

Union internationale des télécommunications

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

H.870

(03/2022)

SERIE H: SYSTÈMES AUDIOVISUELS ET
MULTIMÉDIAS

Systemes, services et applications multimédias de
cybersanté – Écoute sans risque

**Lignes directrices relatives aux
dispositifs/systemes d'écoute
sans risque**

Recommandation UIT-T H.870

UIT-T



RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE H
SYSTÈMES AUDIOVISUELS ET MULTIMÉDIAS

CARACTÉRISTIQUES DES SYSTÈMES VISIOPHONIQUES	H.100–H.199
INFRASTRUCTURE DES SERVICES AUDIOVISUELS	
Généralités	H.200–H.219
Multiplexage et synchronisation en transmission	H.220–H.229
Aspects système	H.230–H.239
Procédures de communication	H.240–H.259
Codage des images vidéo animées	H.260–H.279
Aspects liés aux systèmes	H.280–H.299
Systèmes et équipements terminaux pour les services audiovisuels	H.300–H.349
Architecture des services d'annuaire pour les services audiovisuels et multimédias	H.350–H.359
Architecture de la qualité de service pour les services audiovisuels et multimédias	H.360–H.369
Téléprésence, environnements en immersion, réalité virtuelle et étendue	H.420–H.439
Services complémentaires en multimédia	H.450–H.499
PROCÉDURES DE MOBILITÉ ET DE COLLABORATION	
Aperçu général de la mobilité et de la collaboration, définitions, protocoles et procédures	H.500–H.509
Mobilité pour les systèmes et services multimédias de la série H	H.510–H.519
Applications et services de collaboration multimédia mobile	H.520–H.529
Sécurité pour les systèmes et services multimédias mobiles	H.530–H.539
Sécurité pour les applications et services de collaboration multimédia mobile	H.540–H.549
PASSERELLES DE VÉHICULE ET SYSTÈMES DE TRANSPORT INTELLIGENTS	
Architecture des passerelles de véhicule	H.550–H.559
Interfaces de passerelle de véhicule	H.560–H.569
SERVICES MULTIMÉDIAS À LARGE BANDE, TRI-SERVICES MULTIMÉDIAS ET SERVICES MULTIMÉDIAS ÉVOLUÉS	
Services multimédias à large bande sur VDSL	H.610–H.619
Services et applications multimédias évolués	H.620–H.629
Applications des réseaux de capteurs ubiquitaires et de fourniture de contenus	H.640–H.649
SERVICES MULTIMÉDIAS ET APPLICATIONS DE TÉLÉVISION PAR RÉSEAU IP	
Aspects généraux	H.700–H.719
Terminaux pour la télévision par réseau IP	H.720–H.729
Intergiciels pour la télévision par réseau IP	H.730–H.739
Traitement d'évènements dans les applications de télévision par réseau IP	H.740–H.749
Métadonnées pour la télévision par réseau IP	H.750–H.759
Cadres généraux des applications multimédias pour la télévision par réseau IP	H.760–H.769
Exploration des services jusqu'au point de consommation dans la télévision par réseau IP	H.770–H.779
Affichage numérique	H.780–H.789
SYSTÈMES, SERVICES ET APPLICATIONS MULTIMÉDIAS DE CYBERSANTÉ	
Systèmes de santé individuels	H.810–H.819
Tests de conformité des systèmes de santé individuels aux normes d'interopérabilité (HRN, PAN, LAN, TAN et WAN)	H.820–H.859
Services d'échange de données multimédias concernant la cybersanté	H.860–H.869
Écoute sans risque	H.870–H.879

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

Recommandation UIT-T H.870

Lignes directrices relatives aux dispositifs/systèmes d'écoute sans risque

Résumé

La Recommandation UIT-T H.870 décrit les exigences à appliquer aux dispositifs et systèmes d'écoute sans risque, appelés systèmes audio individuels/portables, en particulier ceux permettant d'écouter de la musique, pour protéger les personnes contre les pertes d'audition. Elle contient en outre un glossaire des termes les plus fréquents ainsi que des informations générales sur le son, l'audition et les pertes d'audition.

Elle préconise les critères à respecter pour éviter les pratiques dangereuses en matière d'écoute, l'un à l'intention des adultes et l'autre à l'intention des enfants, qui reposent tous deux sur le principe d'égalité d'énergie, qui est l'hypothèse selon laquelle une quantité d'énergie acoustique donnée causera le même déplacement permanent du seuil dû au bruit quelle que soit la répartition de cette énergie dans le temps.

Point important, cette Recommandation donne des lignes directrices concernant la communication dans le domaine de la santé en vue d'encourager des pratiques sans risque en matière d'écoute, afin que les messages d'avertissement appropriés puissent être transmis lorsque nécessaire. On trouvera dans l'Appendice VII des exemples de ce type de messages.

Enfin, cette Recommandation donne également des informations concernant la mise en œuvre de la dosimétrie et des questions connexes.

Les dispositifs de communication et les appareils auditifs sont exclus du champ d'application de cette Recommandation. Les consoles de jeu seront en outre étudiées ultérieurement.

Cette norme a été élaborée en collaboration par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et l'UIT dans le cadre de l'initiative "Écouter sans risque" et est adoptée par les deux organisations.

Historique

Édition	Recommandation	Approbation	Commission d'études	ID unique*
1.0	UIT-T H.870	29-08-2018	16	11.1002/1000/13686
2.0	UIT-T H.870 (V2)	16-03-2022	16	11.1002/1000/14953

Mots clés

Dose, système audio individuel, écoute sans risque, niveau de pression acoustique, perte d'audition due au bruit.

* Pour accéder à la Recommandation, reporter cet URL <http://handle.itu.int/> dans votre navigateur Web, suivi de l'identifiant unique, par exemple <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

AVANT-PROPOS

L'Union internationale des télécommunications (UIT) est une institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des télécommunications et des technologies de l'information et de la communication (ICT). Le Secteur de la normalisation des télécommunications (UIT-T) est un organe permanent de l'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.

L'Assemblée mondiale de normalisation des télécommunications (AMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'étude 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 1 de l'AMNT.

Dans certains secteurs des technologies de l'information qui correspondent à la sphère de compétence de l'UIT-T, les normes nécessaires se préparent en collaboration avec l'ISO et la CEI.

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.

Le respect de cette Recommandation se fait à titre volontaire. Cependant, il se peut que la Recommandation contienne certaines dispositions obligatoires (pour assurer, par exemple, l'interopérabilité et l'applicabilité) et considère que la Recommandation est respectée lorsque toutes ces dispositions sont observées. Le futur d'obligation et les autres moyens d'expression de l'obligation comme le verbe "devoir" ainsi que leurs formes négatives servent à énoncer des prescriptions. L'utilisation de ces formes ne signifie pas qu'il est obligatoire de respecter la Recommandation.

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

L'UIT attire l'attention sur la possibilité que l'application ou la mise en œuvre de la présente Recommandation puisse donner lieu à l'utilisation d'un droit de propriété intellectuelle. L'UIT ne prend pas position en ce qui concerne l'existence, la validité ou l'applicabilité des droits de propriété intellectuelle, qu'ils soient revendiqués par un membre de l'UIT ou par une tierce partie étrangère à la procédure d'élaboration des Recommandations.

À la date d'approbation de la présente Recommandation, l'UIT n'avait pas été avisée de l'existence d'une propriété intellectuelle protégée par des brevets ou par des droits d'auteur afférents à des logiciels et dont l'acquisition pourrait être requise pour mettre en œuvre la présente Recommandation. Toutefois, comme il ne s'agit peut-être pas de renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux développeurs de consulter les bases de données appropriées de l'UIT-T disponibles sur le site web de l'UIT-T à l'adresse <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2023

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

TABLE DES MATIÈRES

		Page
1	Champ d'application.....	1
2	Références.....	1
3	Définitions	2
	3.1 Termes définis ailleurs	2
	3.2 Termes définis dans la présente Recommandation	4
4	Abréviations et acronymes.....	7
5	Conventions	7
6	Écouter sans risque: Introduction	8
	6.1 Généralités	8
	6.2 Système audio individuel.....	8
7	Critère de risque de lésion	11
	7.1 Modes de fonctionnement.....	11
	7.2 Incertitude concernant l'estimation de la dose	12
8	Méthodes de mesure.....	13
	8.1 Dosimétrie.....	13
9	Plage de sensibilité et réponse en fréquence des casques	14
10	Profils	15
11	Communication en matière de santé	15
	11.1 Objectif de l'intégration de la communication en matière de santé dans les normes relatives aux systèmes audio individuels d'écoute sans risque.....	16
	11.2 Principales recommandations en matière de communication figurant dans les normes applicables aux dispositifs d'écoute sans risque	16
12	Contrôle du bruit ambiant	20
	12.1 Atténuation passive du bruit de fond.....	20
	12.2 Réduction active du bruit de fond	21
	12.3 Avantages des écouteurs à isolation phonique	21
	12.4 Problèmes de sécurité associés aux casques à isolation phonique	21
13	Contrôle du volume.....	21
	13.1 Limitation du volume	21
	13.2 Contrôle du volume protégé par mot de passe.....	22
14	Instructions concernant des problèmes annexes.....	22
	Appendice I – Rapport d'activité.....	23
	Appendice II – Fonctionnalité d'estimation de la dose à mettre en œuvre dans un système audio individuel.....	24
	II.1 Introduction.....	24
	II.2 Principales normes connexes.....	24
	II.3 Définition de la dose dans le contexte de la dosimétrie acoustique	24

	Page
II.4	Pondération des différentes fréquences..... 24
II.5	Point de prise du signal dans un système PAS 25
II.6	Gestion des canaux gauche et droit 26
II.7	Exemple de mise en œuvre d'un dosimètre..... 26
II.8	Gestion de la complexité de calcul..... 27
II.9	Gestion de la dose au fil des jours et des semaines 27
II.10	Cas où les caractéristiques du casque ne sont pas connues 27
II.11	Autre point de prise du signal audio..... 29
II.12	Test de la fonctionnalité de dosimètre 30
II.13	Incertitudes..... 30
Appendice III – Norme européenne EN 71-1 applicable aux jouets 31	
Appendice IV – "Musique" et "bruit" 32	
Appendice V – A propos du réflexe stapédien..... 34	
Appendice VI – La phase de récupération..... 35	
Appendice VII – Exemple de communication en matière de santé 37	
VII.1	Recommandations pour élaborer des messages d'avertissement et des conseils de comportement pour les interfaces de dispositif..... 37
VII.2	Proposition d'organisation de la circulation de l'information (exemple) dans le cadre des normes applicables aux dispositifs d'écoute sans risque 37
VII.3	Exemple de solution pour communiquer à l'utilisateur les informations relatives aux paramètres d'écoute 38
VII.4	Avertissements et conseils de comportement 39
Appendice VIII – Mécanisme de l'audition et effets du son 42	
VIII.1	Son et ondes 42
VIII.2	Mécanisme de l'audition et perte d'audition..... 42
VIII.3	Mesure de l'énergie acoustique..... 45
VIII.4	Principe d'égalité d'énergie 48
Bibliographie 49	

Introduction

L'exposition de plus en plus fréquente à des niveaux sonores élevés dans des lieux de loisirs comme les boîtes de nuit, les discothèques, les bars et les cafés, les cinémas, lors de concerts ou d'événements sportifs et même dans des cours de fitness suscite des préoccupations croissantes. Avec la popularisation des nouvelles technologies, des appareils comme les systèmes audio individuels sont souvent écoutés pendant des périodes prolongées à des volumes sonores élevés. Les personnes qui participent régulièrement à ce genre d'activités courent un risque grave de perte d'audition irréversible.

Selon les estimations de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) [b-OMS-2018]:

- Plus d'1,5 milliard de personnes dans le monde souffrent d'une perte d'audition due à différentes causes. On estime que 430 millions de ces personnes ont besoin d'une rééducation de l'audition pour retrouver un fonctionnement optimal. Ces nombres devraient augmenter au cours des décennies à venir, à moins que des mesures soient prises pour limiter des facteurs de risque de perte d'audition.
- Plus d'un milliard de jeunes dans le monde pourraient courir un risque de perte auditive due à des habitudes d'écoute dangereuses.
- Chez les adolescents et les jeunes adultes de 12 à 35 ans des pays à revenu moyen ou intermédiaire:
 - près de 50% écoutent leurs appareils audio individuels tels que les lecteurs MP3 et les smartphones à un niveau sonore dangereux;
 - près de 40% sont exposés à des niveaux sonores potentiellement traumatisants dans les boîtes de nuit, les discothèques et les bars.

Les ventes croissantes de smartphones – plus de 1,5 milliard d'appareils vendus dans le monde pendant la seule année 2019 – sont un autre indicateur du risque potentiel. Non seulement les systèmes audio individuels sont d'un accès de plus en plus facile et sont de plus en plus souvent employés pour écouter de la musique, mais ils sont aussi utilisés à des volumes sonores élevés et pendant de longues périodes. Ces comportements à risque peuvent entraîner des altérations permanentes de la capacité auditive.

Vu ces éléments, l'OMS a lancé l'initiative "Écouter sans risque" en 2015. L'objectif général de cette initiative est de faire en sorte que toutes les personnes, quel que soit leur âge, puissent écouter de la musique tout en protégeant pleinement leur capacité auditive.

Le but est de réduire le risque de perte d'audition due à une exposition sans précaution au bruit dans les lieux de loisirs. Pour ce faire, l'OMS a identifié trois objectifs précis:

- 1) Réglementer l'exposition aux volumes sonores élevés découlant de l'utilisation de systèmes audio individuels.
- 2) Changer les comportements en matière d'écoute au sein de la population cible.
- 3) Limiter l'exposition au bruit dans les lieux de loisirs.

La présente Recommandation est le fruit de la collaboration entre l'OMS et l'UIT dans le cadre de l'initiative "Écouter sans risque" et est une norme commune reconnue par les deux organisations.

Recommandation UIT-T H.870

Lignes directrices relatives aux dispositifs/systèmes d'écoute sans risque

1 Champ d'application

La présente Recommandation décrit les exigences à appliquer aux dispositifs et systèmes d'écoute sans risque, en particulier ceux permettant d'écouter de la musique, pour protéger les personnes contre les pertes d'audition.

Les tendances du marché ayant rendu moins évidente la distinction entre certains dispositifs d'écoute et certains dispositifs audio individuels, on a inclus des cas d'utilisation pour faire en sorte que la présente Recommandation s'applique aussi largement que permis dans la pratique.

NOTE 1 – Certains de ces cas d'utilisation suivent le principe de classement des sources d'énergie et de prescription de protections contre ces sources énoncées dans [CEI 62368-1].

Les types de dispositifs ci-après sont exclus des champs d'application de la présente Recommandation:

- dispositifs de communication bidirectionnelle (comme les talkies-walkies, etc.);
- dispositifs de réadaptation et dispositifs médicaux (par exemple, prothèses auditives, systèmes MF et autres dispositifs de correction auditive approuvés faisant partie de systèmes de prothèse auditive et d'implants cochléaires, etc.);
- produits ou dispositifs individuels d'amplification du son;
- équipements et dispositifs audio professionnels.

NOTE 2 – L'exposition au bruit des consoles de jeux portables est source de préoccupations, mais elle sera étudiée ultérieurement.

2 Références

La présente Recommandation se réfère à certaines dispositions des Recommandations UIT-T et textes suivants qui, de ce fait, en sont partie intégrante. Les versions indiquées étaient en vigueur au moment de la publication de la présente Recommandation. Toute Recommandation ou tout texte étant sujet à révision, les utilisateurs de la présente Recommandation sont invités à se reporter, si possible, aux versions les plus récentes des références normatives suivantes. La liste des Recommandations de l'UIT-T en vigueur est régulièrement publiée. La référence à un document figurant dans la présente Recommandation ne donne pas à ce document, en tant que tel, le statut d'une Recommandation.

- [UIT-T G.100.1] Recommandation UIT-T G.100.1 (2015), *Utilisation du décibel et des niveaux relatifs dans les télécommunications en bande vocale.*
- [UIT-T P.57] Recommandation UIT-T P.57 (2021), *Oreilles artificielles.*
- [UIT-T P.58] Recommandation UIT-T P.58 (2021), *Simulateur de tête et de torse pour la téléphonométrie.*
- [UIT-T P.380] Recommandation UIT-T P.380 (2003), *Mesures électroacoustiques sur les casques.*
- [UIT-T P.381] Recommandation UIT-T P.381 (2020), *Spécifications techniques et méthodes de test applicables à l'interface universelle de casque d'écoute filaire pour les terminaux numériques mobiles.*
- [UIT-T P.382] Recommandation UIT-T P.382 (2020), *Exigences techniques et méthodes de test applicables aux interfaces de casque d'écoute filaire à plusieurs micros des terminaux hertziens numériques.*

- [EN 50332-1] CENELEC EN 50332-1:2013, *Équipement de systèmes acoustiques: casques et écouteurs associés avec un baladeur – Méthode de mesure de niveau maximal de pression acoustique – Partie 1: méthode générale pour "un équipement complet"*.
- [EN 50332-2] CENELEC EN 50332-2:2013, *Équipement de systèmes acoustiques: casques et écouteurs associés avec un baladeur – Méthode de mesure de niveau maximal de pression acoustique – Partie 2: adaptation des équipements avec des écouteurs provenant de différents fabricants, ou provenant d'un équipement complet mais avec des connecteurs normalisés entre les deux, permettant d'associer des composants provenant de différents fabricants ou bien de conception différente*.
- [EN 50332-3] CENELEC EN 50332-3:2017, *Équipements de diffusion sonore: casques et écouteurs associés avec un lecteur de musique individuel – Méthode de mesure de niveau maximal de pression acoustique – Partie 3: méthode de mesure pour la gestion de la dose de bruit*.
- [CEI 60268-1] IEC 60268-1:1985, *Équipements pour systèmes électroacoustiques – Première partie: Généralités*.
- [CEI 61252] IEC 61252:1993, *Électroacoustique – Spécifications des exposimètres acoustiques individuels*, avec ses AMD1:200 et AMD2:2017.
- [CEI 61672-1] IEC 61672-1:2013, *Électroacoustique – Sonomètres – Partie 1: Spécifications*.
- [CEI 62368-1] IEC 62368-1:2018, *Équipements des technologies de l'audio/vidéo, de l'information et de la communication – Partie 1: Exigences de sécurité*.
- [ISO 226] ISO 226:2003, *Acoustique – Lignes isosoniques normales*.
- [ISO 11904-1] ISO 11904-1:2002: *Acoustique – Détermination de l'exposition sonore due à des sources placées à proximité de l'oreille – Partie 1: Technique du microphone placé dans une oreille réelle (technique MIRE)*.

3 Définitions

3.1 Termes définis ailleurs

La présente Recommandation utilise les termes suivants définis ailleurs:

3.1.1 dose acoustique calculée [CEI 62368-1]: estimation sur une semaine glissante de l'exposition au bruit, exprimée en pourcentage de la valeur maximale considérée comme sûre.

NOTE – Voir § B.4 de [EN 50332-3] pour des informations supplémentaires.

3.1.2 réponse en fréquence en champ diffus du simulateur de tête et de torse (réception sonore) [UIT-T P.58]: différence en dB entre le niveau spectral de tiers d'octave de la pression acoustique produite au point de référence tympan et le niveau spectral de tiers d'octave de la pression acoustique produite au point de référence du HATS dans un champ sonore diffus et en l'absence du HATS.

3.1.3 point de référence tympan (DRP) [b-UIT-T P.10]: point situé à l'extrémité du conduit auditif, correspondant au plan du tympan.

3.1.4 champ acoustique libre [ISO 3745]: champ acoustique qui s'établit dans un milieu homogène, isotrope et illimité.

3.1.5 réponse en fréquence en champ libre du simulateur de tête et de torse (réception sonore) [UIT-T P.58]: différence en dB entre le niveau spectral de troisième octave de la pression acoustique produite au point de référence tympan et le niveau spectral de troisième octave de la pression acoustique produite au point de référence du HATS (HRP, *HATS reference point*) dans un champ acoustique libre et en l'absence du HATS (point d'essai).

3.1.6 simulateur de tête et de torse (HATS) [b-UIT-T P.10]: buste (du sommet de la tête à la taille) servant à simuler les caractéristiques de réception sonore et la diffraction acoustique produites par un adulte humain moyen et à reproduire le champ acoustique produit par la bouche humaine.

3.1.7 personne avertie [IEC 62368-1]: personne avertie est un terme appliqué aux personnes qui ont été formées et entraînées par une personne qualifiée, ou qui sont supervisées par une personne qualifiée, pour identifier les sources d'énergie pouvant provoquer des douleurs (voir le Tableau 1) et pour prendre des précautions afin d'éviter tout contact involontaire avec ou exposition à ces sources d'énergie. Dans les conditions normales de fonctionnement, des conditions anormales de fonctionnement ou des conditions de premier défaut, il convient que les personnes averties ne soient pas exposées aux parties comprenant des sources d'énergie pouvant provoquer des blessures.

3.1.8 déficience auditive significative [b-NIOSH]: moyenne des niveaux de seuil auditif pour les deux oreilles qui dépasse 25 dB HL à 1 000, 2 000, 3 000 et 4 000 Hz.

3.1.9 technique du microphone placé dans une oreille réelle [ISO 11904-1]: désigne des mesures effectuées au moyen de microphones miniatures ou de sondes microphoniques insérés dans les conduits auditifs de sujets humains.

3.1.10 niveau d'exposition momentané [CEI 62368-1]: mesure de l'estimation du niveau d'exposition au bruit de 1 s à partir du signal d'essai HD 483-1 S2 appliqué aux deux canaux (voir [EN 50332-1], § 4.2).

NOTE 1 – Le niveau d'exposition momentané est mesuré en dB.

NOTE 2 – Voir § B.3 de [EN 50332-3] pour des informations supplémentaires.

3.1.11 personne ordinaire [CEI 62368-1]: personne ordinaire est le terme appliqué à toutes les personnes qui ne sont ni des personnes averties ni des personnes qualifiées. Personnes ordinaires comprend non seulement les utilisateurs de l'équipement, mais également toutes les personnes qui peuvent avoir accès à l'équipement ou se trouver à proximité de l'équipement. Dans les conditions normales de fonctionnement ou des conditions anormales de fonctionnement, il convient que les personnes ordinaires ne soient pas exposées aux parties comprenant des sources d'énergie pouvant provoquer des douleurs ou des blessures. Dans une condition de premier défaut, il convient que les personnes ordinaires ne soient pas exposées aux parties comprenant des sources d'énergie pouvant provoquer des blessures.

3.1.12 lecteur de musique/média individuel [CEI 62368-1]: un lecteur de musique individuel est un équipement portatif utilisé par une personne ordinaire, qui:

- est conçu pour permettre à l'utilisateur d'écouter le contenu/l'enregistrement sonore ou audiovisuel; et
- utilise un dispositif d'écoute, tel que des casques ou écouteurs (oreillettes) qui peuvent être utilisés dans, sur ou autour des oreilles; et
- a un lecteur qui peut être porté sur le corps (d'une taille adaptée pour être transporté dans une poche de vêtement) et permet à l'utilisateur de se déplacer tout en l'utilisant de façon continue (par exemple, dans une rue, dans un métro, à l'aéroport, etc.).

NOTE – Exemples: lecteurs de CD ou de minidisques portables, lecteurs audio MP3, téléphones portables à fonction MP3, PDA ou équipements similaires.

3.1.13 personne qualifiée [CEI 62368-1]: personne qualifiée est un terme appliqué aux personnes qui disposent d'une formation ou d'une expérience dans les technologies d'équipement, notamment dans la connaissance des différentes énergies et des amplitudes d'énergie utilisées dans l'équipement. Une personne qualifiée est censée utiliser sa formation et son expérience pour reconnaître les sources d'énergie pouvant provoquer des douleurs ou des blessures et pour mettre en œuvre une action de protection contre les blessures dues à ces énergies. Il convient que les personnes qualifiées soient également protégées contre le contact ou l'exposition involontaires aux sources d'énergie pouvant provoquer des blessures.

3.1.14 exposition au bruit [EN 50332-3]: pression acoustique pondérée A, p_A , au carré et intégrée sur une période de temps établie entre t_2 et t_1 :

$$E = \int_{t_1}^{t_2} (p_A(t))^2 dt$$

3.1.15 niveau de pression acoustique [b-UIT-R V.574]: logarithme, généralement exprimé en décibels (dB SPL), du rapport d'une pression acoustique et d'une pression de référence p_0 , souvent égale à 20 μ Pa. On notera qu'un facteur 20 est utilisé dans le cas d'un rapport entre deux pressions acoustiques, et non d'un rapport entre deux intensités acoustiques.

$$SPL = 20 \log_{10} \left(\frac{p}{p_0} \right)$$

3.2 Termes définis dans la présente Recommandation

La présente Recommandation définit les termes suivants:

3.2.1 seuil de déclenchement du réflexe acoustique: niveau de pression acoustique (SPL) auquel un stimulus acoustique déclenche le réflexe stapédien (SMR).

3.2.2 traumatisme acoustique: exposition unique à un bruit entraînant une lésion immédiate du système auditif.

3.2.3 critère de risque de lésion: expression ancienne désignant le risque de perte d'audition due au bruit associé aux différents niveaux d'exposition au bruit. Dans la présente Recommandation, ce terme est remplacé par plusieurs expressions plus récentes préférées: "relation dose-effet", "risque" ou "limite d'exposition".

3.2.4 dBA: décibels de niveau de pression acoustique mesurés en utilisant la pondération A selon [CEI 61672] et [CEI 60268-1], voir également la Figure II.2; pondération en fréquence destinée à mesurer le bruit de faible intensité (niveau de 40 phons environ) mais désormais fréquemment utilisée pour mesurer l'exposition au bruit sur le lieu de travail ou dans l'environnement.

NOTE – Cette dernière utilisation repose sur des études conduites dans les années 1950 et 1960 sur des populations exposées au bruit en milieu professionnel. Ces travaux ont recommandé l'emploi de la pondération A en raison, d'une part, de sa disponibilité dans les sonomètres, et d'autre part de sa capacité à prédire la relation dose-effet sur les spectres de bruit étudiés [b-Burns-1973] et [b-Burns-Robinson]. À la suite de ces travaux, les analyses des populations exposées au bruit sur lesquelles se fondent les doses acoustiques hebdomadaires admissibles appliquent la pondération A aux mesures d'exposition au bruit [b-Neitzel] et [b-Fligor].

3.2.5 dB FS: le dB pleine échelle est le niveau d'un signal audio numérique par rapport à son niveau de surcharge ou son niveau maximal. Il existe différentes conventions. Il est courant d'attribuer la valeur 0 dB FS RMS à une représentation numérique d'un signal sinusoïdal à pleine amplitude. Le niveau de crête peut alors atteindre +3,01 dB FS. Dans les autres cas, on attribue la valeur 0 dB FS RMS au niveau RMS d'une onde carrée numérique à pleine amplitude. Le niveau de crête maximal est alors également de 0 dB FS. Dans ces derniers cas, le dB FS est équivalent au dBov (dBov: le dB par rapport à la surcharge numérique est le niveau d'un signal numérique par rapport à sa surcharge ou son niveau maximal. Voir [UIT-T G.100.1].)

3.2.6 dB HL: décibels de niveau d'audition à une fréquence donnée; niveau utilisé pour mesurer le seuil auditif audiométrique par rapport au niveau défini comme étant normal.

NOTE – La sensibilité de l'oreille d'une personne ayant une capacité auditive normale, à différentes fréquences, est utilisée comme référence. La Figure 1 de la norme [ISO 226] présente les lignes isosoniques normales à différents niveaux sonores et un tableau de conversion des phones (volume sonore) en dB SPL (niveau). Les deux échelles se rencontrent à 1 kHz. Par définition, le dB SPL prend pour référence le seuil auditif à 1 kHz, soit 0 phone (et 0 dB SPL).

3.2.7 champ acoustique diffus: champ dans lequel, quelle que soit la position dans le milieu, le son arrive de toutes les directions avec des intensités égales et une phase aléatoire. La réverbération ne varie pas en fonction de la position du récepteur (adapté de [b-Vér]).

3.2.8 dose (sonore): quantité totale d'énergie acoustique reçue par l'oreille humaine pendant une période spécifiée. Aux fins de la présente Recommandation, synonyme d'exposition au bruit (voir le § 3.1.14). La dose (sonore) est exprimée en Pa²h.

3.2.9 dosimétrie: calcul et évaluation de la dose reçue par l'oreille humaine.

3.2.10 principe d'égalité d'énergie: hypothèse selon laquelle les effets totaux d'un son sont proportionnels à la quantité totale d'énergie acoustique reçue par l'oreille, quelle que soit la répartition de cette énergie dans le temps. Selon ce principe, une quantité d'énergie acoustique donnée cause normalement le même déplacement permanent du seuil dû au bruit, quelle que soit la répartition de cette énergie dans le temps. Ce principe permet de relier à une dose acoustique la question des risques de lésions auditives posés par une exposition sonore.

3.2.11 niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A: niveau de pression acoustique (SPL) continu en dBA dont on considère qu'il présente le même risque qu'un niveau de SPL variant dans le temps, calculé en utilisant un taux d'échange de 3 dB entre le niveau et la durée. Il est représenté sous la forme mathématique suivante:

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left\{ \left[\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p_A^2(t) dt \right] / p_0^2 \right\} \text{ dBA}$$

où:

$L_{Aeq,T}$ est le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A pour 20 µPa, déterminé sur un intervalle d'intégration dans le temps $T = t_2 - t_1$

$P_A(t)$ est la pression acoustique instantanée pondérée A du signal sonore

P_0 est la pression acoustique de référence de 20 µPa

3.2.12 niveau sonore moyen continu équivalent normalisé: niveau de SPL continu en dBA dont on considère qu'il présente le même risque qu'un schéma de SPL variant dans le temps donné mesuré en utilisant un taux d'échange de 3 dB et normalisé pour une période d'exposition de n heures. Par exemple, la valeur de n pourrait être 8, auquel cas cet élément pourrait être désigné par L_{A8h} ou L_{EX8h} , ou $n=40$, L_{EX40h} .

3.2.13 risque supplémentaire: risque de perte d'audition due au bruit (SIHL) associé à un niveau d'exposition donné.

3.2.14 taux d'échange: modification du niveau de bruit moyen (en dB) qui correspond au doublement ou à la réduction de moitié de la durée d'exposition admissible.

3.2.15 réponse en fréquence: dans le présent contexte, la réponse en fréquence est l'expression courte désignant la "sensibilité par rapport à la réponse en fréquence", parfois appelée "courbe de tonalité" d'un dispositif audio, comme un casque, un haut-parleur, un microphone, un amplificateur, etc.

3.2.16 niveau du seuil d'audition: niveau de pression acoustique (SPL) à des fréquences de test audiométrique données, mesuré en dB HL.

3.2.17 dispositif d'écoute: dispositif à porter utilisé pour émettre du son en direction de l'oreille, composé d'un transducteur et d'un accessoire conçu de manière à pouvoir être mis dans l'oreille, sur l'oreille ou autour de l'oreille utilisé pour écouter (par exemple, casques et écouteurs).

Les casques et les écouteurs peuvent comporter des amplificateurs et d'autres composants électroniques, chargés par exemple d'assurer la connexion sans fil ou numérique, le traitement du signal, l'annulation du bruit, voire le stockage de médias destinés à être lus. De tels casques et écouteurs pourraient être classés comme des systèmes audio individuels.

NOTE – Le principe de classement des sources d'énergie et de prescription de protections contre ces sources est énoncé dans la norme [CEI 62368-1], sur laquelle se fonde en grande partie la présente Recommandation.

3.2.18 média: contenu audio ou audiovisuel de divertissement qui, dans le cas d'une exposition à long terme, peut entraîner une perte d'audition (par exemple, musique, jeux vidéo et podcasts).

3.2.19 dispositif audio individuel (PAD, *personal audio device*): dispositif portable destiné à être porté sur soi ou dans la poche d'un vêtement afin de permettre à l'utilisateur d'écouter différents types de médias, et qui peut être connecté à un dispositif d'écoute. Exemple: lecteur média individuel.

3.2.20 système audio individuel (PAS, *personal audio system*): système composé d'un dispositif audio individuel et d'un dispositif d'écoute. Il peut s'agir, par exemple, d'un lecteur média individuel connecté à un casque d'écoute, ou d'un casque d'écoute capable de lire des contenus stockés localement, indépendamment de tout dispositif audio individuel.

3.2.21 dispositif d'écoute sans risque: un dispositif/système audio individuel qui respecte les exigences et les critères permettant de réduire au minimum les risques de perte d'audition (due à leur utilisation) pour les utilisateurs peut être qualifié de dispositif d'écoute sans risque. Cette expression peut couvrir les lecteurs de musique (lecteurs MP3, smartphones et lecteurs de musique individuels) utilisés avec un dispositif d'écoute.

3.2.22 dose acoustique admissible: estimation de la dose d'exposition au bruit sur une période glissante donnée (par exemple, un jour ou une semaine), couramment exprimée sous la forme d'un pourcentage de la valeur maximale considérée comme sûre. La dose de bruit admissible hebdomadaire équivaut à 100% de la dose de bruit calculée (CSD).

3.2.23 dû au bruit: désigne un état ou une qualité résultant de l'exposition au bruit. Ce bruit peut être (en partie) de la musique ou du simple "bruit", ce qui sous-entend qu'il n'est pas souhaitable.

3.2.24 déplacement permanent du seuil dû au bruit: synonyme de perte d'audition permanente due au bruit (SIHL).

3.2.25 déplacement temporaire du seuil dû au bruit: perte d'audition due au bruit (SIHL) qui résulte de l'exposition au bruit mais disparaît après une période suffisamment longue passée dans des conditions où le volume sonore est faible.

3.2.26 acouphène dû au bruit: perception d'un bruit fantôme ressenti de manière temporaire ou permanente dans les oreilles ou dans le crâne suite à une exposition excessive au bruit.

3.2.27 réflexe stapédien: processus selon lequel le muscle stapédien et le muscle tenseur du tympan des osselets se contractent lorsque l'oreille est exposée à un son d'intensité élevée. Est également appelé réflexe acoustique.

3.2.28 transducteur: dispositif électronique qui transforme un type d'énergie en un autre.

4 Abréviations et acronymes

La présente Recommandation utilise les abréviations et les acronymes suivants:

ALD	appareils de correction auditive (<i>assistive listening devices</i>)
ANR	réduction active du bruit (<i>active noise reduction</i>)
ART	seuil de déclenchement du réflexe acoustique (<i>acoustic reflex threshold</i>)
CLL	niveau de volume d'écoute choisi (<i>chosen listening level</i>)
CSD	dose de bruit calculée (<i>calculated sound dose</i>)
DAC	conversion du signal numérique en signal analogique (<i>digital to analogue conversion</i>)
dB FS	décibel pleine échelle (<i>decibel full scale</i>)
dB HL	décibel de niveau d'audition (<i>decibel hearing level</i>)
dBA	décibel de niveau de pression acoustique mesuré en utilisant la pondération A
DRP	point de référence tympan (<i>eardrum reference point</i>)
ER	taux d'échange (exchange rate)
HATS	simulateur de tête et de torse (<i>head and torso simulator</i>)
HTL	niveau du seuil d'audition (<i>hearing threshold level</i>)
L _{EQ}	niveau acoustique moyen continu équivalent
L _{EX}	niveau acoustique moyen continu équivalent normalisé
MIRE	microphone placé dans une oreille réelle (<i>microphone-in-real-ear</i>)
NIHL	perte d'audition due au bruit (<i>noise induced hearing loss</i>)
NIPTS	déplacement permanent du seuil dû au bruit (<i>noise induced permanent threshold shift</i>)
PAD	dispositif audio individuel (<i>personal audio device</i>)
PAS	système audio individuel (<i>personal audio system</i>)
PLD	dispositif d'écoute individuel (<i>personal listening device</i>)
PMP	lecteur média individuel (<i>personal media player</i>)
RMS	valeur quadratique moyenne (<i>root mean square</i>)
SEL	niveau d'exposition au bruit (<i>sound exposure level</i>)
SIHL	perte d'audition due au bruit (<i>sound induced hearing loss</i>)
SLD	dispositif d'écoute sans risque (<i>safe listening device</i>)
SMR	réflexe stapédien (<i>stapedius muscle reflex</i>)
SPL	niveau de pression acoustique (<i>sound pressure level</i>)
TTS	déplacement temporaire du seuil (<i>temporary threshold shift</i>)
VR	réalité virtuelle (<i>virtual reality</i>)

5 Conventions

Aucune.

6 Écouter sans risque: Introduction

Le déplacement temporaire ou permanent du seuil auditif consécutif à une exposition au son ou au bruit pose de plus en plus un problème de santé publique, en particulier chez les enfants et les adolescents. Ainsi, la perte d'audition due au bruit est la première cause des pertes d'audition qui pourraient être évitées dans le monde. On estime qu'entre le début des années 90 et l'an 2000, le pourcentage de jeunes touchés par une perte d'audition due au bruit est passé de 6,7% à 18,8%. Ce phénomène s'explique en partie par le fait qu'à l'heure actuelle, les jeunes occupent leur temps libre avec des activités lors desquelles ils sont exposés à de la musique à des niveaux sonores élevés parce qu'ils utilisent des systèmes audio individuels (PAS) ou assistent à des rassemblements communautaires comme des concerts, ou fréquentent les bars, les discothèques, etc. Malgré cette nouvelle épidémie, il n'existe actuellement aucune norme ou presque pour limiter l'exposition au bruit en dehors du lieu de travail, en particulier pour les systèmes PAS. La présente Recommandation comble ce vide en matière de normalisation.

On peut considérer qu'il est de la responsabilité de chacun de prévenir les pertes d'audition en adoptant des pratiques sans risque en matière d'écoute. Toutefois, la responsabilité en ce qui concerne la sensibilisation et la mise en place d'un environnement d'écoute sans risque incombe à la communauté, aux fabricants de dispositifs, aux pouvoirs publics et aux autres parties prenantes.

Une perte d'audition peut être la conséquence du fait d'avoir écouté des programmes sonores à un volume élevé pendant des périodes prolongées. L'utilisation sans précaution de dispositifs audio individuels (PAD) représente un danger pour la capacité auditive de millions de personnes.

Ces pertes d'audition sont permanentes, mais elles peuvent dans une grande mesure être évitées grâce à des pratiques sans risque en matière d'écoute. Des technologies appropriées peuvent aider à réduire le risque de pratiques dangereuses en matière d'écoute. Un dispositif/système audio individuel conforme aux normes visant à réduire au minimum les risques de perte d'audition (due à leur utilisation) pour les utilisateurs peut être qualifié de dispositif/système d'écoute sans risque.

L'expression écoute sans risque désigne un comportement qui ne met pas en danger la capacité auditive d'une personne. Le risque pour une personne de perdre l'audition dépend du volume sonore ainsi que de la durée et de la fréquence d'exposition à des volumes sonores élevés. Cette exposition peut avoir lieu lors de l'utilisation de dispositifs audio individuels dans des lieux de divertissement ou encore dans l'environnement extérieur (par exemple, trafic routier, lieu de travail ou domicile).

L'expression dose acoustique admissible désigne le niveau acceptable d'énergie acoustique qu'une personne peut recevoir sans mettre son audition en danger. L'expression dose acoustique hebdomadaire admissible équivaut, en termes de sens, à l'expression dose acoustique calculée (voir le § 3.1.1). Il est recommandé d'utiliser l'expression "dose acoustique admissible" pour la communication à des fins de santé au lieu de la simple expression "dose". Il convient également de noter que la dose acoustique admissible déterminée selon les prescriptions de la présente Recommandation ne tient pas compte de l'exposition au bruit provenant de sources autres que les dispositifs audio individuels, laquelle peut malgré tout poser un risque de perte d'audition.

Les cas d'utilisation à prendre en compte dans l'application de la présente Recommandation sont détaillés dans [b-FSTP-SLD-UC].

6.1 Généralités

On trouvera à l'Appendice VIII des informations générales en vue de l'adoption de pratiques d'écoute sans risque.

6.2 Système audio individuel

On trouvera la définition d'un système audio individuel (PAS) au § 3.2.20 et la Figure 6-1 montre l'architecture générale d'un système PAS.

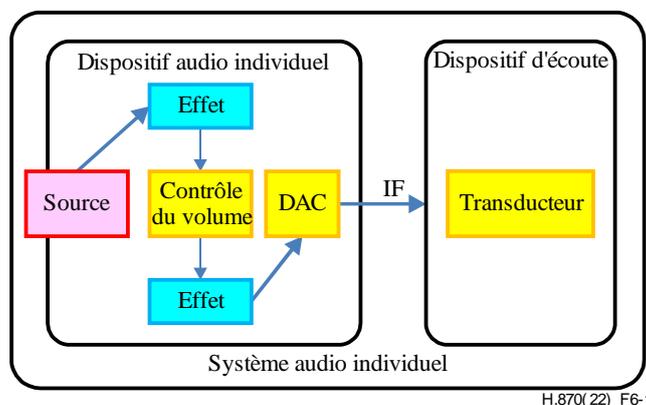


Figure 6-1 – Architecture d'un système audio personnel (PAS)

Dans ce diagramme, la "source" peut être soit stockée localement sur le dispositif, soit extraite à distance, par exemple depuis un serveur local ou depuis l'Internet en streaming.

Destiné à être utilisé par une personne ordinaire, un système PAS:

- est conçu pour permettre à l'utilisateur d'écouter le contenu/l'enregistrement sonore ou audiovisuel; et
- utilise un dispositif d'écoute, tel que des casques ou écouteurs qui peuvent être utilisés dans, sur ou autour des oreilles; et
- a un lecteur qui peut être porté sur le corps (d'une taille adaptée pour être transporté dans une poche de vêtement) et permet à l'utilisateur de se déplacer tout en l'utilisant de façon continue (par exemple, dans une rue, dans un métro, à l'aéroport, etc.); et
- comporte un moyen permettant à l'utilisateur de régler le volume sonore reçu par l'oreille.

Des exemples de systèmes PAS sont les lecteurs de CD ou de minidisques portables; les lecteurs audio MP3; les téléphones portables ou les tablettes; les montres connectées de type MP3; les casques d'écoute capables de stocker localement du contenu audio ou équipés d'une connexion sans fil directe à un serveur de musique, sans utiliser de dispositif audio individuel.

Ces exigences ne s'appliquent pas aux équipements suivants:

- matériel professionnel;
- appareils auditifs et autres appareils de sonorisation assistée;
- types ci-après de lecteurs musicaux individuels analogiques:
 - récepteurs radioélectrique longue distance (par exemple, récepteur radio multi-bandes ou mondial, ou à modulation d'amplitude); et
 - lecteurs/enregistreurs de cassettes;

NOTE 1 – Cette exemption a été admise du fait que cette technologie n'est pratiquement plus utilisée et devrait disparaître d'ici quelques années. Cette exception ne sera pas élargie à d'autres technologies.

- lecteurs raccordés à un amplificateur externe qui ne permet pas à l'utilisateur de se déplacer tout en l'utilisant.

NOTE 2 – Outre ce qui précède, les dispositifs de communication sont exclus du champ d'application de la présente Recommandation.

NOTE 3 – Pour le moment, seule la musique est concernée, mais les jeux vidéo et la réalité virtuelle feront l'objet d'études ultérieures.

6.2.1 Casques et écouteurs

La situation pour ce qui est de l'utilisation de casques/écouteurs avec des équipements portables est différente de l'utilisation de haut-parleurs par les particuliers. Les études relatives aux habitudes concernant l'utilisation de casques avec des lecteurs de musique portables indiquent que le niveau du volume d'écoute varie considérablement d'une personne à l'autre [b-SCENIHR]. Certains lecteurs portables et casques permettent d'écouter de la musique à des volumes très élevés. Le fait que les équipements soient portables accroît en outre le risque d'exposition très prolongée.

Lors d'une exposition à un champ acoustique très fort, par exemple lors d'un concert ou dans une discothèque, il est possible de ressentir une vibration du corps en plus des stimuli ressentis via les oreilles. Dans le cas des écouteurs/casques, cette partie vibration n'existe pas.

La Figure 6-2 donne un exemple de la relation entre le type de casque (intra-auriculaire, supra-auriculaire ou circum-auriculaire) et le niveau de volume d'écoute choisi (CLL) en fonction de l'environnement extérieur (avion, bus, silence, etc.).

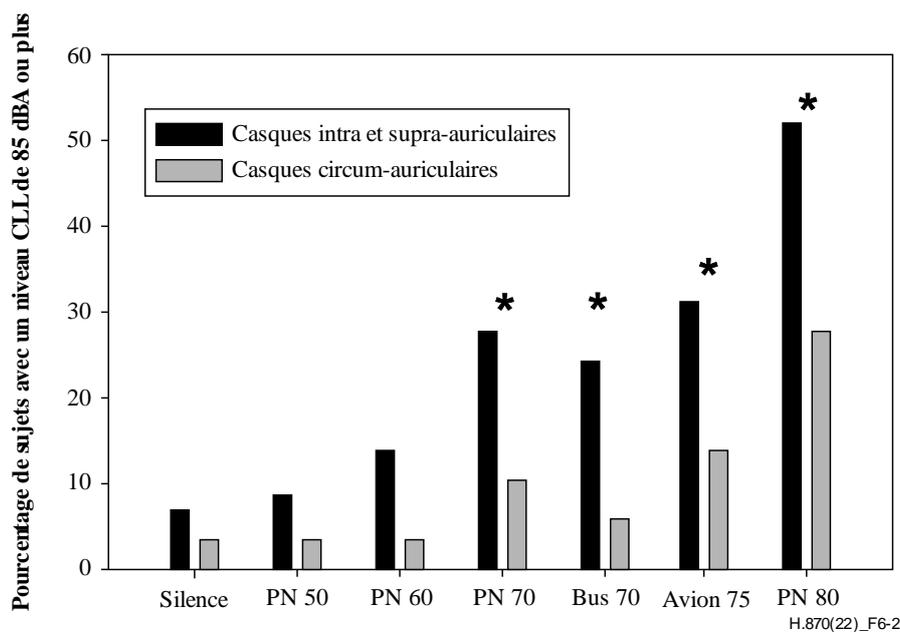


Figure 6-2 – Type de casque et niveau de volume d'écoute choisi [b-Portnuff]

6.2.2 Note concernant le caractère individuel

Les différences de dimensions du canal auditif d'une personne à une autre déterminent la fréquence et l'amplitude de la résonance dans le canal auditif.

Les pratiques médicales appliquées jusqu'à aujourd'hui laissent penser qu'il est fort probable que la prise en compte de facteurs comme la taille et le sexe, ainsi que le tour de tête d'une personne, ou même la mesure des caractéristiques de résonance dans le canal auditif d'une personne, permettront de gommer les différences d'une personne à l'autre.

6.2.3 Instructions concernant les mesures

Pour mesurer le niveau à la sortie électrique analogique d'un système PAS, il convient d'utiliser les procédures décrites au § 7.2.2 de [UIT-T P.381] associées au montage de test spécifié pertinent, qui prévoient la restitution d'un signal de simulation de programme donné à un niveau numérique défini, la simulation du casque avec une charge résistive et la mesure appropriée de la tension en sortie du lecteur.

Pour mesurer la sensibilité électro-acoustique globale d'un casque/d'écouteurs, il convient d'utiliser les procédures décrites au § 8.2.2 de [UIT-T P.381], associées au montage de test spécifié pertinent.

Pour mesurer la sensibilité électro-acoustique d'un casque/d'écouteurs en fonction de la fréquence, il convient d'utiliser les procédures décrites au § 8.1.5 de [UIT-T P.381], associées au montage de test spécifié pertinent. Ces procédures peuvent être utilisées, par exemple, pour un dispositif d'estimation de la dose, comme décrit dans l'Appendice II de la présente Recommandation.

Ces mesures réalisées pour les casques prévoient la restitution d'un signal de simulation de programme donné à un niveau électrique défini, avec un simulateur HATS pour mesurer de manière appropriée la pression acoustique en sortie pour une tension d'entrée donnée, y compris le calcul d'une moyenne avec plusieurs "repositionnements" du casque sur le simulateur HATS.

Dans un souci d'harmonisation, ces Recommandations UIT-T font en partie référence à la série de spécifications CENELEC EN 50332. On trouvera également des orientations concernant les interfaces numériques dans les spécifications CENELEC.

NOTE – [UIT-T P.381] fait référence aux prises à 3 ou 4 fiches de 3,5 ou 2,5 mm de diamètre qui sont couramment utilisées. Pour les connecteurs à 5 fiches, on trouvera des orientations dans [UIT-T P.382].

Pour mesurer le niveau acoustique global en sortie d'un lecteur de musique portable avec casque/écouteurs, il convient d'utiliser les procédures décrites dans [EN 50332-1].

7 Critère de risque de lésion

7.1 Modes de fonctionnement

Les systèmes PAS ou dispositifs PAD doivent être dotés d'un système qui comptabilise la durée d'exposition de l'utilisateur et estime le niveau sonore et le pourcentage utilisé par rapport à une exposition de référence (dose de bruit admissible). Sont comptabilisées toutes les restitutions médias via le dispositif ou le système (c'est-à-dire stockées localement ou en streaming) lorsque l'utilisateur utilise le casque/les écouteurs. Les appels téléphoniques peuvent être exclus étant donné qu'ils font l'objet de spécifications distinctes contenues dans d'autres normes.

Ce système détermine l'exposition de l'utilisateur sur la base de l'un des deux modes suivants:

- Mode 1: niveau type pour les adultes (OMS): l'exposition de référence sera de 1,6 Pa²h sur une période de 7 jours.

NOTE 1 – La valeur est adaptée de [CEI 62368-1] et elle est déterminée sur la base des valeurs mentionnées dans la décision [b-2009/490/CE], selon laquelle le bruit est sans risque dès lors qu'il ne dépasse pas 80 dB(A) pendant une durée maximum de 40 heures par semaine. Par conséquent, la valeur représentant 100% de la dose de bruit calculée correspond à 80 dB(A) pendant 40 heures.

Il est recommandé que le dispositif ou le système propose un mode volontairement plus restrictif aux utilisateurs préférant un niveau plus prudent ou susceptibles d'en bénéficier, comme exposé dans le mode 2:

- Mode 2: niveau type pour les utilisateurs préférant des niveaux sonores plus faibles ou susceptibles d'en bénéficier (OMS), par exemple les enfants: l'exposition de référence sera de 0,51 Pa²h sur une période de 7 jours.

Le dispositif ou le système devrait pouvoir permettre à l'utilisateur de choisir son exposition de référence parmi l'un des deux modes décrits ci-dessus.

NOTE 2 – Les expositions de référence sont obtenues à partir d'un niveau SPL de 80 dBA (Mode 1) et 75 dBA (Mode 2) pour une durée de 40 heures par semaine (elle-même calculée sur la base de 8 heures par jour, 5 jours par semaine).

NOTE 3 – Il est également possible, au lieu d'exprimer l'exposition en termes de pourcentage d'utilisation, d'exprimer la *durée d'utilisation restante* jusqu'à ce qu'un niveau d'exposition donné soit atteint (par exemple, temps de restitution restant avant d'atteindre les 100%).

Il est recommandé de laisser le choix du mode lors de la première utilisation du lecteur (ou lorsque le dispositif est remis en configuration d'usine) et de donner la possibilité à l'utilisateur de modifier ultérieurement le mode choisi, par exemple via le menu de configuration du dispositif.

Les Tableaux 1 et 2 donnent des exemples de durée d'écoute hebdomadaire fondés sur les doses de bruit admissibles pour les modes susmentionnés.

Tableau 1 – Exemple de durée d'écoute hebdomadaire en mode 1

Niveau SPL en dB(A)	Par semaine (1,6 Pa ² h)
107	4 min 30 s
104	9 min 30 s
101	19 min
98	37 min 30 s
95	75 min
92	2 h 30 min
89	5 h
86	10 h
83	20 h
80	40 h

Tableau 2 – Exemple de durée d'utilisation hebdomadaire en mode 2

Niveau SPL en mode dB(A)	Par semaine (0,51 Pa ² h)
107	1 min 30 s
104	3 min
101	6 min
98	12 min
95	24 min
92	48 min
89	1 h 36 min
86	3 h 15 min
83	6 h 24 min
80	12 h 30 min
77	25 h
75	40 h

7.2 Incertitude concernant l'estimation de la dose

L'estimation de la dose acoustique présente un certain degré d'incertitude, qui s'explique par les facteurs suivants:

- source sonore;
- variation des caractéristiques des casques d'un même modèle en raison des tolérances de production;
- variation due au fait que le type de casque est inconnu;

- tolérance de fabrication;
- erreurs dues à une mauvaise sélection manuelle du type de casque;
- variations dans l'ajustement sur l'oreille artificielle lors de la caractérisation;
- rapport imparfait entre l'oreille artificielle et l'oreille humaine;
- rapport imparfait entre une correction liée au champ diffus normalisée et différentes fonctions de transfert concernant la tête d'une personne;
- variations dans l'ajustement sur l'oreille humaine;
- incertitudes concernant la définition des caractéristiques du lecteur, en particulier en raison du traitement non linéaire de l'autre possibilité de mise en œuvre présentée dans la Figure II.5;
- erreurs de calcul;
- sensibilité de chaque utilisateur à l'exposition au bruit;
- exposition à d'autres sources.

Étant donné que certaines de ces incertitudes sont typiquement de plusieurs dB, et qu'une erreur de 3 dB représente une erreur de dose de 100%, on peut s'attendre à ce que les incertitudes relatives à l'estimation de la dose soient de plusieurs centaines de pour cent. Il est par conséquent suggéré de donner à l'utilisateur une indication "sûr" et "vert" sur la base des relevés de dose au-dessous d'une limite donnée.

L'estimation de la dose présente toutefois un intérêt pour rendre compte des tendances générales:

- un niveau de signal plus élevé est synonyme de risque plus élevé;
- une exposition plus longue est synonyme de risque plus élevé;
- le contenu spectral de la musique est pris en compte.

Cette question fera l'objet d'études plus approfondies dans l'avenir.

8 Méthodes de mesure

8.1 Dosimétrie

8.1.1 Principales normes associées

[EN 50332-1], [EN 50332-2] et [EN 50332-3] décrivent un système de mesure des doses pour lecteur PMP. [CEI 61252] décrit des dosimètres acoustiques à porter sur soi.

8.1.2 Définition de la dose dans le contexte de la dosimétrie acoustique

Dans le contexte de la dosimétrie acoustique, une dose est calculée comme suit:

$$dose = \int_{t_1}^{t_2} (p_A(t))^2 dt$$

où p_A est la pression acoustique pondérée A et corrigée du champ diffus.

Par exemple, la dose reçue dans le cas d'une exposition à 80 dB SPL(A) pendant une durée de 40 heures est calculée comme suit:

La valeur RMS de la pression acoustique est $10^{\frac{80}{20}} \cdot \frac{20 \mu Pa}{1 Pa} = 0,2 Pa$. Par conséquent, la dose est $0,2^2 \cdot 40 = 1,6 Pa^2 h$.

Cette dose particulière peut être définie comme dose de référence et l'estimation de l'exposition mesurée pendant une période donnée peut être exprimée sous la forme d'un pourcentage de cette dose de référence.

1,6 Pa²h constitue 100% de la dose acoustique admissible hebdomadaire, soit 100% de la dose CSD telle que définie dans [EN 50332-3].

Pour un exemple de mise en œuvre de dosimétrie, voir l'Appendice II.

8.1.3 Test de la fonctionnalité de dosimètre

On teste la fonctionnalité de dosimètre en jouant le son de la simulation de programme conformément à [EN 50332-1] et [CEI 60268-1] et en mesurant le temps nécessaire pour que l'estimation de la dose atteigne 100% de la dose CSD, en utilisant l'interpolation et les tolérances décrites dans [EN 50332-3]. Ce test peut être réalisé dans le domaine acoustique (lorsqu'on utilise un casque dont on connaît la sensibilité en fonction de la réponse en fréquence) ou dans le domaine électrique avec une charge résistive de 32 Ω (lorsque les caractéristiques du casque ne sont pas connues). Voir les informations sur le montage de mesure dans [UIT-T P.381].

NOTE – Les méthodes de test pour les signaux numériques, comme celle exposée dans [EN 50332-1], devraient également être envisagées et feront l'objet de nouvelles études.

Il est recommandé de vérifier que le taux d'augmentation de la dose est multiplié par deux pour chaque augmentation du niveau en sortie de 3 dB lorsqu'on fait passer le niveau du contenu de –28 à –4 dB FS (voir la définition du dB FS dans [EN 50332-1]) et, de la même manière, lorsqu'on modifie le paramétrage du contrôle du volume.

Il est recommandé de tester le filtre à pondération A et d'autres caractéristiques détaillées du dosimètre comme indiqué dans [CEI 61252].

9 Plage de sensibilité et réponse en fréquence des casques

Il est important de connaître le gain sur la chaîne de signal associée au(x) commande(s) de réglage du volume proposée(s) à l'utilisateur et la sensibilité du dispositif d'écoute pour calculer la dose de bruit avec une précision acceptable. Si l'on prend le cas du système PAS le plus basique, constitué d'un dispositif PAD connecté à un casque d'écoute passif (dépourvu de tout composant électronique) de type inconnu, la dose de bruit calculée doit se fonder sur la sensibilité maximum autorisée pour un casque d'écoute ([EN 50332-3]).

Force est de constater toutefois que la praticité pour l'utilisateur des casques d'écoute disposant d'une interface numérique sans fil ou filaire conduit à l'abandon rapide des modèles simples de casques d'écoute passifs, ce qui offre de nouvelles possibilités de calculer les doses CSD de manière plus précise et de promouvoir plus efficacement une écoute sans risque, grâce aux fonctions suivantes notamment:

- communication de la sensibilité par un dispositif d'écoute à un dispositif PAD, y compris des changements découlant d'un traitement interne;
- calcul des incréments de dose CSD pendant une séance d'écoute, afin de les communiquer au dispositif PAD;
- connaissance, par le système, de la qualité de l'ajustement sur les oreilles de l'utilisateur, ce qui permet de bénéficier d'une valeur de sensibilité plus pertinente que celles mesurées sur des mannequins d'essai acoustique de laboratoire;
- traitement personnalisé visant à améliorer la clarté du contenu et ainsi rendre les niveaux inférieurs plus acceptables.

Un type de système PAS de plus en plus courant capable de mettre en œuvre ces fonctions se compose d'un smartphone en tant que dispositif PAD connecté par Bluetooth à un casque d'écoute doté de capacités de traitement de signal. Vu ces capacités techniques existantes, et dans le but de stimuler la mise au point de nouvelles technologies, on recommande les deux principes généraux ci-après:

- le calcul des incréments de dose de bruit devrait être effectué le plus tard possible dans la chaîne de signal qui va du fichier musical enregistré jusqu'à l'oreille, car c'est là que l'on obtient les meilleures estimations de ces incréments. En particulier, les incréments de dose CSD doivent comprendre l'effet de toutes les commandes de réglage du volume dans la chaîne du signal;
- le cumul de la dose CSD en fonction du temps, qui permet de déterminer la fraction de la dose acoustique hebdomadaire admissible reçue par l'utilisateur, est idéalement calculé par un dispositif qui comporte un affichage visuel, de façon à produire des messages de santé riches, plus à même d'influer sur le comportement des utilisateurs. De plus, un tel dispositif est le plus indiqué pour tenir à jour ou se connecter à une base de données dans laquelle sont enregistrées des données de santé personnelles de l'utilisateur.

En tenant compte de ces principes, si un dispositif d'écoute est capable de communiquer via une interface numérique ses valeurs de sensibilité telles qu'elles sont affectées par le réglage de volume actuel, on utilisera ces valeurs au lieu de la sensibilité maximum autorisée indiquée pour le casque d'écoute. De plus, si un dispositif d'écoute est en mesure de déterminer les incréments de dose CSD correspondant à une séance d'écoute, complète ou partielle, et à les transmettre via une interface numérique, les systèmes PAS devront utiliser ces valeurs à la place des incréments de dose CSD calculés par les dispositifs PAD.

De telles capacités offrent la possibilité de réduire les risques liés à l'écoute dans des cas d'utilisation qui vont au-delà du simple lecteur musical. Ce domaine devra faire l'objet d'un complément d'étude.

10 Profils

L'objectif proposé d'utiliser des profils ou des catégories différentes de systèmes PAS vise à fournir un moyen d'indiquer de façon simple et judicieuse à l'utilisateur final une exactitude comparative de différentes applications des systèmes PAS, de manière à instaurer une confiance dans la dose CSD et dans les notifications associées.

11 Communication en matière de santé

La stratégie "Écouter sans risque" (voir l'Appendice I) vise à réduire le risque de perte d'audition grâce à la promotion de pratiques sans risque en matière d'écoute auprès du groupe cible (utilisateurs de dispositifs audio individuels). Ainsi, la norme applicable aux dispositifs d'écoute sans risque comporte un outil qui permettra aux personnes de surveiller leur propre exposition individuelle au bruit. Grâce à cet outil, les utilisateurs pourront opter pour des pratiques d'écoute sans risque, tout en continuant de profiter d'une bonne acoustique. En plus de cet outil, il est important de mieux sensibiliser et informer les utilisateurs de dispositifs afin de leur donner les moyens de faire le bon choix en matière d'écoute.

On trouvera dans les paragraphes ci-après les éléments à faire figurer dans les communications en matière de santé pour permettre la bonne mise en œuvre des normes applicables aux dispositifs d'écoute sans risque.

L'objectif est d'expliquer aux fabricants de dispositifs audio personnels comment promouvoir des pratiques d'écoute sans risque auprès des utilisateurs/consommateurs. En particulier, les paragraphes ci-après présentent des recommandations fondées sur des éléments concrets relatives à la manière de faire connaître les risques associés à des pratiques à risque en matière d'écoute et d'aider les utilisateurs/consommateurs à adopter les bons comportements. Ces recommandations s'appuient sur des éléments publiés dans des revues à comité de lecture ou mise en évidence dans le cadre de l'étude des habitudes d'écoute du groupe cible, à savoir les utilisateurs de dispositifs audio individuels.

11.1 Objectif de l'intégration de la communication en matière de santé dans les normes relatives aux systèmes audio individuels d'écoute sans risque

L'objectif est de fournir aux utilisateurs des informations et des orientations afin de leur permettre de choisir des pratiques d'écoute sans risque. Il s'agit notamment de fournir les éléments suivants:

- "Informations relatives à l'utilisation personnelle", afin que l'utilisateur connaisse:
 - ses propres habitudes d'écoute (utilisation de la dose acoustique admissible journalière et hebdomadaire);
 - les modalités d'utilisation des fonctions des différents dispositifs permettant une écoute sans risque.
- "Recommandations et conseils personnalisés" pour une écoute sans risque, adaptés en fonction du profil d'écoute de chaque utilisateur.
- "Informations générales" sur:
 - les pratiques sûres en matière d'écoute sans risque et les manières de les appliquer;
 - le risque associé à des comportements d'écoute à risque;
 - le risque de perte d'audition due à des volumes sonores élevés provenant de sources autres que le système audio individuel.

Ces informations et orientations doivent être partagées par défaut avec les utilisateurs via leur dispositif mobile afin de réduire le risque de perte d'audition.

11.2 Principales recommandations en matière de communication figurant dans les normes applicables aux dispositifs d'écoute sans risque

Des informations et des messages concernant l'écoute sans risque devraient être fournis:

- via l'interface du dispositif¹ (dès lors qu'une interface audio ou visuelle appropriée est disponible);
- dans les notices d'utilisation.

Des informations sur les fonctions du dispositif permettant une écoute sans risque devraient figurer sur ou dans l'emballage.

11.2.1 Informations fournies à l'utilisateur via l'interface du dispositif

Les § 11.2.1.1 et 11.2.1.2 donnent les informations auxquelles l'utilisateur devrait avoir accès via l'interface du dispositif.

11.2.1.1 Informations relatives à l'utilisation personnelle

Les utilisateurs devraient avoir accès aux informations relatives à divers paramètres d'écoute qui définissent leurs habitudes en la matière afin de pouvoir suivre leur exposition au bruit via le dispositif. Si le dispositif est doté d'un écran, ces informations peuvent être accessibles via une icône sur l'écran, grâce à laquelle l'utilisateur pourra visualiser, sous une forme facile à comprendre, comment il a utilisé sa dose acoustique admissible quotidienne/hebdomadaire. Par exemple, la personne pourrait visualiser la part de la dose hebdomadaire qu'il a utilisée et son comportement en matière d'écoute au cours des sept jours précédents.

Si le dispositif n'a pas d'écran, ces informations doivent être mises à disposition par d'autres moyens, par exemple des annonces audio ou via un autre dispositif équipé d'un écran.

¹ Désigne les composants matériels (par exemple l'écran) qui permettent à l'utilisateur d'interagir avec un dispositif électronique.

NOTE – S'agissant de ces dispositifs sans écran, les indications peuvent ne pas être fournies à l'utilisateur en temps réel mais lui être communiquées ultérieurement.

Le dispositif (lorsqu'il possède ces fonctionnalités) devrait afficher:

- a) le niveau sonore moyen pour le jour et la semaine;
- b) la durée, en heures et en minutes, pendant laquelle l'utilisateur a écouté des programmes sonores sur son dispositif pour le jour et la semaine.

La Figure 11-1 donne des exemples non normatifs d'informations fournies sur l'interface visuelle d'un smartphone pour permettre une écoute sans risque.



H.870(18) -Err.1(18)_F11-1

Figure 11-1 – Exemples d'informations fournies sur l'interface visuelle d'un smartphone pour permettre une écoute sans risque

11.2.1.2 Messages

Le dispositif fournira à l'utilisateur des avertissements et des conseils de comportement:

- a) Le dispositif affichera des avertissements et des conseils de comportement pertinents lorsque l'utilisateur dépasse 100% de la dose admissible hebdomadaire. On trouvera dans l'Appendice VII des suggestions pour élaborer ces messages.
 - L'utilisateur recevra tout d'abord un "avertissement" textuel et visuel l'informant qu'un certain seuil a été atteint et qu'à compter de ce seuil, la poursuite de l'écoute au même volume représentera un danger pour sa capacité auditive.
 - Cet avertissement sera suivi d'un "conseil de comportement", selon lequel l'utilisateur pourra choisir d'accepter de prendre le risque de poursuivre l'écoute ou de protéger sa capacité auditive. Le message correspondant devrait comprendre des liens vers des options actives sur le dispositif, par exemple:
 - option de choix automatique d'un volume sûr, grâce à laquelle le dispositif modifie automatiquement le niveau du volume pour qu'il soit sans risque;
 - accès direct aux paramètres du volume;
 - configuration des limites de volume par défaut;
 - option "me rappeler plus tard";
 - option "ignorer et continuer".

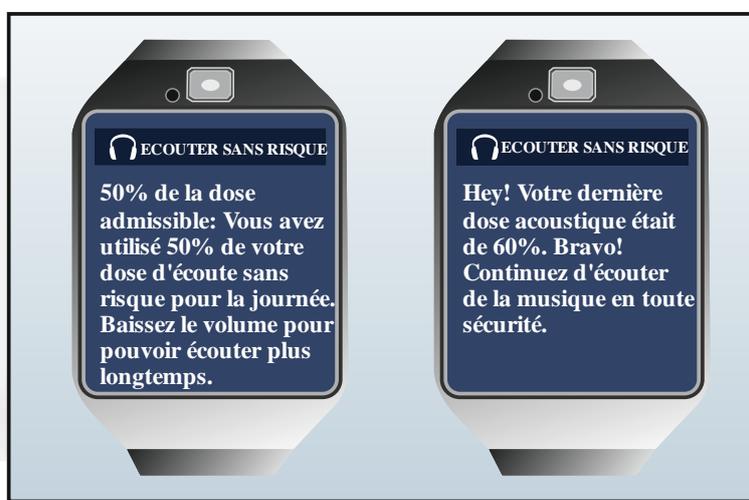
- Si l'utilisateur ne prend aucune mesure, le volume est automatiquement réduit conformément au § 13.1: à un niveau non supérieur à 80 ou 75 dBA selon le mode choisi, au point de référence tympan en appliquant une correction liée au champ diffus.

NOTE 1 – Le délai de mise en œuvre de cette fonctionnalité par les fabricants sera conforme aux recommandations formulées par le CENELEC.

NOTE 2 – Si, lorsque l'utilisateur atteint 100% de sa dose admissible hebdomadaire, le niveau est automatiquement réduit à 80 dBA (75 dBA pour les personnes sensibles), l'exposition sonore de l'utilisateur continuera d'augmenter au-delà de 100%. Une telle action ne protège donc pas totalement contre un risque supplémentaire pour l'audition; l'intention est plutôt de s'assurer que l'écoute se poursuit à un niveau tout au plus modéré jusqu'à ce que l'utilisateur ait pris connaissance de l'avertissement.

- b) Le dispositif devrait afficher des messages appropriés dès lors qu'une partie définie au préalable de la dose acoustique admissible a été utilisée. Voir l'Appendice VII.1 pour des suggestions de niveau d'utilisation pouvant déclencher l'affichage des avertissements/conseils et des exemples de message.

Ces avertissements dépendent de la capacité du dispositif et devraient s'afficher sous plusieurs formes, par exemple affichage d'un signal visuel, déclenchement de la fonction vibreur ou avertissements sonores, afin de bien attirer l'attention de l'utilisateur sur ces avertissements. La Figure 11-2 donne des exemples non normatifs de messages s'affichant sur une montre connectée.



H.870(18) F11-2

Figure 11-2 – Exemples de messages s'affichant sur une montre connectée

- Messages quotidiens: le dispositif devrait chaque jour afficher un message récapitulatif du comportement de l'utilisateur en matière d'écoute au cours des jours précédents, afin d'encourager les bonnes habitudes en la matière et de décourager ou de prévenir les comportements à risque. On trouvera des exemples de messages au § VII.3.

11.2.2 Informations générales

- Lorsque le dispositif est doté d'un écran, il devrait afficher des informations sur ce que l'on appelle une "écoute sans risque" et ses avantages, ainsi que sur les dangers que représente un comportement à risque en matière d'écoute.

NOTE – Les informations ci-dessus devraient être accessibles sans navigation excessive.

L'interface d'utilisateur (page d'accueil) doit comprendre une icône distincte et reconnaissable indiquant que ces informations sont disponibles. La Figure 11-3 donne un exemple non normatif d'icône "Écouter sans risque" sur l'écran d'un smartphone.

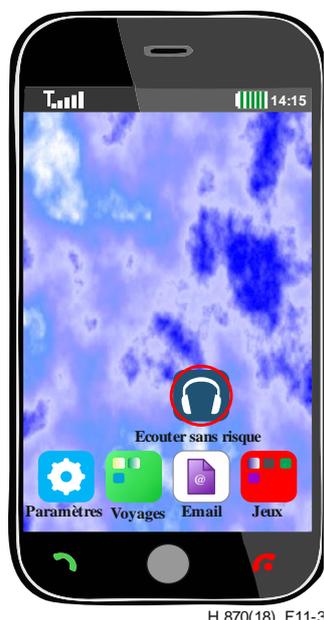


Figure 11-3 – Icône "Écouter sans risque" sur l'écran d'un smartphone

Un tutoriel devrait expliquer aux utilisateurs ce que l'on entend par "Écouter sans risque", les risques associés à des pratiques à risque en la matière, les fonctionnalités d'écoute sans risque du dispositif et leurs modalités d'utilisation. Les écrans devraient en outre contenir des liens vers les pages web pertinentes sur lesquelles les utilisateurs peuvent trouver des informations complémentaires. La Figure 11-4 donne des exemples non normatifs d'écrans permettant d'accéder à des informations sur les pratiques sans risque et de liens vers des sites extérieurs.



Figure 11-4 – Exemples d'écrans permettant d'accéder à des informations sur les pratiques sans risque et de liens vers des sites extérieurs

11.2.3 Informations fournies par d'autres moyens que le dispositif

11.2.3.1 Notice d'utilisation

La notice d'utilisation indiquera de manière claire que l'utilisation sans précaution du dispositif peut entraîner une perte d'audition permanente.

Elle devrait en outre donner des informations détaillées sur les fonctions de limitation du volume et des conseils de comportement.

La notice d'utilisation devrait par ailleurs expliquer de manière claire comment fonctionne le système d'évaluation de la dose admissible et indiquer qu'il présente certaines incertitudes.

La notice devrait indiquer clairement que les informations données par le dispositif ne tiennent pas compte des autres sources d'exposition au bruit, qu'elles correspondent à l'utilisation d'autres dispositifs audio ou à une exposition au bruit dans l'environnement.

La notice pourrait également donner des informations concernant les protections auditives contre le bruit dans l'environnement, afin de minimiser le risque de perte d'audition.

11.2.3.2 Emballage

Il est vivement recommandé qu'un message/avertissement figure sur l'emballage des dispositifs ou à l'intérieur. Il est recommandé que cet avertissement/ce message soit:

- concis, simple et clair;
- accompagné d'une illustration adaptée;
- inséré sur un fond clair.

11.2.3.3 Site web et publicité

Des informations sur les pratiques d'écoute sans risque devraient être publiées sur les sites web des fabricants (par exemple, pour compléter les informations données via les interfaces d'utilisateur, voir le § 11.2.1).

Le texte publié sur les sites web des fabricants doit s'appuyer des éléments concrets et alignés sur les recommandations données dans les normes UIT/OMS relatives à l'écoute sans risque. Il pourrait également donner un lien vers le site web de l'OMS et vers d'autres sites web intéressants et fiables.

Autant que possible, les publicités faisant la promotion des produits pourraient elles aussi donner des informations utiles, qui pourraient faire mention des risques de lésion auditive associés à une mauvaise utilisation d'un dispositif et des avantages que présentent des pratiques d'écoute sans risque en vue de préserver son audition tout en profitant d'une bonne qualité d'écoute.

12 Contrôle du bruit ambiant

Étant donné que le niveau d'écoute est étroitement lié au niveau du bruit ambiant (voir par exemple la Figure 9 de [b-Portnuff]), l'utilisation d'écouteurs permettant de réduire dans une certaine mesure le bruit ambiant amène les utilisateurs à sélectionner des niveaux de volume d'écoute réduits, ce qui diminue l'exposition globale au bruit. Cette réduction du bruit ambiant peut être obtenue avec des moyens passifs ou avec la mise en œuvre d'un contrôle actif du bruit qui permet de supprimer de manière électronique le bruit ambiant [b-Berger-Voix].

12.1 Atténuation passive du bruit de fond

Une première méthode pour limiter le bruit ambiant lorsqu'on écoute de la musique consiste à combiner les fonctionnalités des écouteurs avec l'isolation sonore qu'offre un dispositif de protection auditive passif. Il peut s'agir d'un casque recouvrant largement les oreilles, doté d'une coque rigide garnie d'une partie rembourrée qui garantira une bonne atténuation du bruit ambiant. Il peut également s'agir d'écouteurs à embouts en mousse, prémoulés voire moulés sur mesure, qui assurent une atténuation considérable du bruit lorsqu'ils sont correctement ajustés dans le canal auditif [b-Smith-Voix]. Ces produits offrent simplement une atténuation passive du bruit et sont parfois appelés casques/écouteurs à isolation phonique. La bonne atténuation du bruit ambiant nécessite d'ajuster correctement l'embout des écouteurs dans le canal auditif de la personne, ce que ne permet

pas une oreillette classique, voir écouteurs intraconques dans [UIT-T P.57], qui est posée uniquement dans la conque ou à l'entrée du canal auditif et n'offre pas d'atténuation notable.

12.2 Réduction active du bruit de fond

Des écouteurs avec réduction active du bruit (ANR) ont été commercialisés au cours des dernières décennies, pouvant être des casques couvrant les oreilles ou des écouteurs intra-auriculaires. Ces dispositifs ANR sont dotés d'un contrôleur analogique ou numérique qui génère une onde sonore de la même amplitude mais en phase opposée à la perturbation initiale (bruit ambiant). Ces casques peuvent permettre de supprimer ou de réduire efficacement le bruit de fond à proximité du tympan de l'utilisateur.

12.3 Avantages des écouteurs à isolation phonique

Le principal avantage sur le plan auditif de l'utilisation d'écouteurs à isolation phonique, si l'on part du principe qu'ils sont bien ajustés, est qu'ils permettent à la personne qui les porte de ramener le volume d'écoute à une valeur plus sûre, étant donné que le bruit ambiant est partiellement réduit, comme l'illustre la Figure 9 de [b-Portnuff] (voir également [b-Voix,Cocq,Hager]). Toutefois, il peut être difficile au départ d'ajuster correctement des écouteurs intra-auriculaires à isolation phonique et/ou de les maintenir en place dans la durée. Une légère modification de l'ajustement de ces écouteurs a une incidence non seulement sur le degré d'atténuation qu'offre ce type de dispositifs, mais aussi sur la réponse en fréquence des écouteurs, avec une forte augmentation de l'incertitude concernant le niveau de pression acoustique appliqué dans le canal auditif de l'utilisateur. Ce dernier effet est particulièrement prononcé avec des écouteurs intra-auriculaires passifs qui doivent épouser parfaitement le canal auditif pour offrir une excellente isolation sonore et une réponse en fréquence optimale.

12.4 Problèmes de sécurité associés aux casques à isolation phonique

Les écouteurs à isolation phonique doivent offrir une atténuation importante pour réduire efficacement le bruit ambiant, ce qui peut par ailleurs poser certains problèmes concernant leur utilisation en toute sécurité dans les activités du quotidien, sans oublier la distraction que représente le fait même d'écouter de la musique. Ainsi, les écouteurs à isolation phonique, lorsqu'ils sont correctement ajustés, peuvent réduire les bruits ambiants à des niveaux très bas qui peuvent être plus difficiles à percevoir. Si l'on ajoute à cela le fait que la musique écoutée masquera le bruit ambiant résiduel, on comprend aisément qu'une personne n'aura plus conscience du contexte grâce au bruit. Elle sera coupée du bruit ambiant et des informations utiles qu'il transmet, par exemple une personne qui parle ou une voiture qui klaxonne, et il pourra difficilement repérer, reconnaître et identifier toutes les sources de bruit indiquant un danger. De plus, l'utilisation d'écouteurs à isolation phonique peut avoir des incidences sur la capacité à localiser la source en azimut et en élévation, ainsi qu'à estimer la distance, la vitesse et la direction.

Par conséquent, il est recommandé que les fabricants avertissent les utilisateurs des risques qu'ils courent lorsqu'ils utilisent un système PAS avec des écouteurs/un casque dans le cadre d'activités où les indications sonores peuvent être cruciales (footing dans la rue, conduite automobile, etc.) et pour lesquelles le fait de ne plus avoir ces indications pourraient mettre en danger leur sécurité physique.

13 Contrôle du volume

13.1 Limitation du volume

Le dispositif ou le système doit être capable de fournir à l'utilisateur une méthode adaptée pour limiter le volume. On entend en l'espèce une fonctionnalité qui envoie un message concernant une limite d'exposition de référence déterminée au préalable (dose acoustique admissible) et qui, en l'absence de réponse de la part de l'utilisateur, amène le dispositif ou le système à réduire automatiquement le

volume du dispositif de façon à ne pas dépasser 80 ou 75 dBA, selon le mode sélectionné, au point de référence tympan avec correction liée au champ diffus. Il est en outre recommandé que cette fonctionnalité soit activée par défaut, l'utilisateur ayant la possibilité de la désactiver s'il ou elle ne souhaite pas l'utiliser.

Si elle est activée, la fonctionnalité de limitation du volume enverra automatiquement un message dès que l'utilisateur a consommé 100% de la dose admissible hebdomadaire. Ce message lui donnera accès à l'option "Poursuivre l'écoute" s'il ne souhaite pas réduire le volume du dispositif. S'il n'est pas accusé réception du message, le volume sera réduit par défaut au niveau sonore déterminé au préalable. Si possible, l'utilisateur devrait pouvoir personnaliser ce niveau (niveau auquel il souhaiterait limiter le volume de son dispositif) en fonction de ses préférences.

13.2 Contrôle du volume protégé par mot de passe

Le dispositif ou le système doit disposer d'une option permettant de définir et de verrouiller le volume sonore maximum en sortie, par exemple avec l'utilisation d'un mot de passe.

L'objectif de cette fonction est de permettre aux parents (ou autres adultes) de limiter le volume sonore maximum en sortie du dispositif utilisé par un enfant afin que ce dernier ne puisse pas le modifier.

Cette fonction pourra en outre être utilisée par les personnes qui le souhaitent pour limiter leur propre exposition au bruit en définissant un niveau maximum en sortie sur leur dispositif.

14 Instructions concernant des problèmes annexes

Outre l'effet direct du transducteur et du dispositif de lecture du système PAS, plusieurs points devront peut-être être pris en compte même lorsqu'un système PAS est considéré sûr. [b-UIT-T P.360] contient des informations sur ce point.

- Un bruit aigu (bruit parasite) peut se produire au moment du raccordement d'un casque ou d'écouteurs en raison des transitoires (bruits indésirables) dans le système.
- Certains dispositifs, lorsqu'ils sont raccordés ou associés, émettent un son de confirmation pour indiquer qu'ils ont été associés avec succès. Dans ce cas, le niveau du son de confirmation devra peut-être être situé dans la plage considérée comme sûre.

Veillez noter que ces éléments ne peuvent pas être mesurés avec un "dosimètre" sur un dispositif PAD.

Appendice I

Rapport d'activité

(Cet appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation.)

Selon l'OMS, plus de 1,5 milliard de personnes connaissent actuellement une perte d'audition dans le monde, cette perte étant invalidante dans 30% des cas. Si l'on s'appuie sur les tendances démographiques en cours, on estime que ce chiffre pourrait dépasser les 2,5 milliards de personnes d'ici 2050. S'il est vrai que cette tendance à la hausse reflète les changements démographiques, elle souligne également la nécessité d'agir sur les causes évitables des pertes d'audition.

L'une des principales causes évitables des pertes d'audition est la perte d'audition due au bruit, qui désigne la perte d'audition due à une surexposition des oreilles à l'énergie acoustique, qui inclut la musique écoutée au casque sur des dispositifs et des systèmes audio individuels. L'OMS estime à plus de 1,1 milliard le nombre d'individus âgés de 12 à 35 ans qui pourraient courir un risque de perte d'audition due à des habitudes d'écoute dangereuses. Il s'agit d'un problème de santé publique imminent, d'autant plus lorsque l'on sait qu'aujourd'hui déjà, les pertes d'audition non prises en charge représentent un coût annuel de 980 milliards de dollars à l'échelle mondiale.

Répondant à la demande exprimée par ses États membres dans la Résolution WHA70.13 de l'Assemblée mondiale de la santé, l'OMS travaille avec d'autres parties prenantes à limiter le risque de perte d'audition due à une écoute non sécurisée en faisant œuvre de sensibilisation et en promouvant des habitudes d'écoute sans risque. Pour ce faire, il faut que les utilisateurs de dispositifs ou de systèmes audio individuels puissent accéder à des appareils/systèmes dotés de fonctions d'écoute sans risque.

À cette fin, l'OMS, avec l'aide de l'UIT, a effectué une analyse des éléments manquants dans les normes relatives à l'écoute sans risque. Les résultats figurent dans le rapport disponible à l'adresse: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/documents/health-topics/deafness-and-hearing-loss/monograph_on_situation_analysis_and_background_for_standards_for_safe_listening_systems.pdf?sfvrsn=336b9823_5.

D'autres documents d'information connexes sur l'initiative "Écouter sans risque" sont disponibles à l'adresse <https://www.who.int/activities/making-listening-safe>, avec un aperçu à l'adresse https://itu.int/en/ITU-T/studygroups/2017-2020/16/Documents/Safe_listening_initiative_background_201804.docx.

Suite à la publication de la première version de la présente Recommandation, quelques entreprises ont mis en pratique une partie de ses conseils, en communiquant des informations essentielles sur l'écoute sans risque à leurs utilisateurs et en leur proposant des fonctionnalités à cet effet. La deuxième version de cette norme garantira son applicabilité à une plus large gamme d'appareils et offrira davantage de fonctions d'écoute sans risque aux personnes, dans le cadre d'un effort visant à promouvoir l'écoute sans risque et à atténuer le risque croissant de perte d'audition au niveau mondial.

Appendice II

Fonctionnalité d'estimation de la dose à mettre en œuvre dans un système audio individuel

(Cet appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation.)

II.1 Introduction

Le présent appendice décrit un exemple de mise en œuvre possible d'un dosimètre dans un système PAS pour mesurer le signal média numérique et examiner les propriétés connues ou supposées d'un casque. Il s'appuie sur le principe d'égalité d'énergie pour l'évaluation des risques d'atteinte auditive, où le carré de la pression acoustique pondérée A, intégré sur la durée d'exposition, représente la dose.

Les incertitudes liées à ces estimations (par exemple, intervalle de confiance) sont également examinées.

II.2 Principales normes connexes

[EN 50332-3] décrit un système de mesure de la dose dans un lecteur PMP et le présent appendice vise uniquement à fournir des informations complémentaires.

[CEI 61252] décrit des dosimètres acoustiques à porter sur le corps.

II.3 Définition de la dose dans le contexte de la dosimétrie acoustique

$$dose = \int_{t_1}^{t_2} (p_A(t))^2 dt$$

où p_A est la pression acoustique pondérée A et corrigée du champ diffus.

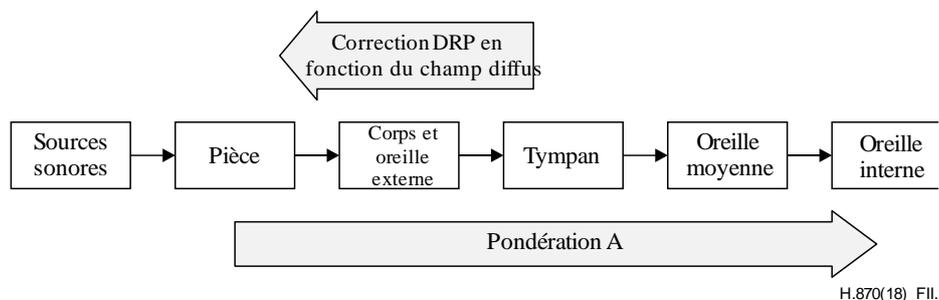
Par exemple, la dose reçue lors d'une exposition à 80 dB SPL pendant une durée de 40 heures est calculée comme suit:

- La valeur RMS de la pression acoustique est $10^{\frac{80}{20}} \cdot \frac{20 \mu Pa}{1 Pa} = 0,2 Pa$. Par conséquent, la dose est $0,2^2 \cdot 40 = 1,6 Pa^2 h$.

Cette dose particulière peut être définie comme dose de référence et l'estimation de l'exposition mesurée pendant une période donnée peut être exprimée sous la forme d'un pourcentage de cette dose de référence. [EN 50332-3] définit la dose présentée ci-dessus comme 100% de la dose CSD. En outre, cette norme ne porte que sur la dose reçue sur une période glissante de 7 jours.

II.4 Pondération des différentes fréquences

Les lésions auditives potentielles présentant un intérêt pour l'estimation de la dose concernent la cochlée dans l'oreille interne (voir la Figure II.1). Il serait intuitif de corriger les mesures afin de rendre compte directement de l'excitation des cellules ciliées dans la cochlée. Or, la grande majorité des travaux de recherche sur les pertes d'audition dues au bruit repose sur des relevés du niveau sonore en "champ libre", par exemple dans des usines (au sens strict, qui correspond typiquement à un milieu entre des conditions de champ libre et de champ diffus). Par conséquent, l'évaluation des risques et l'ampleur des mesures à prendre reposent sur ces relevés. Bien que la pondération A n'ait pas été élaborée spécifiquement pour l'évaluation des risques de perte d'audition, les recherches ont montré que les relevés de niveau sonore dans le champ libre offrent une corrélation suffisamment raisonnable avec les pertes d'audition dues au bruit observées, lorsque le carré de la pression acoustique pondérée A est intégré sur la durée d'exposition.

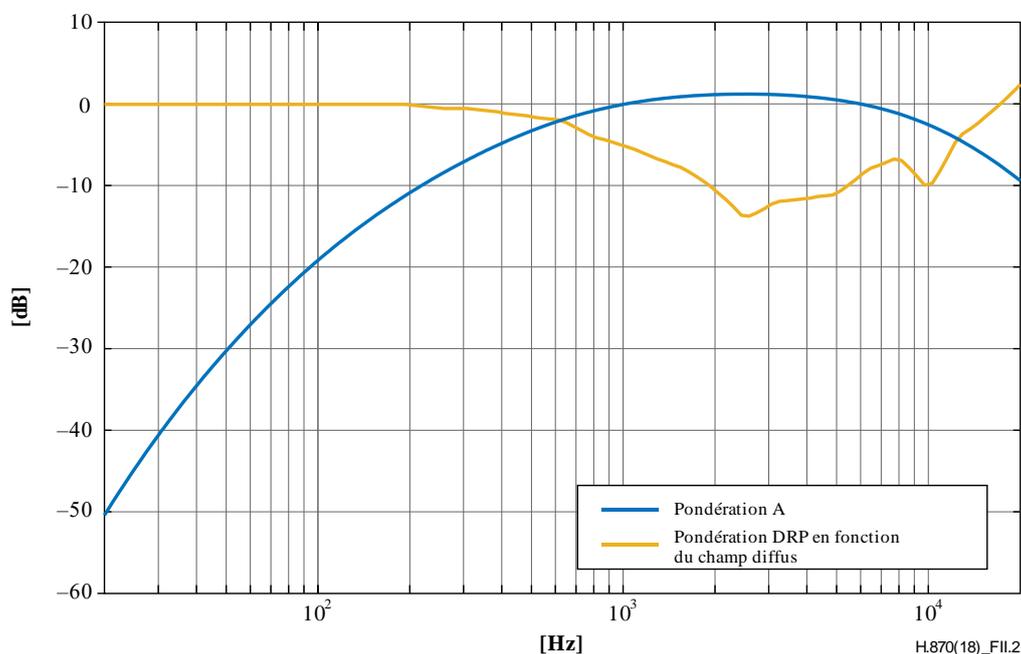


H.870(18)_FII.

Figure II.1 – Vue conceptuelle des rôles des différentes corrections utilisées dans les mesures afin d'apporter une certaine pondération aux différentes fréquences

Lorsque les caractéristiques des écouteurs/du casque sont mesurées au point DRP à l'aide d'un simulateur de tête et de torse, la correction liée au champ diffus transforme la mesure en quantité comparable avec des relevés du niveau sonore type dans le champ libre/diffus. Étant donné que les premières recherches tenaient compte de sources sonores provenant de différents angles d'incidence par rapport aux oreilles des travailleurs, plutôt que d'utiliser un angle d'incidence particulier présumé (par exemple, correction liée au champ libre dans le cas d'une incidence frontale à un angle d'élévation de 0 degré) pour l'estimation des risques, on utilise la correction liée au champ diffus comme représentation moyenne des différents angles d'incidence.

La Figure II.2 montre la pondération A et la pondération DRP en fonction du champ diffus.



H.870(18)_FII.2

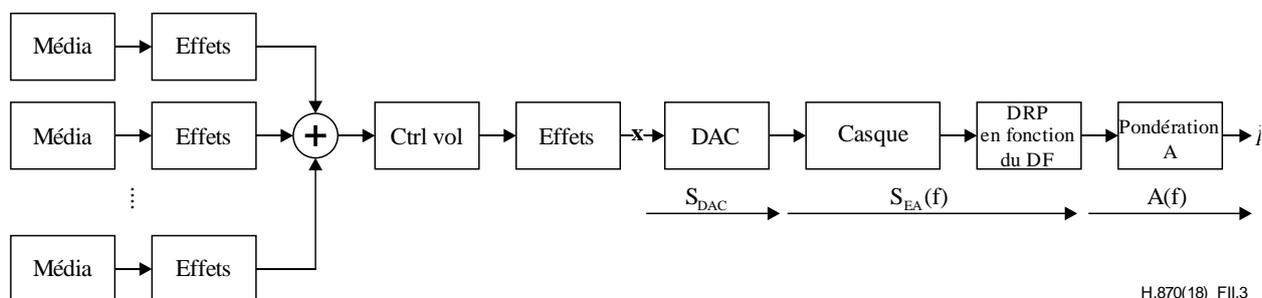
Figure II.2 – Pondération A [CEI 60268-1] et correction/pondération DRP en fonction du champ diffus [UIT-T P.58]

II.5 Point de prise du signal dans un système PAS

La Figure II.3 donne un exemple de système de lecteur audio et de point de relevé préféré pour le dosimètre où le signal mesuré x est collecté juste avant sa conversion de l'analogique au numérique.

Étant donné que p_A est généralement difficile à calculer, on trouvera ci-après une solution pour estimer p_A à partir d'un signal numérique dans le lecteur (dispositif PAD qui n'a pas de transducteur) et d'autres caractéristiques connues ou supposées d'un dispositif PAD et du casque.

Le Tableau II.1 décrit les grandeurs nécessaires pour estimer la dose.



H.870(18)_FII.3

Figure II.3 – Exemple de système de lecteur audio et de point de relevé préféré pour le dosimètre

Tableau II.1 – Grandeurs nécessaires pour estimer la dose

Quantité	Description	Unité
x_L et x_R	Signaux numériques pour les canaux gauche et droite, pris dans le système audio PAS après avoir ajouté toutes les sources audio, après le contrôle du volume et après le traitement de tous les signaux audio.	Valeur échantillon
S_{DAC}	Sensibilité du convertisseur numérique-analogique et des circuits analogiques qui viennent ensuite. Si le casque est équipé d'une entrée numérique, ce paramètre est attribué au casque plutôt qu'au lecteur.	Volt/valeur échantillon
$S_{EA}(f)$	Sensibilité électro-acoustique du casque, mesurée au point DRP puis corrigé avec la correction DRP en fonction du champ diffus pour la gamme de fréquences entre 20 et 20 kHz. Voir [UIT-T P.381] pour la méthode de mesure de la réponse en fréquence de réception du casque, [UIT-T P.58] pour la correction liée au champ diffus et [UIT-T P.380] pour des informations supplémentaires, comme la nécessité de repositionner le casque et de répéter les mesures cinq fois.	Pascal/Volt
$A(f)$	Réseau de filtres à pondération A, voir [CEI 61672-1] pour une spécification générale et [CEI 61252] pour le but de conception d'un dosimètre.	Volt/Volt
T	Durée du segment.	Heures

II.6 Gestion des canaux gauche et droit

Dans un souci de simplicité de mise en œuvre et d'interprétation des résultats, et sur la base de certaines mesures réalisées, la puissance moyenne des canaux gauche et droit est utilisée pour estimer une dose unique (voir [b-CE16-R17]).

II.7 Exemple de mise en œuvre d'un dosimètre

Dans le cas d'une mise en œuvre fondée sur des segments à temps discret, l'estimation de la dose journalière/hebdomadaire peut être mise en œuvre en conséquence, dans le domaine temporel ou fréquentiel:

- 1) Acquérir n échantillons par canal du signal x , (typiquement sur une fenêtre temporelle d'une seconde). Filtrer le signal pour tenir compte de la conversion DAC, du casque et de la pondération A.

$$z(k) = \text{filtre}(x(k), [S_{DAC} \cdot S_{EA}(f) \cdot A(f)])$$

- 2) Calculer la puissance moyenne des canaux gauche et droit et multiplier par la durée du segment.

$$\underline{\text{dose}}_{\text{segment}} = T \cdot \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \frac{1}{2} (z(k)_L^2 + z(k)_R^2)$$

3) Ajouter la contribution de la dose à l'estimation de la dose accumulée précédente.

$$\underline{dose_m} = \underline{dose_{m-1}} + \underline{dose_{segment}}$$

4) (Facultatif): Présenter le relevé de dose pour le jour en cours et les six jours précédents.

5) (Facultatif): Exprimer la dose totale sous la forme d'un pourcentage de la dose de référence.

6) S'il est plus de minuit: enregistrer la dose pour le jour achevé, remettre la dose journalière à zéro et effectuer la mesure pour le nouveau jour.

NOTE – L'enregistrement de la dose accumulée doit être suffisamment précis pour que les petites portions d'un segment unique ne soient pas considérées comme égales à zéro.

II.8 Gestion de la complexité de calcul

Afin d'économiser des ressources de calcul et d'allonger la durée d'autonomie de la batterie, on pourra décimer les signaux (sans filtres anti-repliement). Il faut veiller à ce que l'exactitude reste suffisante, pour les signaux musicaux et les signaux vocaux. Il convient en outre de veiller à ce que le filtrage continue d'être adapté au signal décimé.

Il est possible de simplifier la mise en œuvre du filtrage dans une certaine mesure.

II.9 Gestion de la dose au fil des jours et des semaines

Il est recommandé de conserver un enregistrement de chaque dose journalière estimée sur une période de sept jours glissants. La dose accumulée pendant le jour en cours et les six jours précédents est comparée à la dose de référence présentée au § II.3.

La Figure II.4 donne un exemple de dose accumulée sur sept jours, s'élevant au total à 1,6 Pa²h, soit 100% de la dose acoustique calculée.

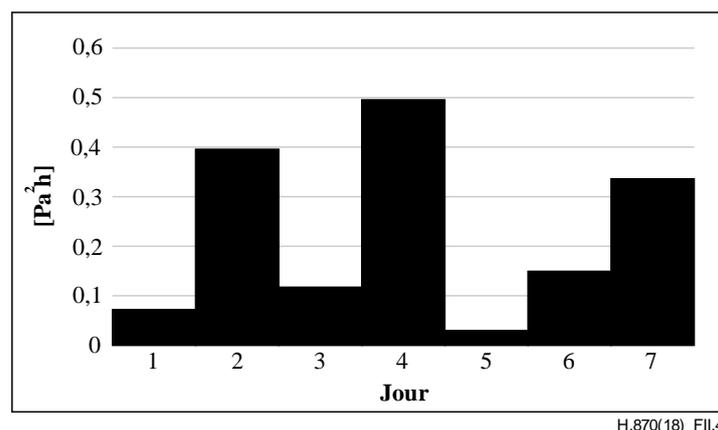


Figure II.4 – Exemple de dose accumulée sur sept jours, s'élevant au total à 1,6 Pa²h, soit 100% de la dose CSD

II.10 Cas où les caractéristiques du casque ne sont pas connues

Dans de nombreux cas, le type de casque n'est pas connu par le lecteur et sa sensibilité peut varier de manière significative, comme le montre la Figure II.5. Dans ce cas, le dosimètre se fonde sur les hypothèses suivantes:

- sensibilité du casque maximum autorisée, soit une tension caractéristique du signal de programme simulé (SPCV) de 75 mV, voir [EN 50332-2] et [UIT-T P.381];
- réponse en fréquence uniforme après correction liée au champ diffus;
- impédance du casque de 32 Ω (pertinent lorsqu'on identifie S_{DAC}).

Cela signifie que $S_{EA}(f)$ est fixé à une constante de 12,55 pascal/volt.

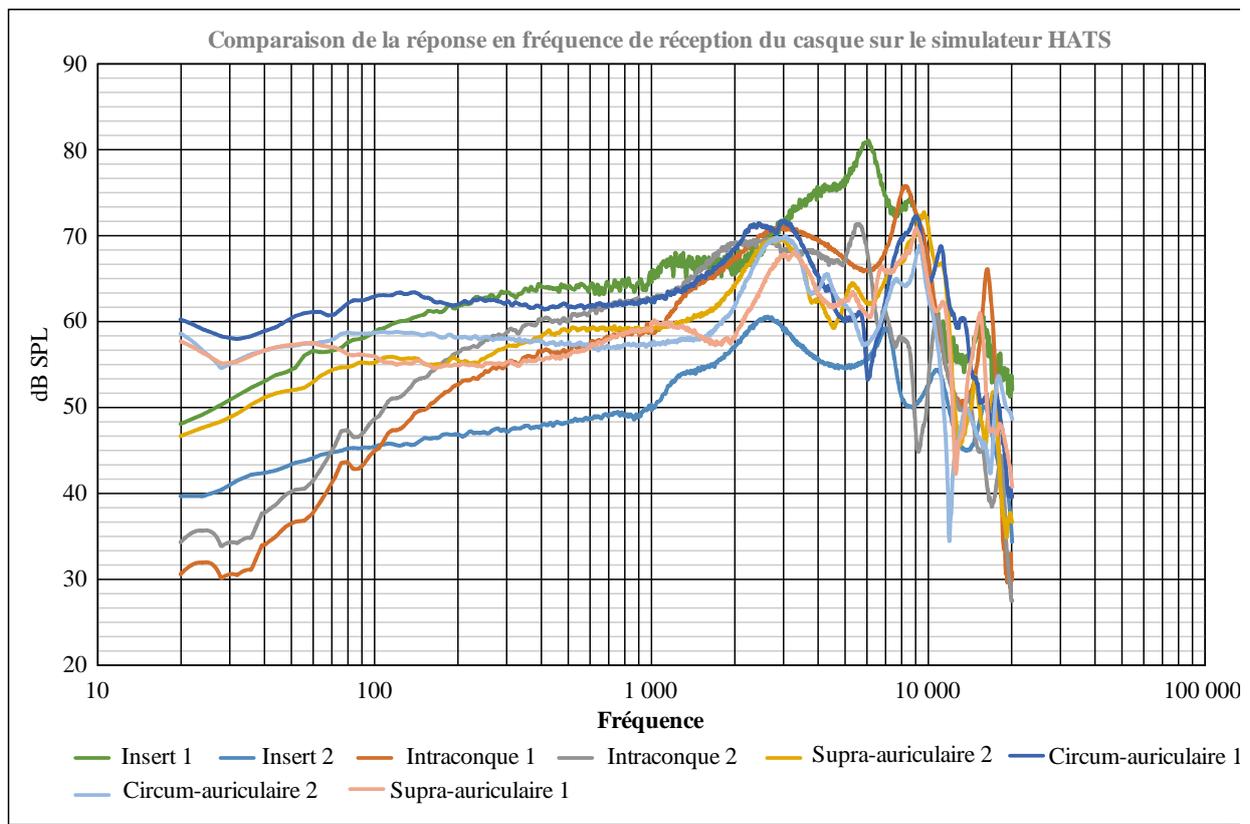


Figure II.5 – Illustration de la variabilité de la sensibilité de neufs modèles de casques et écouteurs

Le Tableau II.2 présente les caractéristiques des casques à la sensibilité maximum autorisée conformément à [EN 50332-2] dans des bandes d'un tiers d'octave.

Tableau II.2 – Illustration des caractéristiques des casques à la sensibilité maximum autorisée

Bruit de simulation de programme			Réponse du casque			Pondération A			Pression acoustique pondérée A		
CEI 60268-1 (ajusté pour 75 mV)			Réponse corrigée du champ diffus uniforme SPCV = 75 mV; EN 50332-2			[CEI 61672-1]			[EN 50332-1]		
[Hz]	PSM [dBV]	PSM [V ²]	[Hz]	[dBPa/V]	[Pa/V]	[Hz]	[dB]	[gain]	[Hz]	[dBPa]	[Pa ²]
20	-48,56	1,39E-05	20	25,10	12,55	20	-50,40	-2,52E+01	20	-73,85	4,12E-08
25	-45,26	2,98E-05	25	25,10	12,55	25	-44,82	-2,24E+01	25	-64,98	3,18E-07
31,5	-42,46	5,68E-05	31,5	25,10	12,55	31,5	-39,53	-1,98E+01	31,5	-56,89	2,05E-06
40	-40,26	9,43E-05	40	25,10	12,55	40	-34,54	-1,73E+01	40	-49,70	1,07E-05
50	-38,56	1,39E-04	50	25,10	12,55	50	-30,28	-1,51E+01	50	-43,73	4,24E-05
63	-37,36	1,84E-04	63	25,10	12,55	63	-26,22	-1,31E+01	63	-38,48	1,42E-04
80	-36,46	2,26E-04	80	25,10	12,55	80	-22,40	-1,12E+01	80	-33,75	4,21E-04
100	-35,96	2,54E-04	100	25,10	12,55	100	-19,15	-9,57E+00	100	-30,00	1,00E-03
125	-35,56	2,78E-04	125	25,10	12,55	125	-16,19	-8,10E+00	125	-26,65	2,16E-03
160	-35,26	2,98E-04	160	25,10	12,55	160	-13,25	-6,62E+00	160	-23,40	4,57E-03
200	-35,16	3,05E-04	200	25,10	12,55	200	-10,85	-5,42E+00	200	-20,90	8,12E-03
250	-35,06	3,12E-04	250	25,10	12,55	250	-8,68	-4,34E+00	250	-18,63	1,37E-02
315	-35,06	3,12E-04	315	25,10	12,55	315	-6,64	-3,32E+00	315	-16,60	2,19E-02

**Tableau II.2 – Illustration des caractéristiques des casques
à la sensibilité maximum autorisée**

Bruit de simulation de programme			Réponse du casque			Pondération A			Pression acoustique pondérée A		
CEI 60268-1 (ajusté pour 75 mV)			Réponse corrigée du champ diffus uniforme SPCV = 75 mV; EN 50332-2			[CEI 61672-1]			[EN 50332-1]		
[Hz]	PSM [dBV]	PSM [V^2]	[Hz]	[dBPa/V]	[Pa/V]	[Hz]	[dB]	[gain]	[Hz]	[dBPa]	[Pa^2]
400	-35,06	3,12E-04	400	25,10	12,55	400	-4,77	-2,39E+00	400	-14,73	3,37E-02
500	-35,06	3,12E-04	500	25,10	12,55	500	-3,25	-1,62E+00	500	-13,20	4,78E-02
630	-35,06	3,12E-04	630	25,10	12,55	630	-1,91	-9,54E-01	630	-11,86	6,51E-02
800	-35,06	3,12E-04	800	25,10	12,55	800	-0,79	-3,97E-01	800	-10,75	8,41E-02
1 000	-35,16	3,05E-04	1 000	25,10	12,55	1 000	0,00	0,00E+00	1 000	-10,06	9,87E-02
1 250	-35,36	2,91E-04	1 250	25,10	12,55	1 250	0,58	2,88E-01	1 250	-9,68	1,08E-01
1 600	-35,66	2,72E-04	1 600	25,10	12,55	1 600	0,99	4,97E-01	1 600	-9,56	1,11E-01
2 000	-36,06	2,48E-04	2 000	25,10	12,55	2 000	1,20	6,01E-01	2 000	-9,75	1,06E-01
2 500	-36,66	2,16E-04	2 500	25,10	12,55	2 500	1,27	6,36E-01	2 500	-10,28	9,37E-02
3 150	-37,56	1,76E-04	3 150	25,10	12,55	3 150	1,20	6,01E-01	3 150	-11,25	7,49E-02
4 000	-38,76	1,33E-04	4 000	25,10	12,55	4 000	0,96	4,82E-01	4 000	-12,69	5,38E-02
5 000	-40,16	9,65E-05	5 000	25,10	12,55	5 000	0,56	2,78E-01	5 000	-14,50	3,55E-02
6 300	-42,06	6,23E-05	6 300	25,10	12,55	6 300	-0,11	-5,70E-02	6 300	-17,07	1,96E-02
8 000	-44,46	3,58E-05	8 000	25,10	12,55	8 000	-1,14	-5,72E-01	8 000	-20,50	8,91E-03
10 000	-46,96	2,02E-05	10 000	25,10	12,55	10 000	-2,49	-1,24E+00	10 000	-24,34	3,68E-03
12 500	-49,86	1,03E-05	12 500	25,10	12,55	12 500	-4,25	-2,12E+00	12 500	-29,01	1,26E-03
16 000	-53,26	4,72E-06	16 000	25,10	12,55	16 000	-6,70	-3,35E+00	16 000	-34,86	3,27E-04
20 000	-56,66	2,16E-06	20 000	25,10	12,55	20 000	-9,34	-4,67E+00	20 000	-40,90	8,13E-05
	Total [V^2]	5,63E-03								Total [Pa^2]	9,97E-01
	Total [V]	7,50E-02								Total [Pa]	9,99E-01
										Total dB SPL	9,40E+01

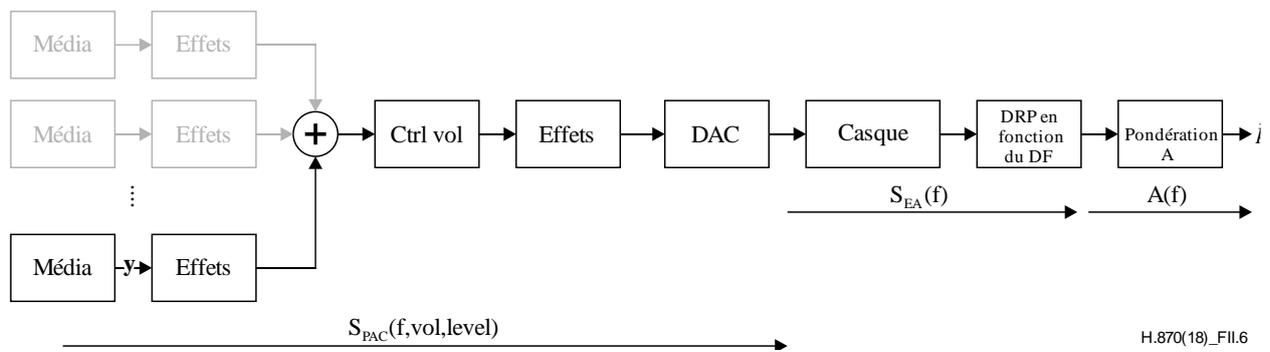
NOTE – Un signal de bruit de simulation de programme [CEI 60268-1] de 75 mV génère un niveau de pression acoustique de 94 dB SPL(A).

II.11 Autre point de prise du signal audio

Lorsque la mise en œuvre présentée dans la Figure II.3 n'est pas réalisable, un dosimètre simplifié peut être mis en œuvre comme suit.

Dans le cas où le signal est pris à un point situé au-delà de la sortie du dispositif (par exemple, à l'intérieur d'une application média donnée qui ne peut accéder qu'à son propre flux média), il doit être tenu compte au mieux de l'influence du système audio numérique en aval comme le contrôle du volume et les effets sonores. L'identification de S_{PAD} par le système pour les différents paramétrages du contrôle du volume devra peut-être être effectuée à plusieurs niveaux de contenu afin de tenir compte d'un possible traitement non linéaire.

La Figure II.6 montre un exemple de système de lecture audio dans le cas où le signal y est pris à l'intérieur d'une application source média donnée.



NOTE – Il doit être tenu compte au mieux de l'influence du contrôle du volume et des effets sonores. Les caractéristiques du lecteur dépendent de la fréquence, du paramétrage du contrôle du volume et, potentiellement, du niveau du contenu.

Figure II.6 – Exemple de système de lecture audio dans le cas où le signal y est pris à l'intérieur d'une application source média donnée

II.12 Test de la fonctionnalité de dosimètre

Voir le § 8.1.3.

II.13 Incertitudes

Voir le § 7.2.

Appendice III

Norme européenne EN 71-1 applicable aux jouets

(Cet appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation.)

La partie 4.20 "Acoustique" de la norme européenne [b-EN 71-1] spécifie des exigences qui sont également applicables aux magnétophones, lecteurs de disques compacts et autres jouets électroniques similaires si ces jouets sont équipés d'un casque ou d'écouteurs. En particulier:

"... a) le niveau de pression acoustique d'émission pondéré A, L_pA , produit par les *jouets à mettre près de l'oreille* ne doit pas dépasser 80 dB, lorsque la mesure est effectuée en champ libre. Le niveau de pression acoustique d'émission pondéré A, L_pA , produit par les *jouets à mettre près de l'oreille* ne doit pas dépasser 90 dB, lorsque la mesure est effectuée à l'aide d'une oreille artificielle.

... e) le niveau de pression acoustique d'émission de crête pondéré C, L_pC_{peak} , produit par n'importe quel type de jouet, à l'exception des jouets à amorce, ne doit pas dépasser 115 dB.

... f) si le niveau de pression acoustique d'émission de crête pondéré C, L_pC_{peak} , produit par un jouet dépasse 110 dB, le danger potentiel qu'il présente pour l'audition doit être porté à l'attention des utilisateurs par un avertissement (voir 7.14)."

NOTE – La section 8.28 de [b-EN 71-1] spécifie la méthode à utiliser pour la détermination des niveaux de pression acoustique d'émission produits par les jouets.

La section 7.14 de [b-EN 71-1] "Acoustique " dispose que les jouets qui produisent des niveaux sonores impulsionnels élevés, ou leur emballage, doivent porter l'avertissement suivant: "*Attention. Ne pas utiliser près des oreilles! Une mauvaise utilisation peut être à l'origine de problèmes auditifs.*"

La section A.25 de [b-EN 71-1] "Acoustique" prévient que "la sensibilité de l'enfant à un bruit fort est fondamentalement méconnue. Cependant, des scientifiques pensent que, du fait de la taille plus réduite du canal auditif de l'enfant par rapport à celle d'un adulte, l'amplification est différente et le rend plus sensible aux sons à haute fréquence. Les bruits impulsifs présentent plus de dangers du fait de la difficulté, pour l'oreille humaine, à déterminer leur niveau sonore en raison de la brièveté du temps d'émission. Il a été prouvé qu'une altération permanente de l'audition pouvait survenir suite à une seule exposition à des niveaux sonores de crête élevée".

Appendice IV

"Musique" et "bruit"

(Cet appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation.)

Les paragraphes ci-après sont tirés de [b-Neitzel et Fligor]:

Lindgren et Axelsson (Lindgren et Axelsson 1983) ont examiné 10 sujets dans le cadre d'une étude portant sur le déplacement du seuil temporaire (TTS) consécutif à des expositions à du bruit autre que de la musique et ont constaté que ces expositions entraînaient des déplacements TTS plus importants que ceux dus à une exposition à de la musique pendant la même durée et avec le même niveau de pression acoustique global et pondéré A. Sur quatre des sujets, le déplacement TTS était sensiblement le même avec les deux sources, tandis que pour les six autres, le déplacement TTS dû à une exposition à des bruits autres que de la musique étaient plus importants que celui dû à une exposition à de la musique. Ce constat indique, dans une certaine mesure, que le contenu du son et les perceptions d'exposition subjectives qui en découlent peuvent avoir une incidence sur le risque de déplacement TTS. Dans une autre étude, Axelsson et Lindgren (Axelsson et Lindgren 1981) ont démontré que les effets TTS étaient moins importants sur les musiciens que sur le public.

Strasser, Erle et Legler (Strasser et al. 2003) ont également étudié 10 sujets pour trois expositions équivalentes sur le plan de l'énergie à des sons musicaux et non musicaux pendant trois jours. Il a été constaté que la musique classique (exposition de 2 heures, à un niveau moyen de 91 dBA) était associée à des déplacements TTS nettement moins élevés (10 dB contre 25 dB) que le bruit industriel pour une exposition de durée et de niveau moyen équivalents, mais aussi qu'un niveau de bruit industriel d'un niveau énergétique équivalent (94 dB pendant 1 heure), et que le temps de récupération était plus court (100 minutes contre 800 minutes). Comme dans le cas de l'étude de Lindgren et Axelsson, cette étude laisse penser que le contenu sonore peut avoir une incidence sur le risque de déplacement TTS.

Strasser, Erle et Scholz (Strasser et al. 1999) ont étudié quatre scénarios d'exposition analogues sur le plan de l'énergie (94 dB pendant 1 heure): bruit blanc, bruit industriel, musique de type heavy metal et musique classique. On a constaté que le bruit industriel et la musique heavy metal entraînaient un déplacement TTS de niveau équivalent et nécessitaient un temps de récupération analogue (temps de retour à la normale). En revanche, on a constaté que la musique classique entraînait un déplacement TTS moins important, avec des temps de récupération plus courts que dans le cas d'une exposition au bruit industriel, à la musique heavy metal ou à du bruit blanc. Comme pour les études précédentes, cette étude met en avant les conséquences potentiellement différentes de l'exposition à la musique classique, par rapport à d'autres types de musique et de bruit industriel.

Mostafapour 1998 (Mostafapour et al. 1998) ont d'abord examiné les pertes d'audition chez 50 sujets étudiants en université (âge moyen 22,1 ans). Ils ont comparé les expositions au bruit (évaluées via la participation indiquée par les sujets eux-mêmes à un certain nombre de manifestations dans le cadre de leurs études ou à titre privé, ainsi qu'en fonction de l'utilisation d'armes à feu) avec le degré de perte d'audition observé. Les auteurs n'ont pas noté d'association entre l'exposition qualitative aux différentes sources de bruit évalués et la présence d'une diminution auditive (déterminée grâce à l'audiométrie utilisant des sons purs) et ont déterminé que le risque de perte NIHL chez les sujets était faible.

Enfin, Swanson et al (Swanson et al. 1987) ont exposé 20 sujets masculins à de la musique et du bruit d'une énergie quasi-équivalente (environ 106 dBA) et pendant la même durée de 10 min. Ces deux expositions ont entraîné un déplacement TTS audiométrique important après exposition à 4 et 6 kHz. Le déplacement TTS était bien plus élevé dans le cas d'une exposition à de la musique pour les sujets qui avaient indiqué ne pas aimer la musique utilisée pour l'expérience. Cette étude appuie en outre la notion selon laquelle des facteurs subjectifs liés à la musique peuvent influencer le risque de perte d'audition consécutive à une exposition à de la musique, même s'il convient de noter que les tests audiométriques supposent un élément cognitif dont il est plausible de penser qu'il peut être influencé/biaisé de manière négative par la fatigue, l'absence de motivation ou la frustration.

Appendice V

A propos du réflexe stapédien

(Cet appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation.)

Le réflexe stapédien, également appelé réflexe acoustique de l'oreille moyenne, est le processus selon lequel le muscle stapédien et le muscle tenseur du tympan de la chaîne des osselets se contractent lorsque l'oreille est exposée à un son de forte intensité. Ce réflexe a été étudié de manière approfondie [b-Moller 1995]. La contraction du muscle stapédien réduit la transmission du son via l'oreille moyenne. Par conséquent, on pense que le rôle de ce mécanisme est notamment de réduire la transmission de l'énergie vibratoire à la cochlée. Le seuil de déclenchement du réflexe acoustique se situe à environ 85 dB au-dessus du seuil d'audition normal, bien qu'il varie considérablement d'une personne à l'autre. [b-Moller 2013].

Appendice VI

La phase de récupération

(Cet appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation.)

Le système auditif passe par une phase d'accumulation, puis par une phase de récupération. La dosimétrie actuelle pour le lieu de travail ne tient pas compte de ce phénomène. Parfois, les lieux utilisés pour dormir ne sont pas silencieux (navires), auquel cas le sommeil n'est pas considéré comme une "période silencieuse" et ce cas de figure sera étudié ultérieurement. De plus amples informations sont nécessaires.

Un traumatisme acoustique est une exposition unique à un volume sonore entraînant une lésion immédiate dans le système auditif. Il est parfois appelé lésion acoustique.

Il est généralement admis que le niveau de seuil entraînant un traumatisme acoustique se situe à 200 Pa ou 140 dB SPL (crête). La littérature permet de penser que chez les personnes particulièrement sensibles, ce seuil pourrait se situer à seulement 79,6 Pa ou 132 dB SPL (crête) [b-Price 1981].

On sait que les lésions auditives dues au bruit suivent une relation dose-effet. Une "surdose" sonore entraîne une surcharge métabolique, qui aboutit à l'apoptose des structures de la cochlée et des fibres primaires du nerf auditif.

Des critères de risque de lésion bien établis utilisés dans les études relatives à l'exposition au bruit sur le lieu de travail montrent ce qui suit:

- exposition à 85 dBA pendant 8 heures par jour, exposition pendant 40 heures par semaine tout au long de la vie professionnelle (5,06 Pa²h) (8% de risque de "déficience auditive significative");
- exposition à 90 dBA pendant 8 heures par jour, exposition pendant 40 heures par semaine tout au long de la vie professionnelle (16 Pa²h) (25% de risque de "déficience auditive significative").

Le fait de limiter le niveau à une valeur à un chiffre ne tient pas compte de ce que la science a déjà établi.

[b-Nixon-Glorig 1961] démontre qu'une perte d'audition permanente commence à se développer à 4 kHz à partir de 2 ans pour le groupe exposé à 92 dBA et à partir de 4 mois seulement pour le groupe exposé à 97 dBA. La Figure VI.1, adaptée de [b-Nixon-Glorig 1961], montre les déplacements permanents du seuil dus au bruit en fonction du nombre d'années d'exposition au bruit des travailleurs sur leur lieu de travail, pour trois niveaux de bruit. Ces déplacements du seuil ont été corrigés pour tenir compte de l'évolution de l'audition liée à l'âge constatée chez les personnes qui ne sont pas exposées au bruit sur leur lieu de travail. On a utilisé un signal de test à 4 kHz pour les graphiques et les points de données sont des médianes. Les niveaux sonores moyens pondérés A étaient de 83 dB pour le groupe A, de 92 dB pour le groupe B et de 97 dB pour le groupe C.

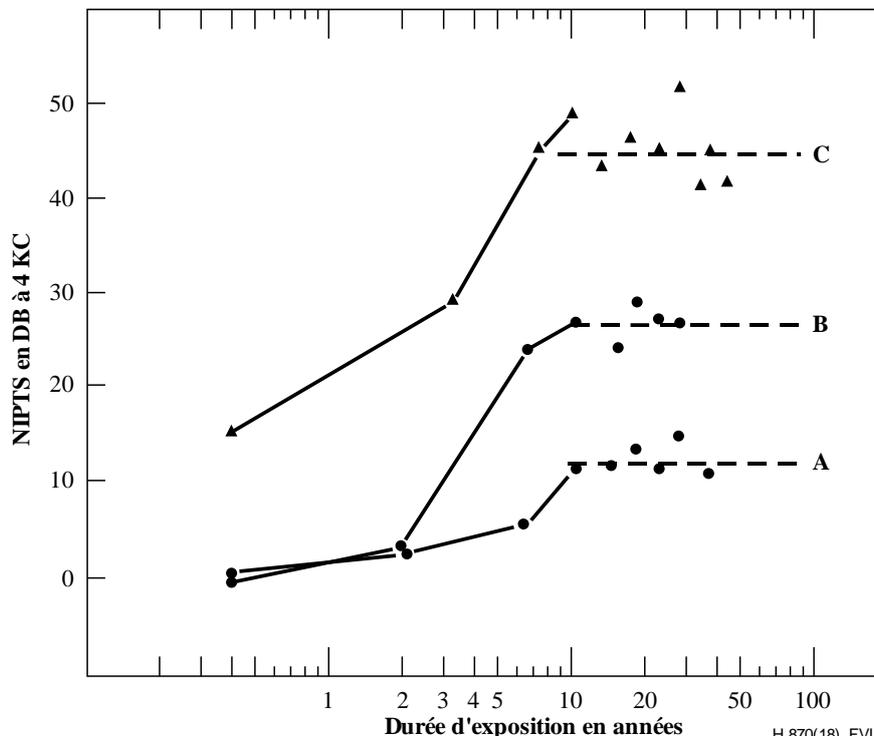


Figure VI.1 – Déplacements permanents du seuil dus au bruit en fonction du nombre d'années d'exposition au bruit des travailleurs sur leur lieu de travail, pour trois niveaux de bruit

Appendice VII

Exemple de communication en matière de santé

(Cet appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation.)

VII.1 Recommandations pour élaborer des messages d'avertissement et des conseils de comportement pour les interfaces de dispositif

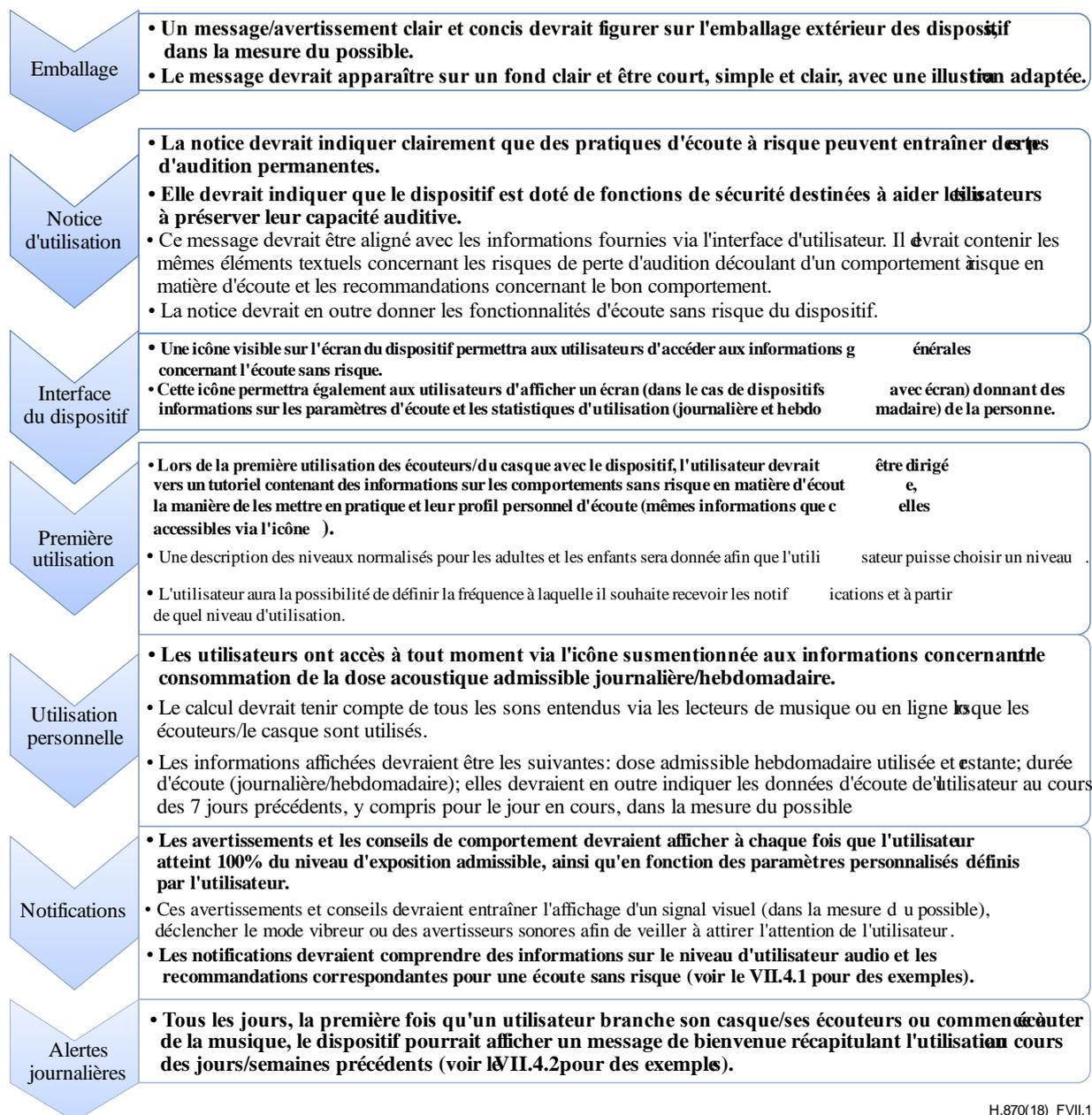
Les messages devraient être élaborés compte tenu des facteurs susmentionnés. Ces messages devraient viser à attirer l'attention des utilisateurs, à susciter leur intérêt et à les encourager à adopter des pratiques sans risque en matière d'écoute. Ils devraient donner des informations utiles, proposer des alternatives possibles en termes de comportement et faciliter des pratiques d'écoute sans risque.

Les points à prendre en considération lors de l'élaboration de ces messages/conseils sont les suivants (voir les exemples au § VII.4):

- Les messages devraient indiquer clairement les avantages d'un comportement sûr en matière d'écoute et les dangers associés à un comportement à risque.
- Pour chaque message, il faudrait élaborer trois ou quatre versions différentes afin de pouvoir faire passer l'information de manière non répétitive, auprès d'un large public.
- Les messages devraient être rédigés dans un langage simple et compréhensible sans termes techniques, correspondant à un niveau collègue, afin de veiller à ce qu'ils puissent être compris par la majorité des utilisateurs.
- Certains messages devraient être rédigés en des termes positifs et d'autres en des termes négatifs (voir le § VII.4.3 pour des exemples).
- Les informations écrites devraient être complétées par des informations graphiques pour faciliter la compréhension.
- Les messages devraient reposer sur des recommandations formulées par une source crédible.
- Dans la mesure du possible, les messages devraient être testés au préalable par le fabricant avant utilisation.

VII.2 Proposition d'organisation de la circulation de l'information (exemple) dans le cadre des normes applicables aux dispositifs d'écoute sans risque

La Figure VII.1 présente une proposition d'organisation de la circulation de l'information (exemple) afin d'expliquer comment mettre en œuvre, dans les dispositifs, les éléments relatifs à la communication contenus dans la présente Recommandation.



H.870(18)_FVII.1

Figure VII.1 – Organisation de la circulation de l'information dans le cadre des normes applicables aux dispositifs audio sans risque

VII.3 Exemple de solution pour communiquer à l'utilisateur les informations relatives aux paramètres d'écoute

Une icône clairement reconnaissable devrait permettre aux utilisateurs d'accéder à un "espace dédié (écran)" sur le dispositif où les informations concernant les habitudes de l'utilisateur seraient stockées, visualisées et interprétées. Depuis cet espace, l'utilisateur accèdera à une représentation graphique de ses habitudes globales d'utilisation et verra s'il a eu des pratiques d'écoute à risque (et lesquelles). Cette représentation visuelle des habitudes de l'utilisateur comprendra les éléments suivants:

- affichage graphique de l'utilisation de la dose acoustique admissible hebdomadaire;
- affichage graphique de l'exposition journalière au bruit au moyen d'un code couleur;
- durée d'écoute, pour chaque jour et au cours des 7 jours précédents, en heures et minutes.

VII.3.1 Informations concernant l'utilisation de la dose admissible hebdomadaire

Il est possible de présenter l'utilisation de la dose admissible hebdomadaire sous la forme d'un graphique, comme le montre la Figure VII.2.

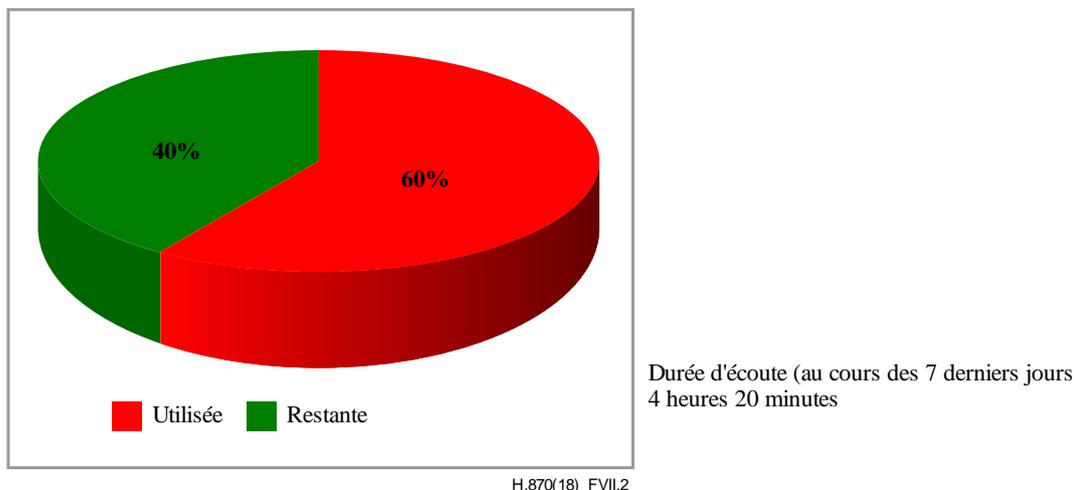


Figure VII.2 – Illustration d'une solution de représentation graphique de l'utilisation de la dose admissible hebdomadaire

VII.3.2 Informations concernant l'utilisation de la dose admissible pour un jour donné

En l'espèce, la dose admissible journalière maximum sera égale à la dose admissible hebdomadaire divisée par 7 (soit environ 15% de la dose admissible hebdomadaire).

L'utilisation au cours des 7 jours précédents (jour en cours compris) serait indiquée par différentes couleurs correspondant aux différents niveaux d'utilisation, par exemple rouge foncé pour plus de 100% d'utilisation et vert au-dessous de 50%.

Aux fins de cette communication, chaque jour sera considéré comme une unité distincte et le code couleur pour ce jour ne tiendra pas compte de l'exposition au cours des jours précédents. Ainsi, l'utilisateur commencera la journée avec une icône verte, quelles que soient les tendances d'utilisation au cours des jours précédents.

VII.3.3 Durée d'écoute

Des informations concernant le temps total passé chaque jour par l'utilisateur à écouter du contenu audio via le dispositif seront également affichées comme indiqué sur la Figure VII.3.

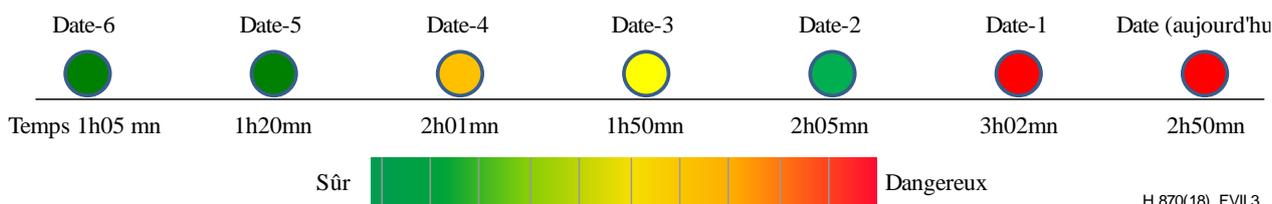


Figure VII.3 – Information concernant le temps total passé chaque jour par l'utilisateur à écouter du contenu audio

VII.4 Avertissements et conseils de comportement

Les paragraphes ci-après donnent quelques exemples d'avertissement et de conseils de comportement concernant les fonctions d'écoute sans risque.

VII.4.1 Exemples d'avertissements et de conseils de comportement en fonction de l'utilisation hebdomadaire

Informations lorsque l'utilisateur atteint:

- a) 80% de la dose admissible hebdomadaire: message d'avertissement amical
- *Vous avez déjà utilisé **80%** de votre dose admissible. Veuillez réduire le volume pour protéger votre capacité auditive.*
 - *Réduire le volume/Arrêter l'écoute/Ignorer l'avertissement/Consulter les informations concernant l'utilisation personnelle*

OU

- *Bonjour! Il semble que vous ayez écouté beaucoup de musique à un volume sonore élevé ces derniers jours. Pourquoi ne pas faire une courte pause pour protéger votre capacité auditive?*
- *Réduire le volume/Arrêter l'écoute/Ignorer l'avertissement/Consulter les informations concernant l'utilisation personnelle*

- b) 100% de la dose admissible hebdomadaire: message d'avertissement (avec une option pour mettre l'écoute sur pause immédiatement)

- *Vous avez maintenant **DÉPASSÉ 100%** de votre dose admissible pour une écoute sans risque. Des comportements à risque en matière d'écoute mettent en danger votre capacité auditive.*
- *Réduire le volume/Arrêter l'écoute/Ignorer l'avertissement/Consulter les informations concernant l'utilisation personnelle*

OU

- *Hey! Vous avez écouté trop de musique à un volume sonore élevé récemment. Faites une pause et protégez votre capacité auditive.*
- *Réduire le volume/Arrêter l'écoute/Ignorer l'avertissement/Consulter les informations concernant l'utilisation personnelle.*

Sauf si l'utilisateur choisit "Ignorer l'avertissement" ou "Arrêter l'écoute", le dispositif réduira par défaut le volume pour atteindre un niveau sonore modéré prédéfini (équivalent à 80 ou 75 dBA).

VII.4.2 Exemples de messages en fonction de l'utilisation journalière

Message quotidien (s'affichant lors du démarrage de l'application ou sur la page du lecteur) qui devrait reposer sur l'utilisation de la dose admissible au cours des quelques jours précédents:

- a) Surtout vert (lorsque l'utilisateur n'utilise pas plus de 50% de la dose hebdomadaire la plupart des jours, sans jamais dépasser la dose admissible): messages d'encouragement
- *Bravo! C'est comme ça qu'il faut écouter de la musique.*

OU

- *Bravo! Continuez d'écouter de la musique en toute sécurité pour en profiter de manière illimitée.*
- *Bravo! Continuez d'écouter de la musique en toute sécurité et profitez-en de manière illimitée.*

- b) Surtout vert ou jaune/orange (lorsque l'utilisateur n'utilise pas plus de 80% de la dose hebdomadaire la plupart des jours, sans jamais dépasser la dose admissible):
 - *Soyez prudent et adoptez un comportement sans risque en matière d'écoute.*
 - *Hey! Il semble que vous aimiez monter le volume de temps à autre! Soyez prudent et protégez votre capacité auditive pour en profiter de manière illimitée!*
 - *Vous pouvez écouter de la musique plus longtemps en toute sécurité en réduisant le volume.*
- c) Surtout jaune/orange et parfois rouge (lorsque l'utilisateur ne dépasse jamais la dose admissible):
 - *Faites attention! Réduisez le volume pour écouter de la musique plus longtemps en toute sécurité.*
 - *Hey! Il semble que vous aimiez monter le volume de temps à autre! Soyez prudent et protégez votre capacité auditive pour en profiter de manière illimitée!*
 - *Hey! Vous devriez faire attention à la manière dont vous écoutez de la musique.*
- d) Surtout rouge (dépassement de la dose admissible presque tous les jours):
 - *Vous mettez en danger votre capacité auditive! Réduisez le volume pour écouter de la musique en toute sécurité.*
 - *Hey! Faites attention à la façon dont vous écoutez de la musique. Baissez le son.*
 - *Hey! Il semble que vous aimiez écouter de la musique très fort! Ne mettez pas votre capacité auditive en danger et profitez-en de manière illimitée.*

VII.4.3 Exemples de messages formulés de manière positive et négative; faire appel à la raison ou aux sentiments

Formulation positive

- **Vous avez dépassé votre dose admissible journalière pour une écoute sans risque.** *En réduisant le volume, vous pouvez écouter de la musique plus longtemps en toute sécurité, sans danger pour votre capacité auditive. Baissez le son.*

Formulation négative

- **Vous avez dépassé votre dose admissible journalière pour une écoute sans risque.** *Si vous ne baissez pas le volume, vous risquez d'endommager de manière irréversible votre capacité auditive. Baissez le son.*

Argument rationnel

- *Les études montrent que si vous écoutez de la musique à plus de 80 dBA SPL pendant 8 heures ou à une dose équivalente, vous risquez d'endommager de manière irréversible votre capacité auditive. Baissez le son.*

Argument reposant sur l'affect

- *Une fois votre capacité auditive perdue, vous ne la récupérerez pas. Faites preuve de prudence lorsque vous écoutez de la musique. Baissez le volume.*

Appendice VIII

Mécanisme de l'audition et effets du son

(Cet appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation.)

Le présent paragraphe donne des informations générales en vue de l'adoption de pratiques d'écoute sans risque.

VIII.1 Son et ondes

Le son est une onde dans un milieu, comme l'air, produite par un objet vibrant. Les ondes transmettent de l'énergie sans transmettre de matière. Une onde sonore est une onde longitudinale, c'est-à-dire que le sens du mouvement qui crée l'onde est le même que le mouvement de l'onde. Les ondes se propagent dans un milieu en déplaçant les différences de force ou de pression d'un endroit à l'autre. En particulier, la transmission ou la propagation de l'énergie dans un milieu conducteur se fait sous la forme d'une alternance entre les zones de compression et des zones de raréfaction du milieu. À un moment dans le temps, on assiste à un entrelacement des zones de compression et de raréfaction dans le milieu, qui produit à son tour des variations de pression. Lorsque l'air est comprimé, la pression est plus élevée que la pression atmosphérique et lorsqu'il se raréfie, la pression est inférieure.

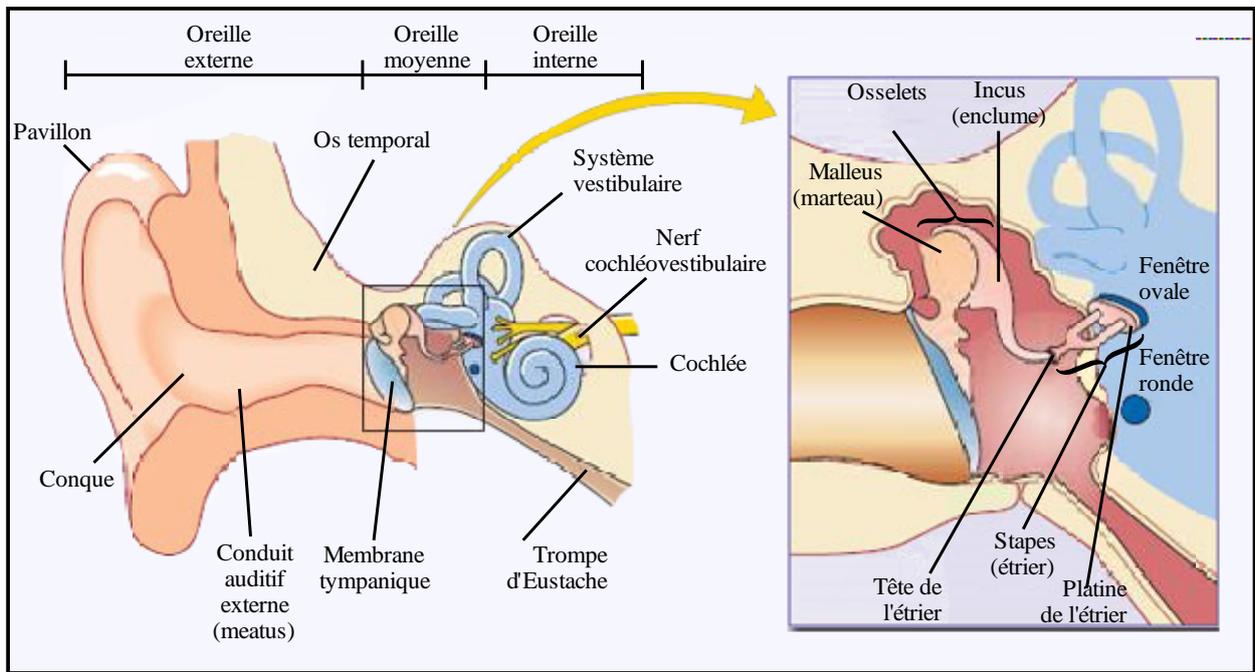
L'amplitude de la compression et de la raréfaction dans le milieu de propagation détermine l'intensité du son, tandis que la fréquence à laquelle les zones de compression et de raréfaction alternent détermine sa fréquence. L'énergie créée par le mouvement des ondes sonores traverse les tympans et entre dans l'oreille interne où elle est enregistrée comme un son. L'intensité I est l'énergie E par unité de temps t qui traverse une surface d'une superficie a , ou I est la puissance traversant la surface de superficie a .

Un son pur est un son simple dont les variations de pression ont une forme sinusoïdale, appelée en acoustique onde sinusoïdale. Les ondes sinusoïdales sont périodiques.

La vitesse d'une onde sonore dépend de la nature du milieu conducteur. Elle dépend dans une certaine mesure de la température de l'air. À température ambiante (20°C), cette vitesse est de 344 mètres par seconde (m/s), soit 1 238 km/h.

VIII.2 Mécanisme de l'audition et perte d'audition

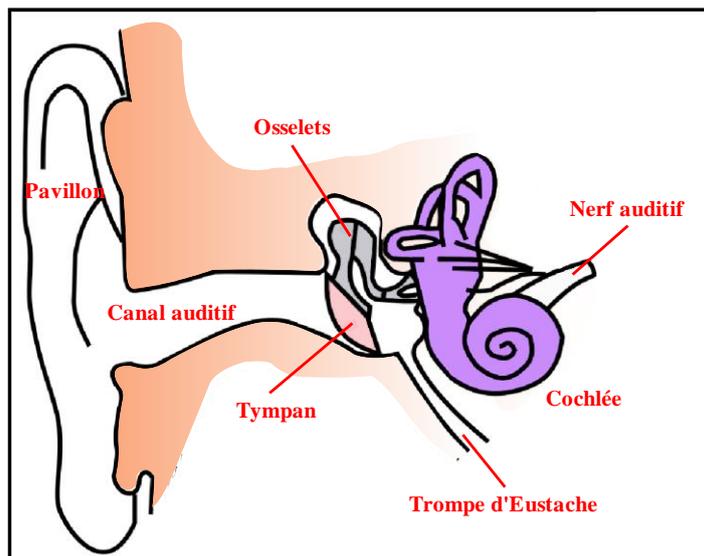
Comme on le voit sur la Figure VIII.1, l'oreille est composée de trois parties: l'oreille externe, l'oreille moyenne et l'oreille interne. L'oreille moyenne comprend la membrane tympanique (également appelée tympan) située à l'extrémité du canal auditif et trois petits os (appelés osselets): le marteau (*malleus*), l'enclume (*incus*) et l'étrier (*stapes*). Elle comprend en outre deux petits muscles, à savoir le muscle tenseur du tympan et le muscle stapédien. L'oreille interne est la partie de l'oreille située la plus en profondeur et comprend la cochlée, le système vestibulaire et le nerf cochléovestibulaire. Le "son" peut être considéré comme une série de vibrations. Ces vibrations arrivent au niveau de l'oreille et sont captés par le pavillon. Le son progresse sous la forme d'une onde dans le canal auditif jusqu'au tympan, qui vibre et convertit l'onde en énergie mécanique. Le canal auditif mesure 2,5 cm de long et 0,6 cm de diamètre environ. Le son (ou son énergie mécanique) traverse ensuite les trois os (osselets), à savoir le marteau, l'enclume et l'étrier, dans la cavité de l'oreille moyenne.



H.870(22)_FVIII.1

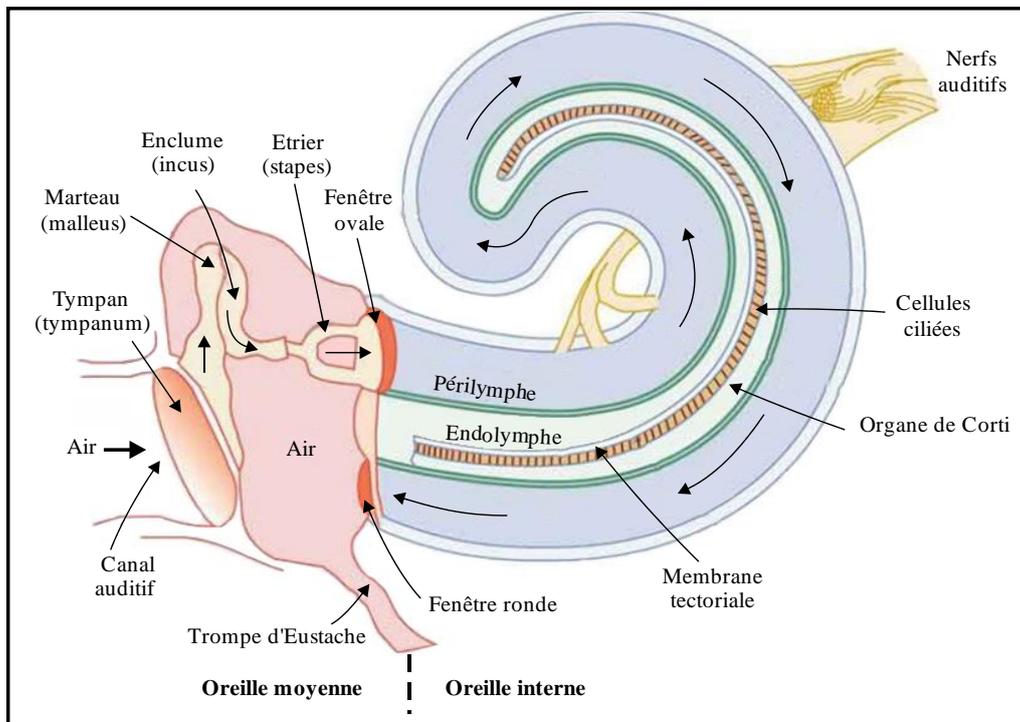
Figure VIII.1 – Oreille humaine

Ces os amplifient l'énergie mécanique qui est transférée à l'oreille interne à travers la fenêtre ovale de l'oreille interne cochléaire. L'étrier heurte la fenêtre ovale, faisant vibrer le fluide dans l'oreille interne et ce mouvement traverse la cochlée qui est remplie de fluide.



H.870(22)_FVIII.2

Figure VIII.2 – Canal auditif



H.870(22)_FVIII.3

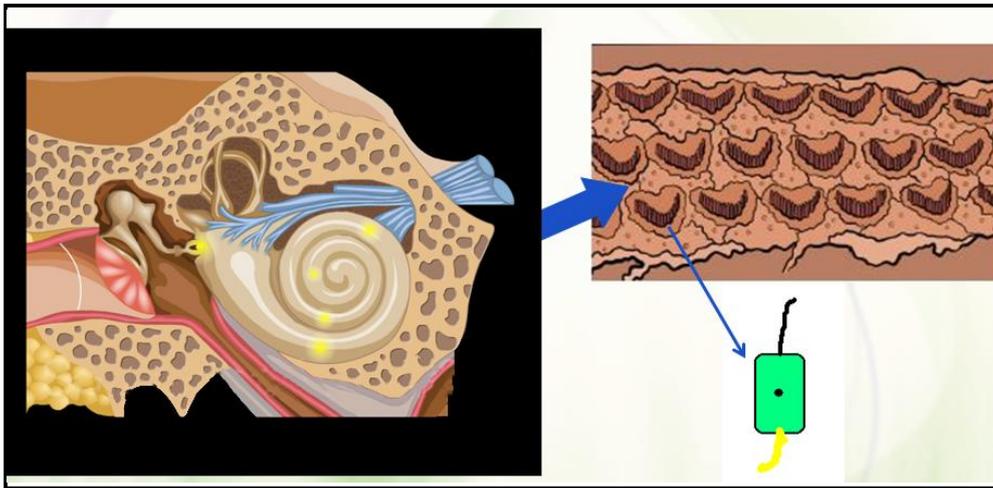
Figure VIII.3 – Cochlée

Comme on le voit sur les Figures VIII.2 et VIII.3, la cochlée a la forme d'un escargot. Elle comprend des millions de cellules ciliées. À mesure que le son progresse dans la cochlée, il déplace le fluide qui fait bouger les cellules ciliées, envoyant des milliers d'impulsions électriques dans le nerf auditif jusqu'au cerveau. Ces signaux électriques sont ensuite interprétés comme des sons.

En cas de surexposition au son, les cellules ciliées de l'oreille sont trop stimulées. Dans ce cas, ces cellules se fatiguent et arrêtent de répondre au son, ce qui peut aboutir à un déplacement temporaire du seuil (TTS), c'est-à-dire à une perte d'audition temporaire consécutive à une exposition au bruit, qui peut durer de quelques minutes à quelques jours. Après une période de repos, les cellules ciliées se remettent à fonctionner.

Toutefois, une exposition répétée à un volume sonore excessif entraînera la mort de ces cellules ciliées, qui perdront leur capacité de récupération. Il peut en résulter un déplacement permanent du seuil (PTS), c'est-à-dire une perte permanente de l'audition due au bruit associée à des lésions irréversibles des cellules ciliées de la cochlée.

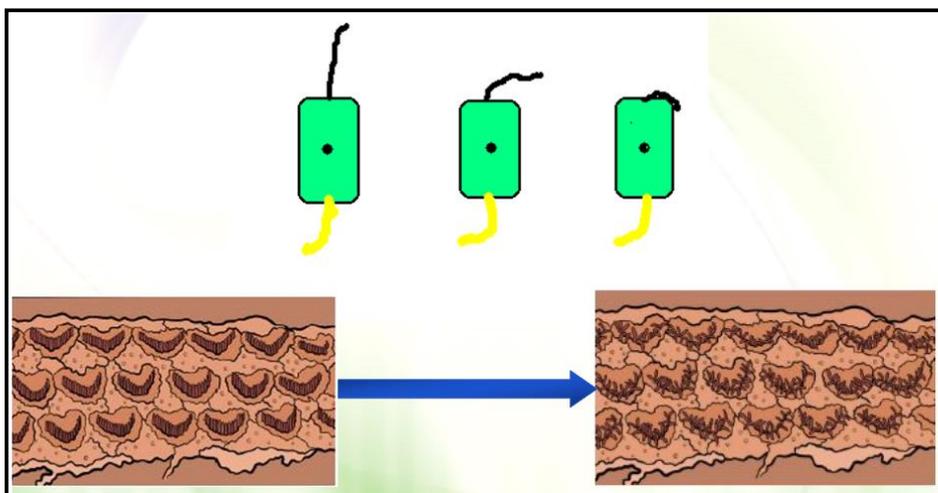
La Figure VIII.4 montre la cochlée et les cellules ciliées.



H.870(22)_FVIII.4

Figure VIII.4 – Cochlée et cellules ciliées

Sur la Figure VIII.5, les cellules ciliées de la cochlée représentées à gauche sont celles d'une personne ayant une audition normale, tandis que celles représentées à droite montrent les lésions permanentes que peut entraîner une surexposition au bruit.



H.870(22)_FVIII.5

Figure VIII.5 – Lésions des cellules ciliées dues au bruit

VIII.3 Mesure de l'énergie acoustique

VIII.3.1 Pression

En raison de la gravité terrestre, le poids de l'atmosphère exerce sur tout objet une pression dans toutes les directions, appelée pression atmosphérique. Sa valeur est de 10^5 newton/m²; soit 10^5 pascal (Pa).

Le déplacement d'une onde est l'ampleur de la perturbation de l'équilibre produite par l'onde.

L'expression "crête à crête" désigne le changement entre la valeur minimum et la valeur maximum d'une onde ou d'un signal sinusoïdal. La Figure VIII.6 illustre le concept de crête à crête.

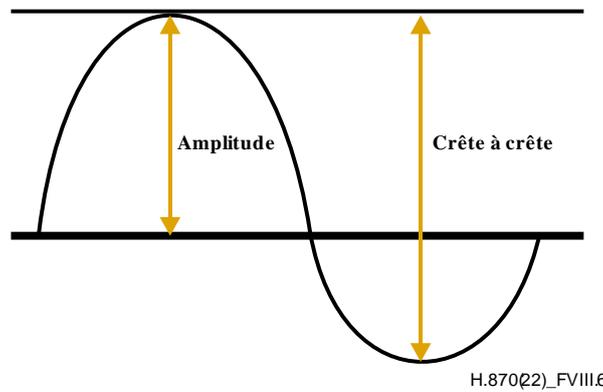


Figure VIII.6 – Concepts d'amplitude du signal et de valeur de crête à crête

L'amplitude d'une onde sonore est souvent calculée sous la forme d'une valeur quadratique moyenne (RMS). La valeur quadratique moyenne est la racine carrée de la valeur moyenne de la fonction au carré des valeurs instantanées. On calcule la valeur RMS en mettant tout d'abord au carré les valeurs instantanées de la forme d'onde (s), puis en établissant la moyenne sur un cycle (m) dont on prend ensuite la racine carrée (r).

VIII.3.2 Décibels

Le *bel* (symbole B) sert à exprimer le rapport de deux valeurs par le logarithme décimal de ce rapport. Cette unité est peu utilisée, ayant été remplacée par le décibel (symbole dB) correspond à un dixième de bel.

Unité logarithmique utilisée pour exprimer le rapport entre deux valeurs d'une quantité physique. L'une de ces valeurs est souvent une valeur de référence type, auquel cas le décibel est utilisé pour exprimer le niveau par rapport à cette référence. L'expression mathématique de cette idée est la suivante:

$$L_2 - L_1 = \text{Log}_{10} \left(\frac{I_2}{I_1} \right)$$

En d'autres termes, la différence de niveau, mesuré en décibels (dB), entre les sons 2 et 1 est donnée par le logarithme commun (base 10) du rapport des intensités. Le facteur de 10 est inclus pour étendre l'échelle. Un examen de la fonction log fait apparaître quelques caractéristiques de cette échelle de niveau (décibel). Étant donné que $\log(1) = 0$, si les sons 1 et 2 ont la même intensité, alors la différence entre leurs niveaux est de 0. La fonction de l'échelle log est de transformer des rapports en différences. Si L_2 est deux fois plus élevé que L_1 alors $L_2 - L_1 = 3 \text{ dB}$, quelle que soit la valeur effective de L_2, L_1 , et ce car $\log(2) = 0,3$ [b-Hartmann].

VIII.3.2.2 dB SPL (décibel de pression acoustique)

Bien que l'échelle des décibels soit une échelle de rapport dans laquelle une quantité est toujours comparée à une autre quantité, il est fréquent que les différents niveaux sonores soient exprimés en décibels comme si cette mesure était absolue. Le niveau de pression acoustique est le logarithme, généralement exprimé en décibels, du rapport entre la pression acoustique p et une pression de référence p_{0A} , souvent égale à $20 \mu\text{Pa}$. On notera l'utilisation d'un facteur de 20 lorsque le rapport s'applique à des pressions acoustiques plutôt qu'à des intensités sonores.

$$SPL = \text{Log}_{20} \left(\frac{p}{p_{0A}} \right)$$

VIII.3.2.3 dBA

Les dBA sont des décibels de niveau de pression acoustique mesurés en utilisant la pondération A; niveau destiné à mesurer le son de faible intensité (d'un niveau de 40 phons environ), mais désormais également fréquemment utilisé pour mesurer l'exposition au bruit sur le lieu de travail ou dans l'environnement.

La Figure VIII.7 donne une vue conceptuelle des rôles des différentes corrections utilisées dans les mesures, afin d'apporter une certaine pondération aux différentes fréquences.

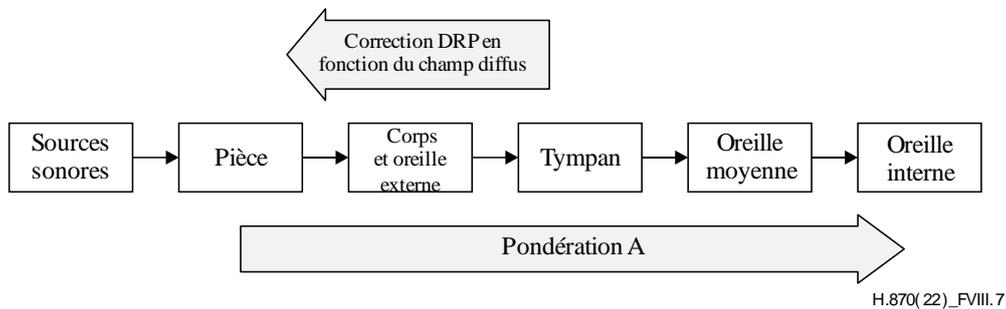


Figure VIII.7 – Vue conceptuelle des rôles des différentes corrections utilisées dans les mesures, afin d'apporter une certaine pondération aux différentes fréquences

VIII.3.2.4 dB FS (décibel pleine échelle)

Le dB pleine échelle est le niveau d'un signal audio numérique par rapport à son niveau de surcharge ou son niveau maximal. Il existe différentes conventions. Il est courant d'attribuer la valeur 0 dB FS RMS à une représentation numérique d'un signal sinusoïdal à pleine amplitude. Le niveau de crête peut alors atteindre +3,01 dB FS. Dans les autres cas, on attribue la valeur 0 dB FS RMS au niveau RMS d'une onde carrée numérique à pleine amplitude. Le niveau de crête maximal est alors également de 0 dB FS. Dans ces derniers cas, le dB FS est équivalent au dBov.

NOTE – Également appelé dBov, le dB par rapport à la surcharge numérique est le niveau d'un signal numérique par rapport à sa surcharge ou son niveau maximal. Voir [UIT-T G.100.1].

VIII.3.2.5 dB HL (décibel de niveau d'audition)

Les dB HL sont des décibels de niveau d'audition à une fréquence donnée; niveau utilisé pour mesurer le seuil auditif audiométrique par rapport au niveau défini comme étant normal.

Comme indiqué dans [ISO 226], la sensibilité de l'oreille humaine varie considérablement en fonction de la fréquence du son reçu et si l'on augmente le volume afin d'obtenir un volume suffisant dans la gamme des fréquences basses pour la musique, le volume devient alors obligatoirement trop élevé dans la gamme des fréquences élevées, à laquelle l'oreille humaine est particulièrement sensible.

La Figure VIII.8 montre les lignes isosoniques normales en acoustique.

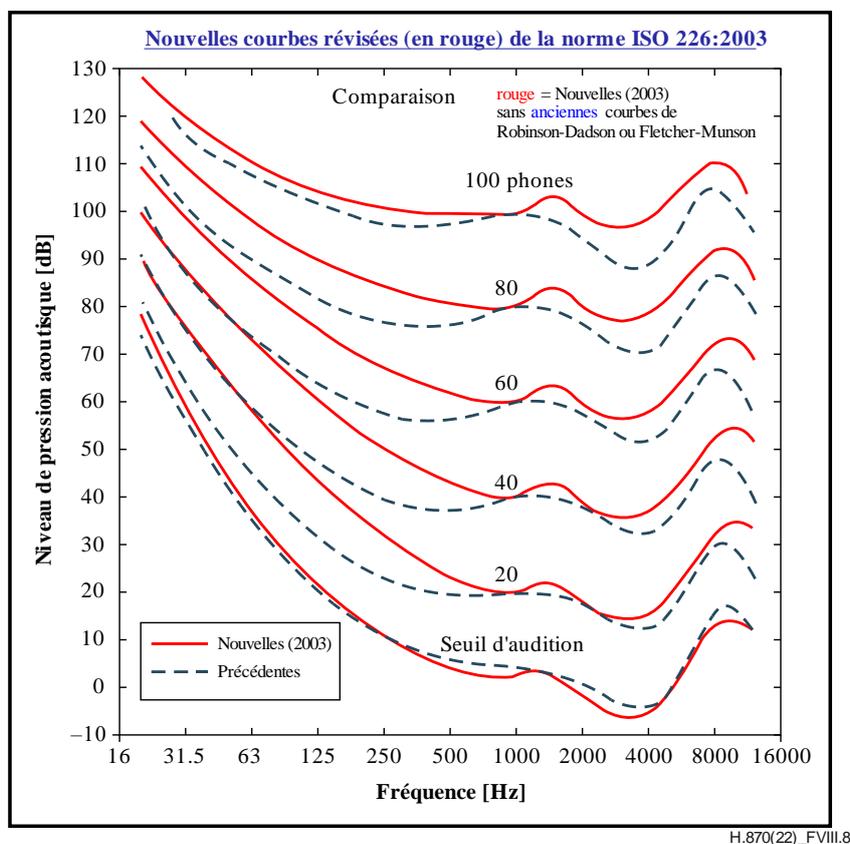


Figure VIII.8 – Lignes isophoniques normales en acoustique

VIII.4 Principe d'égalité d'énergie

Le principe d'égalité d'énergie est l'hypothèse selon laquelle l'effet sonore total est proportionnel à la quantité totale d'énergie acoustique reçue par l'oreille, quelle que soit la répartition de cette énergie dans le temps.

Selon ce principe, une quantité d'énergie acoustique donnée cause normalement le même déplacement permanent du seuil dû au bruit, quelle que soit la répartition de cette énergie dans le temps.

Sur la base de ce principe, une "dose" d'énergie acoustique peut être définie comme étant le carré de la pression acoustique pondérée A, P_A , intégré sur le temps d'exposition $T = t_2 - t_1$.

Elle est exprimée sous la forme mathématique suivante:

$$dose = \int_{t_1}^{t_2} (P_A(t))^2 dt$$

où P_A est la pression acoustique pondérée A et corrigée du champ diffus.

Cette valeur est exprimée en pascal carré-heure ou $\text{Pa}^2 \text{ h}$.

Bibliographie

- [b-UIT-T P.10] Recommandation UIT-T P.10/G.100 (2017), *Vocabulaire relatif à la qualité de fonctionnement et à la qualité de service.*
- [b-UIT-T P.360] Recommandation UIT-T P.360 (2006), *Efficacité des dispositifs destinés à prévenir l'apparition de pressions acoustiques excessives engendrées par les récepteurs téléphoniques et évaluation de l'exposition quotidienne des usagers du téléphone au bruit.*
- [b-UIT-T T.180] Recommandation UIT-T T.180 (1998), *Mécanisme d'accès homogène aux services de communication.*
- [b-UIT-R V.574] Recommandation UIT-R V.574 (2015), *Emploi du décibel et du néper dans les télécommunications.*
- [b-Berger] Berger, E.H. et Royster, L.H. (1996), *In search of meaningful measures of hearing protector effectiveness.*
- [b-Berger-Voix] Elliott H. Berger et Jérémie Voix (2018), *Hearing Protection Devices*, dans *The Noise Manual*, 6ème Edition, American Industrial Hygiene Association.
- [b-Blanco-Wetherill] A. Blanco et J. Wetherill (April 2019), *Headphones Market Report Worldwide Outlook*, Futuresource Consulting Ltd.
<https://www.futuresource-consulting.com/reports/posts/2019/april/futuresource-headphones-market-report-worldwide-apr-19/>, pg 11 et 22.
- [b-Borg] Erik Borg, Roland Nilsson, Gunnar Lidén. (1979), *Fatigue and recovery of the human acoustic stapedius reflex in industrial noise*, The Journal of the Acoustical Society of America Vol. 65, 846.
- [b-Brask] Torben Brask (1978), *The Noise Protection Effect of the Stapedius Reflex*, Acta Oto-Laryngologica Vol. 86, – Issue sup360.
- [b-Brask-2009] Torben Brask (2009), *The Noise Protection Effect of the Stapedius Reflex*, Acta Oto-Laryngologica Vol. 86, 1978 – Issue sup360.
- [b-Burns-1973] William Burns (1973), *Noise and Man*, J.B. Lippincott Company, ISBN 9780397580989, pp. 243-247.
- [b-Burns-Robinson] W. Burns et D.W. Robinson, (1970) *Hearing and Noise in Industry*, Her Majesty's Stationery Office, pp. 142-145. Le document intégral est disponible à l'adresse: <https://archive.org/details/op1268848-1001/page/n153>
- [b-EN 71-1] CEN EN 71-1:2014, *Sécurité des jouets – Partie 1: Propriétés mécaniques et physiques.*
- [b-2009/490/CE] Commission européenne, *Décision de la Commission du 23 juin 2009 concernant les exigences de sécurité que doivent comporter les normes européennes relatives aux baladeurs conformément à la directive 2001/95/CE du Parlement européen et du Conseil*
<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32009D0490:FR:HTML>
- [b-Fligor] Brian J. Fligor et Terri Ives. "Does Earphone Type Affect Risk for Recreational Noise-Induced Hearing Loss?" dans *2006 Noise Induced Hearing Loss (NIHL) Children's Conference Proceedings.*
- [b-FSTP-SLD-UC] Document technique de l'UIT (2022), *Analyse des lacunes: Cas d'utilisation des dispositifs d'écoute dans risque.*
<https://www.itu.int/pub/T-TUT-EHT-2022>

- [b-Hammershøi] Hammershøi, D., & Møller, H. (2008), *Determination of noise immission from sound sources close to the ears*. *Acustica United with Acta Acustica*, 94 (1).
- [b-Hansen] C. Hansen (2006), *Occupational exposure to noise: evaluation, prevention and control – chapter 1 Fundamentals of acoustics*. http://www.who.int/occupational_health/publications/occupnoise/en/
- [b-Hartmann] William M. Hartmann. *Physical Description of Signals* in [b-Moore].
- [b-Loy] Gareth Loy, *Musimathics*. MIT (2011)
- [b-Moller 1995] Henrik Möller (1995), *Transfer characteristics of headphones measured on human ears*, *J. Audio Eng. Soc.*:43, pages 203-217.
- [b-Moller 2013] Aage R. Moller, (2013) *Hearing*, 3ème éd. Plural Publishing.
- [b-Moore] Brian C. J. Moore (éd.) (1995) *Hearing*. Academic Press.
- [b-Neitzel et Fligor] R. Neitzel et B. Fligor (2019), *Risk of Noise-Induced Hearing Loss due to Recreational Sound: Review and recommendations*. *The Journal of the Acoustical Society of America* 146, 3911; <https://doi.org/10.1121/1.5132287>
- [b-NIOSH] National Institute for Occupational Safety and Health. (1998). *Criteria for a recommended standard: Occupational noise exposure, revised criteria*. Pub. No. 98-126.
- [b-Nixon-Glorig, 1961] J. C. Nixon et A. Gorig (1961), *Noise-Induced Permanent Threshold Shift at 2000 cps and 4000 cps*, *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol.33, numéro 7, 904. <http://dx.doi.org/10.1121/1.1908841>
- [b-Portnuff] Portnuff C. D., Fligor B.J., Arehart K.H. (2011), *Teenage use of portable listening devices: a hazard to hearing?* *Journal of the American Academy of Audiology*. nov.-déc.; 22(10):663-77.
- [b-Price 1981] Price, G. R. (1981), *Implications of a Critical Level in the Ear for Assessment of Noise Hazard at High Intensities*, *J. Acoust. Soc. Am.* 69, 171-177.
- [b-SCENIHR] Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (2008), *Potential health risks of exposure to noise from personal music players and mobile phones including a music playing function*. Commission européenne.
- [b-SG16-R17] Commission d'études 16 de l'UIT-T, *Rapport de la quatrième réunion de la Commission d'étude 16* (Genève, 19-29 mars 2019) – Groupe de travail 2/16 (Services électroniques multimédias). <https://www.itu.int/md/T17-SG16-R-0017/en>
- [b-Silman] Shlomo Silman. (1984), *The Acoustic Reflex: Basic Principles and Clinical Applications*, Academic Press.
- [b-Smith-Voix] Jérémie Voix, Pegeen Smith et Elliott H. Berger (2018), *Field Fit-Testing and Attenuation Measurement Procedures*, *The Noise Manual*, 6ème édition, American Industrial Hygiene Association.
- [b-SMR] Kei J. (2012), *Acoustic stapedal reflexes in healthy neonates—normative data and test-retest reliability*. *J Am Acad Audiol*. 23(1):46-56.
- [b-Vér] I. Vér, L. Beranek (2006), *Noise and Vibration Control Engineering*.

- [b-Voix,Cocq,Hager] J. Voix, C. Le Cocq et L. D. Hager (2008), *The Healthy Benefits of Isolating Earphones*, dans Proceedings of Meetings on Acoustics, vol. 4, p. 050003.
- [b-WHO 2018] Organisation mondiale de la santé, *Surdit  et d ficiency auditive*, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss> (consult  le 01-06-2022).
- [b-Zakrisson] John-Erik Zakrisson & Erik Borg. (1974), *Stapedius Reflex and Auditory Fatigue*, Journal of Audiology, Vol.13, pages 231-35.
- [b-Zakrisson] John-Erik Zakrisson. (1979), *The effect of the stapedius reflex on attenuation and poststimulatory auditory fatigue at different frequencies*. Acta Otolaryngol Suppl. 360:118-21.

SERIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série D	Principes de tarification et de comptabilité et questions de politique générale et d'économie relatives aux télécommunications internationales/TIC
Série E	Exploitation générale du réseau, service téléphonique, exploitation des services et facteurs humains
Série F	Services de télécommunication non téléphoniques
Série G	Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques
Série H	Systèmes audiovisuels et multimédias
Série I	Réseau numérique à intégration de services
Série J	Réseaux câblés et transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	Environnement et TIC, changement climatique, déchets d'équipements électriques et électroniques, efficacité énergétique; construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	Gestion des télécommunications y compris le RGT et maintenance des réseaux
Série N	Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophonique et télévisuelle
Série O	Spécifications des appareils de mesure
Série P	Qualité de transmission téléphonique, installations téléphoniques et réseaux locaux
Série Q	Commutation et signalisation et mesures et tests associés
Série R	Transmission télégraphique
Série S	Équipements terminaux de télégraphie
Série T	Terminaux des services télématiques
Série U	Commutation télégraphique
Série V	Communications de données sur le réseau téléphonique
Série X	Réseaux de données, communication entre systèmes ouverts et sécurité
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information, protocole Internet, réseaux de prochaine génération, Internet des objets et villes intelligentes
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication