

## Nuisances sonores et effets auditifs et extra-auditifs (sommeil, substances ototoxiques, troubles de l'attention...)

# Effets du bruit sur le sommeil et effets de l'exposition au bruit sur la gêne exprimée ainsi que sur la santé mentale de l'enfant

Période : avril 2009 à août 2009

**Alain MUZET**

FORENAP Frp – Rouffach

**Mots clés : Exposition au bruit, Gêne due au bruit, Hyperactivité, Santé mentale de l'enfant, Seuil d'éveil, Sommeil, Système nerveux autonome**

La présente note s'intéresse aux perturbations du sommeil par le bruit, mais également à l'expression de la gêne de populations exposées aux bruits de trafic urbain, ainsi qu'à l'impact éventuel du bruit des trafics routier et aérien sur la santé mentale des enfants qui y sont exposés. Cette note s'articule autour de 4 articles parus au cours du premier semestre 2009. Les deux premiers concernent le domaine du sommeil, mais dans des dimensions différentes. Le premier d'entre eux aborde un problème, assez peu pris en compte : quelles sont les caractéristiques d'un signal acoustique ayant des capacités éveillantes. En effet, un certain nombre de personnes ont péri dans un incendie car elles n'avaient pas entendu le signal d'alarme au cours de leur sommeil. Les auteurs de cet article ont donc testé différents types de signaux acoustiques d'alarme afin de déterminer quels sont les facteurs à prendre en compte afin d'obtenir une bonne réactivité du dormeur. Le deuxième article étudie les variations des tonus sympathique et parasympathique<sup>(1)</sup> du système nerveux autonome afin de vérifier l'hypothèse selon laquelle l'exposition au bruit au cours du sommeil entraîne des modifications caractéristiques de ces tonus. Cette hypothèse n'est toutefois pas complètement vérifiée car l'étude montre que seul le tonus parasympathique est modifié dans ces conditions. Le troisième article aborde le thème très général de l'exposition globale au bruit du trafic à l'intérieur d'une grande ville, ici Belgrade. L'étude révèle les niveaux élevés auxquels sont soumises les personnes vivant dans des zones résidentielles, notamment la nuit. Elle confirme également la faible corrélation trouvée entre l'exposition globale au bruit et l'expression de la gêne. Le dernier article, quant à lui, s'intéresse aux effets de l'exposition aux bruits routiers et aux bruits d'avions sur la santé mentale des enfants. L'enquête menée sur un grand nombre d'enfants, mais par l'intermédiaire de questions posées aux parents, a été réalisée dans trois pays européens différents. Elle apporte un éclairage intéressant sur les relations existant entre exposition au bruit et les signes d'hyperactivité observés chez les enfants d'âge scolaire.

### Comment le ton et la forme d'un signal changent-ils le seuil auditif d'éveil ?

#### Analyse

La question posée par cet article est de savoir comment varie le seuil d'éveil en fonction des caractéristiques acoustiques d'un signal sonore. En effet, les auteurs rappellent qu'aux États-Unis, 37 % des personnes ayant péri dans un incendie étaient en train de dormir lorsque l'alarme s'est déclenchée. L'étude de **Bruck et al. (2009)** a été réalisée sur 39 jeunes adultes des deux sexes. Dans une première partie de l'étude, les signaux ont été présentés au cours du stade de sommeil le plus profond avec des intensités sonores croissantes. Les signaux utilisés, de courte durée, ont été choisis dans un domaine de fréquence moyenne et basse, avec des complexités spectrales différentes : ondes carrées<sup>(2)</sup>, sons purs, des cris de personnes et bruit blanc. Dans une seconde partie de l'étude, les auteurs ont manipulé les séquences temporelles en insérant des silences de durée variable après les stimulations produites.

Les résultats montrent que les ondes carrées de basse fréquence (400 à 520 Hz) entraînent des seuils d'éveil significativement plus bas que les autres stimulations. Ceci est cohérent avec de nombreuses données qui suggèrent que les fréquences situées dans ce domaine induisent également des seuils auditifs optimum chez les personnes éveillées (Cruikshanks *et al.*, 1998). De façon similaire, les tests audiométriques pratiqués avec des sons purs chez des personnes ayant des pertes auditives légères ou modérées montrent que les seuils les plus bas sont obtenus avec des fréquences dominantes se situant autour de 500 Hz. Un intervalle de silence de 10 secondes entre les stimulations donne de meilleurs résultats que les autres intervalles testés. Ces résultats montrent qu'il existe suffisamment d'information dans les signaux acoustiques utilisés pour qu'un traitement soit réalisé au cours du sommeil en dépit de la complexité de l'analyse. Pour être le plus efficace possible, le signal d'alarme doit avoir des caractéristiques qui optimisent le seuil de réaction aussi bien au cours du sommeil que lors de l'éveil. Par ailleurs, les personnes doivent être informées sur la nature du signal et

## Effets du bruit sur le sommeil et effets de l'exposition au bruit sur la gêne exprimée ainsi que sur la santé mentale de l'enfant – Alain MUZET

celui-ci doit être facilement différencié des autres signaux de l'environnement.

### Commentaire

Il est toutefois nécessaire d'être prudent avant d'extrapoler les résultats de cette étude à la situation réelle. En effet, il existe de nombreuses raisons pour lesquelles les seuils trouvés dans cette étude ne peuvent être généralisés. Parmi celles-ci, il faut noter que les personnes intégrées dans l'étude ont été préalablement sélectionnées selon des critères précis et en excluant notamment la prise de médicaments ou d'alcool, la présence de troubles organiques ou mentaux, ou encore présentant des problèmes de sommeil ou en état de privation de celui-ci. De plus, il était demandé aux sujets de réagir au son de l'alarme et de signaler leurs éveils en appuyant trois fois de suite sur un bouton se trouvant à la tête de leur lit. De telles consignes interfèrent avec le sommeil et peuvent parfaitement conditionner la motivation des sujets.

### Le bruit de trafic à domicile habituel réduit le tonus cardiaque parasympathique au cours du sommeil

#### Analyse

Graham *et al.* (2009) ont étudié les relations pouvant exister entre le bruit du trafic routier et ferroviaire et des indices d'activités sympathique et parasympathique cardiaques que sont la période précédant l'éjection ventriculaire et l'arythmie sinusale<sup>(3)</sup>. Les auteurs rappellent qu'en Europe, 45 % des citoyens vivent dans un environnement où le niveau du bruit nocturne est considéré comme étant inconfortable et qu'approximativement 30 % d'entre eux sont exposés à des niveaux connus pour engendrer des perturbations du sommeil.

Au cours du sommeil, l'activité du système nerveux parasympathique est généralement accrue en comparaison de son activité au cours de l'état de veille, alors que celle du système sympathique est diminuée et fortement dépendante des stades de sommeil. Ainsi, l'une des fonctions attribuées au sommeil est que le système parasympathique protégerait le système cardiovasculaire en diminuant la pression artérielle et en réajustant la sensibilité des barorécepteurs<sup>(4)</sup>. L'hypothèse faite ici est que l'impact des bruits de trafic routier et ferroviaire au cours du sommeil se traduirait par une augmentation de l'activité sympathique et une diminution concomitante de l'activité parasympathique. De ce fait, une activité sympathique renforcée au cours du sommeil irait à l'encontre de la protection du système cardiovasculaire par le sommeil. La simple étude du signal cardiaque permet ainsi d'avoir une idée sur le niveau d'activité de ces deux systèmes, qui constituent le système nerveux autonome<sup>(5)</sup>.

Une population expérimentale constituée de 36 sujets, hommes et femmes âgés de 18 à 62 ans, a été sélectionnée dans 7 aires résidentielles des Pays-Bas. Sur chaque site, un moyen commun

de mesure du niveau sonore extérieur a été positionné dans le voisinage d'une rue encombrée par le trafic routier ou d'une voie ferroviaire proche de plusieurs participants. Un sonomètre a également été placé dans la chambre de chacun des participants. Chaque sujet, en plus de l'enregistrement de son activité cardiaque, devait remplir un questionnaire pour toutes les périodes de sommeil des 6 nuits consécutives de l'étude. En complément, les sujets portaient un actimètre<sup>(6)</sup> au poignet non dominant pendant la durée des enregistrements cardiaques. Ces données actimétriques et les réponses données au questionnaire ont permis de déterminer le délai d'endormissement et les périodes de réveil des sujets.

Le sommeil est caractérisé par une augmentation globale de l'activité parasympathique et une diminution de l'activité orthosympathique par rapport à l'état d'éveil (Gula *et al.*, 2004). Contrairement à ce que l'on pourrait attendre, les résultats obtenus ne montrent pas de modification du niveau d'activité sympathique pouvant être provoquée par le bruit. Par contre, les résultats indiquent clairement qu'il existe un effet du bruit de trafic sur l'activité parasympathique qui est alors diminuée. L'âge des sujets est négativement lié à cette activité parasympathique alors que le genre des sujets est sans influence. Une analyse plus détaillée des résultats montre que l'effet du bruit sur l'activité parasympathique prédomine lors de la deuxième moitié de la nuit. Les auteurs soulignent la possible relation entre leurs résultats et ceux issus de données épidémiologiques récentes montrant une prévalence accrue de troubles cardiovasculaires et notamment ischémiques<sup>(7)</sup> chez des populations exposées à des niveaux sonores journaliers (sur 24 heures) élevés.

### Commentaire

Cette étude est impressionnante de par la taille de l'échantillon expérimental et la durée des enregistrements réalisés à domicile (6 nuits consécutives). Toutefois, on peut s'interroger sur le fait que les auteurs se sont essentiellement attachés à analyser les seuls niveaux d'activité des deux systèmes antagonistes du système nerveux autonome à partir de l'électrocardiogramme enregistré de façon répétitive mais parfois limitée, alors qu'ils avaient à leur disposition la possibilité d'étudier les réponses cardiaques des dormeurs aux différents événements sonores nocturnes. L'absence d'effet de l'exposition sonore sur le niveau d'activité sympathique peut donc s'expliquer par le fait que l'évaluation de cet effet a été réalisée sur des périodes très longues, alors qu'un examen des fluctuations rapides de la fréquence cardiaque et notamment celles accompagnant les événements acoustiques aurait sans doute souligné l'augmentation momentanée de cette activité. Une telle approche est nécessaire si l'on veut établir quel est l'impact à long terme de cette exposition chronique au bruit. Une modification résultante globale (ici l'effet sur l'activité parasympathique) peut être considérée comme reflétant un aspect de la perturbation, mais il y a lieu aussi d'explorer les effets dus aux événements sonores pris individuellement.

## Bruit de trafic routier et facteurs influençant la gêne due au bruit dans une population urbaine

### Analyse

L'article de *Jakovljevic et al. (2009)* relate les résultats de la première étude réalisée en Serbie sur l'expression de la gêne due au bruit de trafic par la population de Belgrade. Les auteurs indiquent que les niveaux de bruit mesurés au cours des trente dernières années étaient systématiquement supérieurs de 10 à 16 dB aux limites admises pour les zones résidentielles, aussi bien le jour que la nuit.

L'étude a été réalisée de 2004 à 2006. Un groupe de 3097 résidents adultes (1217 hommes et 1880 femmes) a été interrogé par questionnaire distribué par la poste et le taux de réponse a atteint 52,8 %. Les niveaux de bruit, quant à eux, ont été mesurés dans 70 rues de la ville entre avril et octobre 2004. Le questionnaire utilisé comprenait trois parties, une première portant sur les données sociodémographiques générales, une deuxième partie concernant le bruit et la perception de celui-ci et la dernière partie abordant quelques traits caractéristiques de la personnalité des répondants. La notion de gêne a été évaluée par une échelle en 5 points: « pas du tout », « légèrement », « modérément », « très » et « extrêmement ».

Les niveaux de bruit mesurés montrent un excès des niveaux équivalents diurnes et nocturnes de 7 et 6 dB respectivement par rapport aux limites admises pour des zones résidentielles. Pour les répondants, le bruit arrive en deuxième position après la pollution aérienne en tant que facteur environnemental néfaste. La principale source identifiée de gêne est le trafic automobile en ville (57,7 % des réponses données). Cependant, la corrélation entre la gêne exprimée et les variables de l'exposition au bruit est très faible. La plus forte corrélation a été trouvée entre le niveau équivalent nocturne et le nombre de passages de véhicules lourds nocturnes. La gêne exprimée était par ailleurs significativement corrélée avec divers indicateurs liés tant aux sites explorés qu'aux personnes interrogées.

### Commentaire

Une telle étude est intéressante car elle présente une image, à un moment donné, de la gêne exprimée par une population de citoyens face au bruit et surtout elle a permis de caractériser les niveaux de bruit, tant diurnes que nocturnes, auxquels cette population est exposée. Nul doute qu'une prochaine campagne de mesures permettra de quantifier les écarts observés à des dates relativement proches. Toutefois, le moyen utilisé (le questionnaire adressé par voie postale) n'a pas toujours permis de poser certaines questions cruciales. Les auteurs eux-mêmes en citent deux: le type de fenêtres équipant les pièces concernées et le mode d'utilisation de celles-ci, ainsi que les capacités auditives des répondants. De même, les auteurs ne discutent pas ce qui peut expliquer de telles différences entre les mesures de bruit faites au cours des 30 dernières années (11 à 16 dB le jour et 10 à 14 dB la nuit au-dessus des limites admises) et celles réalisées dans leur étude (7 et 6 dB au-dessus des limites

diurnes et nocturnes). De telles différences pourraient s'expliquer par une forte diminution des bruits à la source en dépit d'une augmentation vraisemblable du trafic.

## Exposition aux bruits aériens et routiers et santé mentale de l'enfant

### Analyse

L'objectif de cet article de *Stansfeld et al. (2009)* est d'examiner les relations pouvant exister entre l'exposition aux bruits des avions et du trafic routier et la santé mentale des enfants. On pense que les enfants peuvent être particulièrement vulnérables au bruit parce qu'ils ont moins de capacité que les adultes à anticiper et à s'adapter aux facteurs de stress. Un certain nombre de travaux (*Haines et al., 2001*) ont montré que l'exposition aux bruits des avions était liée à une externalisation des troubles psychologiques tels que l'hyperactivité<sup>(8)</sup>, plutôt qu'à une internalisation comme l'anxiété et la dépression. De plus, l'effet sur la qualité de vie a été essentiellement observé chez des enfants prématurés ou ayant un faible poids à la naissance.

Les auteurs ont utilisé le questionnaire « des forces et des difficultés » (Strengths and Difficulties Questionnaire) qui mesure les problèmes à la fois internalisés et externalisés par les enfants. C'est le formulaire appliqué aux parents (en principe la mère de famille) qui a été utilisé ici, car les enseignants n'avaient pas eux-mêmes le temps de répondre à ce questionnaire. Un score total est obtenu en s'appuyant sur des questions portant sur les symptômes émotionnels, les problèmes de comportement, l'hyperactivité et les relations avec l'entourage. L'étude a été présentée aux parents comme portant sur l'environnement et la santé en général sans mentionner explicitement le bruit. Les enfants ont été choisis dans des écoles se trouvant à proximité de trois grands aéroports européens (Londres, Amsterdam et Madrid). Dans chaque pays, les écoles sélectionnées l'ont été en fonction des niveaux de bruit observés, tant en ce qui concerne le bruit des avions que ceux du trafic routier. Ces niveaux ont été estimés par un niveau équivalent calculé sur la tranche 7h-23h. Un total de 2844 enfants répartis sur 89 écoles primaires a participé à l'étude et le taux de réponse des parents était de 80 %. Les résultats montrent qu'il n'y a pas d'effet des bruits d'avions ni des bruits de trafic routier sur la santé mentale globale des enfants évaluée par le questionnaire utilisé. Toutefois, les niveaux élevés de bruits des avions sont associés à des scores élevés de l'échelle d'hyperactivité, tandis que les niveaux élevés de bruits routiers sont associés aux scores les plus faibles de l'échelle des problèmes de comportement. Ce dernier résultat pose question car il est contraire à l'hypothèse qu'une forte perturbation due à l'exposition au bruit pourrait être liée à des difficultés psychologiques. Le premier résultat est moins surprenant et confirme des rapports antérieurs. Ainsi, l'enfant hyperactif serait plus facilement distrait par le bruit et celui des avions, intense, épisodique et difficilement prédictible, pourrait alors avoir un effet plus marqué que celui du trafic routier dont la signature est plus stable. Les auteurs font donc l'hypothèse que

## Effets du bruit sur le sommeil et effets de l'exposition au bruit sur la gêne exprimée ainsi que sur la santé mentale de l'enfant – Alain MUZET

les bruits des avions peuvent exacerber les difficultés des enfants qui y sont exposés et augmenter de ce fait les scores obtenus dans l'évaluation de l'hyperactivité de ces derniers.

### Commentaire

Cette étude, réalisée sur un grand nombre d'écoles et dans trois pays européens différents est fort bien documentée. Toutefois, certains points méthodologiques peuvent poser problème. Ainsi, l'administration du questionnaire aux parents des enfants peut entraîner un biais dans certaines des réponses et l'on peut regretter qu'une personne plus « extérieure » à la famille, un enseignant par exemple, n'ait pu être questionnée à la place des proches de l'enfant. De plus, et les auteurs le soulignent eux-mêmes, il n'y a aucun recueil des données acoustiques propres aux écoles concernées par l'étude.

### CONCLUSION GÉNÉRALE

Évaluer les perturbations du sommeil provoquées par le bruit est un objectif relativement courant. Il est moins fréquent d'analyser les capacités éveillantes d'un bruit. L'étude de **Bruck et al. (2009)** analysée ici aborde le problème de la perception d'un signal d'alarme sonore au cours du sommeil. Les ondes carrées de basse fréquence (400-520 Hz) ont donné les meilleurs résultats, mais les auteurs précisent par ailleurs que le signal utilisé doit être connu par l'utilisateur potentiel. L'article de **Graham et al. (2009)** aborde le problème de la perturbation de l'équilibre du système nerveux autonome induite par le bruit au cours du sommeil. Cette approche est intéressante et peu fréquemment utilisée par les chercheurs qui s'intéressent à ce domaine. Les résultats montrent que c'est le système parasympathique qui est affecté par la présence du bruit et plus précisément au cours de la deuxième moitié de la nuit. C'est aussi la période au cours de laquelle prédomine le sommeil paradoxal dont on connaît l'influence sur le niveau des régulations végétatives. Le troisième article de **Jakovljevic et al. (2009)** confirme des résultats antérieurs montrant que les niveaux de bruit mesurés sont excessifs en regard des niveaux admissibles, tout en apportant des données originales de par le lieu où elles ont été collectées, la ville de Belgrade. Là encore, on ne trouve pas de forte corrélation entre l'exposition au bruit et la gêne exprimée par la population. Par contre, on retrouve une relation entre l'exposition au bruit et la sensibilité individuelle ainsi que le niveau de stress ou encore la durée de l'exposition. Enfin, l'article de **Stansfeld et al. (2009)** montre qu'il existe une relation entre l'exposition au bruit chez les enfants, observée notamment sur le score obtenu dans l'évaluation de l'hyperactivité de ces derniers. Ce résultat est tout particulièrement intéressant car le syndrome d'hyperactivité infantile fait l'objet d'un nombre grandissant d'études; il affecte en effet un nombre non négligeable d'enfants scolarisés.

### Mots clés utilisés pour la recherche bibliographique

Environment, Health effects, Hearing loss, Noise, Noise exposure, Sleep disturbance.

### Publications analysées

**Bruck D, Ball M, Thomas I et al.** How does the pitch and pattern of a signal affect auditory arousal thresholds? *J. Sleep Res.* 2009; 18(2):196-203.

**Graham JM, Janssen SA, Vos H et al.** Habitual traffic noise at home reduces cardiac parasympathetic tone during sleep. *Int. J. Psychophysiol.* 2009; 72(2):179-86.

**Jakovljevic B, Paunovic K, Belojevic G.** Road-traffic noise and factors influencing noise annoyance in an urban population. *Environ. Int.* 2009; 35(3):552-6.

**Stansfeld SA, Clark C, Cameron RM et al.** Aircraft and road traffic noise exposure and children's mental health. *J. Environ. Psychol.* 2009; 29(2):203-7.

### Revue de la littérature

**Muzet A.** Insomnie due aux facteurs environnementaux. *Arch. Malad. Profession. Environ.* 2009; 70(3):300-5.

### Publications de référence

**Cruickshanks KJ, Wiley TL, Tweed TS et al.** Prevalence of hearing loss in older adults in Beaver Dam, Wisconsin. The Epidemiology of Hearing Loss Study. *Am. J. Epidemiol.* 1998; 148(9):879-86.

**Goodman R.** Psychometric properties of the strengths and difficulties questionnaire. *J. Am. Acad. Child Adolesc. Psychiatry.* 2001; 40(11):1337-45.

**Gula LJ, Krahn AD, Skanes AC et al.** Clinical relevance of arrhythmias during sleep: guidance for clinicians. *Heart.* 2004; 90(3):347-52.

**Haines MM, Stansfeld SA, Job RF et al.** Chronic aircraft noise exposure, stress responses, mental health and cognitive performance in school children. *Psychol. Med.* 2001; 31(2):265-77.

**Kryter KD.** Acoustical model and theory for predicting effects of environmental noise on people. *J. Acoust. Soc. Am.* 2009; 125(6):3707-21.

### Publications non sélectionnées

**Bosma KJ, Ranieri VM.** Filtering out the noise: evaluating the impact of noise and sound reduction strategies on sleep quality for ICU patients. *Crit. Care.* 2009; 13(3):151.

*Article de portée limitée car portant sur les conditions sonores en unités de soins intensifs.*

**Bruck D, Thomas IR.** Smoke alarms for sleeping adults who are hard-of-hearing: comparison of auditory, visual, and tactile signals. *Ear Hear.* 2009; 30(1):73-80.

*Article assez proche de l'article analysé n° 1 (mêmes auteurs).*

**Chang TY, Wang VS, Hwang BF et al.** Effects of co-exposure to noise and mixture of organic solvents on blood pressure. *J. Occup. Health.* 2009; 51(4):332-9.

*Interaction entre bruit et solvants et résultats contrastés.*

**Kishikawa K, Matsui T, Uchiyama I et al.** Noise sensitivity and subjective health: questionnaire study conducted along trunk roads in Kusatsu, Japan. *Noise Health.* 2009; 11(43):111-7.

*Étude réalisée par questionnaire sur un échantillon limité.*

**Kujala T, Brattico E.** Detrimental noise effects on brain's speech functions. *Biol. Psychol.* 2009; 81(3):135-43.

*Approche expérimentale très focalisée.*

**Murphy E, King EA, Rice HJ.** Estimating human exposure to transport noise in central Dublin, Ireland. *Environ. Int.* 2009; 35(2):298-302.

*Article portant sur un aspect proche de l'article analysé n° 3.*

**Muzet A.** Un sommeil perturbé: Les répercussions d'une exposition répétée au bruit ambiant. *Concours Med.* 2009; 131(7):229-31.

*L'auteur a rédigé la présente analyse.*

**Paunović K, Jakovljević B, Belojević G.** Predictors of noise annoyance in noisy and quiet urban streets. *Sci. Total Environ.* 2009; 407(12):3707-11.

*Article redondant avec la publication analysée n° 3.*

**Vogel I, Brug J, Van Der Ploeg CP et al.** Strategies for the prevention of MP3-induced hearing loss among adolescents: expert opinions from a Delphi study. *Pediatrics.* 2009; 123(5):1257-62.

*Étude fondée sur des opinions et des idées d'experts.*

**Xie H, Kang J, Mills GH.** Clinical review: The impact of noise on patients' sleep and the effectiveness of noise reduction strategies in intensive care units. *Crit. Care.* 2009; 13(2):208.

*Article de portée limitée car portant sur les conditions sonores en unités de soins intensifs.*

(5) Système nerveux autonome: encore appelé système nerveux végétatif. Il comprend les systèmes antagonistes sympathique et parasympathique qui innervent et régulent les organes fonctionnant de façon autonome.

(6) Actimètre: dispositif de la taille d'une montre placé généralement sur un membre et permettant de comptabiliser les mouvements de celui-ci dont l'accélération est supérieure à un seuil fixé d'avance. Les données sont stockées dans l'actimètre qui peut être porté en permanence pendant plusieurs jours voire semaines.

(7) Troubles ischémiques cardiaques: troubles de la circulation intracardiaque.

(8) Hyperactivité: l'enfant hyperactif a une activité motrice augmentée et souvent désordonnée. Il est souvent impulsif, peut être agressif et présente des troubles de l'attention.

## Lexique

- (1) Tonus sympathique ou para sympathique: niveau d'activité des systèmes sympathique ou para sympathique du système nerveux autonome. Ces deux systèmes ont généralement des actions antagonistes sur les organes qu'ils innervent.
- (2) Ondes carrées: signal sonore découpé de façon temporelle en une succession d'intervalles sonores et d'intervalles de silence.
- (3) Arythmie sinusale: variation de la fréquence cardiaque liée aux variations de la pression intra thoracique qui accompagne les mouvements respiratoires.
- (4) Barorécepteurs: récepteurs présents dans la paroi des artères et qui sont sensibles aux changements de la pression artérielle.