

COMMUNICATIONS

Éléments de pathologie « sonique » : **Le syndrome traumato-vibratoire expérimental**

PAR P. VALADE, P. BUGARD, E. COSTE et J. SALLE

Sous le nom de *syndrome traumato-vibratoire*, nous avons décrit l'ensemble des troubles *spécifiques* et *non spécifiques*, qui frappent le personnel de l'aéronautique et de l'aviation soumis pendant des temps prolongés à l'action de bruits et de vibrations intenses et tout spécialement les *metteurs au point* de moteurs et de *réacteurs* d'aviation au banc d'essai.

Les troubles spécifiques sont constitués par des surdités d'évolution assez lente correspondant à des lésions de l'oreille moyenne et de l'oreille interne.

Les troubles non spécifiques se manifestent sous la forme d'un syndrome de fatigue, portant sur le système nerveux (irritabilité, dépression, anxiété) et sur l'activité générale (asthénie). Ces troubles sont d'apparition précoce, mais sont en général, bénins, ils s'atténuent avec l'adaptation du sujet, mais ils peuvent cependant réapparaître dans la suite.

L'interprétation de ces troubles généraux est délicate : l'examen des grandes fonctions, les divers tests d'exploration cortico-surrénale (en particulier le test de Thorn) attirent l'attention sur le couple hypophyso-surrénalien.

Aussi bien est-ce dans le but d'éclairer l'étiologie et la pathogénie du syndrome traumato-vibratoire de l'homme qu'il nous a paru intéressant d'étudier chez l'animal, d'une part, les *troubles mortels* dus à des sources ultra-sonores de 160 db ou plus, d'autre part, les *troubles en rapport avec des sons ou des ultra-sons aériens pour des niveaux intermédiaires entre 130 db (seuil maximum douloureux pour l'oreille humaine) et 150 db, seuil au-dessus duquel apparaissent les lésions rapidement mortelles chez l'animal.*

Nos recherches ont porté sur 38 lapins, 12 cobayes et 8 chiens.

Nous avons étudié :

1. l'action de la sirène de Pimonow, pour un niveau sonore de 160 db;

2. l'action de bruits réels de *pulso-réacteurs*, de *moteurs à piston* et de *turbo-réacteurs*, avec des niveaux sonores de 130 à 140 db. Ces bruits ont agi pendant 1 à 6 heures, en moyenne pendant 4 heures;

3. l'action d'ultra-sons émis par un sifflet de Hartmann, d'environ 130 db et de 25 ou 55 kc/s.

Du point de vue de leur action traumatisante, on peut classer les divers agents employés, de la manière suivante, par ordre d'intensité décroissante et à égalité de temps d'action :

- sirène de Pimonow de 25 kc/s et de 160 db,
- bruits de pulso-réacteurs,
- bruits de turbo-réacteurs,
- ultra-sons de 25 kc/s (sifflet de Hartmann),
- ultra-sons de 55 kc/s (sifflet de Hartmann).

Hormis les cas mortels observés sur les animaux soumis à l'action de la sirène de Pimonow, les bruits et ultra-sons n'ont, d'une manière générale, suscité sur les animaux d'expérience que des troubles légers ne dépassant pas les *limites des réactions physiologiques*.

Les examens ont porté sur :

1. La symptomatologie;
2. La numération des hématies et des leucocytes;
3. La numération des éosinophiles;
4. La formule leucocytaire;
5. La glycémie;
6. Le dosage des 17 cétostéroïdes urinaires chez le lapin au cours des 48 heures qui suivent l'action du bruit;
7. L'électro-encéphalographie chez le lapin pendant et après le bruit;
8. Enfin, une étude histologique portant :
 - a) sur tous les organes, pour les sujets ayant succombé à l'action de la sirène de Pimonow,
 - b) sur les glandes endocrines (hypophyse, thyroïde, surrénale), le thymus, la rate et les ganglions lymphatiques, les centres nerveux pour les animaux soumis à une action sonique ou ultra-sonique modérée.

1. Symptomatologie

Il convient de distinguer deux cas, suivant que l'action est exercée :

- a) par la sirène de Pimonow.
- b) par des sources d'intensité moindre.

A) SIRÈNE DE PIMONOW

Dès les premières secondes, les animaux (lapins) manifestent une vive agitation; ils effectuent des bonds désordonnés, ébauchent des mouvements convulsifs, bientôt surgit une *parésie* des membres, très nette, qui semble correspondre à des lésions irréversibles, l'animal étant, à partir de ce moment, voué à la mort.

L'évolution varie suivant la distance à laquelle sont placés les animaux :

A 20 et 30 centimètres de la sirène (160 db), l'évolution est extrêmement *rapide* et aboutit à *la mort* entre 4 à 10 minutes. Il n'est pas rare d'observer des brûlures superficielles.

Le phénomène le plus remarquable est l'*élévation considérable de la température du corps* : voici quelques chiffres (la température rectale étant prise *immédiatement* après la mort) : 44° 7, 45° 6, 45° 5, 44° 7.

B) SOURCES SONIQUES D'INTENSITÉ MOINDRE

Dès les premières minutes de l'exposition, les animaux cherchent à se soustraire à l'action des bruits et ultra-sons : les chiens se couchent et se couvrent les oreilles avec leurs pattes, les lapins et les cobayes se mettent en boule. L'attitude de l'animal après l'exposition aux sons dépend de l'intensité sonique.

Après 1 à 6 heures de réacteur ou de moteur à piston, les animaux présentent de la surdité et manifestent un certain degré d'abattement; ils reprennent leur comportement normal en 2 ou 3 heures. Jamais il n'a été observé de troubles nerveux.

Après action du bruit du pulso-réacteur pendant 6 heures, l'abattement est très marqué. Dans un cas, on a observé un petit hématome sous-péritonéal du côté exposé au bruit.

Enfin, après 100 heures d'ultra-sons, à raison de 4 heures par jour, l'habitus extérieur de l'animal reste normal : il n'y a aucune perte de poids.

2. Numération des hématies et des leucocytes

Dans la majorité des cas, le nombre des hématies ne s'est pas modifié après l'action des divers traumatismes acoustiques (moteurs et réacteurs — sifflet de Hartmann).

Plus rarement, on a noté chez le chien et le lapin, après la fin du bruit d'un moteur à piston ayant duré 6 heures, une augmentation sensible du nombre des hématies, des leucocytes et des éosinophiles, qui paraît en rapport avec une hémocentration.

Dans l'ensemble, l'action traumato-vibratoire s'accompagne d'une *augmentation du nombre absolu des leucocytes* après la cessation du bruit.

3. Numération des éosinophiles

La numération absolue des éosinophiles du sang circulant donne des valeurs très augmentées chez le chien et le lapin immédiatement après des bruits ou ultra-sons de 130 db, ayant duré en moyenne 4 heures. On observe des augmentations de 2 à 8 fois par rapport au chiffre initial.

Les éosinophiles diminuent ensuite d'une manière systématique, 4 heures après la fin du bruit. Cette diminution est de 50 à 100 pour cent, c'est-à-dire que dans un nombre important de cas, on ne trouve plus d'éosinophiles dans le sang artériel ou veineux circulant et que, dans tous les cas, ils sont très diminués.

L'*éosinopénie*, 4 heures après la fin du bruit, paraît donc un *signe très constant* de l'action traumato-vibratoire.

4. Formule leucocytaire

L'action traumato-vibratoire paraît s'accompagner d'une *polynucléose neutrophile* avec *éosinopénie* et *lymphopénie*, 4 heures après la fin du bruit.

L'*éosinopénie* est précédée d'une augmentation considérable et transitoire du nombre des éosinophiles.

La neutrophilie, l'*éosinopénie* et la *lymphopénie* de la quatrième heure ont d'ailleurs été observés sous l'action de divers agents physiques.

5. Glycémie

La *glycémie* semble augmenter légèrement pendant le bruit, et diminuer 4 heures après la fin du bruit.

6. Élimination urinaire des 17 cétostéroïdes

L'élimination urinaire des 17 cétostéroïdes paraît diminuer chez le lapin dans les 48 heures qui suivent la fin de bruits prolongés.

7. Electro-encéphalographie chez le lapin

L'électro-encéphalographie montre chez le lapin des réactions émotives au cours des premières minutes du bruit, suivies d'un pincement des amplitudes des tracés avec les ultra-sons de 25 kc/s.

Les altérations sont plus importantes et plus durables avec les réacteurs : on observe une hyperactivité corticale avec bouffées d'ondes lentes et de grande amplitude.

8. Etude histologique

A) LÉSIONS PROVOQUÉES PAR LA SIRÈNE DE PIMONOW

Nous étudierons les lésions :

- du poumon, du foie et des reins,
- de la surrénale,
- du myocarde.

Sur le poumon, on observe de la *congestion* et de l'*œdème*; sur le foie et les reins, les lésions sont également d'ordre congestif.

La *cortico-surrénale* paraît peu altérée; en revanche, sur la *médullo-surrénale*, on note une véritable « fonte » cellulaire des cordons épithéliaux de la glande.

Sur la *fibre myocardique* la double striation apparaît confuse, le sarcoplasme a un aspect trouble, parfois légèrement vitreux donnant nettement l'impression d'une *coagulation* des protéines du sarcoplasme.

Cette lésion nous paraît être en relation avec l'hyperthermie considérable provoquée par la sirène de Pimonow. Les travaux de Claude BERNARD ont établi que l'élévation de la température entre 43° et 45° chez les mammifères aboutissait à la mort par arrêt du cœur (« rigidité » du cœur) dont l'éminent physiologiste faisait remonter la cause à une coagulation de la myosine. La lésion histo-pathologique que nous avons observée apporterait une preuve à cette manière de voir.

B) HISTOLOGIE CORRESPONDANT AUX SOURCES SONORES
D'INTENSITÉ MOINDRE

L'étude histologique décèle d'intéressantes particularités d'un caractère *constant* portant sur :

- la thyroïde,
- la cortico-surrénale,
- la glande hypophysaire et le couple *hypothalamo-hypophysaire*.

Ces trois glandes manifestent une hyperactivité très nette :

1° sur la *thyroïde*, la colloïde est rétractée, faiblement colorée, encochée par de nombreuses lacunes de résorption au voisinage de l'épithélium vésiculaire, lequel est constitué par de hautes cellules en pleine activité;

2° l'activité de la cortico-surrénale s'est toujours montrée grande, parfois intense, elle est caractérisée par une *surcharge lipidique de la zone fasciculée*, remarquablement révélée par les colorants spécifiques des lipides : Soudan III, noir Soudane B (soudanophilie);

3° sur le lobe antérieur de la glande hypophysaire, on observe une *augmentation très sensible des cellules éosinophiles* par rapport aux cellules principales ou chromophobes.

Bien que l'incertitude règne encore sur la destination histophysiological exacte des divers éléments cellulaires qui composent le lobe antérieur de la glande hypophysaire, on admet généralement que les granulations éosinophiles des cellules *représentent une réserve sécrétoire hormonale ou pré-hormonale*, les cellules chromophobes ne seraient que des cellules éosinophiles qui ne seraient déchargées de leurs granulations dans les sinusoides sanguins.

Le couple *hypothalamo-hypophysaire* manifeste son activité :

a) Par la présence de nombreuses flaques de « colloïde » dans la pars nervosa et dans le tissu neuro-glial des parois infundibulaires (neurocrinie directe) (fig. 1).

b) Par le passage de gouttelettes de colloïde à l'intérieur des capillaires (hémoneurocrinie) (fig. 2).

c) Enfin, dans le noyau ventral du tuber cinereum, on peut voir des gouttelettes de colloïde au contact direct des neurones (fig. 3 et 4).

Les neurones eux-mêmes sont chargés de granulations et

entrent en contact intime avec les nombreux capillaires dont est richement pourvu le noyau tubérien.

Tous ces aspects rentrent dans le cadre des phénomènes de *neurocrinie* et de *neuricrinie* mis en évidence par les beaux travaux de R. COLLIN, de ROUSSY et MOSINGER et par ceux récents de SCHARER, BARGMANN, HANSTRÖM, ROMIEU et STAHL. Ils sont les témoins histologiques de la mise en jeu par le stimulus sonique de ces *liaisons neuro-hormonales* qui constituent un processus réactionnel d'ordre général.

Les ganglions lymphatiques restent normaux.

Le thymus paraît en involution.

Les glandes sexuelles ne présentent pas d'altérations.

Encéphale. — Quelques particularités intéressantes ont été observées qui méritent d'être signalées.

Sur deux lapins ayant été soumis, l'un à 1 h. 45 de pulso-réacteur, l'autre à 45 minutes de turbo-réacteur, il existe une *réaction œdémateuse* modérée de l'écorce cérébrale (plus accentuée pour le pulso-réacteur). Cette réaction siège principalement sur les régions frontale, pariétale et occipitale.

Nous pensons qu'il s'agit là de modifications *réversibles*, mais il est intéressant de noter qu'elles coïncidaient, pour les deux lapins en question, à des *électro-encéphalogrammes perturbés*. En revanche, un lapin soumis à 45 minutes de turbo-réacteur qui a donné un électro-encéphalogramme normal, *ne présentait aucune altération de l'encéphale*.

En résumé, si l'on excepte les graves lésions mortelles de la sirène de Pimonow, *tous les aspects histologiques observés ne revêtent pas un caractère pathologique et ne dépassent pas les limites d'une hyperactivité physiologique*.

Réactions d'animaux témoins traités par divers agents pharmacologiques

Il nous a paru intéressant de tenter un blocage des fibres nerveuses ou des synapses sur des animaux témoins, à l'aide de divers agents pharmacodynamiques. Nous avons utilisé :

Le Diparcol (parasymphicolytique);

Le 4560 (sympathicolytique, ganglioplégique, ayant également une action sur le diencéphale);

Le Phénergan (antihistaminique).

Les animaux ainsi traités ont présenté des réactions biologiques et hématologiques un peu moins prononcées, les tracés

encéphalographiques étaient un peu moins altérés, mais, dans l'ensemble, ces agents se sont montrés peu efficaces et n'ont paru protéger que *faiblement* les animaux contre l'action sonique.

*
* *

En conclusion, toutes ces recherches expérimentales valent d'être prises en considération, elles constituent les premiers éléments d'une chapitre nouveau de la Pathologie en démontrant les troubles auxquels se trouve exposé l'homme, par suite de l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des bruits que la vie moderne entraîne à sa suite : c'est la rançon d'un progrès — ou soi-disant tel — qui pousse l'homme à une frénésie de mécanisation et de vitesse trop souvent au détriment de son équilibre vital.

(Travail du Laboratoire central de l'artillerie navale, du Laboratoire de physiologie du centre d'études du Bouchet, de la Société nationale d'études et de construction de moteurs d'aviation, du Laboratoire du Docteur Albeaux-Fernet et du Laboratoire de physiologie générale de la Sorbonne.)

BIBLIOGRAPHIE

- VON GIERKE (H.-E.). — *J. Acoust. Soc. Amer.*, 21-33, 1949.
- BUGARD (P.), TOMATIS. et SOUVRAS (P.). — *Médecine Aéronautique*, 1952 (sous presse).
- DAY, FLETCHER, NAIMARK et MOSHER. — *J. Aviat. Méd.* Vol. 22, n° 4, août 1951, p. 316.
- ALLEN (C.-H.), RUDNICK (I.). — *J. Acoust. Soc. Amer.* Vol. 19, n° 5, 1947.
- GROGNOT (P.). — *Ann. Télécommunications*, t. 6, n° 11, novembre 1951.
- PIMONOW (L.). — *Ann. Télécommunications*, t. 6, janvier 1951, t. 6, n° 2, novembre 1951.
- ELREDGE (D.-H.), PARRACK (H.-O.). — *U.S. Army Forces Med. J.*, Vol. 1, n° 4, avril 1950, p. 449.
- KIMELDORF (D.-J.). — *Endocrinology*, 1948, vol. 48-83.
- COLLIN (R.). — *L'hypophyse*. G. Thomas, Editeur, Nancy, 1933, 326 pages.
- ROUSSY (G.) et MOSINGER (M.). — *Traité de neuro-endocrinologie*. Masson. Editeur, Paris, 1946, 1.106 pages.



FIG. 1. — Chien — 6 heures de moteur à piston — Hypophyse : nombreuses plaques de « colloïde » dans le lobe nerveux et dans la tige pituitaire près de l'infundibulum (Trichrome Masson).

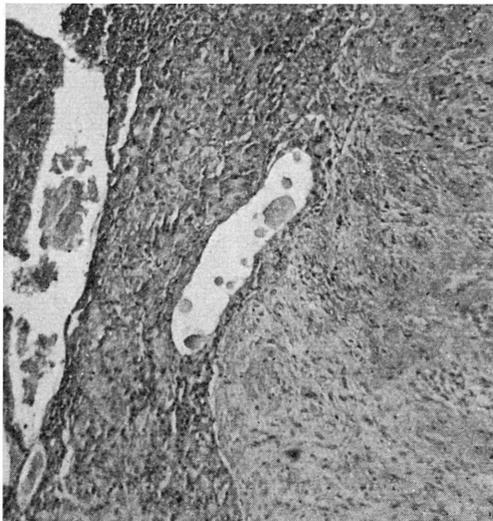


FIG. 2. — Lapin — Sirène de Pimonow. Hypophyse. Hémoneurocrinie « colloïde » dans un capillaire à la limite du lobe intermédiaire et du lobe nerveux.

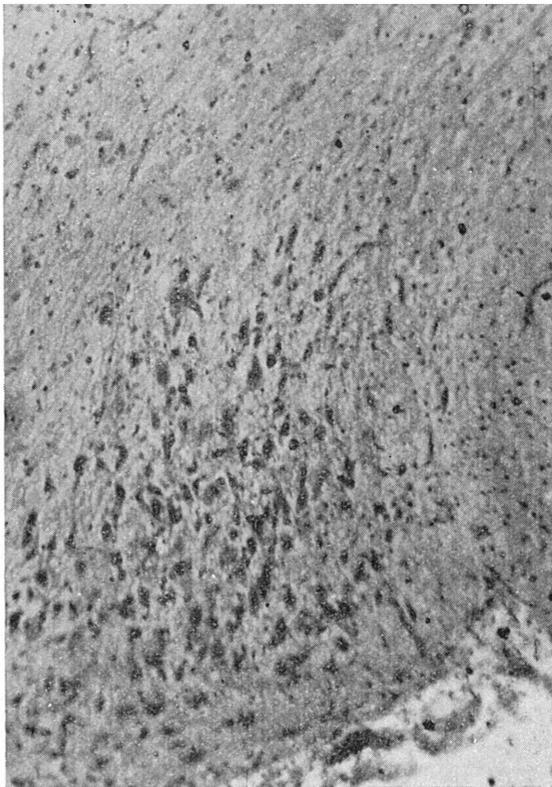


FIG. 3. — Chien. 18 heures après 6 heures de moteur à piston.
Noyau ventral du tuber en entier. Nombreuses gouttelettes de colloïde.

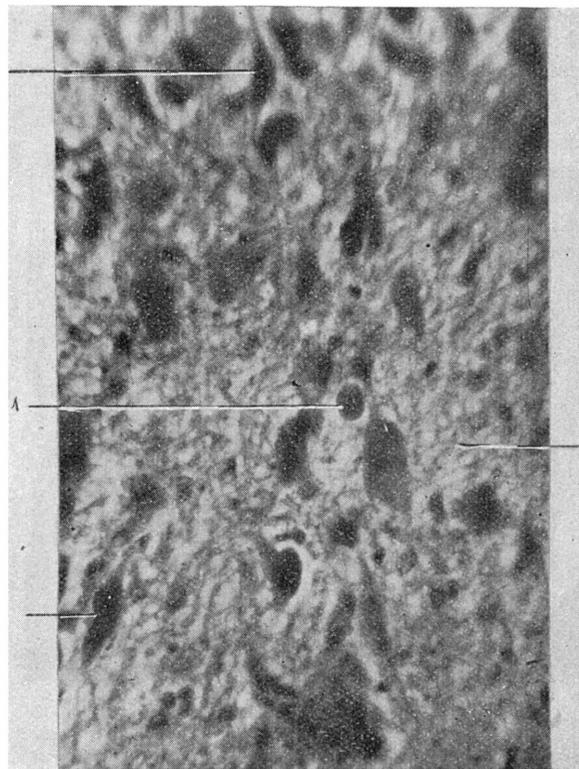


FIG. 4. — Même chien. Même préparation au fort grossissement;
grosse gouttelette de colloïde au voisinage d'un neurone (1).