

LE DÉCIBEL INSAISSISSABLE : RÉFLEXIONS SUR LES SONARS ET LES MAMMIFÈRES MARINS

David M.F. Chapman et Dale D. Ellis

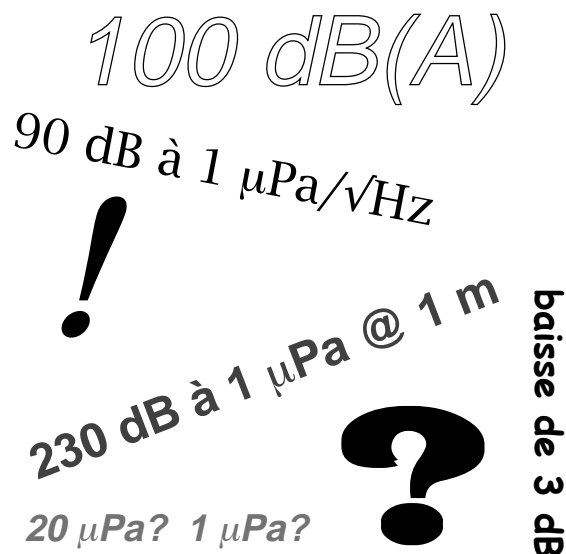
Centre de recherches pour la défense Atlantique, C.P. 1012, Dartmouth (N.-É.), B2Y 3Z7

dave.chapman@drea.dnd.ca

INTRODUCTION

Il y a quelques années, les effets que pouvait avoir un projet d'expérience acoustique mondiale consistant à mesurer la température des océans de la planète¹ ont suscité énormément de controverse. L'effet possible des signaux acoustiques sur les baleines et les autres formes de vie marine était la principale source d'inquiétude. L'intérêt à l'égard des effets des sons sous-marins sur les animaux marins est encore soutenu, comme en fait foi un entrefilet paru récemment dans *The Economist*² basé sur de la correspondance scientifique à ce sujet dans *Nature*³. La thèse est la suivante : les signaux forts émis par les sonars expérimentaux font du tort aux mammifères marins ou, à tout le moins, les tourmentent suffisamment pour modifier de façon inacceptable leurs modèles comportementaux. Dans les diverses discussions sur cette importante question diffusées dans la presse et sur Internet, on voit souvent des comparaisons douteuses, comme celle entre la production acoustique d'un sonar naval et le bruit engendré par un avion à réaction. Les utilisations multiples du terme « décibel » sont à l'origine de certains des malentendus entre les professionnels de différents domaines. Les termes acoustiques peuvent porter à confusion, même pour les experts. Il n'est pas du tout étonnant que, souvent, des articles bien intentionnés ne réussissent pas à présenter clairement la situation. Par définition, le décibel est une unité relative, non une unité absolue ayant une dimension physique; à moins que l'étalon de comparaison ne soit cité, le terme « décibel » est pour ainsi dire inutile. La situation ne peut que s'embrouiller encore plus lorsque le décibel est utilisé pour préciser des quantités physiques distinctement différentes, ou la même quantité physique avec différents niveaux de référence. Certains journalistes—et même des scientifiques—mêlent leurs décibels « pommes » et leurs décibels « oranges », pour ainsi dire.

Le décibel (dB en abrégé) est simplement une échelle numérique utilisée pour comparer les valeurs de quantités semblables, habituellement une puissance ou une intensité. Les spécialistes de l'acoustique ont établi le décibel afin d'imaginer une échelle comprimée pour représenter la vaste étendue dynamique de sons quotidiennement entendus par les gens et pour reconnaître que les humains — et, présumons-nous, d'autres animaux — perçoivent



l'intensification des sons de façon logarithmique et non pas linéaire. Un rapport d'intensité de 10 se traduit par une différence de niveau de 10 décibels⁴; un rapport de 100 se traduit par une différence de niveau de 20 dB; de 1 000 par 30 dB; et ainsi de suite. (Le terme « niveau » sous-entend généralement une échelle de décibels.) Dans un milieu acoustique uniforme, l'amplitude de l'intensité acoustique est proportionnelle au carré de la pression pour une onde sonore se propageant librement. De même, la différence de niveau en décibels associée à deux valeurs de pression acoustique (mesurées dans le même milieu) est déterminée en calculant le rapport des pressions, en mettant ce nombre au carré, en prenant le logarithme (base 10) et en le multipliant par 10.⁵ Si l'on choisit une pression de référence standard, les niveaux de pression acoustique peuvent alors être précisés en décibels par rapport à cette valeur de référence, mais il faudrait le mentionner, ainsi que la valeur numérique, par souci de clarté⁶.

L'exemple suivant illustre une déclaration erronée que l'on entend à la radio et à la télévision et rencontre typiquement dans la presse et dans les groupes de discussion sur Internet. Faisant allusion à un sonar expérimental émettant des sons très forts de basse fréquence, un auteur écrit dans *The Economist* : « Le dispositif émet au plus 230 décibels, comparativement à 100 décibels dans le cas d'un

gros-porteur. » Sans égard à l'intention de l'auteur, on pourrait comprendre que l'effet auditif provoqué par le sonar et ressenti par une baleine serait considérablement plus important que celui subi par une personne exposée au son produit par un avion à réaction. Toutefois, ce type de comparaison est trompeur pour au moins trois raisons : 1) les pressions acoustiques de référence utilisées en acoustique sous-marine et en acoustique aérienne ne sont pas les mêmes; 2) un niveau d'émission est comparé à un niveau de réception; et 3) il n'y a pas de lien évident entre un niveau sonore contrariant ou nuisible dans l'air pour une personne et un niveau sonore contrariant ou nuisible dans l'eau pour un animal marin. Dans le reste de cette note, nous élaborerons davantage sur ces sujets, tentant d'une certaine manière de corriger l'impression fautive et de mettre l'accent sur la véritable question au cœur de la controverse.

1. PRESSIONS ACOUSTIQUES DE RÉFÉRENCE STANDARD DANS L'AIR ET DANS L'EAU

Les pressions de référence standard utilisées en acoustique sous-marine et en acoustique aérienne ne sont pas les mêmes. Dans l'eau, les spécialistes de l'acoustique utilisent une pression acoustique de référence standard de 1 micropascal (c.-à-d., 10^{-6} newtons par mètre carré), dont l'abréviation est μPa . Dans l'air, ils utilisent une valeur plus élevée, soit 20 μPa . La pression standard pour l'air a été choisie de sorte que le seuil audible par une personne dont l'ouïe est normale corresponde à 0 dB à une fréquence de 1 000 Hz. L'adoption de valeurs standard différentes pour l'air et pour l'eau a inévitablement une conséquence portant à confusion : à une même pression acoustique, les spécialistes de l'acoustique attribuent 0 décibel dans l'air et 26 décibels dans l'eau. Vraisemblablement, les deux partis d'acousticiens ont d'aussi bonnes raisons de proposer leurs valeurs standard respectives, et cette dichotomie est désormais fixée dans une norme ANSI⁶, qui est peu susceptible d'être modifiée. De même, l'observation suivante devrait toujours être prise en compte, en particulier lorsqu'il s'agit de questions interdisciplinaires : *Il est essentiel que les niveaux sonores exprimés en décibels incluent la pression de référence.*

2. NIVEAU D'ÉMISSION ET NIVEAU DE RÉCEPTION

La déclaration erronée compare un niveau d'émission à un niveau de réception. En acoustique sous-marine, un niveau d'émission représente généralement le niveau sonore à une distance d'un mètre de la source, tandis que le niveau de réception est le niveau sonore à l'endroit où se trouve effectivement l'auditeur, qui pourrait être considérablement plus éloigné, le niveau sonore étant de ce fait réduit. Dans

un milieu uniforme non délimité, la force des sons décroît rapidement avec l'augmentation de la distance entre l'émetteur et le récepteur, 6 dB de moins lorsque la distance est doublée. Par exemple, *The Economist* (et même *Nature*), en se reportant au niveau d'émission de 230 dB par le sonar, a négligé de mentionner la distance de référence de 1 mètre. Par contraste, le chiffre de 100 dB qu'associe *The Economist* au gros-porteur n'est pas du tout un niveau d'émission, mais est typique du niveau sonore perçu mesuré pendant le décollage de l'avion à réaction, correspondant à la moyenne des niveaux enregistrés par plusieurs microphones disposés à plusieurs centaines, voire à quelques milliers de mètres de la piste⁷. *Il est incorrect de comparer un niveau d'émission à 1 mètre à un niveau sonore perçu à une distance non précisée (et probablement beaucoup plus éloignée).*

En combinant ces deux remarques, l'émission par le sonar aurait dû être égale à 230 dB à une pression de référence de 1 μPa et à une distance de 1 m, tandis que le niveau de bruit généré par le gros-porteur aurait dû être 100 dB à une pression de référence de 20 μPa . Le fait de mentionner les valeurs de référence illustre qu'il ne s'agit pas de quantités semblables et que les chiffres ne sont pas directement comparables. *The Encyclopedia of Acoustics*⁸ chiffre à 120 dB à une pression de référence de 20 μPa le niveau de bruit typique associé au décollage d'un avion à réaction mesuré à 500 m de distance (bien qu'il y ait certainement une grande variation autour de ce chiffre, selon le type d'avion, etc.). En supposant une propagation sphérique du son et en ramenant ce niveau à une distance de 1 mètre, on ajoute 54 dB. En adoptant plutôt la valeur de référence standard de 1 μPa , on ajoute 26 dB supplémentaires. De même, le niveau d'émission d'un gros-porteur ressemble davantage à $120 + 54 + 26 = 200$ dB à une pression de référence de 1 μPa et à une distance de 1 m, comparativement à 230 dB à une pression de référence de 1 μPa et à 1 m pour le sonar. Les deux émettent des sons forts, mais du moins la comparaison est désormais sensée. Le rapport des pressions acoustiques est d'environ 32, plutôt que supérieur à 3 millions, comme certains commentateurs voudraient vous le faire croire!

D'autres questions mineures pourraient être discutées. Le signal émis par le sonar est à bande étroite, et la concentration du signal entier à une fréquence peut être particulièrement ennuyeuse pour un animal qui a une cavité qui résonne à cette fréquence. Par contre, le bruit émis par l'avion à réaction est à large bande, et le signal acoustique est probablement passé à travers un filtre correspondant approximativement à la sensibilité de l'oreille humaine avant que la mesure ne soit prise, aussi cette mesure n'aurait-elle aucune signification pour un animal ayant une courbe de sensibilité auriculaire différente. On pourrait en dire encore davantage, mais la principale raison pour

soulever ces questions est de souligner le message que la comparaison entre le sonar et l'avion à réaction n'a pour ainsi dire aucune valeur.

3. À QUEL SEUIL LE BRUIT FAIT-IL MAL?

Il n'y a pas de lien clair entre un niveau sonore nocif pour un humain dans l'air et un niveau sonore nocif pour un animal dans l'eau. Toutes les créatures ont évolué et se sont adaptées à leur environnement respectif, et il n'y a aucune raison pour que les caractéristiques de l'ouïe humaine s'appliquent à tout autre animal, y compris les baleines. Si une pression acoustique donnée fait du tort à un humain, la même pression acoustique dans l'eau ferait-elle souffrir une baleine (ou un poisson ou une crevette)? Le seuil de douleur est-il plus élevé? Est-il plus bas? En particulier lorsque l'on compare les effets acoustiques dans des milieux d'impédance fortement différente, la pression acoustique est-elle la quantité acoustique pertinente, ou est-ce l'intensité acoustique?⁹ À la fin, ce sont les réponses à ces questions et à des questions connexes qui comptent vraiment, non la jonglerie des décibels. Pour répondre convenablement à ces questions et déterminer les normes de bruit de la « communauté » pour les animaux marins, des recherches scientifiques sont nécessaires—exactement comme ce fut le cas pour les humains. Certains de ces travaux ont déjà été effectués, et une excellente revue¹⁰ de l'état des connaissances en date de 1995 est un bon point de départ pour les acousticiens et les biologistes désireux d'en apprendre davantage. Un seul exemple ne peut pas représenter toute la gamme des espèces considérées, mais est typique : Le seuil de réponse (établi au moyen d'études du comportement) d'un béluga à 1 000 Hz dépasse juste un peu plus de 100 dB à une pression de référence de 1 μ Pa. Évidemment, cela ne nous renseigne aucunement sur le seuil de douleur éprouvée par le béluga, ni sur le niveau sonore qui modifierait de façon inacceptable son comportement. *Il est imprudent de supposer que l'expérience auditive d'un animal donné serait la même que celle d'un être humain exposé au même niveau sonore.*

CONCLUSION

Alors que les ingénieurs de sonar, les biologistes de la vie marine et les citoyens préoccupés par l'environnement continuent de discuter de ces importantes questions, nous devrions à tout le moins convenir d'utiliser les mêmes unités acoustiques pour faire valoir nos points de vue, afin d'éviter la confusion et l'information trompeuse. Certains acousticiens sensés ont proclamé l'abandon de l'utilisation du décibel—que l'on peut blâmer en partie pour nos malheurs—en faveur des bonnes vieilles unités du SI (c.-à-d., métriques) pour exprimer la pression acoustique,

l'intensité acoustique, la puissance, etc. En attendant l'avènement de ce jour heureux, incluons des valeurs de référence avec nos décibels, de sorte à ne pas nous retrouver avec des dB salade de fruits. Enfin, l'important est de déterminer quels sons sous-marins font du tort à la vie marine. Nous devons mettre au point des mesures d'atténuation des impacts afin de pouvoir utiliser les systèmes acoustiques sous-marins tout en protégeant le milieu marin avec une diligence raisonnable.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Harold M. Merklinger pour ses précieux commentaires sur le manuscrit.

BIBLIOGRAPHIE

¹ Whitlow W.L. Au *et al.*, "Acoustic effects of the ATOC signal (75 Hz, 195 dB) on dolphins and whales", *J. Acoust. Soc. Am.* **101**, 2973–2977 (1997).

² "Quiet, please. Whales navigating", *The Economist*, 1998 March 7, page 85.

³ R. Frantzis, "Does acoustic testing strand whales?", *Nature* **392**, 1998 March 5, page 29.

⁴ En fait, il s'agit de la définition de 1 bel, désigné en l'honneur d'Alexander Graham Bell. Le bel s'est révélé être une unité trop grande à des fins pratiques et le décibel—qui est égal à 1/10 d'un bel—est l'unité préférée. En outre, un décibel est à peu près la plus petite modification incrémentielle de niveau de pression acoustique qu'une personne est en mesure de percevoir.

⁵ Du point de vue mathématique, cela équivaut à prendre le logarithme du rapport des pressions et à le multiplier par 20, mais savoir à quel moment multiplier par 10 ou par 20 dans de tels calculs est une source illimitée de confusion pour le néophyte, aussi faisons-nous la promotion de la définition dans le texte principal.

⁶ *American National Standard Preferred Reference Quantities for Acoustical Levels*, ANSI S1.8-1969, page 8.

⁷ Malcolm J. Crocker, editor, *The Encyclopedia of Acoustics* (John Wiley and Sons, Inc., New York, 1997), page 1095.

⁸ Malcolm J. Crocker, editor, *The Encyclopedia of Acoustics* (John Wiley and Sons, Inc., New York, 1997), page 11.

⁹ Certains spécialistes de l'acoustique ont sérieusement mis de l'avant la suggestion voulant que l'intensité acoustique reçoive plus d'appui que la pression acoustique dans ce contexte; cependant, les preuves à notre disposition sont plus favorables à la pression acoustique qu'à l'intensité acoustique.

¹⁰ W. John Richardson *et al.*, *Marine Mammals and Noise* (Academic Press, New York, 1995).