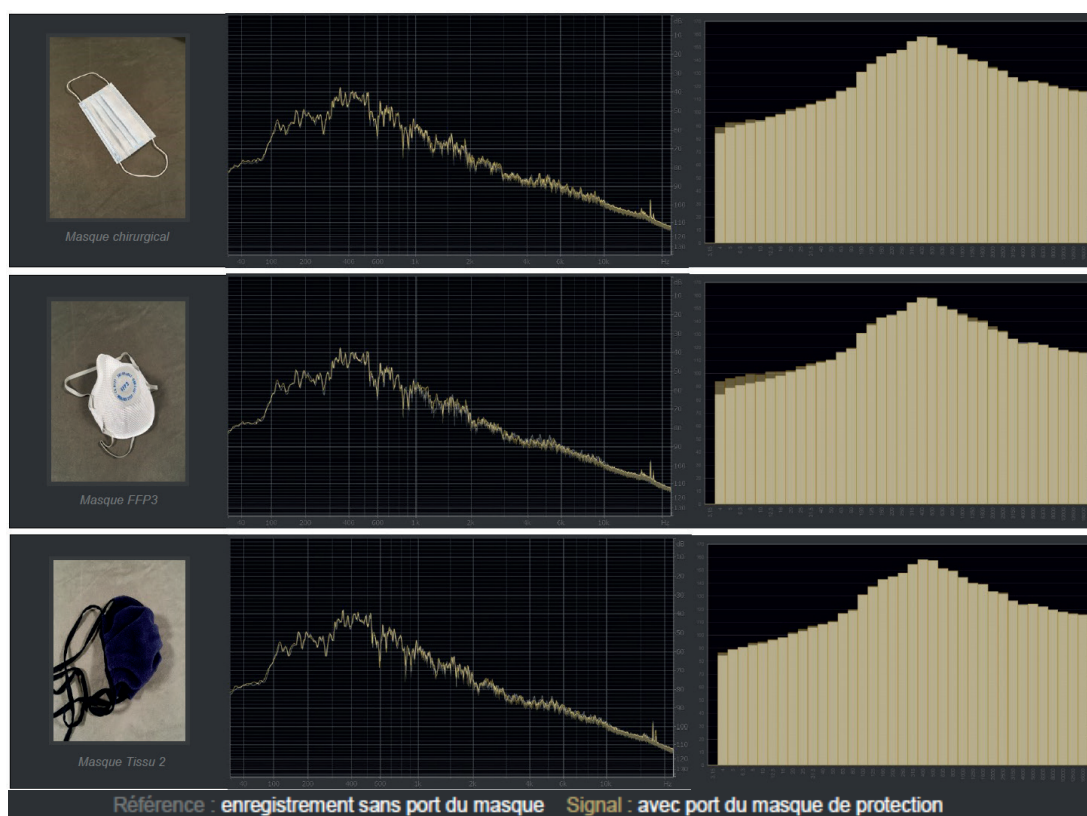
Observation du spectre et forme d'onde

Note : l'annexe 4 illustre les spectres observés dans le cadre de cette évaluation.

### Annexe 3a. Comparaison des spectres de l'évaluation subjective. Captation par le microphone Boomset PNT (vue DSP et tiers d'octave)

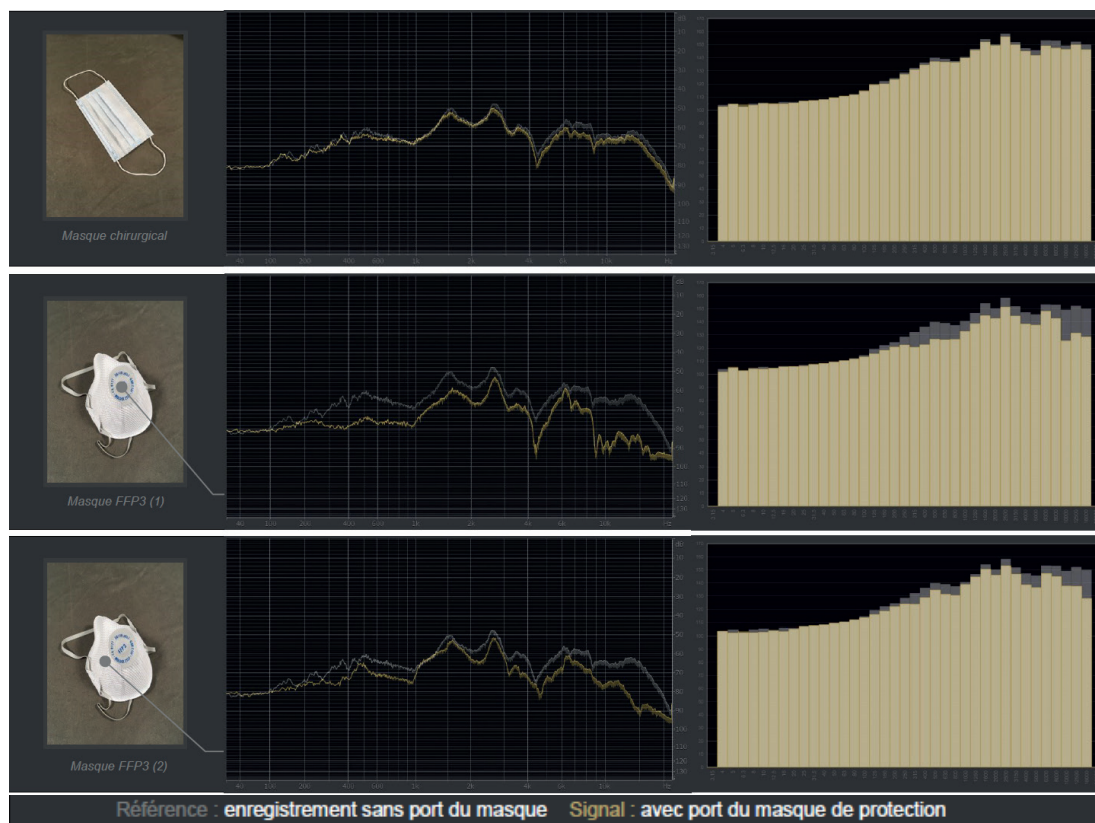


### Annexe 3b. Comparaison des spectres de l'évaluation subjective. Captation du micro d'ambiance (CAM) (vue DSP et tiers d'octave)

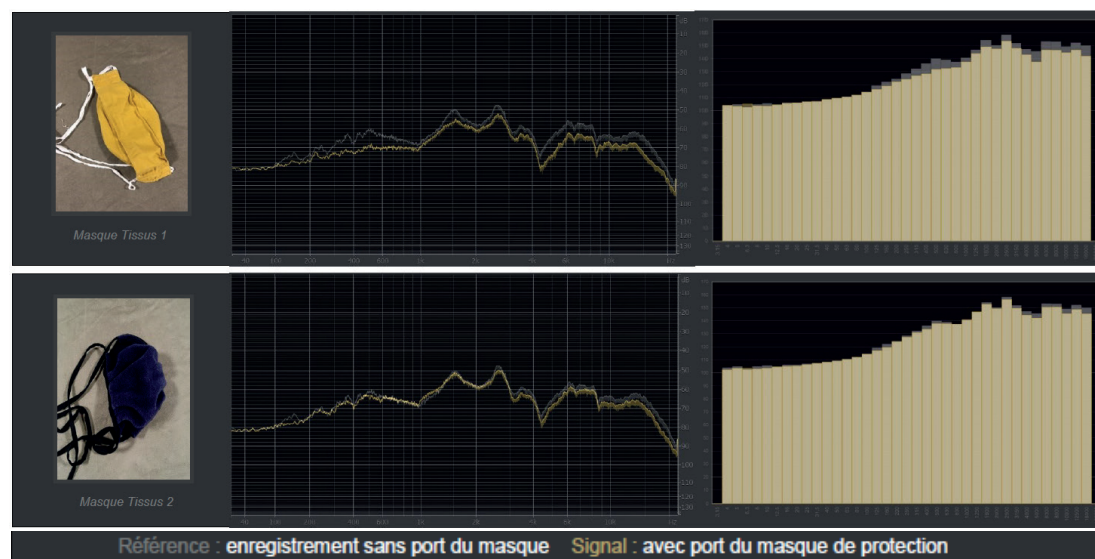




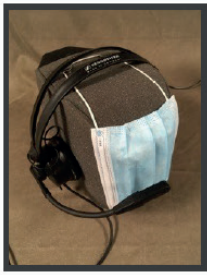
#### Annexe 4a. Comparaison des spectres de l'évaluation pseudo-objective – Captation par le microphone Boomset PNT (vue DSP et tiers d'octave)



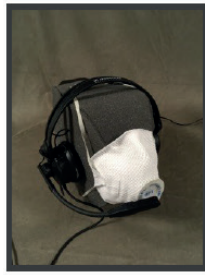
#### Annexe 4a (suite). Comparaison des spectres de l'évaluation pseudo-objective – Captation par le microphone Boomset PNT (vue DSP et tiers d'octave)



#### Annexe 4b. Vue des équipements de protection placés sur l'émetteur de stimuli



Masque chirurgical



Masque FFP3

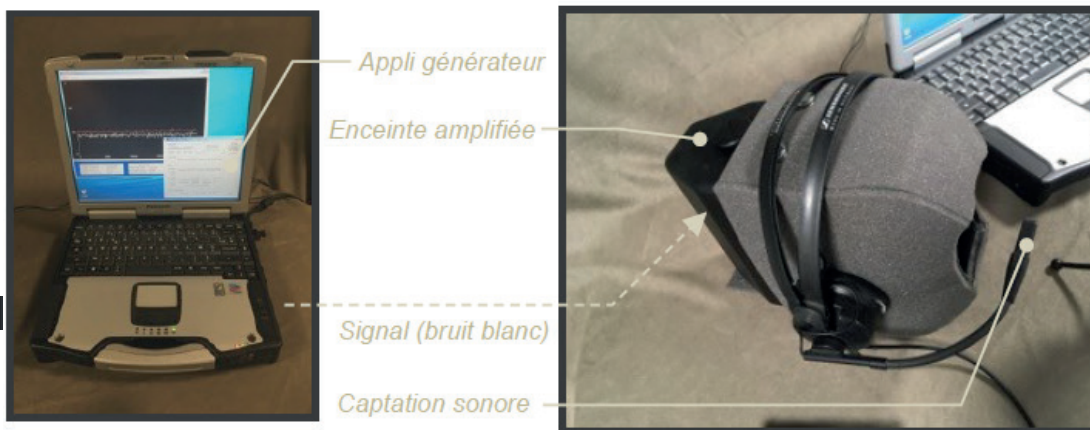


Masque Tissus 1



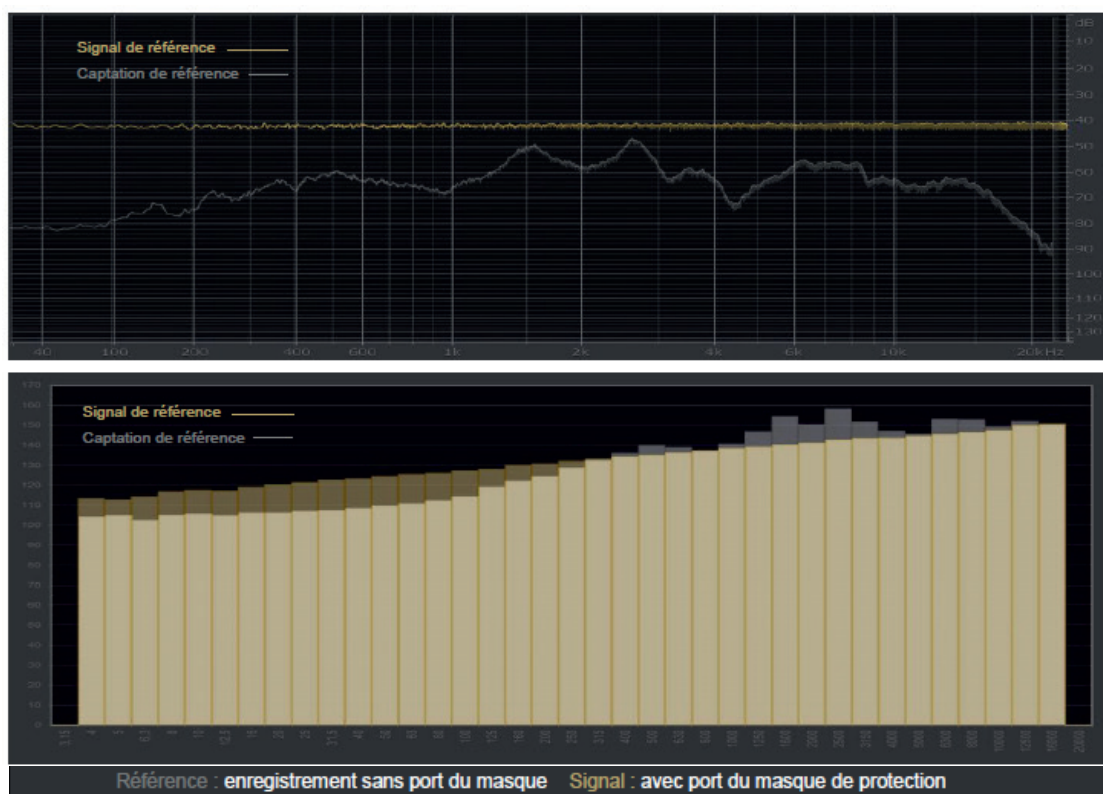
Masque Tissus 2

#### Annexe 4c. valuation pseudo-objective - Description du dispositif émetteur de stimuli



Une application logicielle génère un bruit de type et niveau réglables (bruit rose, blanc, marron, ...). Le signal audio est délivré à une enceinte amplifiée équipée d'un support d'équipement de tête. Le casque PNT est ainsi toujours placé à la même position et les conditions d'essai sont reproductibles. Le bruit généré pour cet essai est un bruit blanc (augmentation du bruit de 3 dB par octave sur la bande 0 – 20 kHz) pour assurer une pente constante sur la bande d'intérêt. Néanmoins la géométrie et la faible dimension du support d'équipement de tête induisent une forte distorsion du signal de référence. Cette distorsion est le fruit des nombreux rebonds d'ondes qui naissent au coeur du support, et du non-respect de la distance acoustique à l'enceinte. Les vues spectrales ci-dessous précisent la fonction de transfert globale du dispositif<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Performance de la carte son du PC + performance de l'amplificateur + performance de l'enceinte (couplage d'un haut-parleur tweeter et d'un woofer 8cm) + performance acoustique du support.





Bureau d'Enquêtes et d'Analyses  
pour la sécurité de l'aviation civile

10 rue de Paris  
Zone Sud - Bâtiment 153  
Aéroport du Bourget  
93352 Le Bourget Cedex - France  
T : +33 1 49 92 72 00 - F : +33 1 49 92 72 03  
[www.bea.aero](http://www.bea.aero)