

Ac3n – NIVEAUX ACOUSTIQUES

Auteur : Jean-Louis Balas

TI-Nspire™ CAS

Mots-clés : acoustique, sons, vibration, niveau, décibel, protection.

Fichiers associés : Ac3nElev_NiveauxAcoustiques.pdf ; Ac3n_NiveauxAcoustiques.tns.



1. Objectifs

- Savoir définir l'intensité acoustique d'un son ainsi que le niveau acoustique.
- Être capable de considérer les effets d'un niveau acoustique sur la perception auditive.
- Placer un niveau acoustique sur une échelle de valeur.

2. Matériel

- Une calculatrice TI-Nspire,
- Une interface d'acquisition LabStation,
- Un sonomètre Vernier,
- Deux générateurs basses fréquences,
- Un caisson en bois,
- Deux hauts parleurs,
- Un voltmètre,
- Des fils de connexion,
- Une règle graduée.

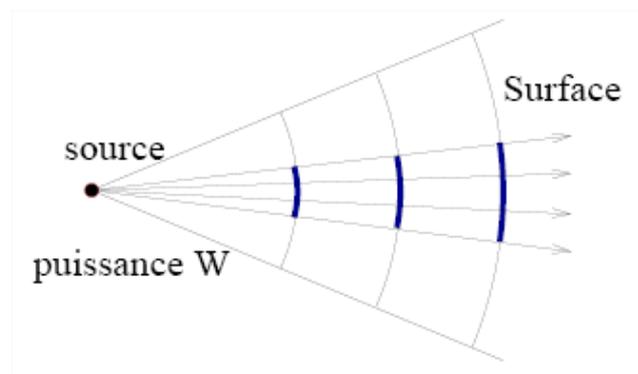
3. Commentaires

Une source sonore met en mouvement de vibration l'air situé dans son voisinage.

La source se caractérise par sa puissance acoustique (notée W).

L'énergie de l'onde acoustique produite est caractérisée par l'intensité acoustique (notée I , unité W/m^2).

$$I = \frac{W}{S} = \frac{W}{4\pi r^2}$$



Le niveau d'intensité acoustique permet de prendre en compte la variation de la sensation auditive avec l'intensité. Il se définit comme : $L_I = 10 \times \log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right)$.

La source se caractérise par son niveau de puissance : $L_W = 10 \times \log\left(\frac{W}{10^{-12}}\right)$.

4. Conduite de l'activité

Proposer, avant de débiter l'activité expérimentale, une mise en situation par une démarche d'investigation.

- Les sons présentent-ils un danger ? Comment mesurer ce danger ?
- Peut-on mesurer la pollution sonore due au bruit (proximité gare, route, aéroport) ?

Un exemple de situation-problème

L'autoroute contournant une grande ville a été récemment ouverte à la circulation. Un village se situe à environ 800 m de cette autoroute.

Les riverains, qui redoutent une forte pollution sonore, ont déjà obtenu qu'un revêtement routier particulier soit utilisé sur la portion d'autoroute proche de leur village, et que les merlons protégeant le village soient rehaussés et épaissis.

Une autre demande des riverains est de limiter la vitesse des automobiles à $110 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ sur cette portion.

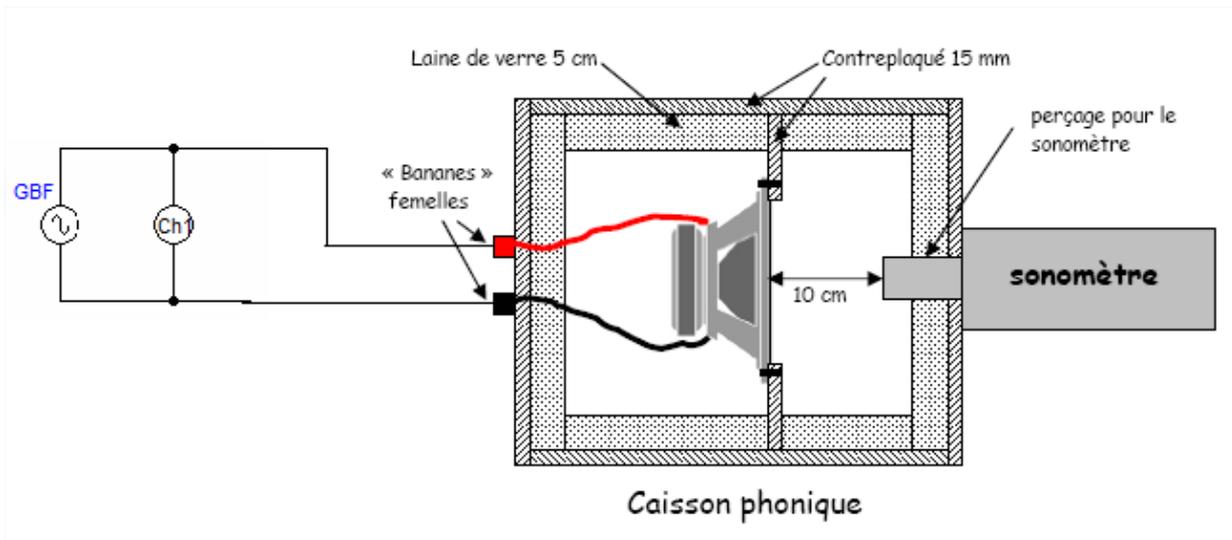
D'autre part, les riverains ont pu constater que par temps ensoleillé, il n'y a pas de nuisance sonore. Par contre, par temps très nuageux, en sortant de leur maison, ils sont gênés par le bruit provenant de l'autoroute.

Le président de l'association de défense des riverains a demandé à un cabinet d'acoustique de préparer une séance permettant d'expliquer à ses adhérents pourquoi et dans quelle mesure les aménagements mis en place ont diminué la perception sonore, et pourquoi la diminution de la vitesse permettrait d'améliorer la situation.

D'autre part, il souhaiterait comprendre ce qui se passe par temps couvert, et pourquoi le bruit est alors plus fort.

1) Préparation

Réaliser le montage analogue à celui proposé ci-dessous en l'adaptant au matériel dont on dispose.



Trois expériences sont proposées :

1. Mesure du niveau acoustique en fonction de l'amplitude du signal
2. Mesure du niveau acoustique en fonction de la distance par rapport à la source sonore
3. Addition de niveaux sonores

Connecter le voltmètre aux bornes du générateur basses fréquences.

Remarque : la sonde de tension Vernier ne se comporte pas comme un multimètre (RMS ou TRMS) en particulier lorsque les signaux sont alternatifs.

La valeur efficace du signal sera donc ajustée manuellement.

Régler la fréquence du signal à 400 Hz environ.

Ajuster l'amplitude du signal au minimum (son à peine audible).

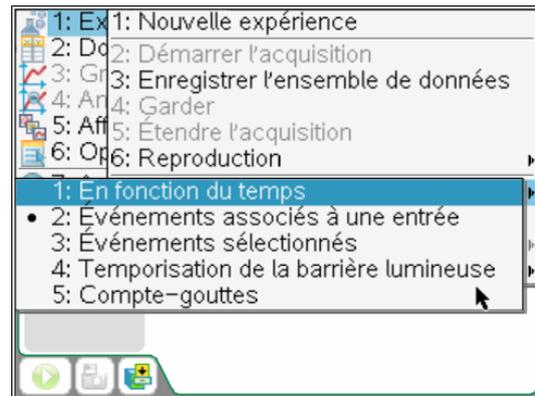
Placer le sonomètre à 10 cm du haut parleur.

Éviter impérativement les perturbations acoustiques extérieures pendant toute la durée de la manipulation.

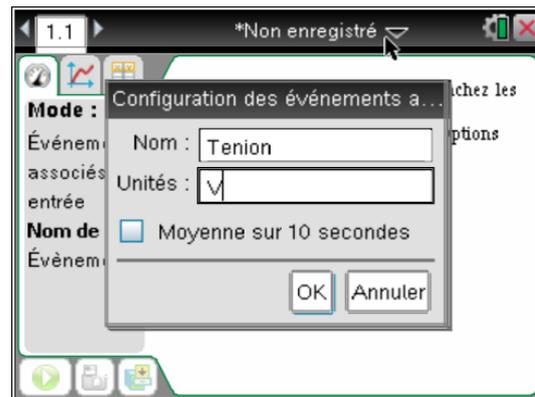


2) Réglage des paramètres d'acquisition

- Appuyer sur la touche **menu**, sélectionner **1: Expérience**, puis **7 : Mode d'acquisition**, puis **2: Evénements associés à une entrée**.



Compléter ensuite la rubrique proposée par le nom de la grandeur à entrer manuellement, ici la mesure de la tension.

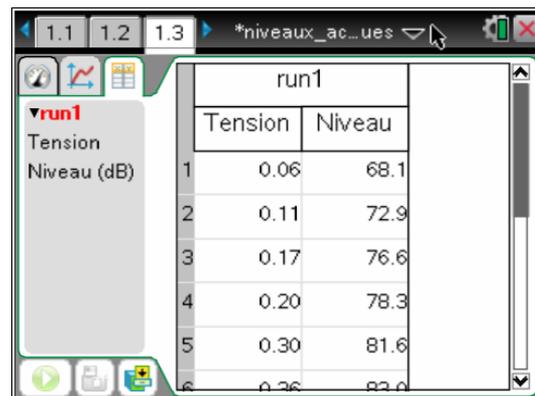


3) Acquisition des données

3.1. Mesure du niveau acoustique en fonction de l'amplitude du signal

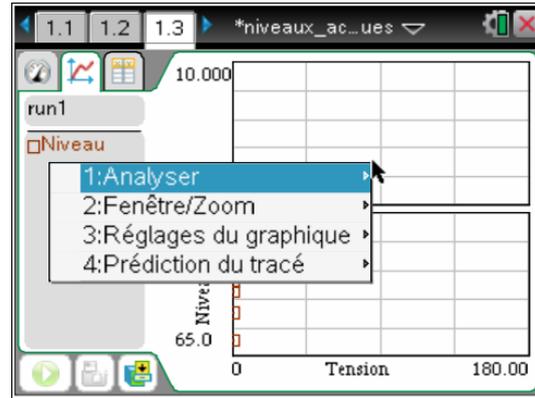
Presser l'icône  dans le coin inférieur gauche pour débuter l'acquisition des données (ou **1: Expérience** puis **2: Démarrer l'acquisition**).

- ajuster le niveau d'amplitude du signal ;
- cliquer sur l'icône  pour enregistrer la mesure ;
- poursuivre ainsi en faisant varier l'amplitude du signal.

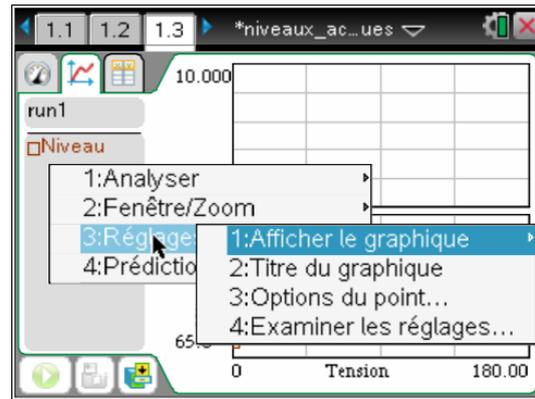


Faire un clic droit (touche **ctrl** **menu**) dans la zone de la représentation graphique.

Sélectionner :
3 : Réglages du graphique.

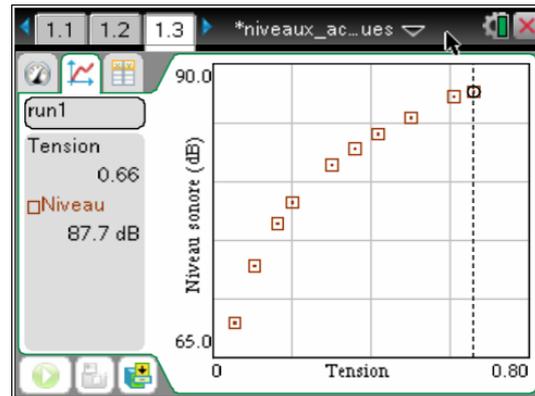


Ne choisir d'afficher qu'un seul graphique.
Configurer la représentation graphique avec la mesure de la tension en abscisse et le niveau acoustique en ordonnée.



Montrer, à l'aide des résultats du tableau, que lorsque l'on double la tension aux bornes du haut-parleur on augmente le niveau d'intensité acoustique de 6 dB.

Montrer que, lorsque l'intensité sonore double, le niveau sonore augmente de 3 dB.

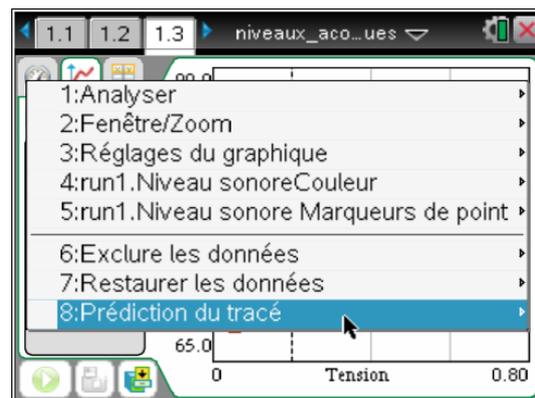


En déduire la valeur, en décibels (dB), du niveau d'intensité acoustique qui devrait correspondre à une tension de 1,2 V aux bornes du haut-parleur.

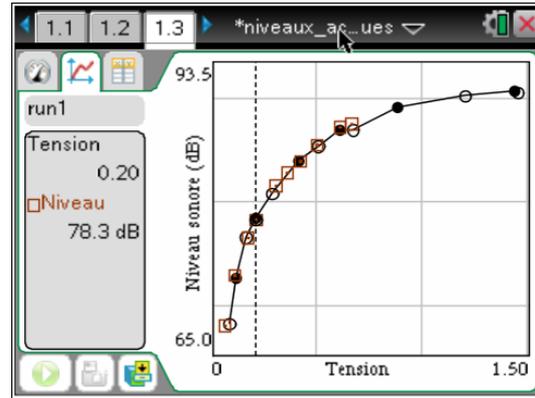
Pour cela, sans s'aventurer dans les techniques de modélisation, on essaiera d'en initier l'esprit par une prédiction du tracé de la courbe passant par l'ensemble des points.

Placer le curseur sur la représentation graphique.
Ajuster les graduations des axes afin de pouvoir observer une tension jusqu'à 1,5V et un niveau acoustique jusqu'à 95 dB.

Effectuer un clic droit (touche **ctrl** **menu**), puis choisir le menu **8 : Prédiction du tracé.**



Couvrir l'ensemble des points, effectuer une lecture graphique.



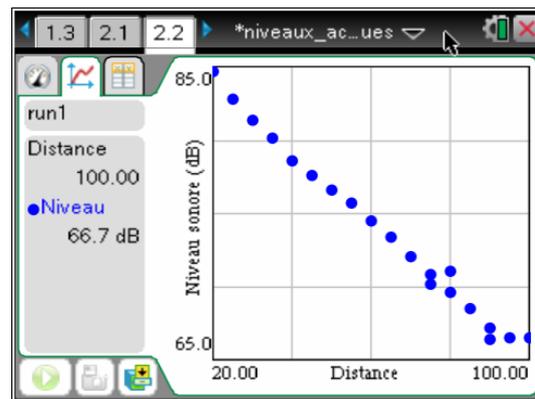
3.2. Mesure du niveau acoustique en fonction de la distance

Fixer la fréquence du signal ainsi que l'amplitude du signal à une valeur qui puisse être détectée par le sonomètre à une distance de 1 m.

Préparer une nouvelle activité et paramétrer une acquisition sur le même mode que précédemment (**Événement associé à une entrée**, avec la distance exprimée en cm ou m, au choix).

run1	Distance	Niveau
8	55.00	75.8
9	60.00	74.6
10	65.00	73.4
11	70.00	72.2
12	75.00	70.9

Réaliser l'acquisition des mesures en faisant varier la distance du sonomètre par rapport à la source par pas de 10 cm au maximum.



Réaliser la représentation graphique du niveau acoustique en fonction de la distance.

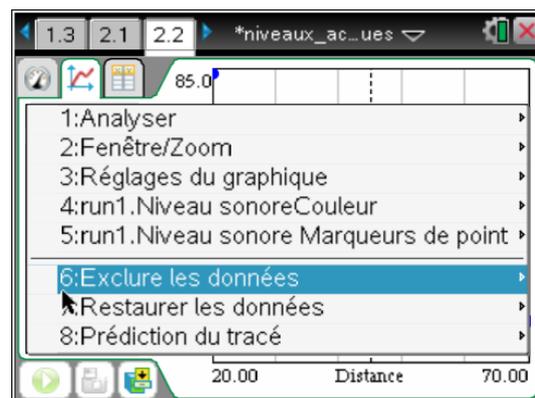
Prendre soin à la qualité des mesures à partir d'une distance relativement éloignée de la source.

Sélectionner une région probante.

Faire un clic droit (touche **ctrl** **menu**).

Choisir le menu **6 : Exclure des données**.

Évaluer le niveau acoustique à une distance d , puis $2d$.



Montrer que lorsque l'on double la distance, le niveau acoustique chute de 6 dB

Le niveau dans l'axe de la source est :

$$L = 10 \log \left(\frac{I_{axe}}{10^{-12}} \right)$$

$$L_{axe} = 10 \log \left(\frac{WQ}{4\pi r^2 \times 10^{-12}} \right)$$

Q représente le facteur de directivité $Q = \frac{I_{axe}}{I_{moyen}}$; il est indépendant de la distance. L'intensité dans l'axe est donc :

$$I_{axe} = \frac{WQ}{4\pi r^2}$$

ID représente l'indice de directivité $ID = 10 \log(Q)$ et se mesure en dB.

$$L_{axe} = 10 \log \left(\frac{W}{10^{-12}} \right) + 10 \log Q - 10 \log(4\pi) - 10 \log(r^2)$$

Il vient donc : $L_{axe}(r) \approx L_w - 11 - 20 \log(r) + ID$.

On a alors : $L_{axe}(1) \approx L_w - 11 + ID$, d'où :

$$L_{axe}(r) \approx L_{axe}(1) - 20 \log(r)$$

Doublement de la distance :

$$L_{axe}(2r) \approx L_{axe}(1) - 20 \log(2r)$$

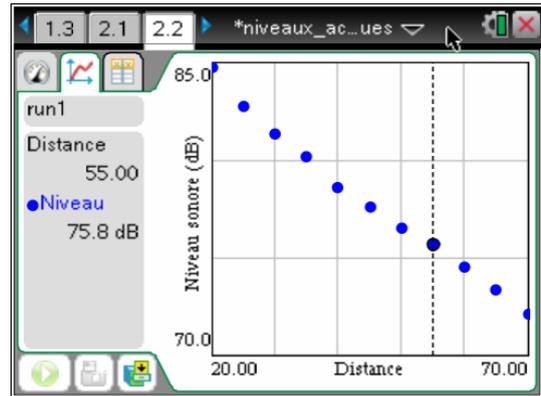
$$L_{axe}(2r) \approx L_{axe}(1) - 20 \log(r) - 20 \log 2$$

$$L_{axe}(2r) \approx L_{axe}(r) - 6 \text{ dB}$$

3.3. Sommation de niveaux acoustiques

La sommation de niveaux acoustiques, n'est pas un problème simplement accessible aux élèves. On se limitera à montrer que la somme de deux intensités acoustiques égales ne conduit pas à multiplier par 2 le niveau acoustique.

On utilise deux générateurs basses fréquences réglés sur la même fréquence.



En effet : $L_1 = 10 \times \log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right)$

$$\frac{L_1}{10} = \log\left(\frac{I}{10^{-12}}\right) \text{ donc } I = 10^{-12} \times 10^{L_1/10}.$$

- Il n'est pas possible d'ajouter directement des niveaux acoustiques
- Pour connaître le niveau total, il faut d'abord ajouter les intensités des différents sons, puis calculer le niveau correspondant.

Cas de deux niveaux :

Source 1 : Niveau L_1 ; Intensité I_1 ;

Source 2 : Niveau L_2 ; Intensité I_2 .

soit : $I_1 = 10^{-12} \times 10^{L_1/10}$ et $I_2 = 10^{-12} \times 10^{L_2/10}$;

$$I_{total} = I_1 + I_2$$

$$I_{total} = 10^{-12} \left(10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} \right)$$

$$L_{total} = 10 \times \log\left(10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} \right)$$

Dans le cas de n sources :

$$L_{total} = 10 \times \log\left(10^{L_1/10} + \dots + 10^{L_n/10} \right).$$

Par exemple, dans le cas de deux sources, on obtient :

- sources de 90 dB et de 88 dB ; $L_{total} = 10 \log(10^9 + 10^{8.8}) \approx 92,1$ dB ; soit : 90 dB + 2,1 dB.
- sources de 72 dB et de 70 dB ; $L_{total} = 10 \log(10^{7.2} + 10^7) \approx 74,1$ dB ; soit 72 dB + 2,1 dB.

Il semble donc que, pour deux sources dont les niveaux diffèrent de 2 dB, le niveau total est le niveau de la source la plus intense plus 2,1 dB.

Méthode de sommation

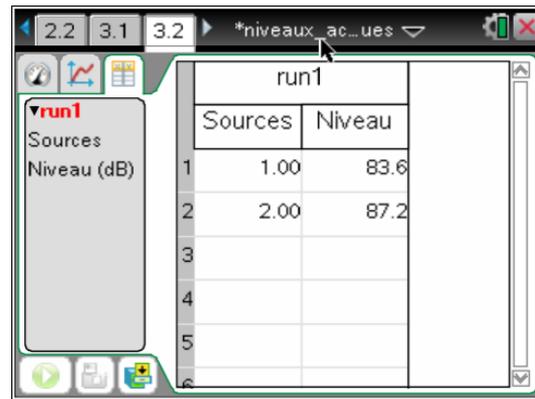
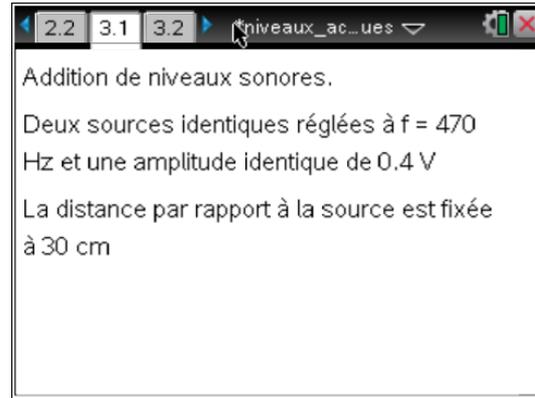
Pour additionner les niveaux sonores de deux sources différentes, on procède comme suit :

- on calcule la différence de niveau $L_2 - L_1$ entre les deux sources ;
- on ajoute l'incrément de niveau (dB) du tableau ci-contre au niveau le plus élevé.

Exemple

Dans un bureau, le bruit en provenance de l'atelier à un niveau acoustique de 54 dB. Quel est le niveau total lorsque l'imprimante, dont le niveau acoustique est de 61 dB (donnée constructeur), est mise en marche ?

On calcule $61 - 54 = 7$; l'écart en dB est donc de 7.
On lit dans le tableau que l'incrément à ajouter au niveau le plus élevé est de 0,8 dB.
Le niveau total sera donc : $61 + 0,8 = 61,8$ dB lorsque l'imprimante fonctionnera.



Écart (dB)	Incrément de niveau (dB)
0	3
1	2,5
2	2,1
3	1,8
4	1,5
5	1,2
7	0,8
10	0,4
14	0,2

Analyse de l'expérience

Expérimentalement nous avons obtenu, pour deux sources identiques distantes de 30 cm réglées à $f = 470$ Hz, avec une amplitude identique de 0,4 V, un incrément de 3,6 dB.

Il serait donc intéressant de refaire une mesure en choisissant plutôt une différence de niveau acoustique de quelques décibels. En effet, l'ajustement de deux sources identiques à un même niveau n'est pas sans difficultés et justifie facilement l'écart obtenu.

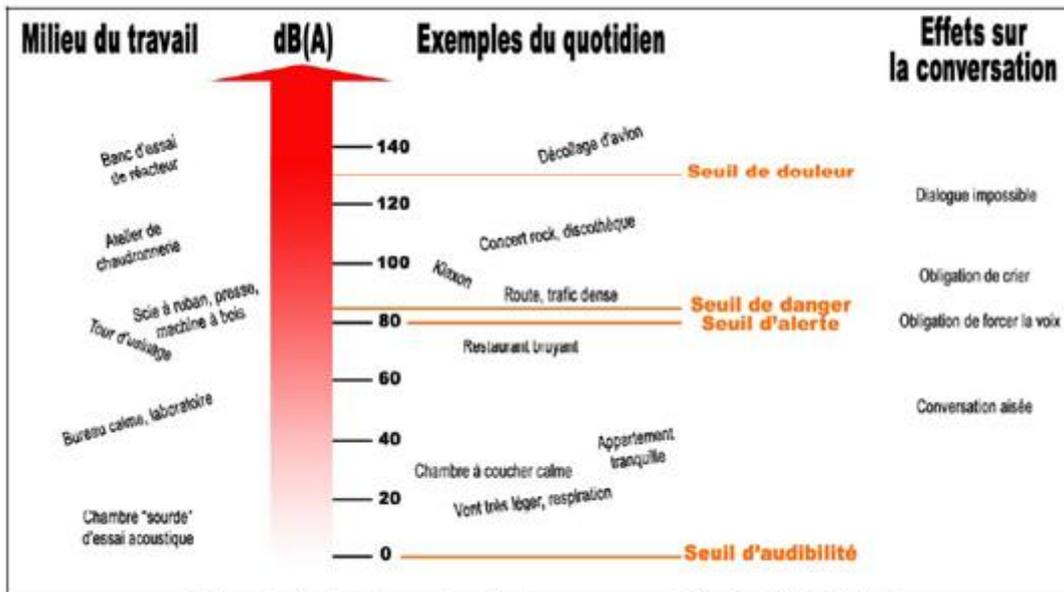


Tableau 2 : Ordres de grandeur de niveaux sonores (d'après INRS, ED 962)