

Bruits impulsionnels, un danger mal connu ?

EN RÉSUMÉ

De nombreuses études épidémiologiques ont démontré la dangerosité des bruits impulsionnels pour l'audition. Ces bruits, dont les spécificités sont des temps de montée très courts associés à des niveaux élevés, se retrouvent dans un nombre important de secteurs professionnels, exposant de nombreuses personnes à un risque encore mal connu. Face à cette méconnaissance, de nombreuses questions se posent. Existe-t-il une définition précise d'un bruit impulsionnel ? Comment ces bruits sont-ils pris en considération dans la réglementation ? Quelles activités sont concernées ? Quels sont les effets sur la santé ? Comment s'en protéger ? En tentant de répondre à ces questions, cet article fait le point sur l'état actuel des connaissances et de la réglementation.

AUTEUR :

J. Terroir, département Ingénierie des équipements de travail, INRS

MOTS CLÉS

Bruit / Audition / Fatigue auditive / Réglementation

Le risque pour la santé auditive des salariés exposés à des bruits de niveaux élevés n'est plus à démontrer : acouphènes, hyperacousie (sensibilité anormale), diplacousie (distorsion entre les deux oreilles), pertes auditives temporaires ou fatigue auditive, puis déficit auditif permanent. Les troubles auditifs peuvent résulter, à long terme, d'une exposition chronique au bruit mais également survenir immédiatement, à la suite d'une exposition brève à des bruits de très forte intensité. On parle alors de traumatisme sonore aigu. Cet article s'intéresse à ces bruits « impulsionnels » qui peuvent dégrader, sur de longues comme sur de très courtes périodes, le système auditif des salariés exposés.

Les bruits émis par les sources sonores dangereuses varient dans le temps. Lorsque le niveau sonore des bruits évolue lentement (moteur tournant à vitesse régulière par exemple), les bruits sont qualifiés de « continus ». Dans le cas d'une apparition très brusque - et généralement très énergétique -, on parle de « bruits de choc » ou de « bruits impulsionnels ». Ces derniers se retrouvent dans un grand nombre de secteurs professionnels. Si l'on pense spontanément aux détonations d'armes à feu ou d'explosifs (mines,

spectacle, pétards d'alerte), de nombreux métiers ou secteurs d'activités sont concernés, à plus ou moins grande échelle. L'enquête SUMER 2010 dresse d'ailleurs une liste des secteurs d'activités les plus exposés : métallurgie et fabrication de produits métalliques, construction, fabrication, réparation et installation de machines et d'équipements, travail du bois, industries du papier et imprimerie, fabrication de produits en caoutchouc et en plastique ainsi que d'autres produits minéraux non métalliques, production et distribution d'eau (assainissement, gestion des déchets et dépollution), fabrication de matériels de transport, fabrication d'équipements électriques, fabrication de denrées alimentaires, de boissons et de produits à base de tabac, industrie chimique, transports et entreposage, fabrication de textiles, industrie de l'habillement, industrie du cuir et de la chaussure, agriculture, sylviculture et pêche, activités de services administratifs et de soutien, réparation d'automobiles et motocycles [1]. L'exposition à des bruits impulsionnels ne constitue donc pas un problème marginal et ne doit pas être sous-estimée, en particulier par les services de santé au travail.

Si de nombreux travaux ont été menés depuis plus de cinquante

Bruits impulsionsnels, un danger mal connu ?

ans afin de caractériser ces bruits, d'évaluer les risques auditifs induits par ces derniers en milieu professionnel et d'identifier les moyens de s'en protéger au mieux, la problématique des bruits impulsionsnels et les questionnements associés demeurent d'actualité.

QUELLE EST LA DÉFINITION D'UN BRUIT IMPULSIONNEL ?

Contrairement au bruit continu, le bruit impulsionsnel a une durée très courte et sa dangerosité est directement liée à son niveau élevé. En fonction de l'activité, il peut aussi se répéter avec une certaine récurrence (on pensera par exemple à tous les travaux de martelage, **photo 1**). La **figure 1** présente de manière schématique la différence de répartition temporelle existant entre un bruit continu et une succession de bruits impulsionsnels. Concernant la forme de l'onde acoustique, on peut caractériser le bruit impulsionsnel *via* différentes grandeurs : le niveau maximum atteint (niveau pic ou niveau crête en dB SPL⁽¹⁾), le temps de montée, la durée de l'impulsion, l'énergie acoustique transportée. La **figure 2** illustre ces grandeurs sur une onde acoustique schématique. Les formes d'ondes réelles étant très variées et parfois complexes, les grandeurs citées ci-dessus sont parfois difficiles à quantifier avec exactitude.

La forme de l'onde est étroitement liée à la répartition de l'énergie selon les fréquences (spectre). Plus l'impulsion est courte, plus l'étalement en fréquence est large : le spectre des bruits impulsionsnels s'étale ainsi généralement sur la totalité des fréquences audibles. Mais si la pondération (A) est appliquée pour les bruits continus, c'est

la pondération (C) qui est d'usage pour les bruits impulsionsnels. Cette dernière, prenant plus en compte les basses fréquences que la pondération (A), conduit, à spectre équivalent, à « pénaliser » le bruit impulsionsnel par rapport au bruit continu : cet usage fait donc l'hypothèse implicite d'une dangerosité accrue de ce type de bruits (*cf. paragraphe Quels effets sur la santé auditive ?*). Comme pour les bruits continus, les sources de grandes dimensions (tir d'un canon par exemple) génèrent des sons contenant plus de basses fréquences que ceux des petites sources. Ce constat aura de l'importance lorsqu'il s'agira de se protéger efficacement (*cf. paragraphe Comment se protéger ?*), les basses fréquences étant plus difficiles à atténuer par les matériaux absorbants ou isolants.

La définition d'un bruit impulsionsnel a évolué dans le passé [2] et n'a pas toujours fait l'unanimité d'un pays à l'autre. En France, même aujourd'hui, on retrouve différentes définitions. La norme ISO 1996-2 [3] (dédiée à la détermination des niveaux de bruit de l'environnement) qualifie le caractère impulsif d'un son pendant un intervalle de temps *t* spécifié. La définition complète de la norme, malgré une tech-

nicité apparente, n'en demeure pas moins très vague : l'impulsivité y est seulement considérée *via* une émergence de niveau sur une durée « courte » *t* non précisée. La norme NF EN 458 (2016) (dédiée aux recommandations d'usage des protections auditives) [4] décrit quant à elle un bruit impulsionsnel comme un « brusque changement de pression acoustique consistant en un événement unique ou une série irrégulière d'impulsions »⁽²⁾. Ainsi, à l'heure actuelle, aucune définition précise et quantifiée des bruits impulsionsnels n'est en vigueur.

L'HYPOTHÈSE D'ÉNERGIE ÉQUIVALENTE

Aujourd'hui, les niveaux crêtes, sous l'hypothèse d'énergie équivalente (EEH - *Equivalent Energy Hypothesis*), sont les seuls critères d'estimation des risques auditifs dus aux bruits impulsionsnels. En effet, la norme ISO 1999:2013 (en application actuellement) se base sur une généralisation de l'EEH qui suppose que le traumatisme associé à une exposition sonore donnée est fonction de l'énergie sonore totale reçue par l'oreille [5].

1. dB SPL : Sound Pressure Level. Niveau de pression sonore mesuré ayant pour référence le seuil d'audition absolu de l'oreille humaine (0 dB).

2. On peut tout de même noter une volonté de prendre en compte le contenu fréquentiel des bruits impulsionsnels dans la norme NF EN 458 [4]. En effet, en annexe B de cette norme dédiée aux recommandations relatives à la sélection, à l'utilisation, aux précautions d'emploi et à l'entretien des protecteurs individuels contre le bruit, on trouve une classification des bruits impulsionsnels par contenu fréquentiel (3 types de bruits sont différenciés) et une décote de la protection estimée des protecteurs est proposée en fonction de la classe.



Photo 1 : Martelage manuel lors de la fabrication de tonneau.

© Gaël Kerbaol - INRS

Figure 1 : Schématisation de la différence temporelle entre bruit impulsionnel et bruit continu.

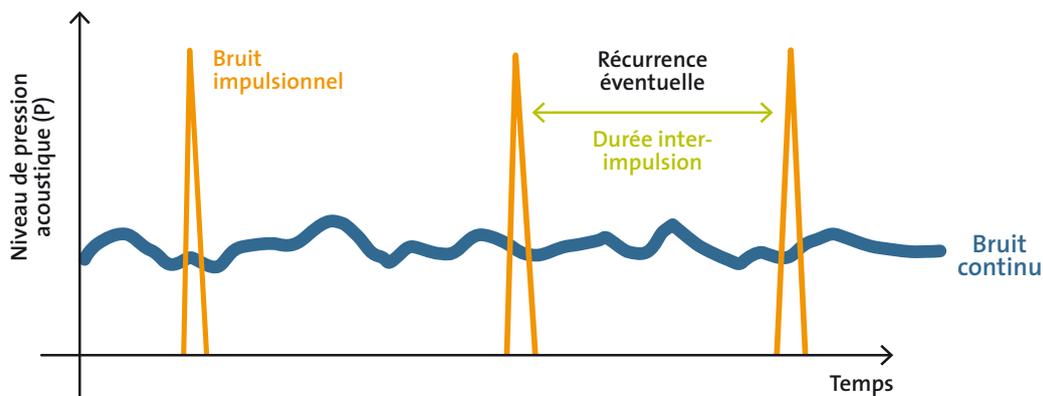


Figure 2 : Forme d'onde idéalisée et grandeurs caractéristiques.

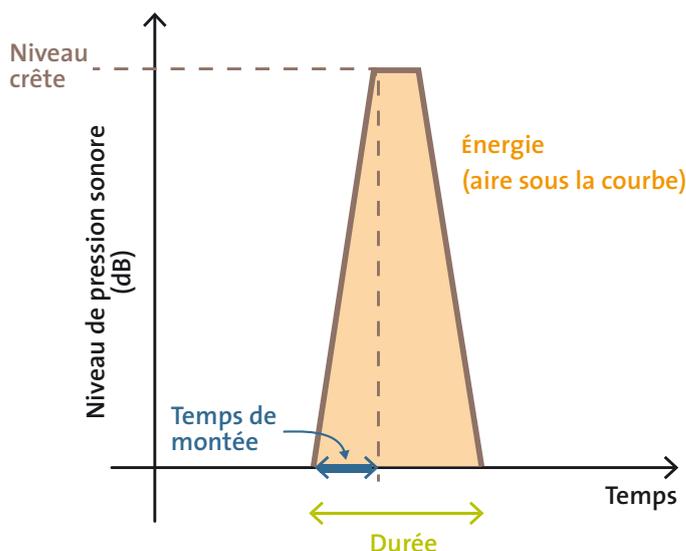
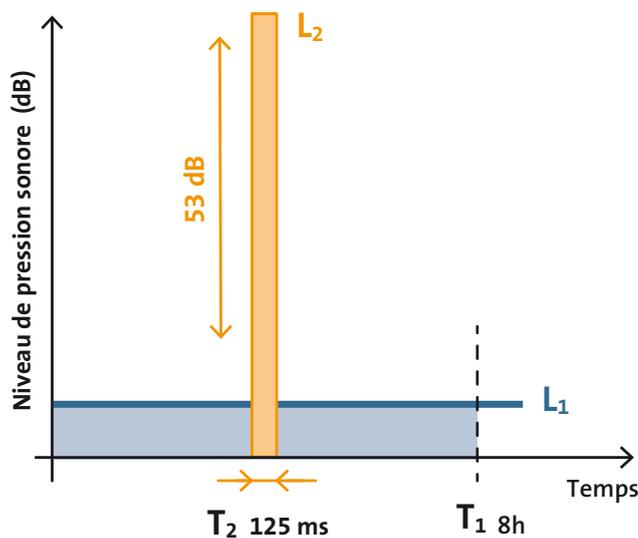


Figure 3 : Illustration de l'hypothèse d'équivalence énergétique.



Cette hypothèse considère donc le niveau d'énergie comme unique indicateur des risques potentiels de dommages pour l'audition, sans considération des autres propriétés de l'onde sonore. La **figure 3** illustre ce principe : l'aire sous la courbe représente l'énergie sonore qui pourrait être reçue par l'oreille (la dose de bruit). En tenant compte de l'échelle logarithmique des décibels, cela consiste à tolérer deux fois moins de temps d'exposition chaque fois que le niveau augmente de 3 dB (4 fois moins pour 6 dB, 10 fois moins pour 10 dB). Au final, on note qu'une dose de bruit d'un niveau L_1 reçu pendant un temps T_1 de 8 heures est équivalente à une dose d'un niveau $L_2 = L_1 + 53$ dB reçu pendant un temps très court $T_2 = 125$ ms⁽³⁾.

Mais l'hypothèse énergétique est-elle vraiment valide pour les bruits impulsionnels ? En 1980, une étude trouve que, pour des niveaux d'exposition similaires, des travailleurs officiant dans un environnement sonore « hautement fluctuant » ou exposés à des « valeurs crêtes élevées ponctuelles » présentent des dommages auditifs significativement plus importants que ceux travaillant dans un environnement sonore relativement stable [6]. Le même constat a été fait pour les travailleurs confrontés à un environnement superposant bruit continu et impulsions [7]. En 1991, après avoir trouvé des pertes plus

3. Cette durée n'est pas donnée au hasard mais a constitué une limite courante de la métrologie des années 60.

Bruits impulsifs, un danger mal connu ?

4 Pour une étude bibliographique détaillée, on se référera à [2].

importantes chez des employé(e)s des chemins de fer que chez une population témoin, des pertes additionnelles sont identifiées pour les fréquences les plus élevées chez les sujets ayant utilisé des armes à feu à un moment de leur vie [8]. En 2007, des pertes auditives sont rapportées chez 65 % des travailleurs d'une forge américaine utilisant pourtant des protections auditives [9]. Les quelques exemples précédents illustrent parfaitement les conclusions d'un très grand nombre d'études (par exemple [10 à 14]) menées en milieu professionnel⁴. Ainsi, à énergie équivalente, les bruits impulsifs impliquent un risque auditif plus important que les bruits continus. Les conclusions de ces différentes études mettent donc à mal la base même de la norme actuelle et des méthodes d'évaluation des risques pour les bruits impulsifs [2]. Afin d'intégrer ce constat, des facteurs correctifs (pénalités attribuées aux bruits impulsifs) ont été proposés par le passé. La diversité des approches internationales quant à la définition des bruits impulsifs se retrouve d'ailleurs dans ces pénalisations. Ainsi, une variété de valeurs correctives (allant de 3 dB à 10 dB) a été jadis suggérée en se basant sur des critères énergétiques (énergie pondérée, niveau crête), temporels (durée d'exposition, durée de repos), d'impulsivité, de nombre d'impulsions, voire du type d'environnement. Aujourd'hui aucune correction n'est plus appliquée, si ce n'est d'utiliser la pondération (C).

QUE DIT LA RÉGLEMENTATION ?

Malgré la difficulté à définir un bruit impulsif (et ses gran-

↓ Encadré 1

> LES LIMITES PRÉVUES PAR LA RÉGLEMENTATION ET LES OBLIGATIONS DE L'EMPLOYEUR

La directive 2003/10/CE [15] transposée dans le Code du travail (articles R. 4431-1 et suivants) impose les limites suivantes :

- le niveau d'exposition quotidienne au bruit $L_{EX,8h}$ ne doit pas dépasser une valeur limite d'exposition (VLE) de 87 dB(A) sous protecteur, des protecteurs individuels contre le bruit (PICB) devant être mis à disposition à partir d'une valeur d'exposition de 80 dB(A) et portés obligatoirement à partir de 85 dB(A) (valeur d'exposition supérieure déclenchant l'action, VAS) sans protecteur ;
- le niveau acoustique de crête L_{pc} ne doit pas dépasser une VLE de 140 dB(C) sous protecteur, des PICB devant être mis à disposition à partir d'une valeur d'exposition de 135 dB(C) et portés obligatoirement à partir de 137 dB(C) (VAS) sans protecteur.

L'employeur se doit d'évaluer les risques auxquels sont exposés ses salariés. De même, l'employeur doit prendre des mesures de prévention visant à supprimer ou à réduire au minimum les risques résultant de l'exposition au bruit (réduction à la source, organisation du travail, protections individuelles contre le bruit).

deurs caractéristiques) et malgré la contestation possible de l'EEH, il existe une réglementation basée sur les connaissances scientifiques et les possibilités techniques de mesure. Comme expliqué précédemment, l'énergie équivalente et les niveaux crêtes sont les seuls critères d'estimation des risques auditifs indiqués dans la norme ISO 1996-2 [3] et aucune pénalisation n'est plus appliquée. Les limites réglementaires d'exposition sont donc basées sur le même principe d'équivalence énergétique, que ce soit pour les bruits impulsifs ou pour les bruits continus, les valeurs limites d'exposition étant fixées à un niveau de pression acoustique de crête de 140 dB(C) ou un niveau d'exposition quotidienne au bruit de 87 dB(A) (encadré 1). Concernant la réparation en cas de traumatisme lié à une exposition à des bruits impulsifs, aucune spécificité n'est envisagée dans le tableau n° 42 des maladies professionnelles, si ce n'est une citation des bruits impulsifs en filigrane : travaux sur métaux par percussion, emploi ou destruction de munitions ou d'explosifs, utilisation de pistolets de scellement, par exemple.

QUELS EFFETS SUR LA SANTÉ AUDITIVE ?

LE RISQUE INDUIT PAR UNE EXPOSITION À DES BRUITS IMPULSIONNELS EST-IL LE MÊME QUE POUR DES BRUITS CONTINUS ?

L'hypothèse d'énergie équivalente est contestée, cela a été discuté plus haut. Si, d'un point de vue général, les effets du bruit sur l'audition peuvent se retrouver, tant pour les bruits continus que pour les bruits impulsifs, sous forme de pertes auditives temporaires (*Temporary Threshold Shift*), de pertes auditives permanentes (*Permanent Threshold Shift*), d'acouphènes, d'hyperacousie..., l'exposition à des bruits impulsifs de niveaux élevés (pouvant coexister avec un bruit de fond continu élevé lui aussi) engendrent des pertes plus importantes ou apparaissant plus rapidement que chez les travailleurs soumis à un bruit continu de niveau équivalent. Dans certaines conditions, les bruits impulsifs seraient donc, de par leur nature, potentiellement plus dangereux qu'un bruit continu de niveau équivalent. Des pertes per-

manentes peuvent également apparaître à la suite de traumatismes sonores aigus (TSA) liés à la soudaineté et l'intensité de ces derniers. Pour les bruits impulsionnels, les pertes ne sont donc pas exclusivement liées au niveau (elles peuvent également dépendre du spectre, de l'enveloppe temporelle...), même s'il n'en demeure pas moins le premier paramètre à considérer dans la relation entre les propriétés des bruits impulsionnels et les risques encourus pour l'audition. Au final, l'EEH s'avère donc insatisfaisante du fait qu'elle ignore de nombreux attributs du bruit tels que la distribution temporelle, le temps de montée ou la distribution spectrale (considérant toutes les fréquences de manière similaire et indépendante). Ainsi, si l'EEH est séduisante de par sa simplicité d'application (elle nécessite uniquement des mesures de niveaux), le risque de sous-estimation de la dangerosité de l'exposition à des environnements impulsionnels est important. Plusieurs travaux ont d'ailleurs tenté de chiffrer cette sous-estimation des pertes : les risques de pertes pour des employés exposés à des bruits impulsionnels de types industriels sont alors de 6 à 20 dB (en fonction des propriétés des *stimuli*) supérieurs à la prédiction théorique pour une exposition à un bruit continu de niveau L_{Aeq} équivalent [9, 14].

QUELS MÉCANISMES PHYSIOLOGIQUES SONT MIS EN ŒUVRE ?

Les effets sur l'audition des bruits impulsionnels peuvent être différents de ceux induits par des bruits continus. Dès 1986, Erdreich fait remarquer que, pendant longtemps, les tentatives visant à évaluer les risques induits par une exposition à des bruits impulsionnels ont omis de prendre en compte les mécanismes impliqués dans

les dommages subis par l'oreille [16]. Ceci explique en partie les lacunes quant à la définition même des bruits impulsionnels et quant aux paramètres à considérer afin d'estimer leur dangerosité. En se basant sur l'énergie, tout en ignorant la manière dont celle-ci est absorbée par le récepteur auditif périphérique, la législation actuelle fait fi de certains fonctionnements de l'oreille. Or, outre les niveaux crêtes élevés, la nocivité des bruits impulsionnels peut également s'expliquer par l'opposition entre leur rapidité de pénétration dans le système auditif et la latence d'un mécanisme de protection de l'oreille moyenne : le réflexe stapédien. Ce réflexe correspond à la contraction involontaire des deux muscles de l'oreille moyenne (le muscle stapédien et le muscle du marteau), permettant l'atténuation des niveaux sonores transmis à l'oreille interne. Le seuil du réflexe stapédien se situe, chez l'homme, à environ 80 dB, son amplitude augmentant avec le niveau de la stimulation (environ 0,6 dB/dB) [17]. La protection induite pour l'oreille interne est d'environ 10 dB et la durée potentielle de protection du muscle stapédien diminue avec le niveau de la stimulation. La latence du réflexe varie ainsi de 150 ms à 80 dB à 25-35 ms à fort niveau, impliquant une dangerosité accrue des bruits impulsionnels pour l'oreille, de par leur temps de montée très court (de l'ordre de quelques millisecondes), une unique impulsion pouvant provoquer des dommages immédiats. La mise en place du réflexe est alors suivie d'une période de veille protectrice laissant supposer que les dommages causés par l'exposition à une série d'impulsions dépendent également du rapport entre le taux d'apparition des impulsions et la durée de cette veille. Il est important de noter

que la latence du réflexe stapédien peut être altérée par des agents chimiques [18]. Il convient donc, par exemple, dans le cas d'une reprise du travail après un traitement médical donné, de prendre en considération cet aspect afin de ne pas mettre en danger l'audition du/de la travailleur/se.

L'impulsivité, les aspects temporels ou le spectre sont donc totalement ignorés, tant, on l'a vu, dans la définition même d'un bruit impulsionnel que dans les mesures préventives. En faisant abstraction de ces aspects, on ignore, en plus du réflexe de protection, certains mécanismes de l'oreille tels que le temps de récupération ou la sensibilité fréquentielle. Le temps de pause inter-impulsions va, par exemple, permettre une récupération de l'oreille. L'impact du *pattern* temporel va d'ailleurs être corrélé aux deux points précédents : (1) l'oreille est plus vulnérable si une impulsion trop rapide prend de vitesse le réflexe ; (2) si les impulsions suivantes arrivent lorsque le réflexe est enclenché, alors, en plus du choc initial et des dommages possibles, une fatigue intervient ; (3) si la veille protectrice arrive à son terme, l'impulsion suivante prend à nouveau de vitesse le réflexe et aggrave les dommages.

PEUT-ON MESURER FACILEMENT UN BRUIT IMPULSIONNEL ?

Étant données les propriétés des bruits impulsionnels, leur caractérisation nécessite un matériel et un protocole appropriés. En effet, compte tenu des niveaux de crête importants, le recours à des dosimètres peu performants peut parfois être inadapté en raison des risques de saturation des

Bruits impulsions, un danger mal connu ?

microphones. Ainsi, afin de pouvoir caractériser avec certitude les impulsions (et donc l'exposition), il est nécessaire d'avoir recours à un microphone « forts niveaux » pouvant tolérer jusqu'à 170 dB(C). La rapidité du temps de montée des impulsions (souvent de l'ordre de quelques millisecondes) peut également fausser les résultats des mesures. En effet, les constantes d'intégration des appareils de mesure doivent être adaptées aux caractéristiques de l'environnement sonore. Pour des bruits impulsions, même la constante d'intégration la plus faible généralement disponible aujourd'hui dans les appareils courants (35 ms) peut s'avérer trop longue pour les impulsions très courtes et fournir une valeur de crête plus faible que la réalité. Il convient donc de considérer les mesures avec prudence lorsque l'on se trouve en présence d'un environnement sonore impulsif. Pour toutes ces raisons, une évaluation fine nécessitera de faire appel à des spécialistes disposant de l'équipement adéquat, ainsi que du savoir-faire nécessaire à l'analyse des données. Malgré tout, il demeure possible d'établir une première évaluation en effectuant par exemple un comptage du nombre de fois où, quotidiennement, les niveaux 135 dB(C), 137 dB(C) et 140 dB(C) sont dépassés (*encadré 1*). De cette manière, il est possible d'estimer dans quelle mesure les salariés apparaissent, du point de vue de la norme, exposés à des situations à risque pour leur audition et d'agir en conséquence.

COMMENT SE PROTÉGER ?

Réduire l'exposition au bruit doit d'abord passer par des mesures de protection collectives telles que

l'enceinte des machines, le traitement acoustique des locaux, l'éloignement des sources de bruit, la modification des procédés ou de l'organisation du travail, etc. Si ces mesures sont parfois efficaces pour l'opérateur proche du procédé générateur de bruits impulsions, elles le sont d'autant plus pour les opérateurs qui subissent une exposition indirecte. En cas d'insuffisance de ces actions collectives, le port de PICB devient nécessaire. D'ailleurs, la législation se base sur des valeurs d'exposition (limites, supérieures et inférieures), imposant ou suggérant (selon ces valeurs), l'utilisation de PICB. Le rôle de ces derniers sera alors de ramener l'exposition effective sous ces valeurs, afin d'assurer la santé auditive des travailleurs (*cf. encadré 1*). Or, il est important de garder à l'esprit que l'efficacité des protecteurs individuels, objectivée par les valeurs d'atténuation fournies par les fabricants, est toujours mesurée par les organismes de certification pour des bruits continus. Rien ne permet d'affirmer que cette efficacité est similaire pour les bruits impulsions, même si l'atténuation fournie par les protecteurs est en général supposée constante jusqu'à un certain niveau d'exposition (140 dB SPL) [19]. Au-delà, cette atténuation varie avec le niveau sonore de manière plus ou moins importante en fonction des protecteurs testés [19]. Pour certains protecteurs une non-linéarité peut même apparaître à partir de 110 dB SPL [20]. La question se pose donc de la protection effective des personnes pour des bruits impulsions, comme le suggère une récente étude menée auprès d'officiers de police présentant, à long terme et dans le cas d'une exposition chronique à des bruits impulsions (entraînement au tir), des pertes plus importantes, malgré l'utilisation de (doubles) protections [21].

Le problème peut alors venir des valeurs limites réglementaires trop élevées, d'un mauvais positionnement des protecteurs affectant leur efficacité réelle ou d'une mauvaise connaissance (ou considération) de l'exposition réelle subie sous les protecteurs... Concernant le dernier point, les altérations subies par le signal acoustique sont effectivement omises (il est considéré que l'effet du protecteur se résume à une réduction du niveau par bandes de fréquence d'octave ou tiers d'octave) et les différences entre le signal en champ libre et le signal entrant dans l'oreille interne sont ignorées. On peut alors se trouver face à une mauvaise évaluation des risques. On pourra citer en exemple l'étude de l'efficacité du serre-tête anti-bruit utilisé par l'armée finlandaise [22]. Celle-ci a été évaluée pour différents types d'armes et, si pour les petits calibres, la réduction du niveau crête est de quasiment 30 dB, elle chute à 4 dB pour un canon 130 mm. Cette différence d'efficacité est certainement liée au contenu basses-fréquences de ce type de bruits ainsi qu'au niveau très élevé. Ainsi, si des travailleurs sont soumis à des impulsions de forts niveaux et portent des protecteurs, la protection effective peut fortement varier en fonction des propriétés du bruit et de celles du protecteur. Les dommages potentiels ne sont donc pas forcément complètement éliminés par le port de protections et il convient d'être toujours prudent en cas d'exposition à des bruits impulsions de niveaux importants.

CONCLUSION

La dangerosité des bruits impulsions est un fait avéré. Or, même si l'enquête SUMER 2010 [1] indique un pourcentage trop élevé de per-

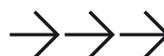
sonnes n'utilisant toujours pas de protections auditives, cette même enquête montre que la majorité des personnes exposées à des niveaux élevés ont conscience des dangers du bruit et se protègent en conséquence. L'effet des protecteurs auditifs est estimé *via* la valeur de protection affichée par les fabricants (leur atténuation). En complément, pour les bruits impulsifs, la distribution fréquentielle peut également être considérée *via* un facteur correctif dépendant du type de bruit (cf. norme NF EN 458 [4]). Malgré tout, on ignore encore l'effet des protecteurs sur certaines propriétés du signal sonore : réduction effective des niveaux, augmentation du temps de montée, étalement temporel et augmentation de la durée, distorsion etc. Ceci pose la question de la protection réelle des travailleurs et de la validité des critères de prévention, l'efficacité étant liée aux propriétés du bruit reçu et à celles du protecteur. Ceci confirme la nécessité, à terme, de prendre en considération l'effet des protecteurs *via* d'autres critères que les niveaux de crête et équivalent et de développer des protocoles d'évaluation de l'efficacité des PICB pour une variété de bruits impulsifs⁵. Malgré tout, il n'en demeure pas moins qu'en cas d'exposition à des environnements bruyants et fortement impulsifs qu'on ne saurait pas combattre immédiatement par des protections collectives, les travailleurs doivent être absolument protégés. En l'état actuel des connaissances, on considère donc que le port d'un protecteur (simple ou double) est indispensable afin de limiter l'exposition des travailleurs et de préserver leur audition. En plus de la prise en compte de tous les critères ergonomiques habituels de sélection des protections, le choix doit être effectué, pour les bruits impulsifs, en fonction des ni-

5. Un travail est engagé actuellement par les groupes de normalisation (CEN/TC159 Protecteurs de l'audition) pour définir des méthodes de certification de l'atténuation des bruits impulsifs par les protecteurs auditifs.

veaux d'exposition mais également du spectre des bruits.

Un problème se pose tout de même pour les environnements peu bruyants et pour lesquels des bruits impulsifs peuvent apparaître de façon imprévisible. Soit les travailleurs portent des protecteurs qui risquent de les surprotéger la majeure partie du temps et potentiellement réduire les possibilités de communication, l'intelligibilité, voire les mettre en danger si des signaux d'alerte ne sont pas entendus, soit les travailleurs ne portent pas de protecteurs mais sont potentiellement exposés à des bruits impulsifs pouvant engendrer des dommages immédiats. De nos jours, ces environnements sont peut-être les plus problématiques. Les risques sont d'ailleurs probablement mal compris des entreprises et des travailleurs, du fait de la ponctualité des impulsions et du manque de communication concernant les risques immédiats pour l'audition (ceci pourrait expliquer le fort pourcentage de travailleurs exposés ne se protégeant pas). Le port préventif de protecteurs va alors dépendre du type d'activité et des besoins de communication avec l'extérieur. Dans certains cas, une atténuation dépendant du niveau d'exposition devra alors être envisagée (grâce à un système électronique, l'atténuation est ajustée en fonction du niveau sonore environnant).

BIBLIOGRAPHIE
PAGE SUIVANTE



Bruits impulsifs,
un danger mal connu ?

BIBLIOGRAPHIE

- 1 | Surveillance médicale des expositions aux risques professionnels (SUMER) : édition 2010. Ministère du travail, 2013 (<https://dares.travail-emploi.gouv.fr/dares-etudes-et-statistiques/enquetes/article/surveillance-medicate-des-expositions-aux-risques-professionnels-sumer-edition>).
- 2 | TERROIR J - Étude bibliographique sur la dangerosité des bruits impulsifs. Note scientifique et technique NS 365. Paris : INRS ; 2019 : 61 p.
- 3 | Acoustique. Caractérisation et mesurage du bruit de l'environnement. Partie 2 : Saisie des données pertinentes pour l'utilisation des sols. Norme ISO 1996-2 : 1987 (F). Genève : Organisation internationale de normalisation (ISO) ; 1987 : 9 p.
- 4 | Protectors individuels contre le bruit. Recommandations relatives à la sélection, à l'utilisation, aux précautions d'emploi et à l'entretien. Document guide. Norme française homologuée NF EN 458. Avril 2016. Indice de classement S 78-502. La Plaine Saint-Denis : AFNOR ; 2016 : 56 p.
- 5 | ROBERTO M, HAMERNIK RP, SALVI RJ, HENDERSON D ET AL. - Impact noise and the equal energy hypothesis. *J Acoust Soc Am*. 1985 ; 77 (4) : 1514-20.
- 6 | VOIGT P, GODENHJELM B, OSTLUND E - Impulse noise. Measurement and assessment of the risk of noise induced hearing loss. *Scand Audiol Suppl*. 1980 ; Suppl 12 : 319-25.
- 7 | CEYPEK T, KUZNIARZ JJ, LIPOWCZAN A - Hearing Loss due to Impulse Noise. A Field Study. In: Proceedings of the International Congress on Noise as a Public Health Problem. Dubrovnik, Yugoslavia, May 13-18 1973. Washington : US Environmental Protection Agency (EPA) ; 1973 : 219-28, 784 p.
- 8 | KRZYTER KD - Hearing loss from gun and railroad noise. Relations with ISO standard 1999. *J Acoust Soc Am*. 1991 ; 90 (6) : 3180-95.
- 9 | ZECHMANN EL, BRUECK S, MURPHY WJ - Impulsive occupational exposure for workers in drop-forge foundries. *J Acoust Soc Am*. 2008 ; 123 (5) : 3 679.
- 10 | DIEROFF HG - The mechanism of impulse-noise-induced hearing loss in industry and its resulting measurement problems. *Scand Audiol Suppl*. 1980 ; Suppl 12 : 249-56.
- 11 | MANTYSALO S, VUORI J - Effects of impulse noise and continuous steady state noise on hearing. *Br J Ind Med*. 1984 ; 41 (1) : 122-32.
- 12 | STARCK J, PEKKARINEN J, PYYKKÖ I - Impulse noise and hand-arm vibration in relation to sensory neural hearing loss. *Scand J Work Environ Health*. 1988 ; 14 (4) : 265-71.
- 13 | ZHAO YM, QIU W, ZENG L, CHEN SS ET AL - Application of the kurtosis statistic to the evaluation of the risk of hearing loss in workers exposed to high-level complex noise. *Ear Hear*. 2010 ; 31 (4) : 527-32.
- 14 | BRUEL PV - Do we measure damaging noise correctly? *Noise Control Eng*. 1977 ; 8 (2) : 52-60.
- 15 | Directive 2003/10/CE du parlement européen et du Conseil du 6 février 2003 concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (bruit) (dix-septième directive particulière au sens de l'article 16, paragraphe 1, de la directive 89/391/CEE). 2003.
- 16 | ERDREICH J - A distribution based definition of impulse noise. *J Acoust Soc Am*. 1986 ; 79 (4) : 990-98.
- 17 | DANCER A - Le traumatisme acoustique. *Méd Sci*. 1991 ; 4 (7) : 357-67.
- 18 | CAMPO P, VENET T, THOMAS A, COUR C ET AL. - Neuropharmacological and cochleotoxic effects of styrene. Consequences on noise exposures. *Neurotoxicol Teratol*. 2014 ; 44 : 113-20.
- 19 | MURPHY WJ, FLAMME GA, MEINKE DK, SONDERGAARD J ET AL. - Measurement of impulse peak insertion loss for four hearing protection devices in field conditions. *Int J Audiol*. 2012 ; 51 Suppl 1 : S31-42.
- 20 | DANCER A, BUCK K, HAMERY P, PARMENTIER G - Hearing Protection in the Military Environment. *Noise Health*. 1999 ; 2 (5) : 1-16.
- 21 | WU CC, YOUNG YH - Ten-year longitudinal study of the effect of impulse noise exposure from gunshot on inner ear function. *Int J Audiol*. 2009 ; 48 (9) : 655-60.
- 22 | YLIKOSKI J, PEKKARINEN J, STARCK J - The efficiency of earmuffs against impulse noise from firearms. *Scand Audiol*. 1987 ; 16 (2) : 85-88.