



**MASSEY
UNIVERSITY**

TE KUNENGA KI PŪREHUOA

UNIVERSITY OF NEW ZEALAND



UNIVERSIDADE
LUSÓFONA

Infrasons & Bruit Basse Fréquence : Un cauchemard pour la santé publique

**Mariana Alves-Pereira, Bruce Rapley,
Huub Bakker, Rachel Summer**

Saint Germain de Modeon, 18 Novembre 2018

ATKINSON & RAPLEY

C O N S U L T I N G

Declaration

Nous:

- ***Ne sommes pas anti technologie;***
- ***Considérons les activités industrielles importantes pour les sociétés modernes;***
- ***Les menons seulement dans un objectif de recherche scientifique;***
- ***Ne menons pas de vendetta contre les industries en général.***

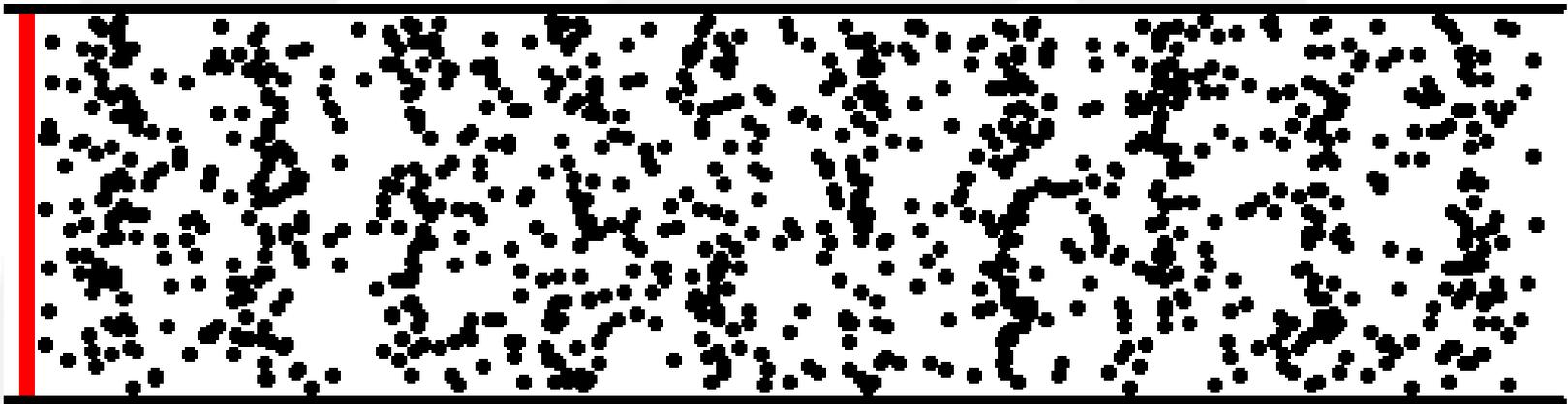
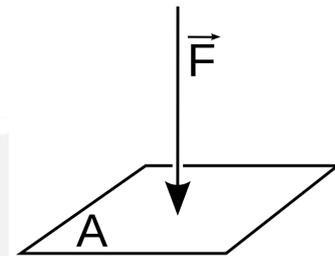
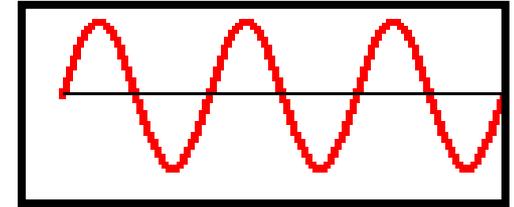
Historique

- 1980 – Début des études dans l'Armée de l'air Portugaise*
- 1987 – Autopsie d'un technicien aéronautique*
- 1992 – Début des études en laboratoire sur des animaux*
- 1999 – Définition clinique des étapes de la maladie vibroacoustique*
- 2000 – Premières plaintes de particuliers contre des bruits basse fréquence*
- 2007 – Premières études sur une maison proche d'éoliennes au Portugal*
- 2016 – Nouvel appareil de mesures de bruit basse fréquence*

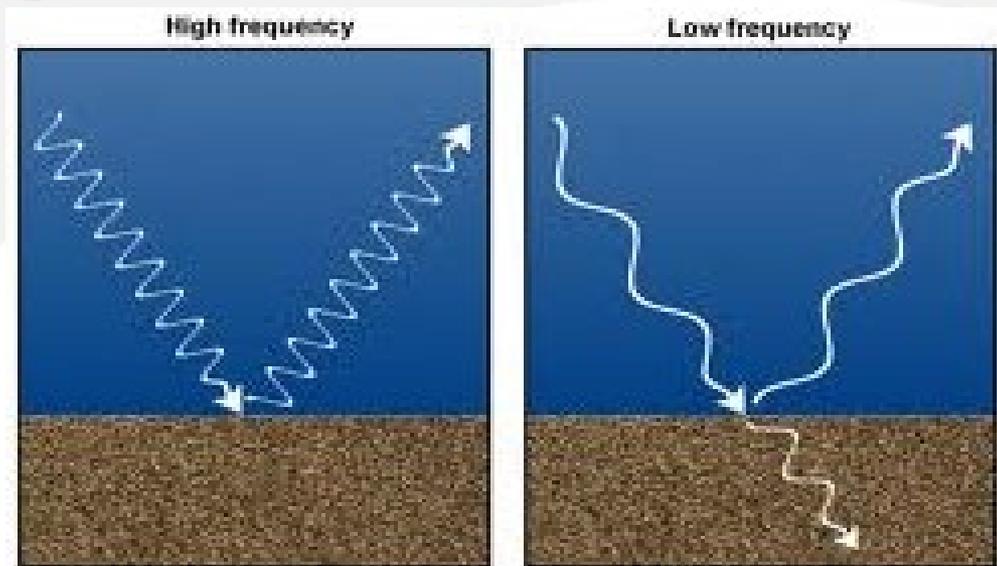
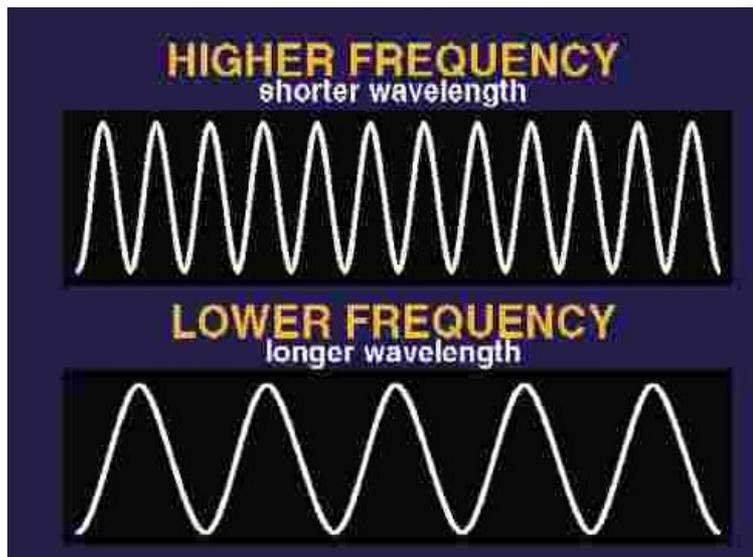
Agent de la Maladie

Ondes de pression aériennes:

- *Pression = Force par Surface*
- *Contenu fréquentiel variant dans le temps*
- *Amplitude variant dans le temps*
- *Doses variables dans le temps (années)*
- *OMS: Bruit = Forces Mécaniques Inanimées (ICD-10)*



Fréquence

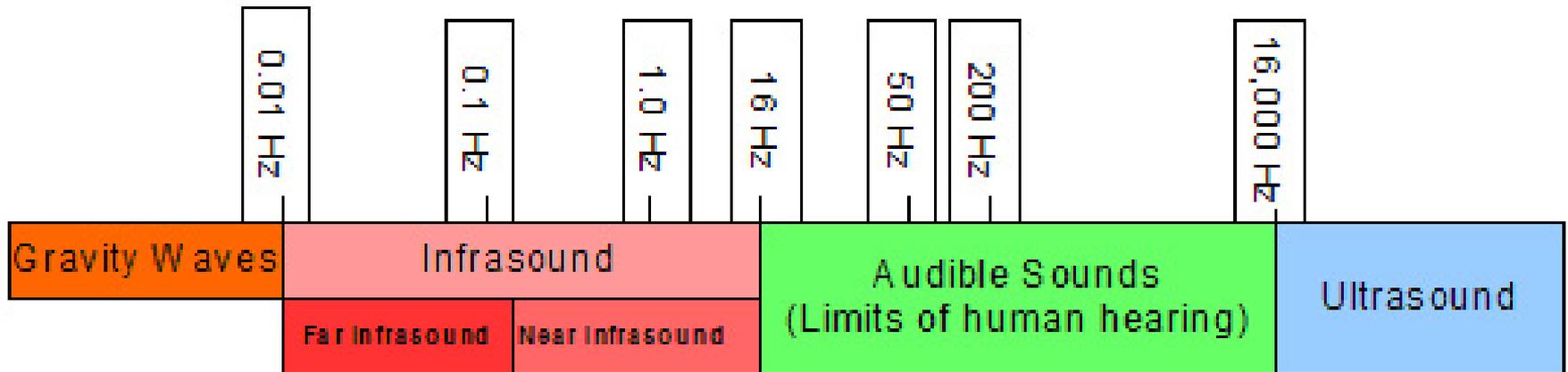
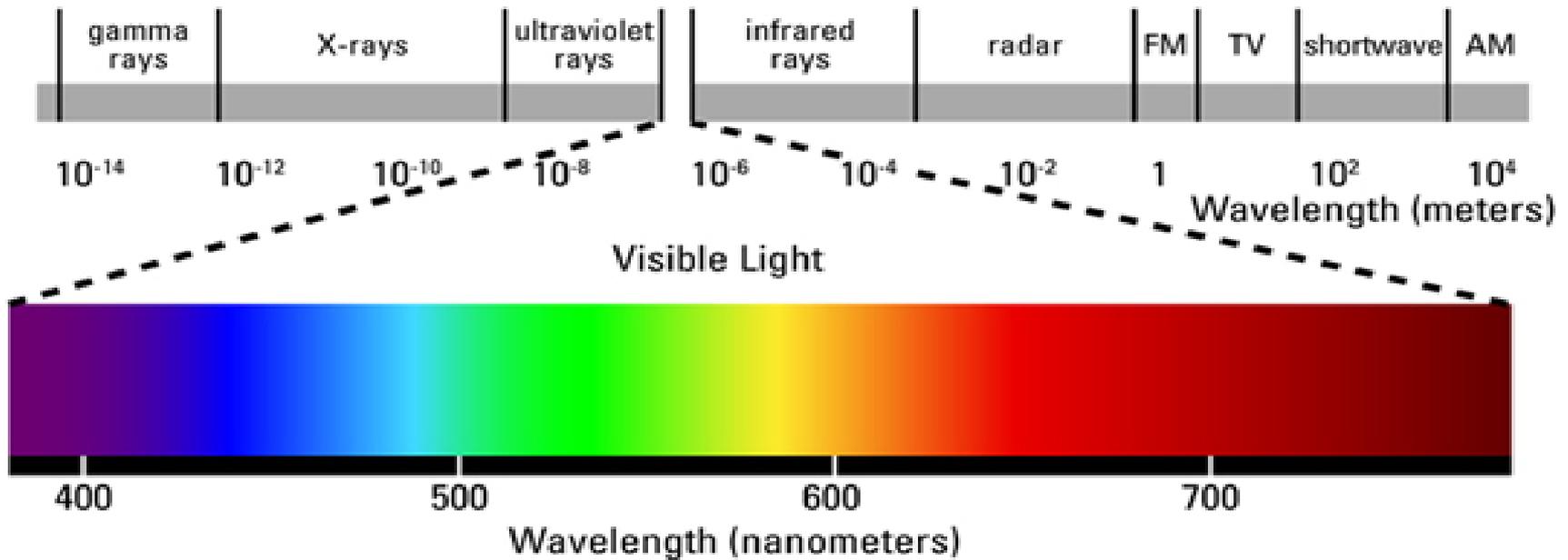


Longueur d'onde de sons aériens de:

<u>3000 Hz</u>	=>	0.11 m
<u>500 Hz</u>	=>	0.68 m
<u>100 Hz</u>	=>	3.43 m
<u>20 Hz</u>	=>	17.1 m

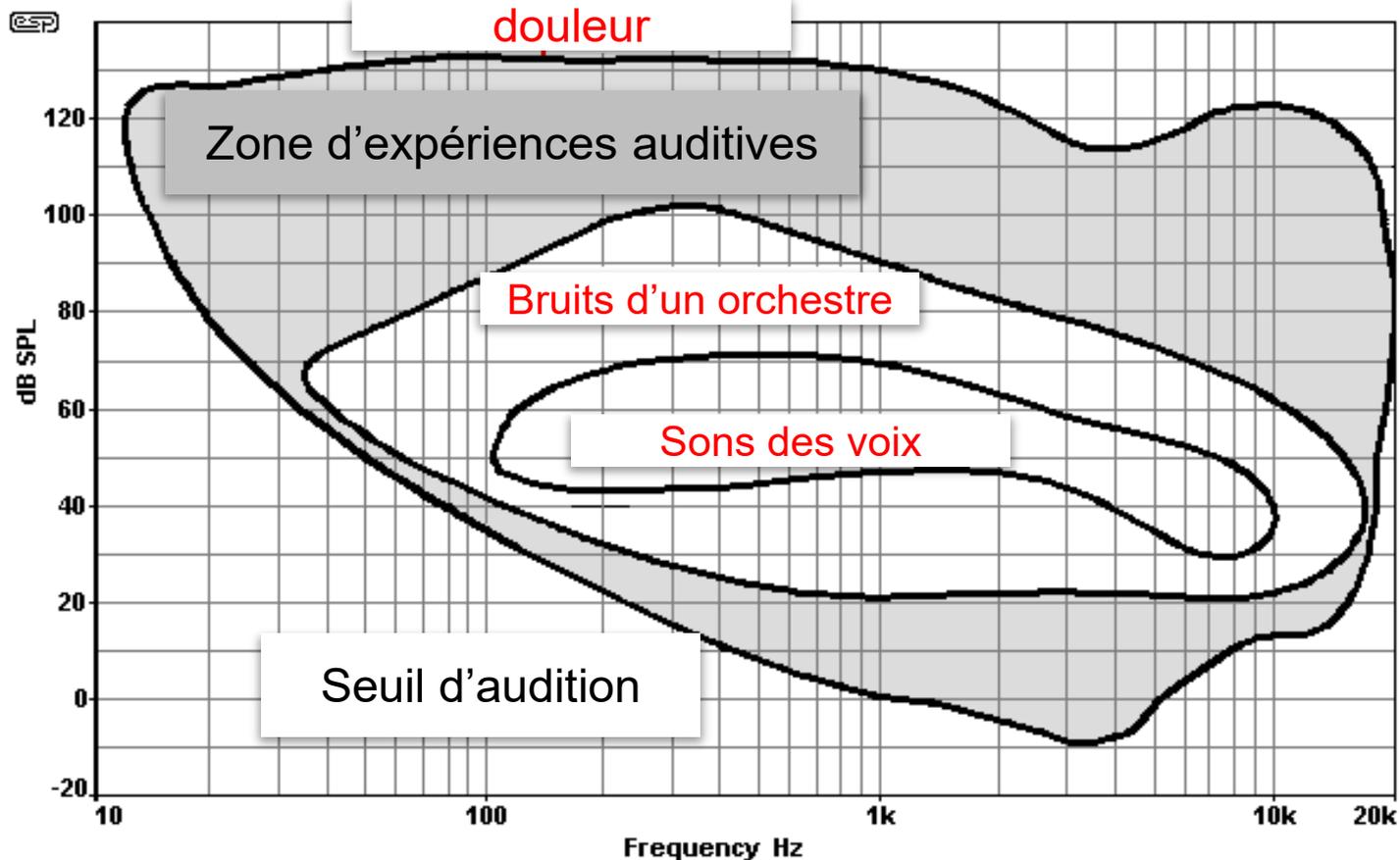
La perte auditive professionnelle est définie à 4000 Hz.
Le bébé humain pleure à environ 3500 Hz.

Rayonnement vs. Acoustiques



Amplitude

Les combinaisons (non-linéaire) de niveau d'amplitude et de valeur de fréquence déterminent si une onde de pression dans l'air est perçue comme "son"... ou non.



Historique



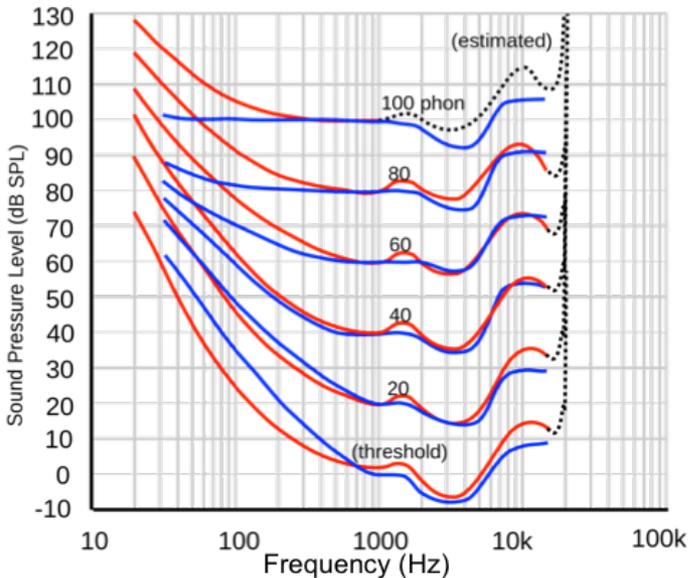
Harvey Fletcher
(1884-1981)



Mesure de Bruit
1932



Sonomètre Moderne

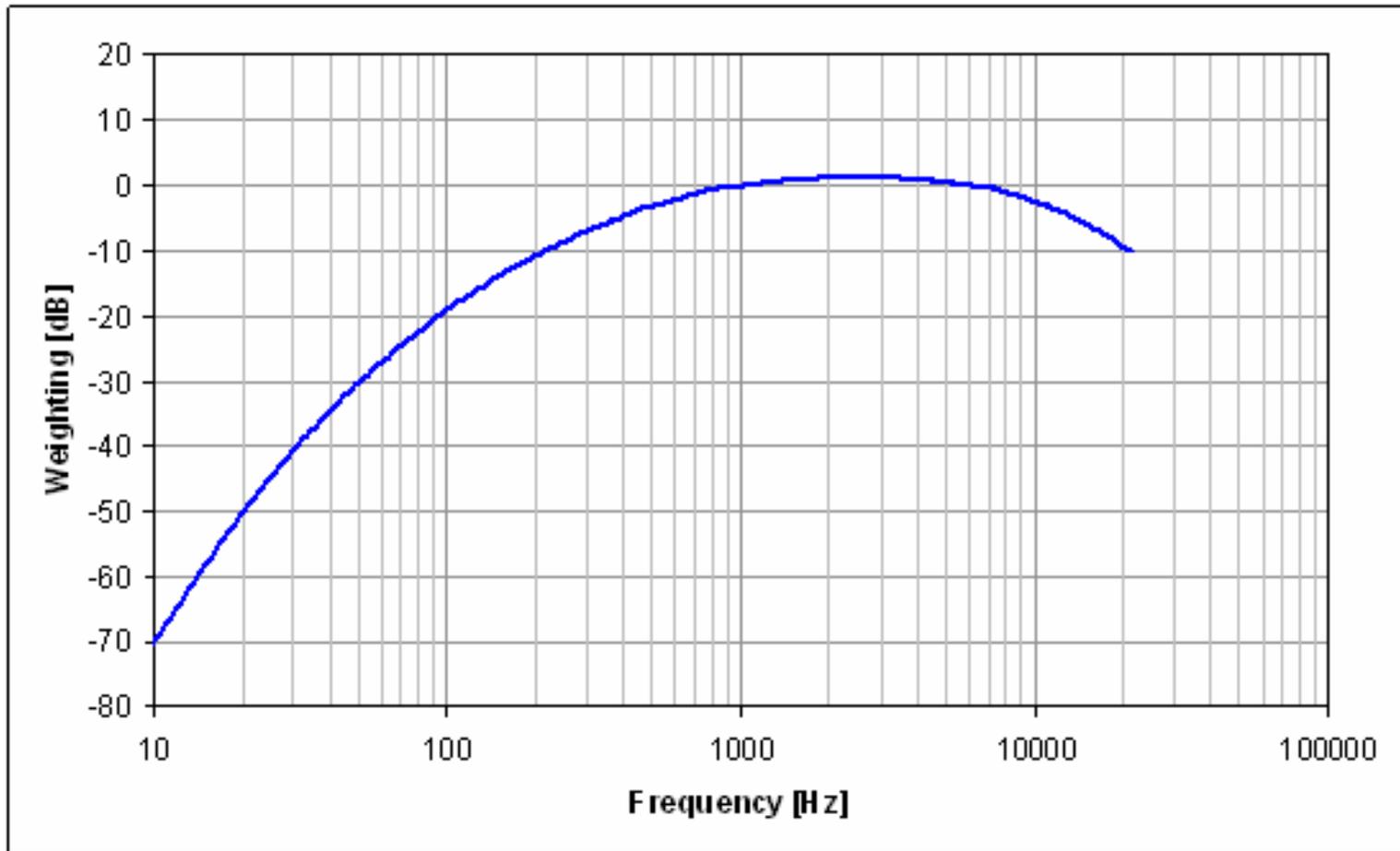


Courbe
Isosonique de
Fletcher-Munson

1920

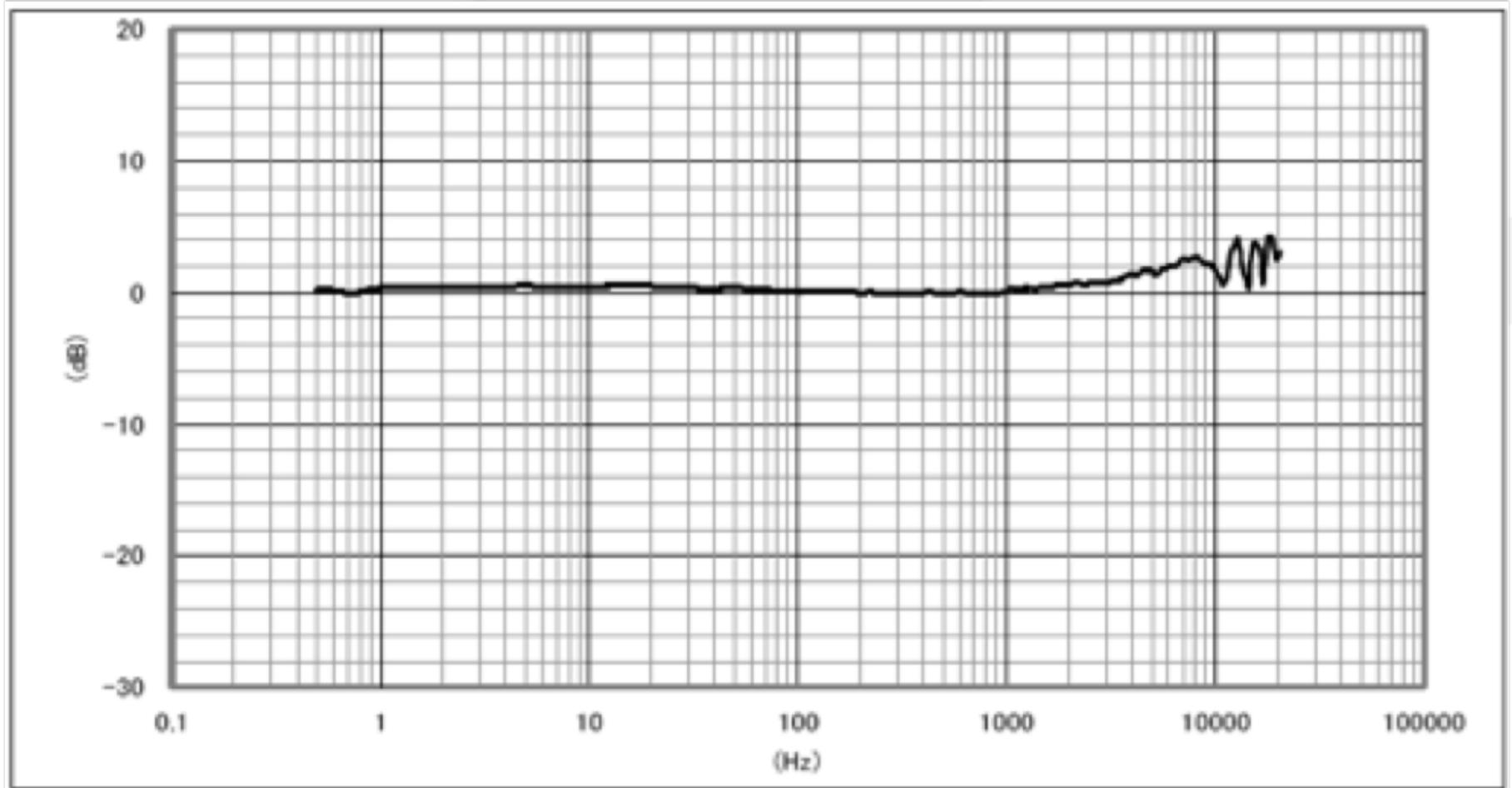
- Étude sur 23 hommes en bonne santé
- Avec une bonne audition (*présumée*)
- Exposés a des séries de différents sons de tonalités unitaires, à différentes amplitude
- À qui l'on demande de classer les sons par amplitudes identiques.

Le dBA

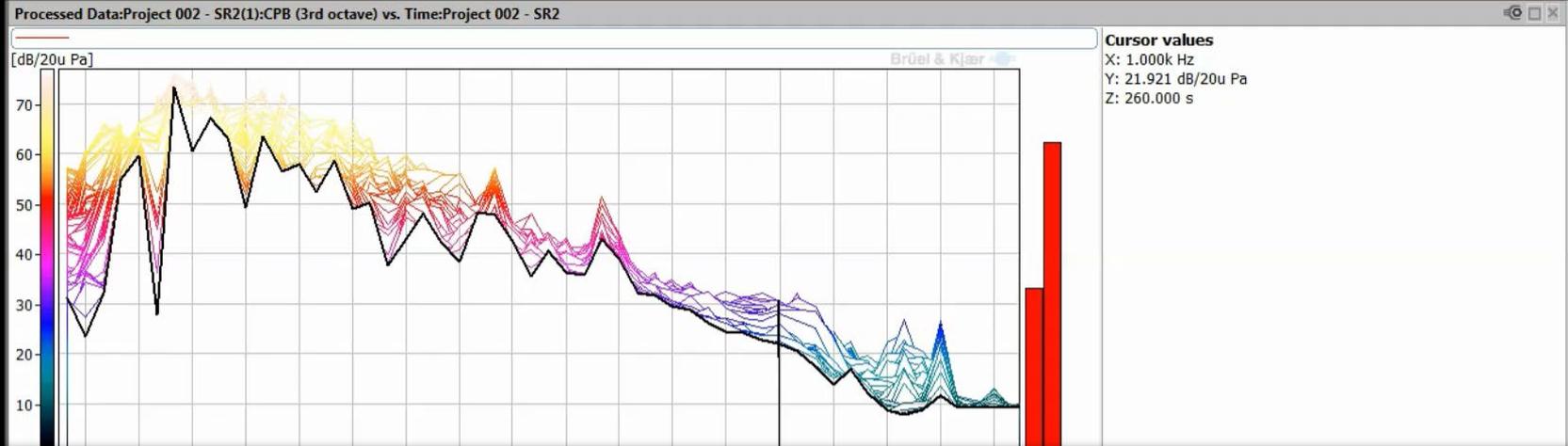


Conçu spécifiquement (il y a des décennies) pour protéger la fonction auditive humaine.

Le dB Linéaire



Visualisation d'un environnement acoustique



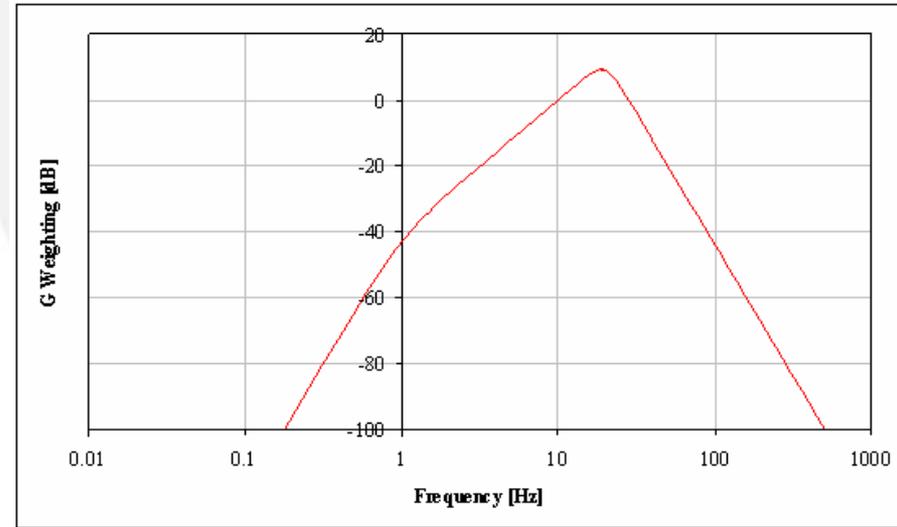
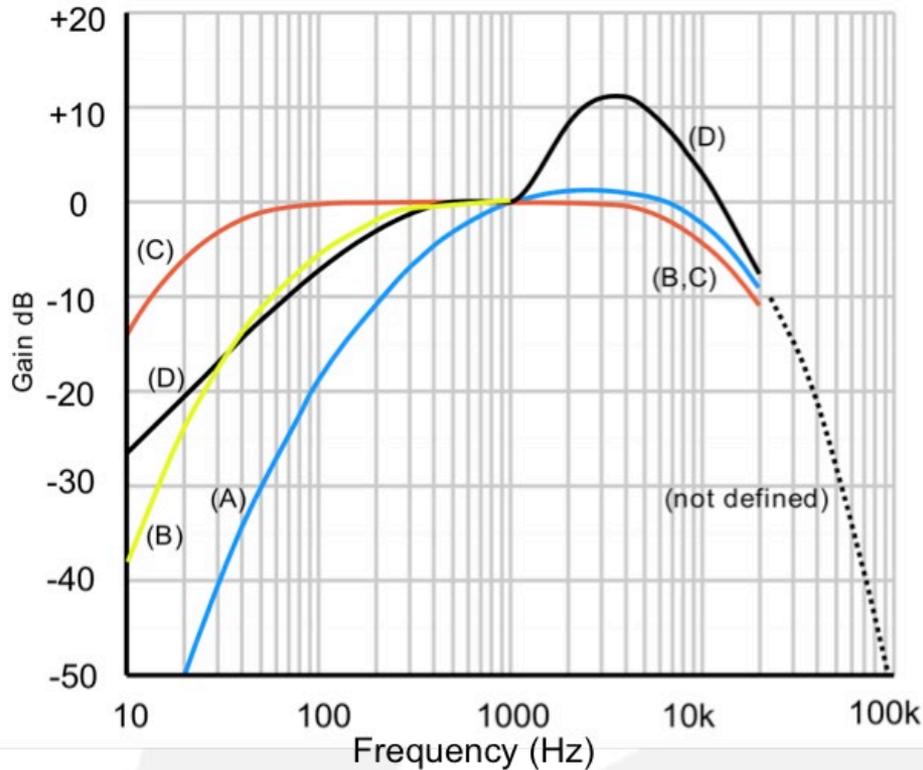
(Parc de Éoliennes en Australie, par Steven Cooper)

- dBA: ne dépasse jamais les 40 dBA
- dB Linéaire: variations réelles de l'environnement acoustique

Cet environnement acoustique est dynamique.

Le dBA ne représente pas correctement le son auquel on est exposé.

Autres dB



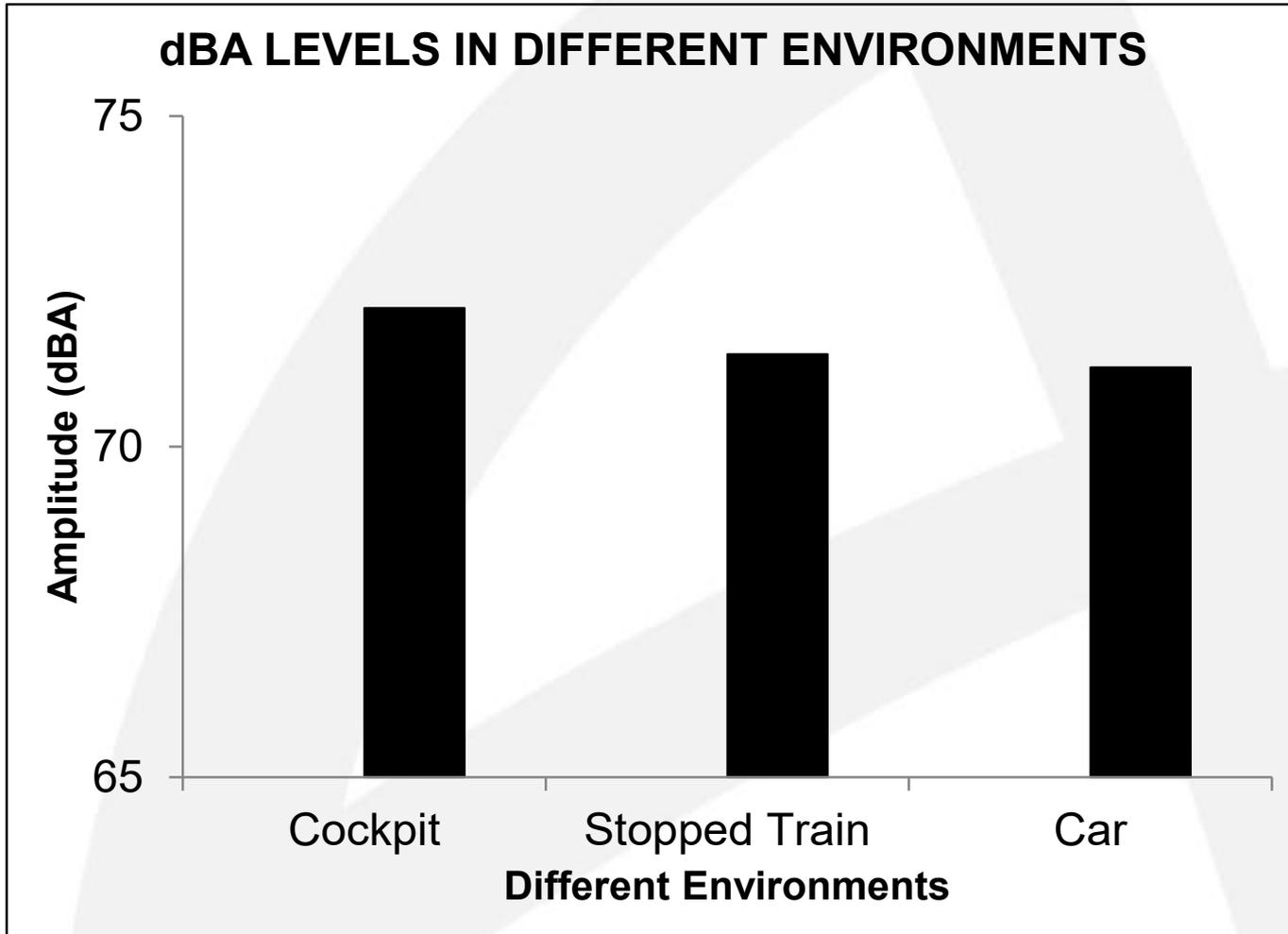
dBG

dBA - bleu
dBB - jaune
dBC - rouge
dBD - noise

Notre groupe de scientifiques préfère les **dB Lineaires**

Pas de ponderation!

dBA vs. dBLinéaire



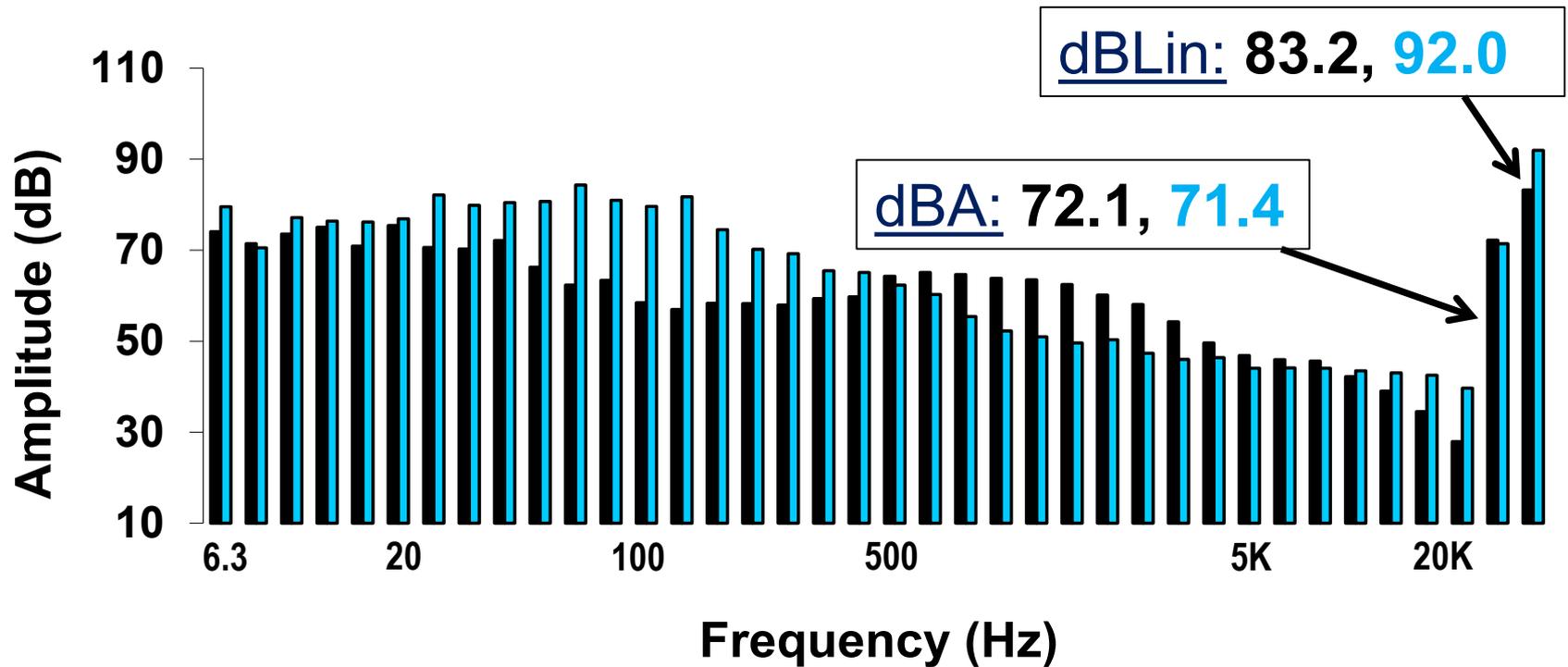
Cockpit:
72.1 dBA

Train à l'arrêt:
71.4 dBA

Voiture:
71.2 dBA

Des dBA similaires mais des environnements acoustiques différents

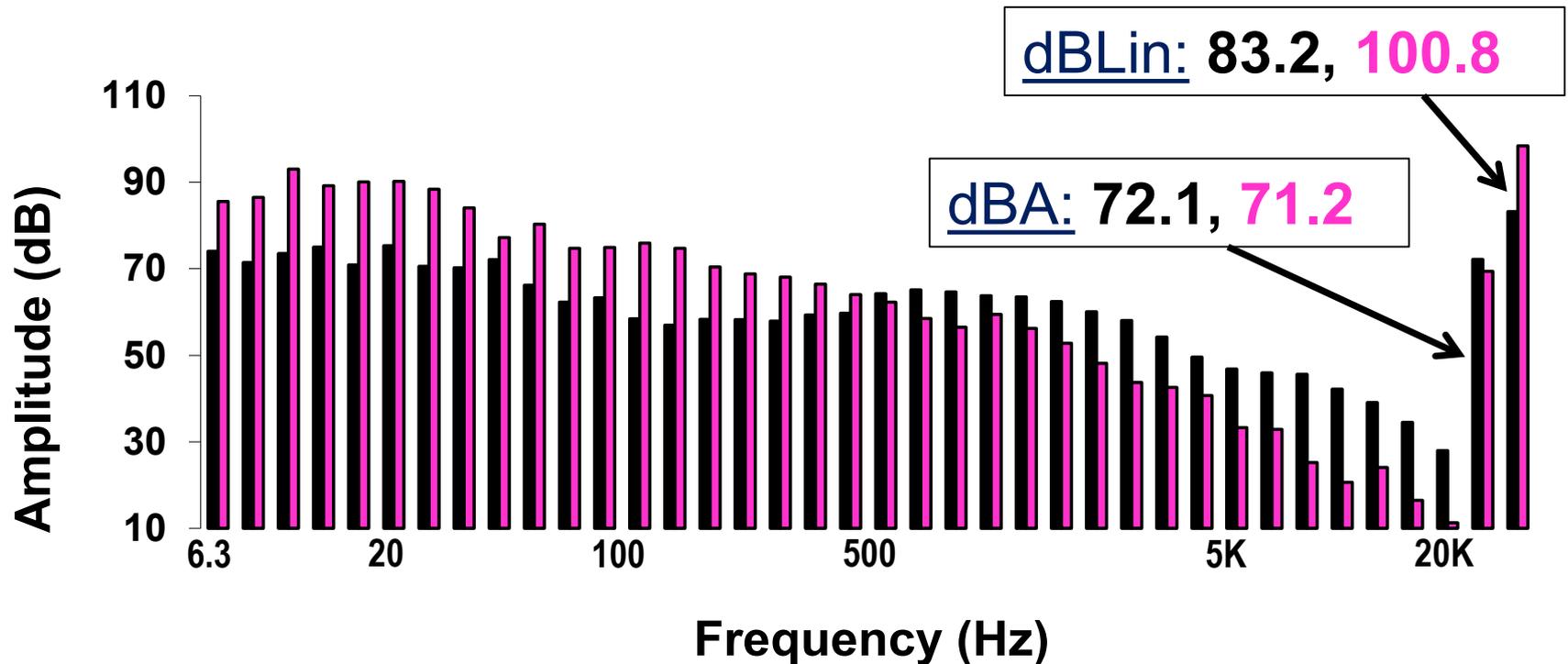
Cockpit vs. Train à l'arrêt



L'humain entend 72.1 dans le cockpit et 71.4 dans le train à l'arrêt.
L'humain est exposé à 83.2 dans le cockpit et 92.0 dans le train.

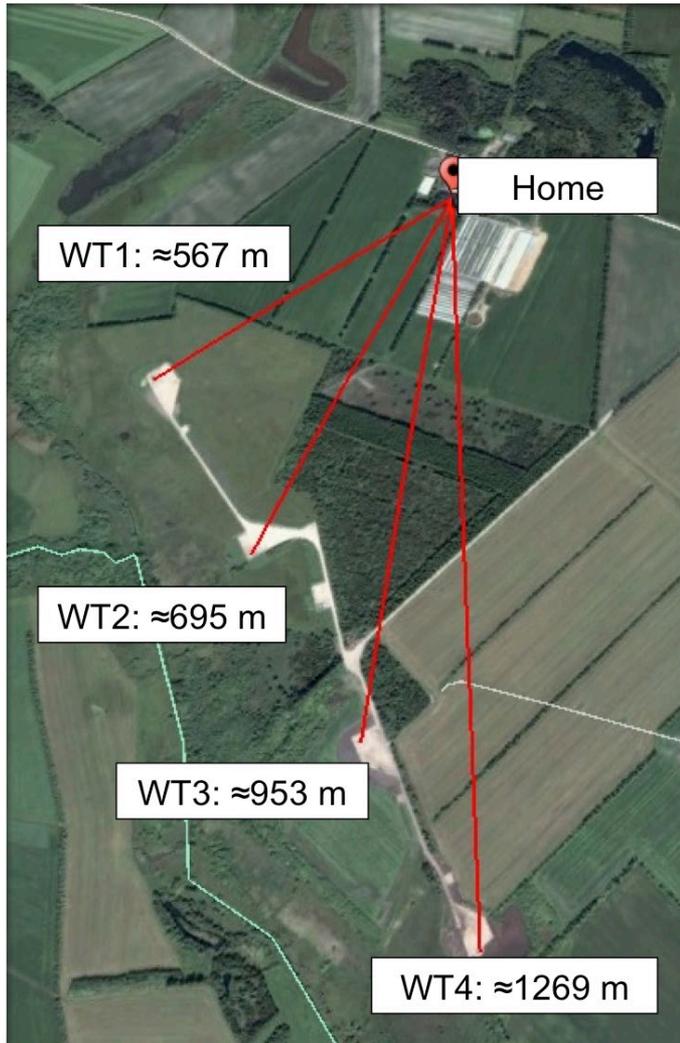
Des dBA similaires mais des environnements acoustiques différents

Cockpit vs. Voiture



L'humain ***entend*** 72.1 dans le cockpit et 71.2 dans la voiture.
L'humain ***est exposé*** à 83.2 dans le cockpit et 100.8 dans la voiture.

Ferme de Visons



3 MW, Hauteur: 150 m

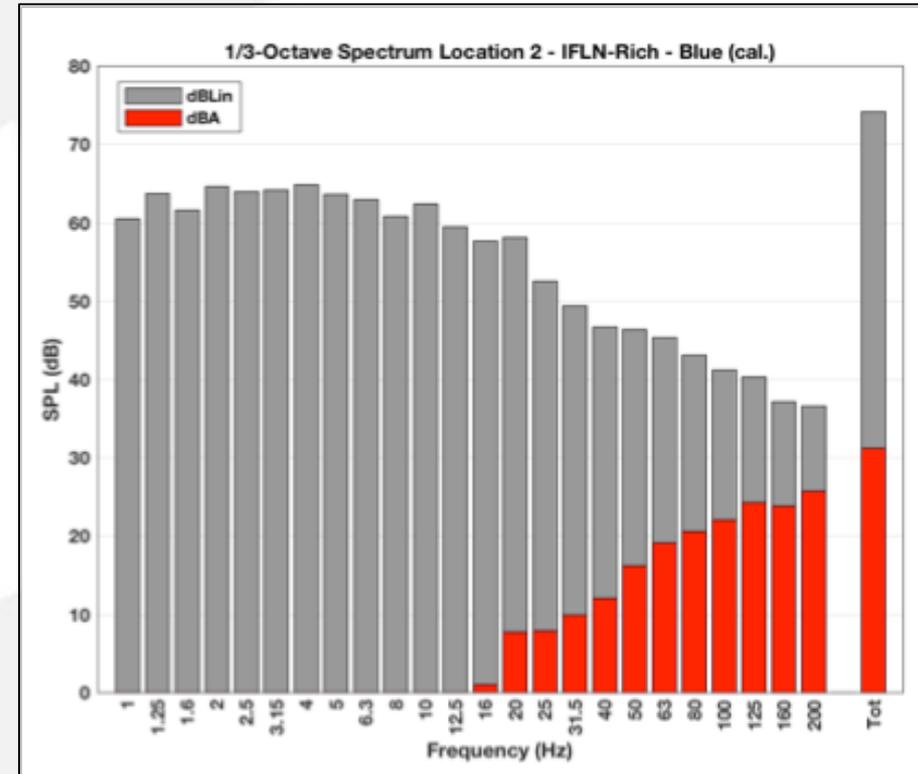
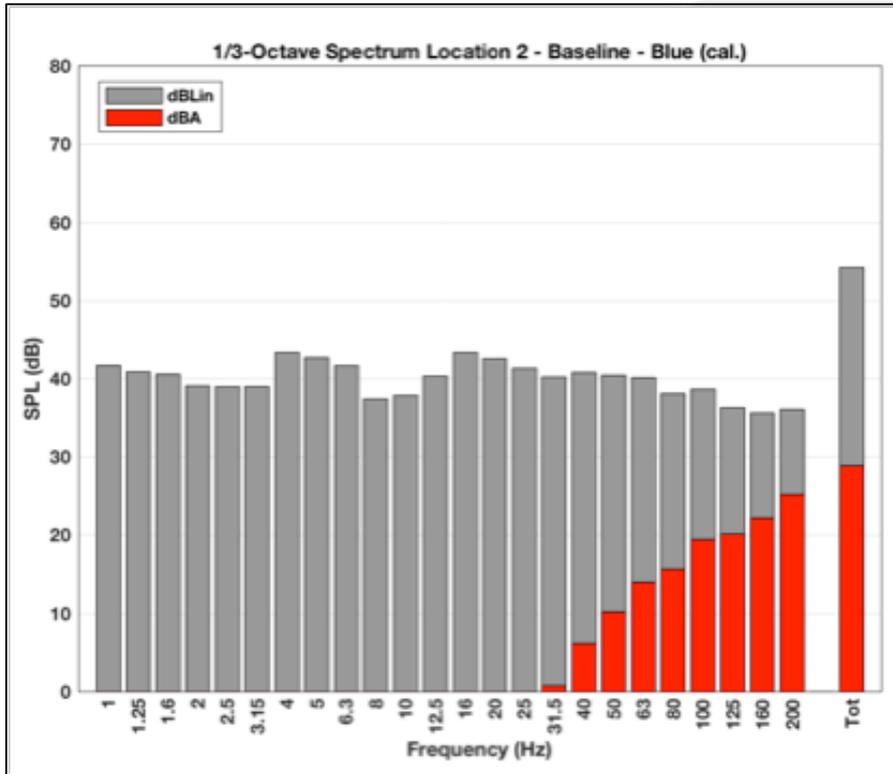


Location 1



Location 2

Emplacement 2



Éoliennes à l'arrêt

Vitesse du vent: 0.5 – 1.5 m/s

Direction du vent: S SW

Température: 0-1 °C

Date: 16DEC16

Éoliennes en marche

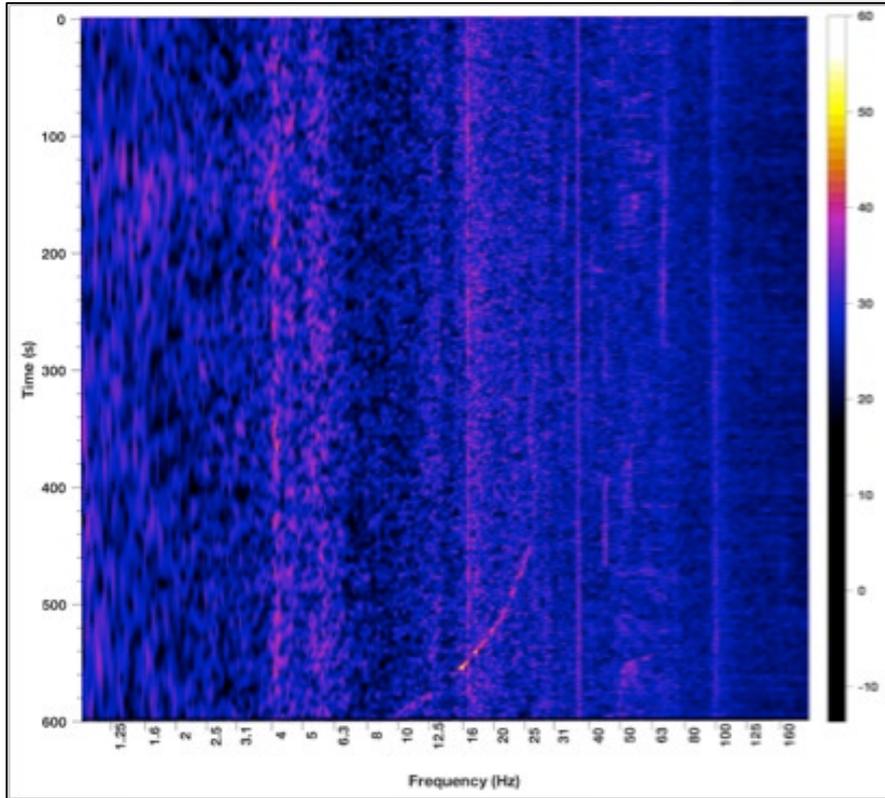
Vitesse du vent: 4.0 – 6.5 m/s

Direction du vent: SW

Température: 6-8 °C

Date: 30DEC16

Location 2



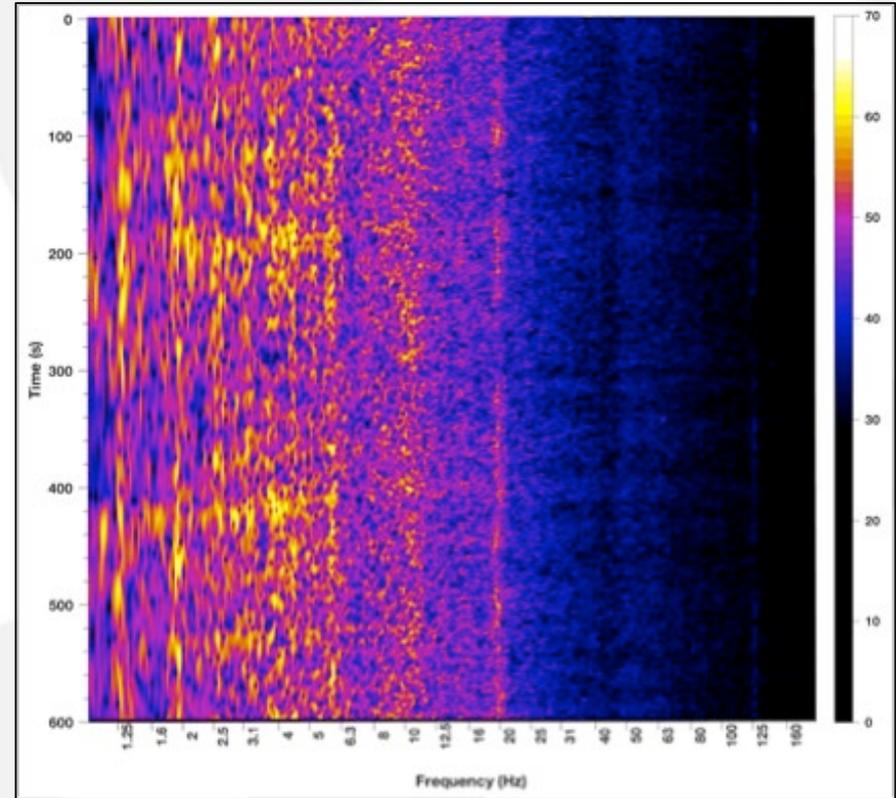
Éoliennes à l'arrêt

Vitesse du vent : 0.5 – 1.5 m/s

Direction du vent: S SW

Température: 0-1 °C

Date & Time: 16DEC16



Éoliennes en marche

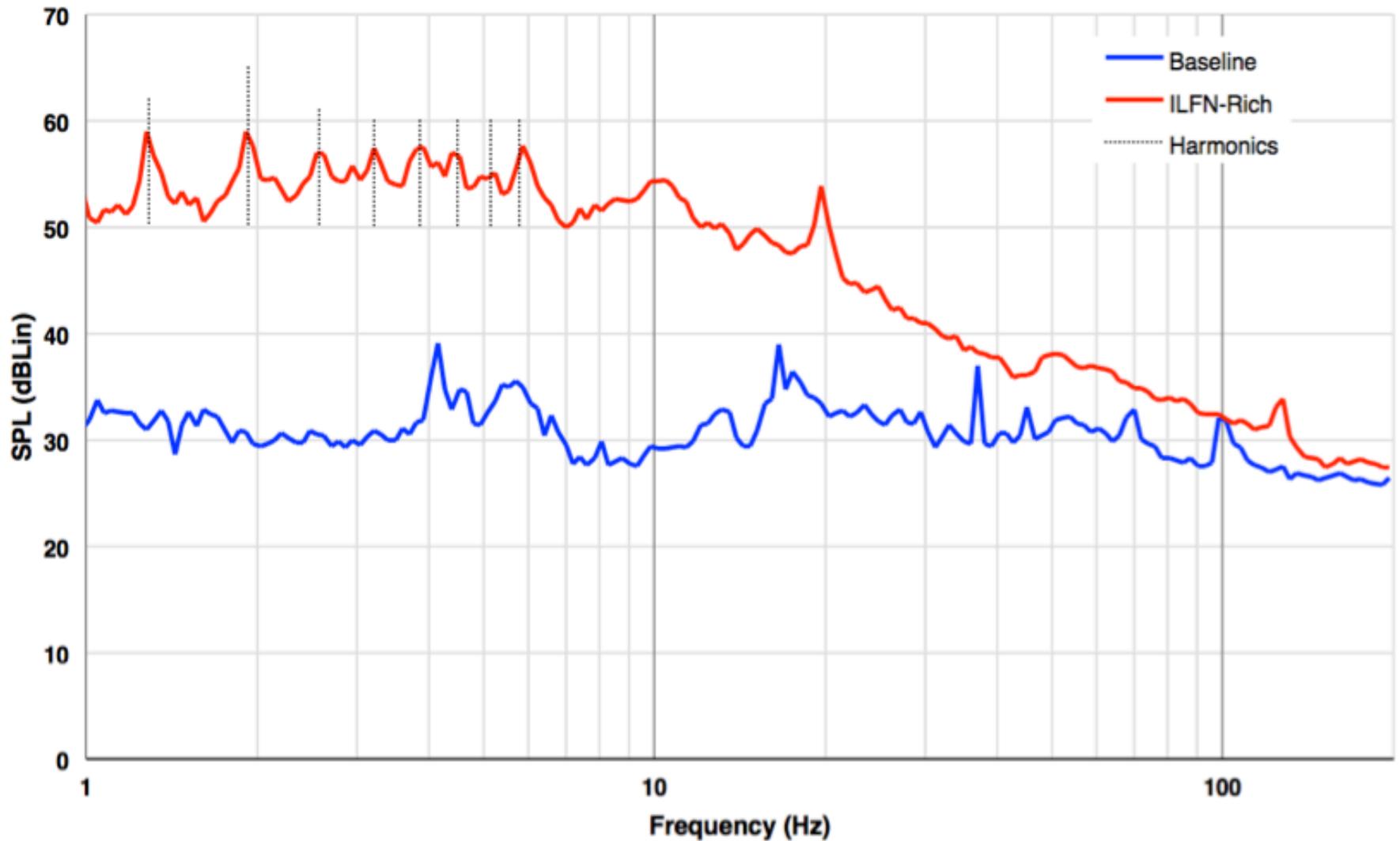
Vitesse du vent: 4.0 – 6.5 m/s

Direction du vent: SW

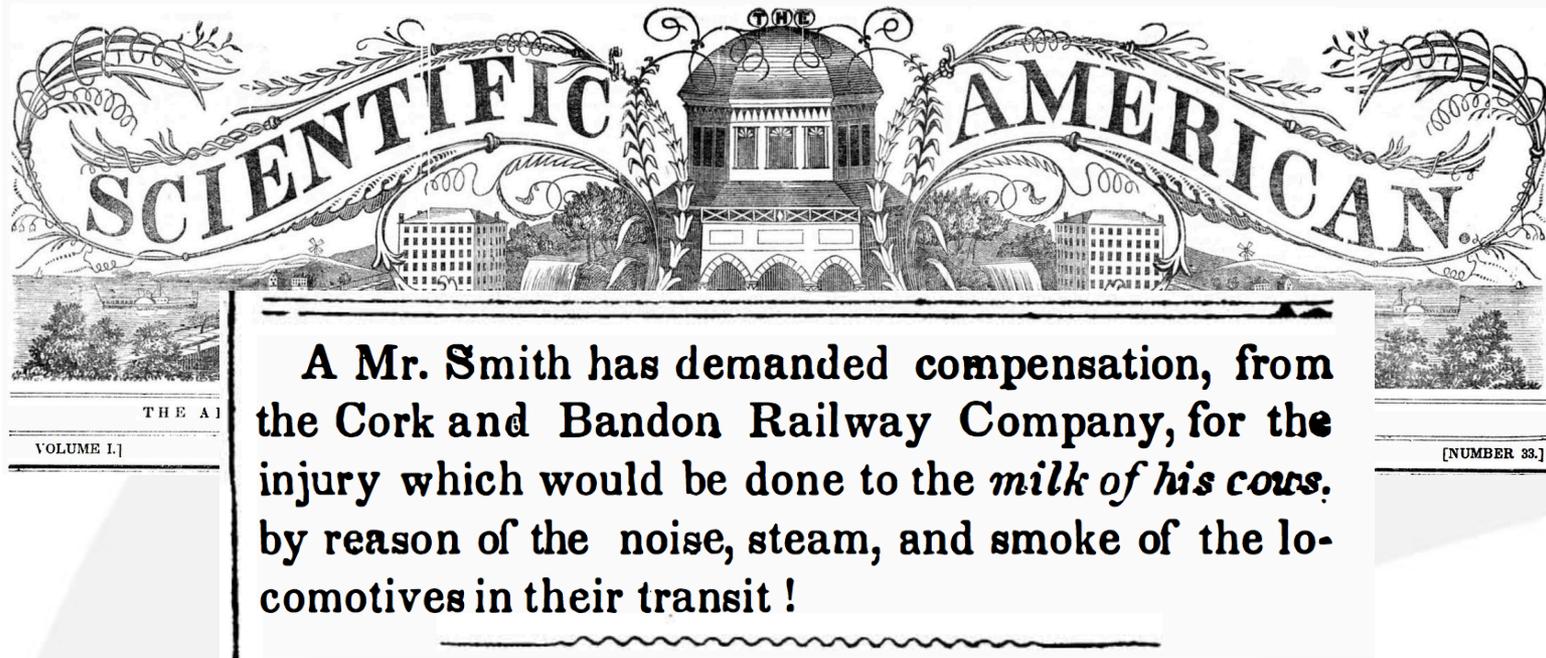
Température: 6-8 °C

Date & Time: 30DEC16

Série Harmonique (Loc2)



Réponse Biologique



Avril 1846

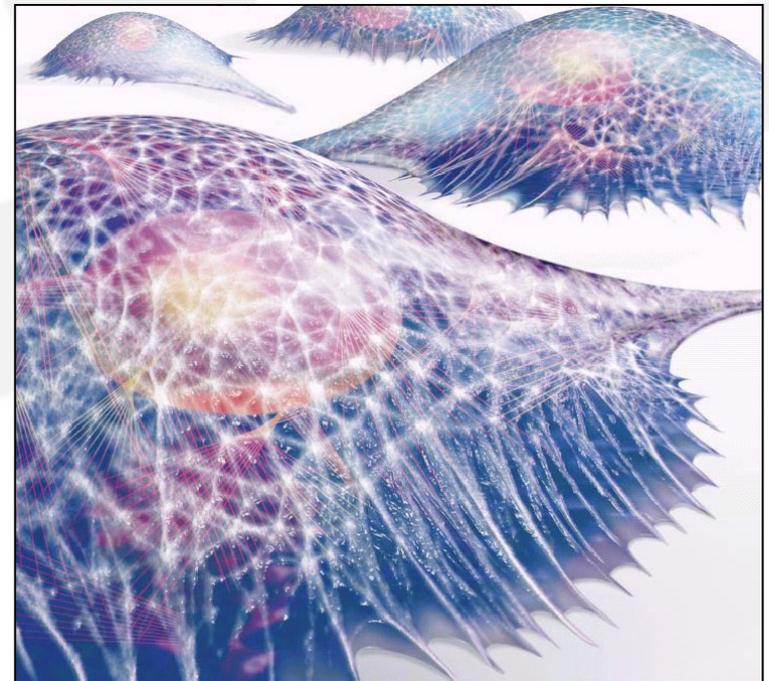
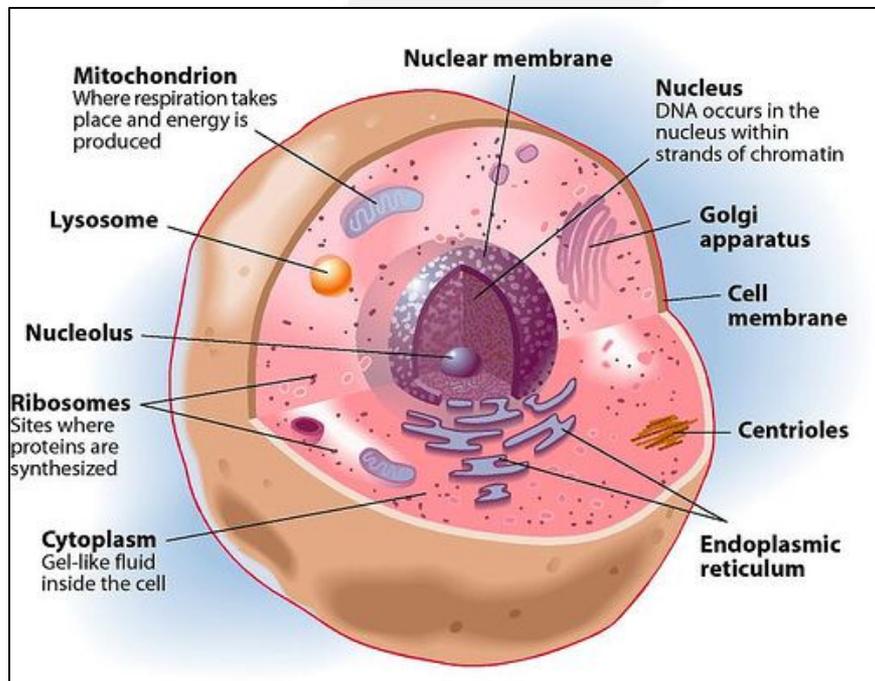
M. Smith a demandé à la Compagnie de Chemin de Fer Cork & Bandon une indemnité pour les dommages causés au lait de ses vaches en raison du bruit, de la vapeur et de la fumée des locomotives.

Biologie Cellulaire

Modèles d'architecture cellulaire

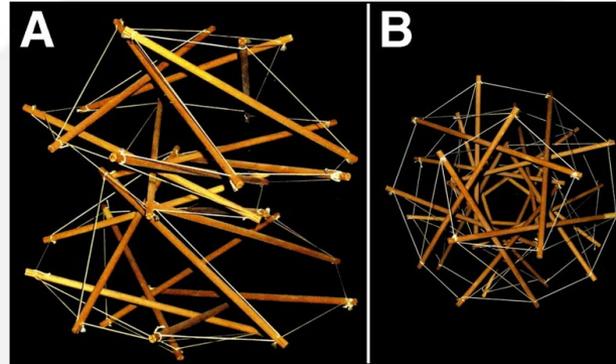
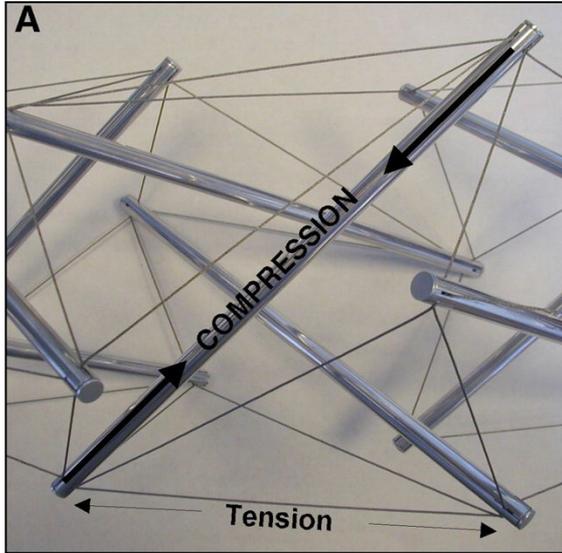
Continuum élastique (de Hooke)

Tenségrité (viscoélasticité)

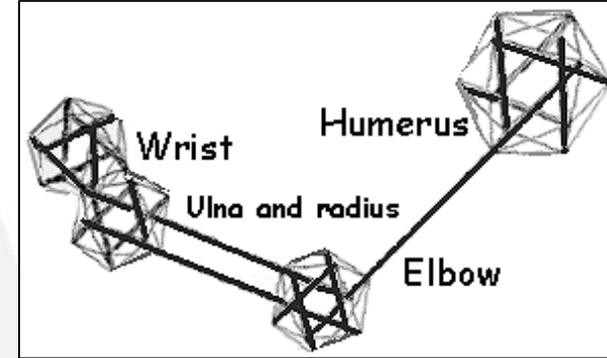


Communication cellulaire: signaux biochimiques ET mécaniques.

Biologie Cellulaire



Modèle de tenségrité du pore de la membrane cellulaire



Bras Humain

Tenségrité:

Tension continue et compression discontinue

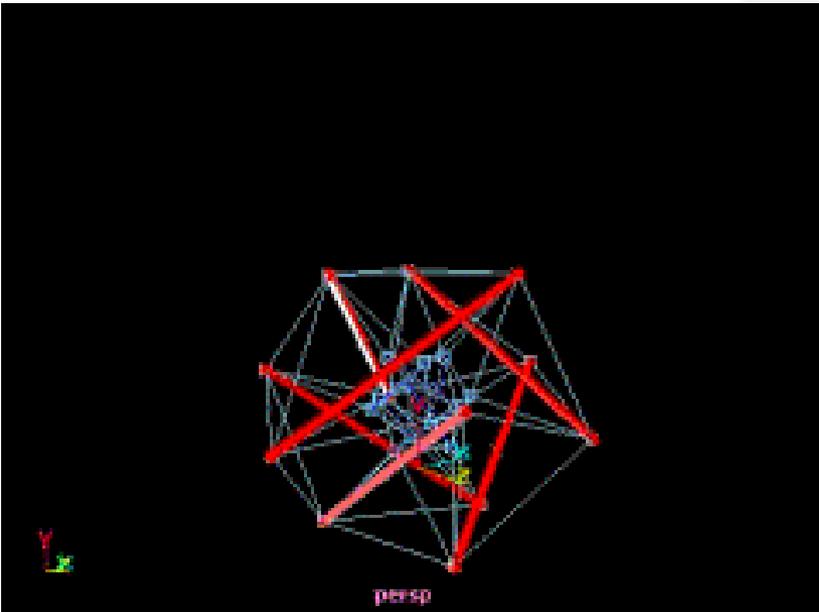
Viscoélasticité:

Fluage (creep)

Relaxation du stress (relaxation)

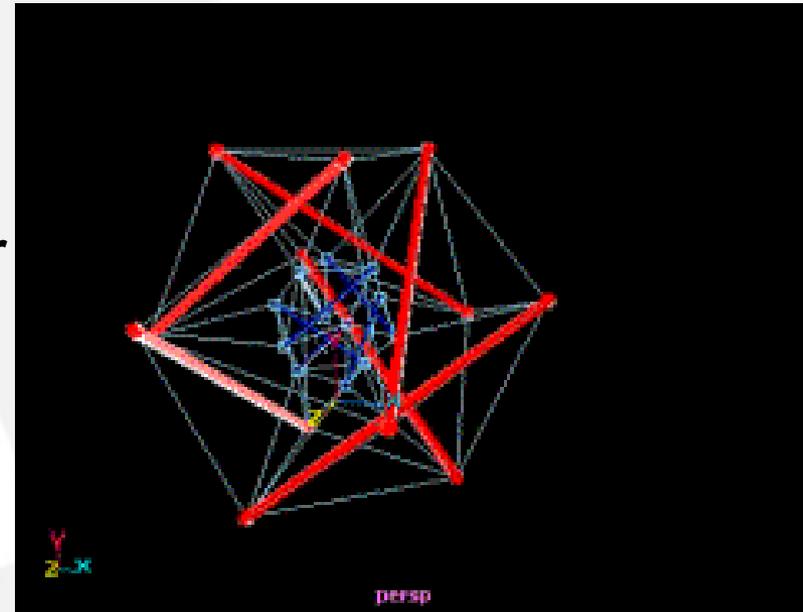
Hystérèse (hysteresis)

Structures de tensegrité



**Réponse cellulaire à la force
le long de l'axe vertical.**

Lab. Ingber
U. Harvard



**Réponse cellulaire à
l'écoulement laminaire.**

- Le 'bruit' ou les ondes de pression aériennes ont un impact sur les tissus viscoélastiques en tant que forces mécaniques inanimées”.
- Les cellules répondent par des voies de mécano transduction.

Études sur les humains (1960-1970)

-- Effets immédiats --

[Effets du bruit basse fréquence et infrasonore sur l'homme.]

Effects of low-frequency and infrasonic noise on man.

Mohr GC, Cole JN, Guild E, von Gierke HE. (1965) Aerospace Medicine, 36: 817-24

[Les effets du bruit de basse fréquence sur l'homme en rapport avec le programme spatial Apollo.]

The effects of low frequency noise on man as related to the Apollo

Space Program. *Cole JN, Mohr GC, Guild EG, von Gierke HE. (1966) Aerospace Medical Research Laboratory (AMRL) Memorandum B-66.*

[Légendes à la table de la diapositive suivante]

¹Values are approximate;

²(No. of Subjects) (N=5);

³Aerospace Medical Research Laboratories Wright-Patterson AFB;

⁴Langely Research Center;

⁵United States Air Force - Research and Technology Division.

Source de Bruit	Gamme de Fréquences (Hz) ¹	Plage de dB ¹	Fréquence au dB Max (Hz)	Temps d'Exposition	Réponse Subjective ²
AMRL ³ High Intensity Noise Facility	8-1000	95-122	100	2 min	légère vibration de la paroi thoracique (5) et vibration de cheveux de corps (5)
J57 Turbojet Aircraft Engine	6-1000	112-135	100	1 min	légère vibration de la paroi thoracique (5); "conscience" de l'action respiratoire (1)
NASA-LRC ⁴ Thermal Structures Tunnel	3 - 10000	117-138	40	1 min	légère vibration de la paroi thoracique (2) & vibration de la cavité nasale (2); plénitude de la gorge perceptible (1)
NASA-LRC Thermal Structures Tunnel	3-10000	102-135	80	25 sec	vibration de la paroi thoracique légère à modérée (5); interférence avec le rythme respiratoire normal (3); pression de la gorge (2)
NASA-LRC Low Frequency Noise Facility	10-60	118-140	30	2 min minimum	vibration de la paroi thoracique modérée (5); plénitude hypopharyngée (bâilonnement) (5); vibration du champ visuel perceptible (5)
USAF-RTD ⁵ Sonic Fatigue Facility	100 (discrete signal)	153	n/a	2 min minimum	toux, pression substernum sévère, respiration étouffante, salivation, douleur à la déglutition, gêne hypopharyngée (5)

de chaudières

-- Effets à long terme --

Deux ans après l'utilisation obligatoire des protecteurs auditifs

<u>Système d'organes</u>	<u>Plainte symptomatique</u>
<u>Allergénique et Dermatologique</u>	<u>Démangeaisons de la peau, brûlure de la peau</u>
<u>Respiratoire</u>	<u>Toux, congestion dans la tête et la poitrine, essoufflement, enrrouement</u>
<u>Neurologique</u>	<u>Maux de tête, vertiges, engourdissement</u>
<u>Digestif</u>	<u>Crampes d'estomac, Nausée, Diarrhée, Brûlures d'estomac</u>
<u>Urologique</u>	<u>Urination irrégulière, douleur dans la région de la vessie, sang dans l'urine</u>
<u>Musculaire et Squelettique</u>	<u>Maux de dos et maux de cou, douleur dans les muscles, crampes</u>

Cohen A. (1976) *The influence of a company hearing conservation program on extra-auditory problems in workers. Journal of Safety Research, 8: 146-62.*

Études d'une industrie aéronautique

-- Effets à long terme --



Base Aérienne de l' Armée Portugaise

1980

-- Dr. Castelo Branco est le médecin-chef

-- Observation d'un automatisme chez un travailleur

-- Evaluation de cas d'épilepsie - 10% de techniciens de l'aviation ont été diagnostiqués épileptiques tardifs.

-- Population Portugaise en Général: 0.2%

1980-1987 – Études Neurologiques Complètes

-- Potentiels Évoqués, Cartographie du cerveau, Humeur et cognition.

1987

Autopsie de Mr. Filipe Pedro

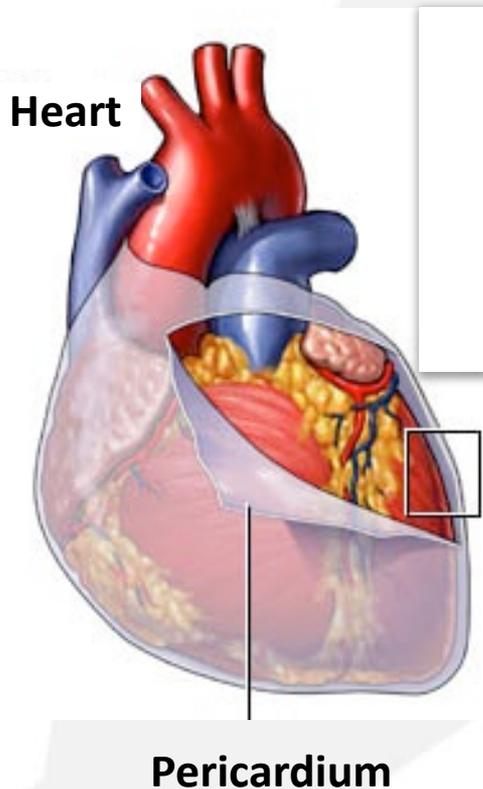
- 2 tumeurs (reins et cerveau)
- Cicatrices correspondent à 11 infarctus silencieux
- Cause de décès: 12^{ème} petit infarctus (<2mm)
- Épaississement anormal des structures cardiovasculaire
- Fibrose Pulmonaire

***Pathologie non limité au
Système Nerveux Central***

Épaississement Cardiovasculaire

L'autopsie a révélé un épaississement des structures cardio-vasculaires.

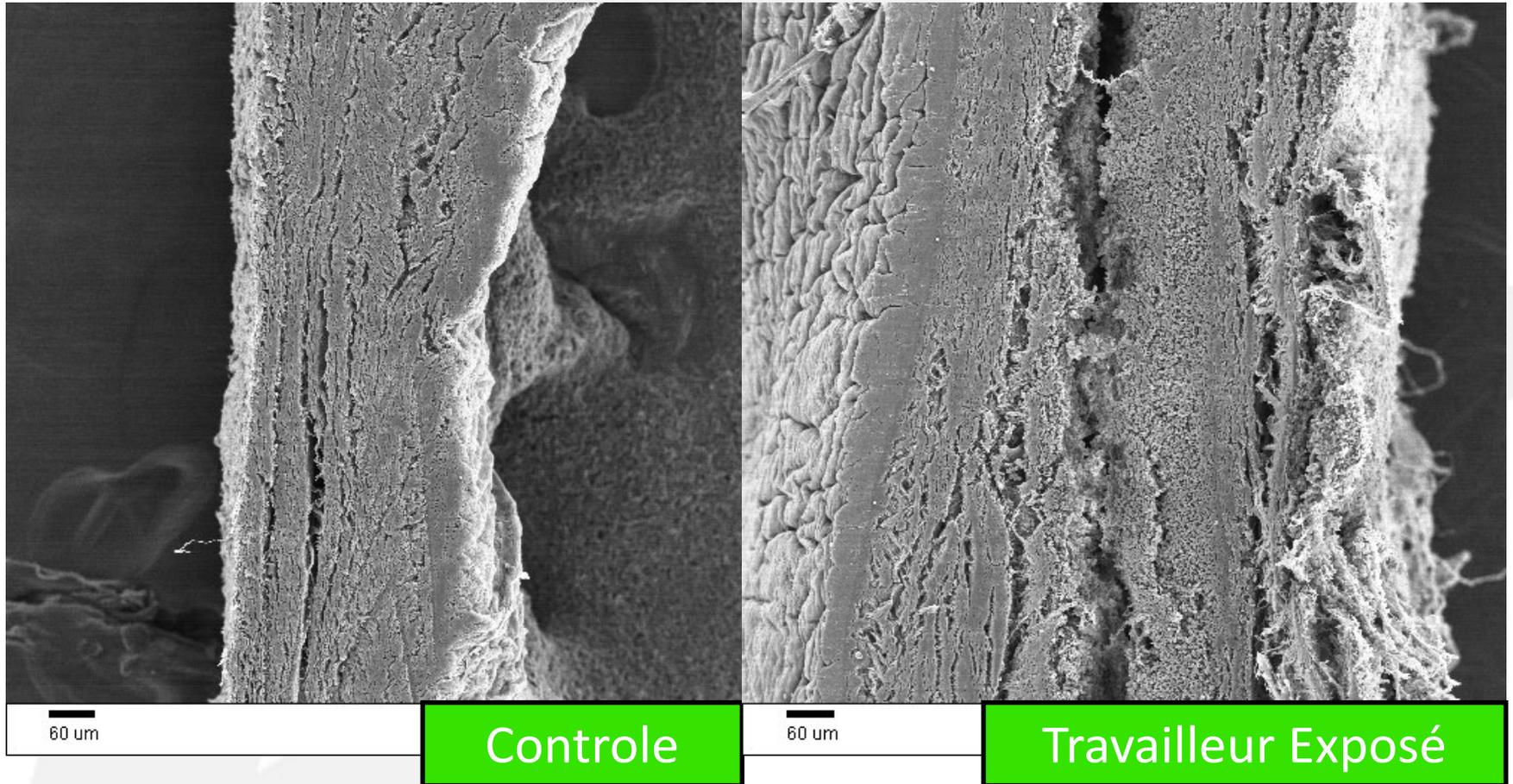
Péricarde et parois du vaisseau sanguin



Péricarde Normal

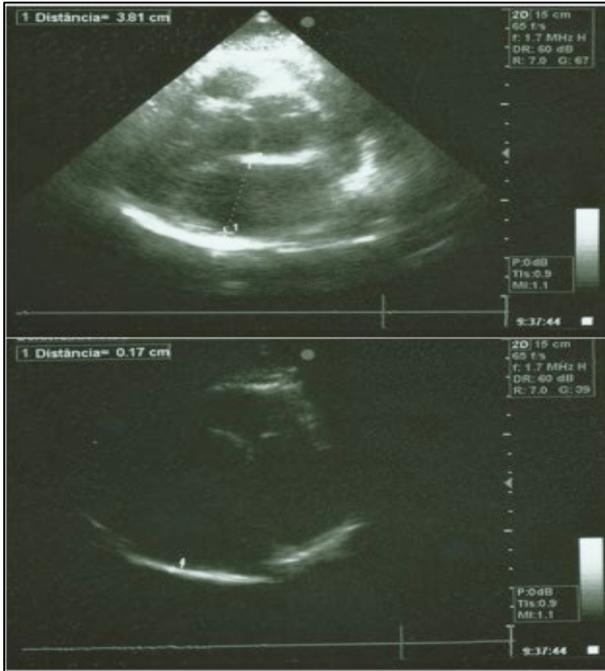
- <math><0.5\text{ mm}</math> épaississement
- **Trois couches de tissu:**
 - Séreux
 - Fibreux
 - Épipéricarde

Épaississement du Péricarde



L'échelle des deux micrographes est identique.

Échocardiographie



Haute: Echo avec GAIN = 67 montrant l'échogénicité péricardial.

Basse: Echo avec GAIN = 39 montrant l'échogénicité péricardiale persistante

Function Diastolique normale.
Pas de Processus Inflammatoire.

Épaississement péricardial chez les travailleurs exposés:

- Première observation pendant une autopsie (1987),
- Confirmé par échographie (1991-2016)
- Confirmé anatomiquement chez les travailleurs exposés ayant eu une chirurgie cardiaque pour d'autres raisons (1996-2005).

Pathologie Respiratoire

Chez les fumeurs et les non-fumeurs:

Bronchite, Infections répétées de la gorge,

Gorge enrouée de façon inexplicquée, Toux sèche,

Épanchement Pleural de façon inexplicquée.

“Les poumons, en tant que système ouvert à l'environnement extérieur, sont soumis à la plus grande influence des changements de pression dans ce milieu. Selon l'ampleur du différentiel de pression créé par le son dans les poumons lors de sa transformation, et du seuil de résistance du tissu pulmonaire aux changements de pression, la gravité des lésions pulmonaires augmente progressivement.” -- 1969

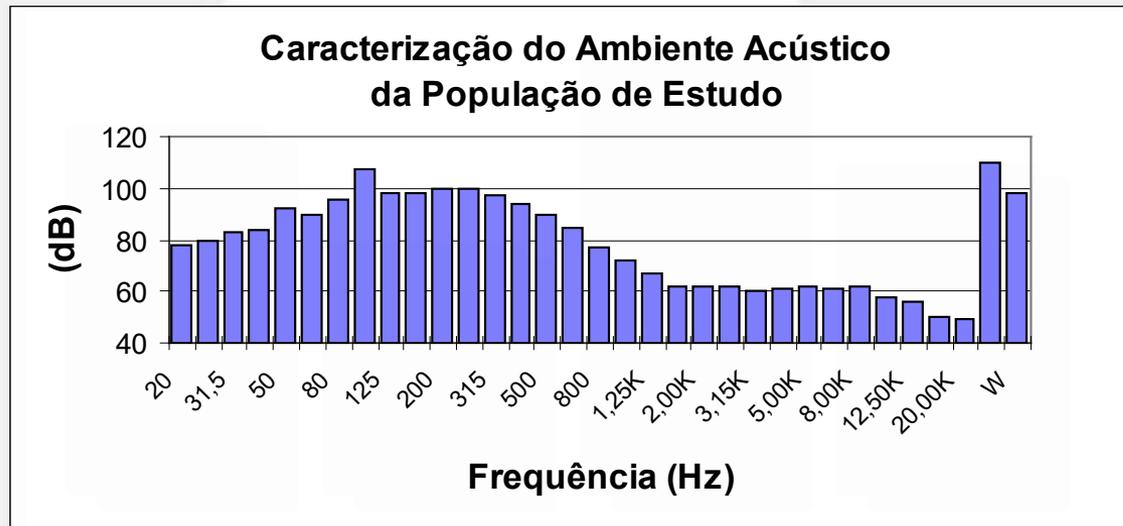
Ponomarkov VI, Tysik Ayu, Kudryavtseva VI, Barer AS, et al. (1969) Biological action of intense wide-band noise on animals. Problems of Space Biology NASA TT F-529; 7(May): 307-9.

1992

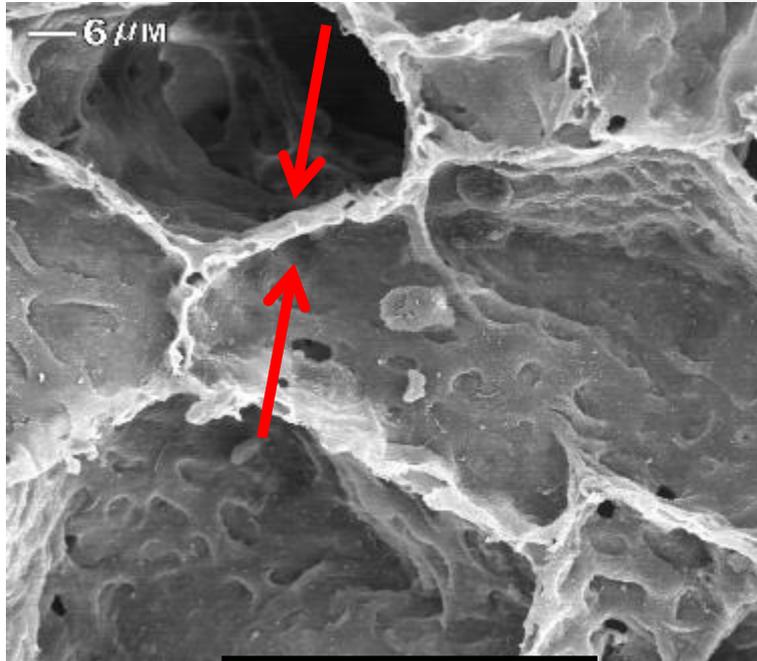
Début des études en laboratoire sur des animaux

Simulation d'un planning professionnel:

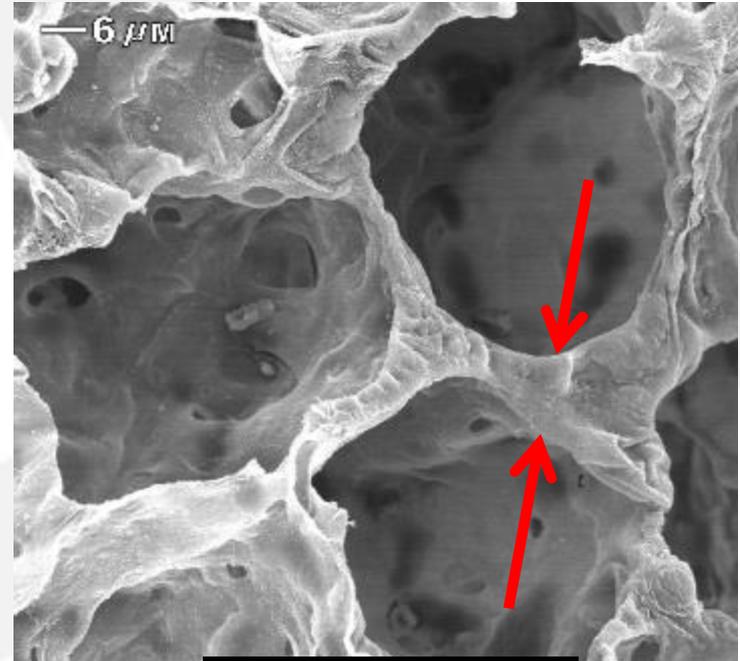
8 hrs/jour, 5 jours/semaine, weekend en silence



Épaississement des parois des alvéoles pulmonaires



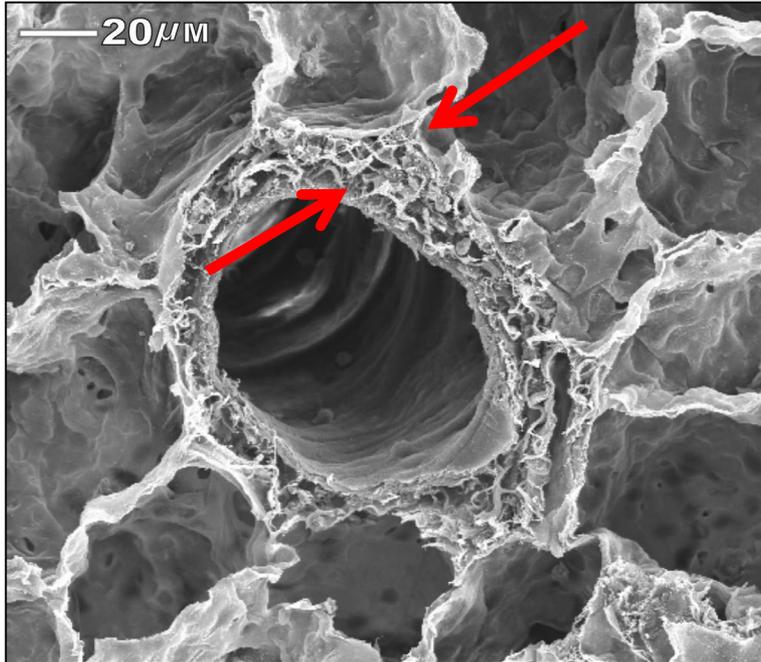
NORMAL



EXPOSÉ

L' échelle des deux micrographes est identique.

Épaississement de parois du vaisseau sanguin



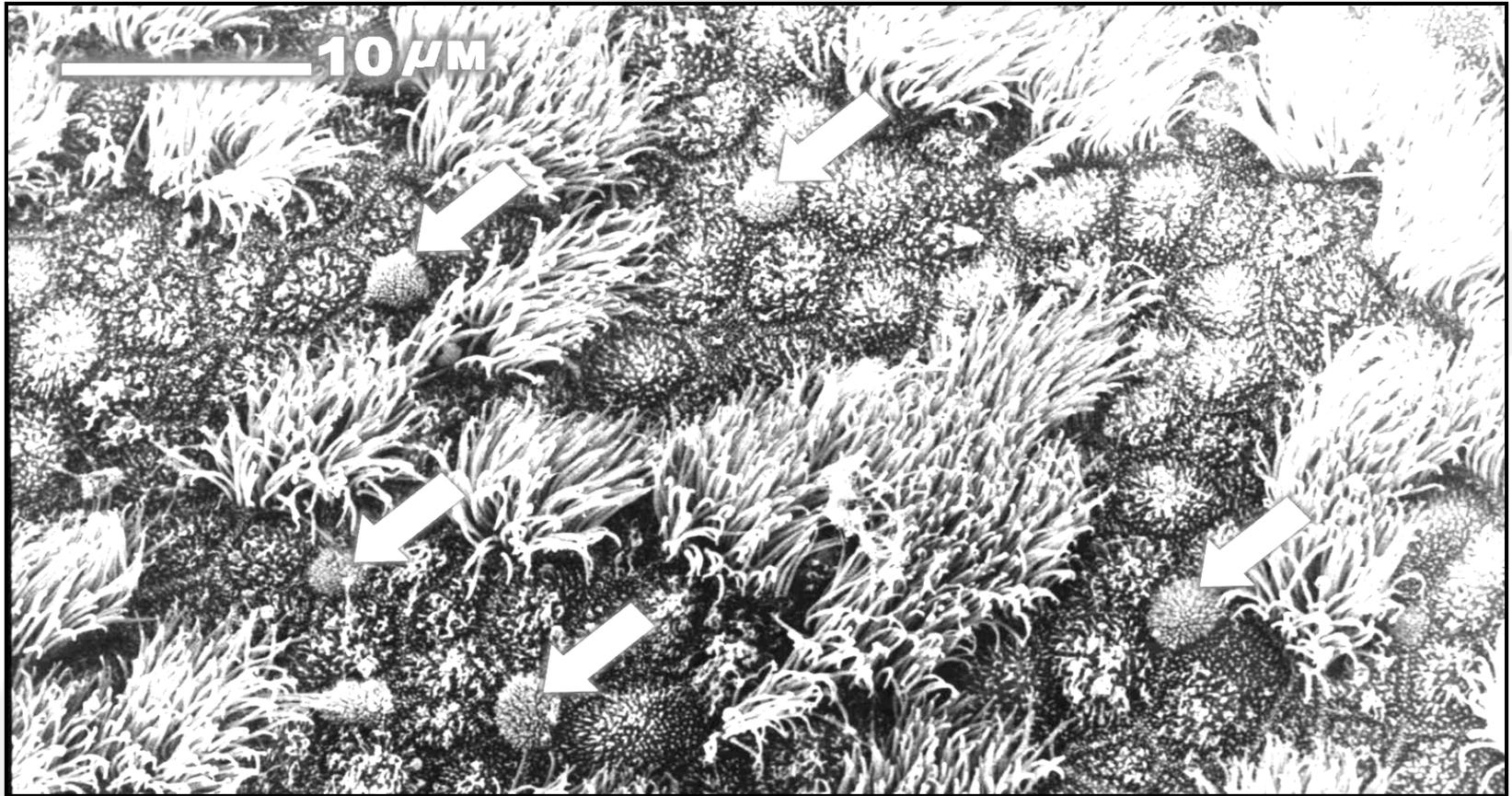
Épaisseur de la paroi artérielle chez un rat exposé.



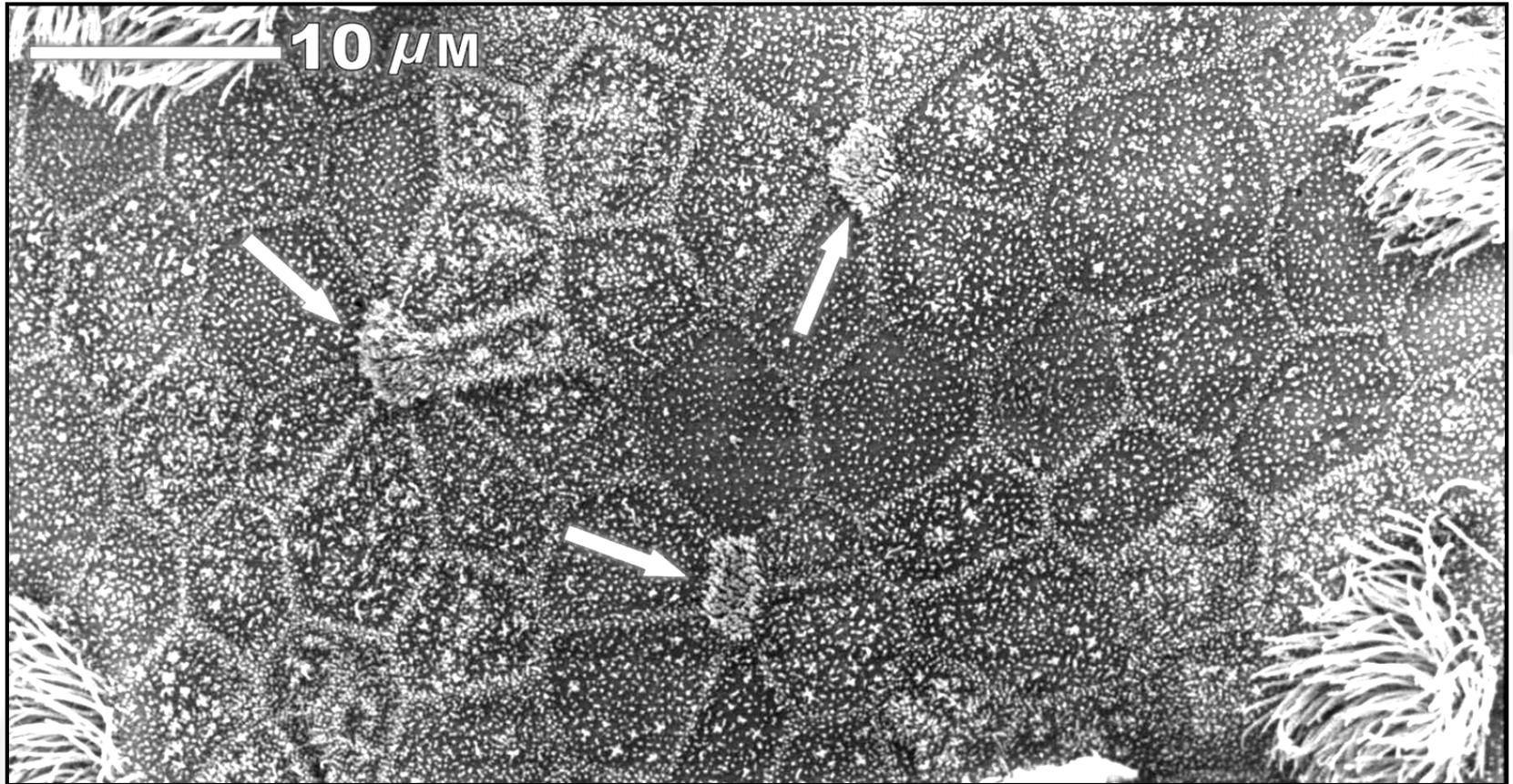
Épaisseur de la paroi artérielle d'un patient exposé

Cet épaississement est causé par la prolifération du collagène en l'absence d'un processus inflammatoire

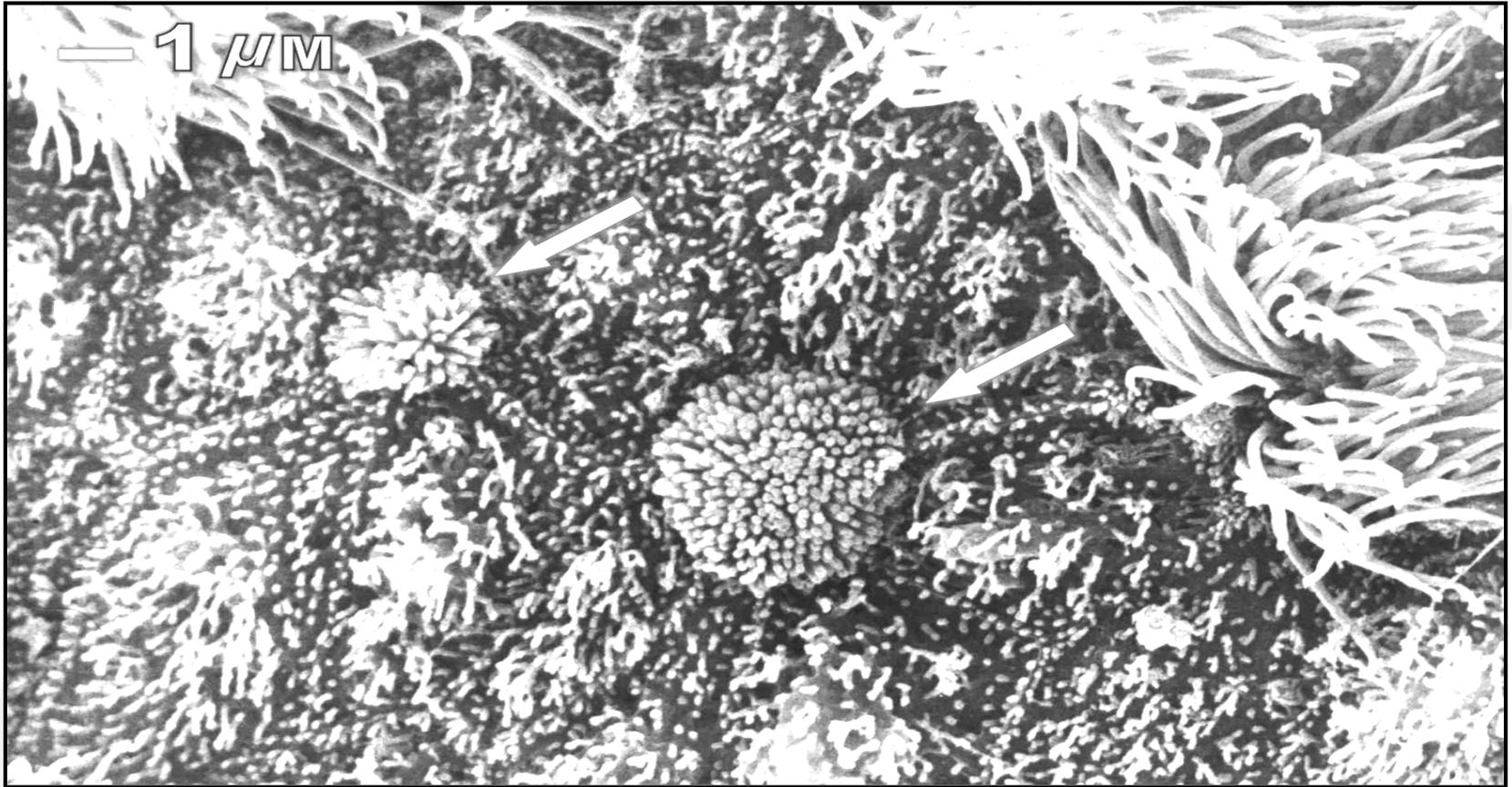
Trachée normale chez le rat



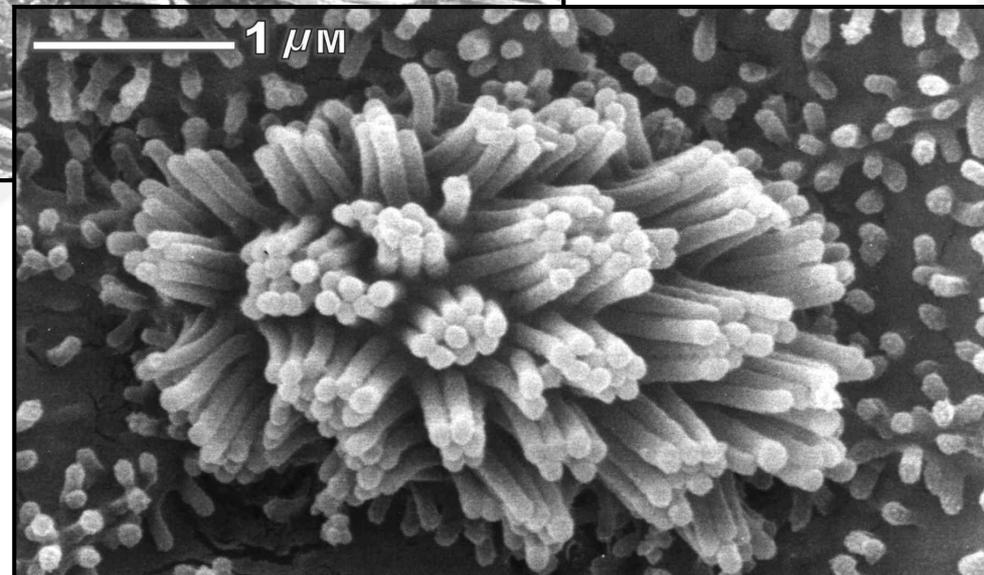
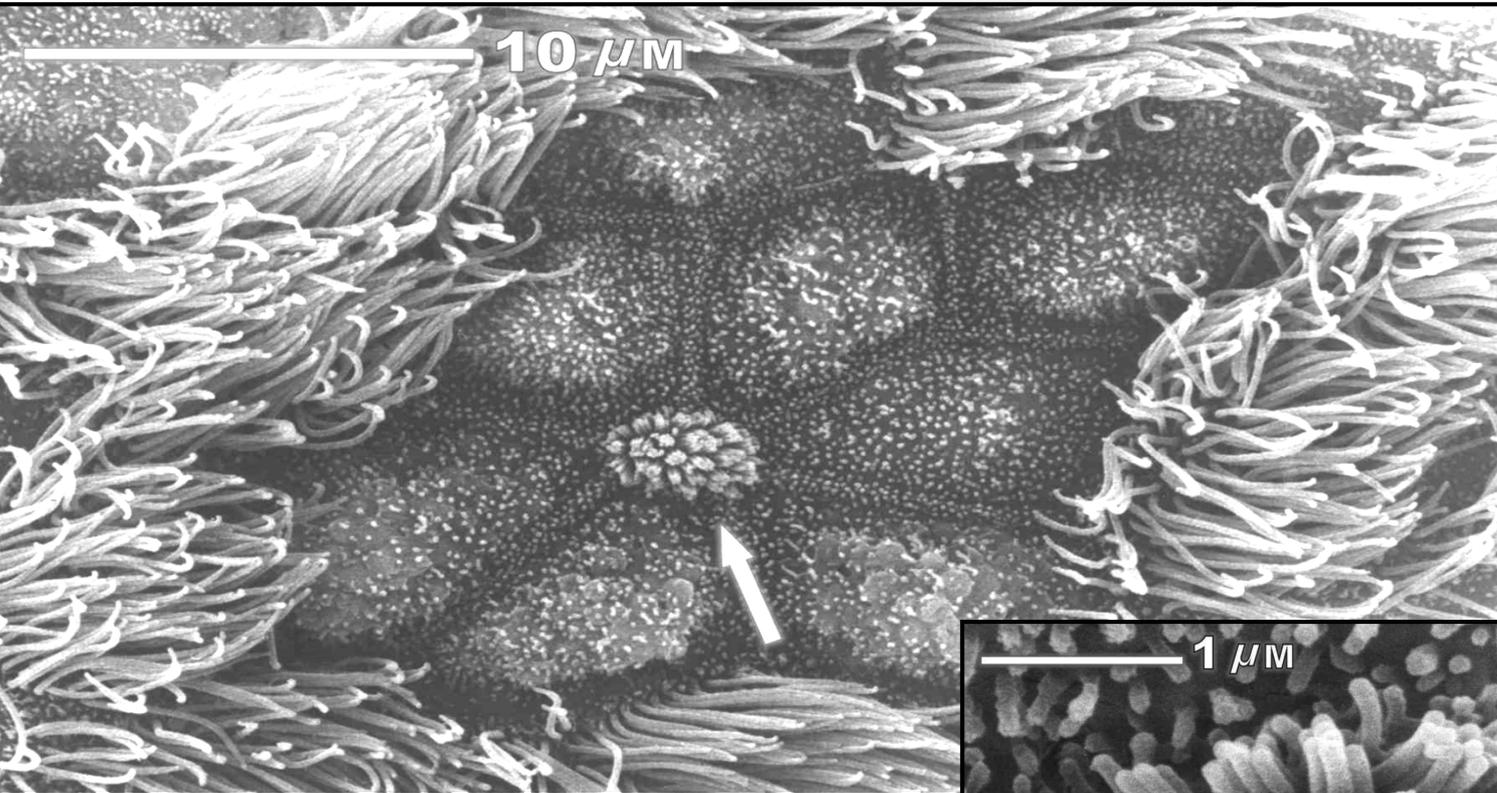
Trachée chez le rat - 2213 hrs



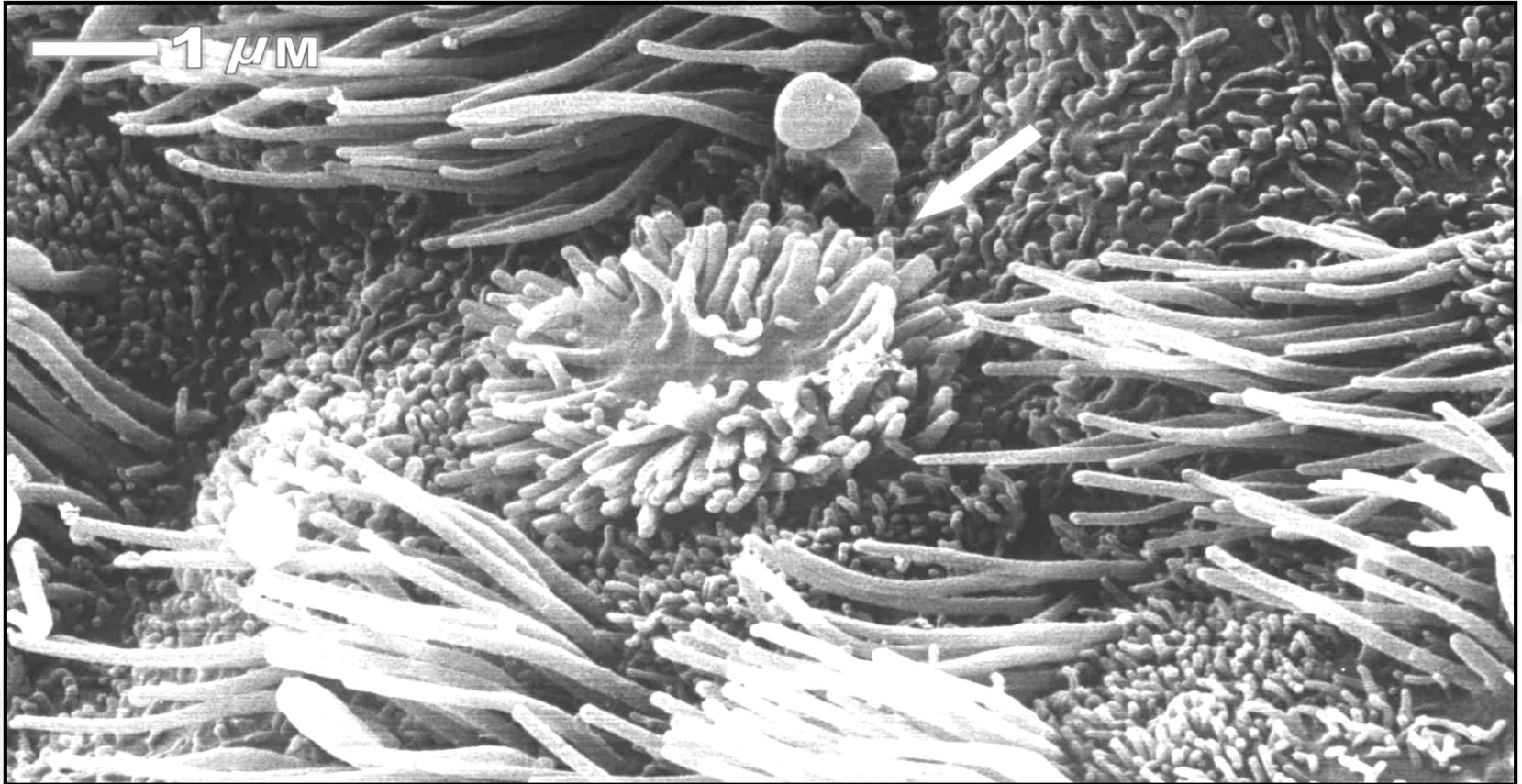
Trachée normale chez le rat – Cellule de brosse



Trachée normale chez le rat – Cellule de brosse: 235 hrs

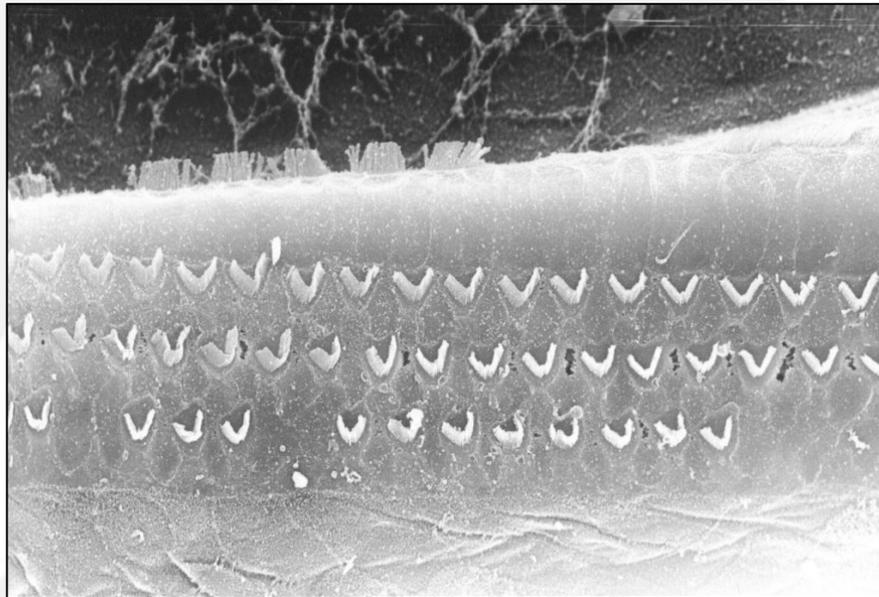


Trachée normale chez le rat – Cellule de brosse– 4399 hrs



Cochlée Normale du Rat

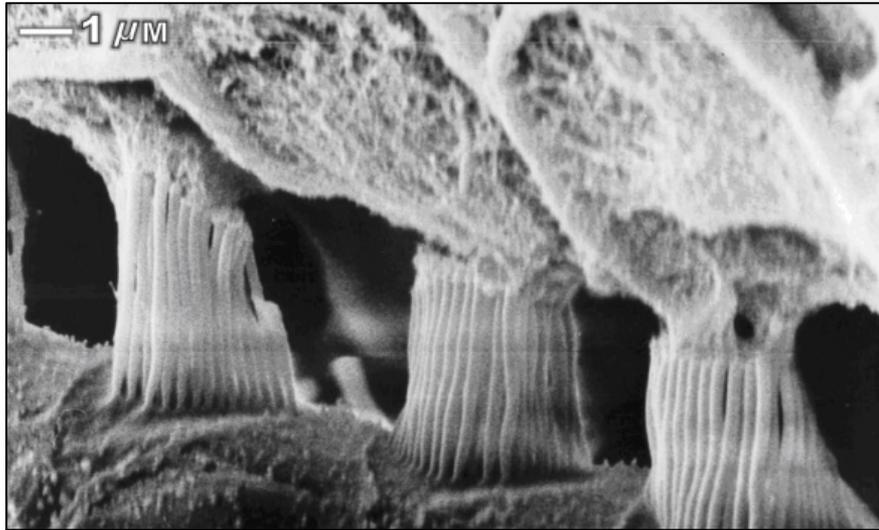
Les cochlées des rats exposés ont été étudiées aux microscopes électronique et optique, et comparées à celles de rats non exposés.



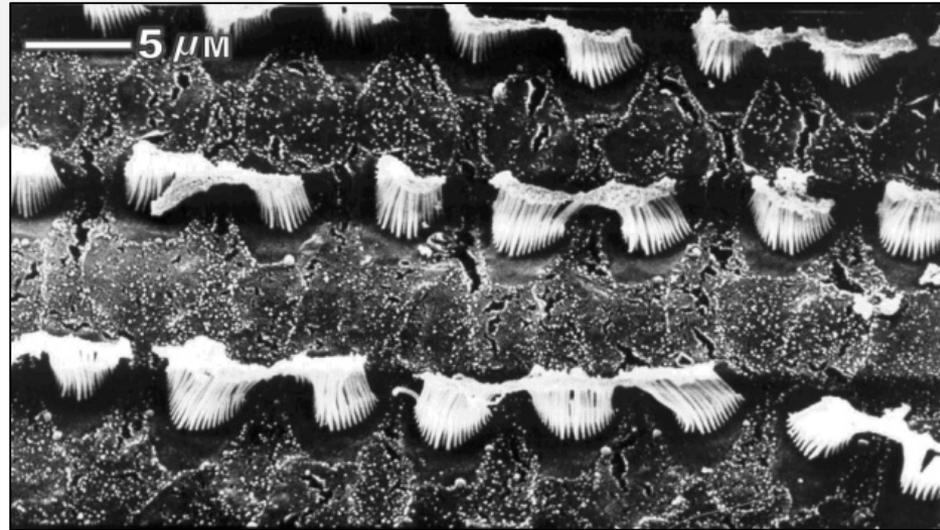
Cilia chez un rat non exposé.

- Membrane tectorial haute a été enlevée pour montré les cilia.
- Les cilia absents sont du au vieillissement naturel.

Cochlée du Rat Exposé



La membrane haute est fusionnée avec les cilia. Les cilia sont fusionnés entre elles.



La membrane haute est retirée, montrant les cilia fusionnées entre elles. Il n'y a pas de cilia manquante du fait du vieillissement naturel

Sur cette base scientifique nous postulons que cette situation de fusion explique les symptômes et les plaintes des personnes qui sont exposées aux bruit basse fréquence.

Bruit de Basse Fréquence et effet sur l'audition

- **Personnes exposées:**

- Ne peuvent supporter aucun bruit – Disent: “J’entends trop”
- Réduisent le volume de la télé à un niveau que les autres ne peuvent entendre
- Réactions de rage – Perte d’audition aux fréquences de 125 Hz and 250 Hz.

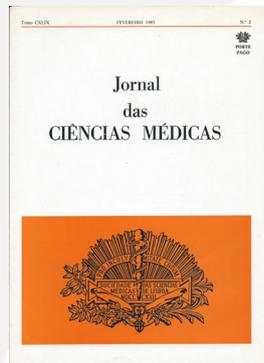
- **Chez les rats exposés:**

Les rats non exposés répondent au son d'un baiser soufflé en devenant tendus et figés, tandis que les rats exposés aux bruits basse fréquence développent un épisode ressemblant à une crise épileptique, tombant en arrière en tremblant.

Conséquences d'une exposition excessive aux infrasons et au bruit à basse fréquence: Maladie Vibroacoustique (VAD)



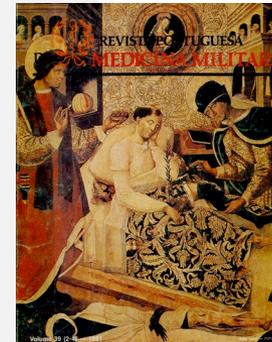
1984



1985



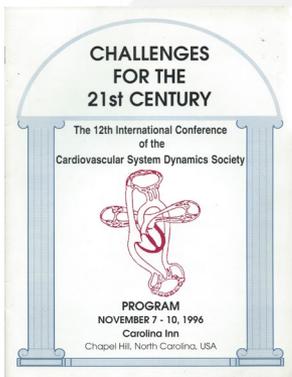
1989



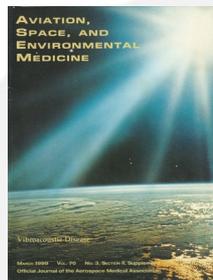
1991



1993



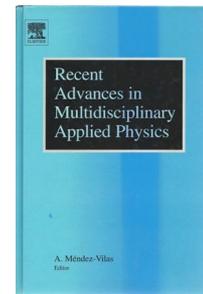
1996



1999



2003



2005



2007



2017

Étapes cliniques de la maladie vibroacoustique - pour les expositions professionnelles (1999)

LEGÈRE

1-4 années d'exposition

Légères sautes d'humeur, indigestion et brûlures d'estomac, infections répétées de la bouche et de la gorge, bronchite.

MODERÉE

4-10 années d'exposition

Douleurs thoraciques, maux de dos, fatigue, infections cutanées fongiques et virales, allergies, sang dans l'urine, inflammation de la muqueuse gastrique.

SEVÈRE

> 10 années d'exposition

Troubles psychiatriques, maux de tête, hémorragies des muqueuses nasales et digestives, ulcères duodénaux, colites spasmodiques, varices et hémorroïdes, diminution de la vision, douleurs articulaires sévères, douleurs musculaires sévères, troubles neurologiques.

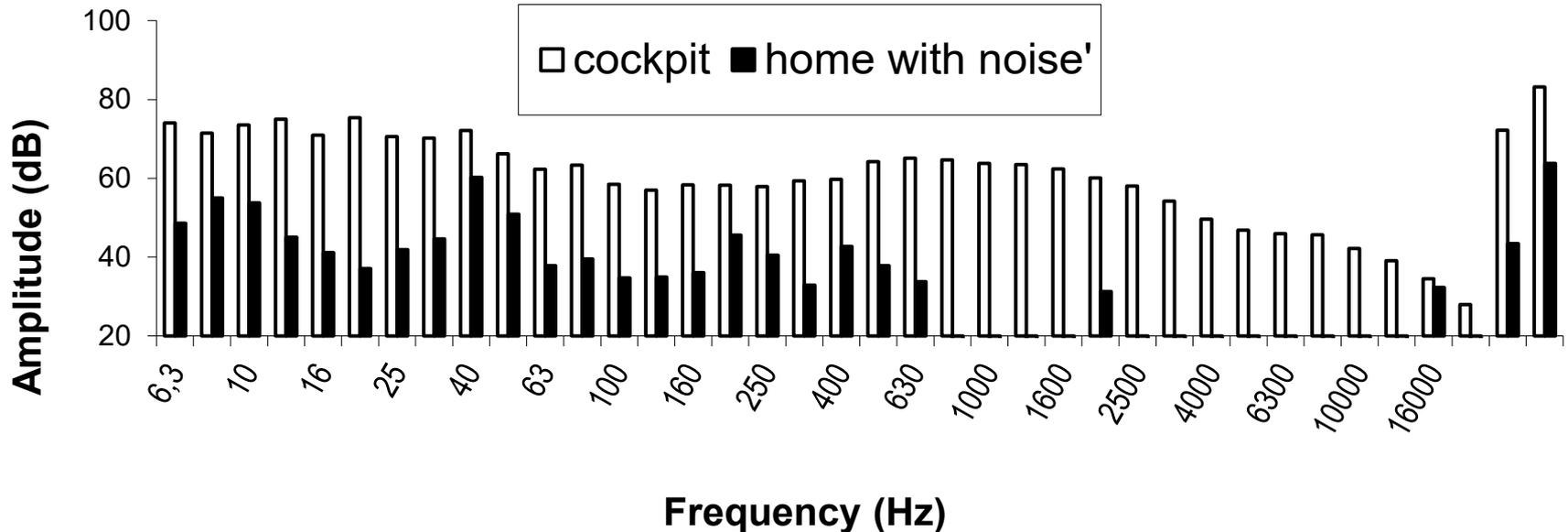
Bruit Basse fréquence dans les foyers

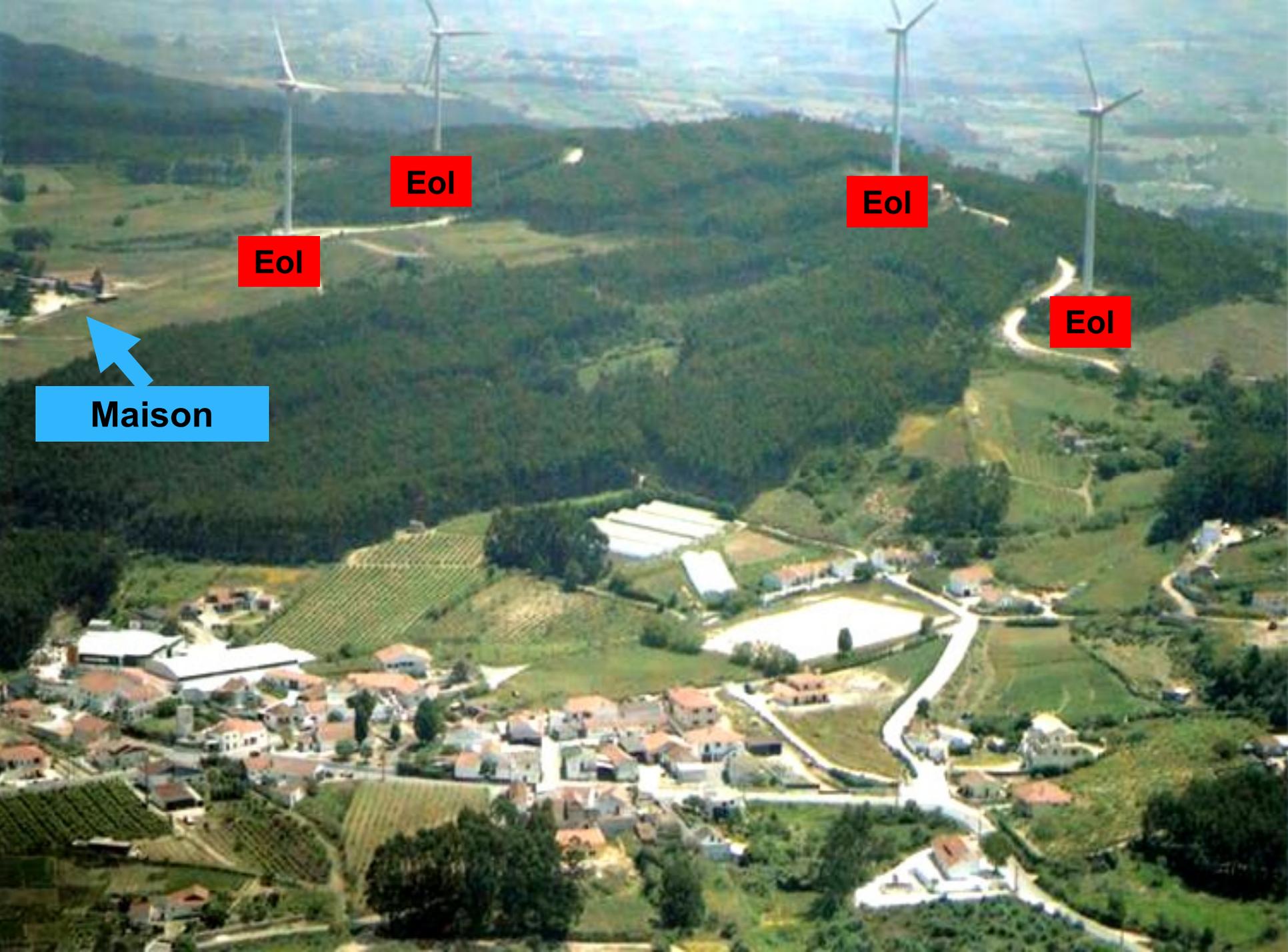


(2004)



Cockpit vs. Restelo Home With Noise





Eol

Eol

Eol

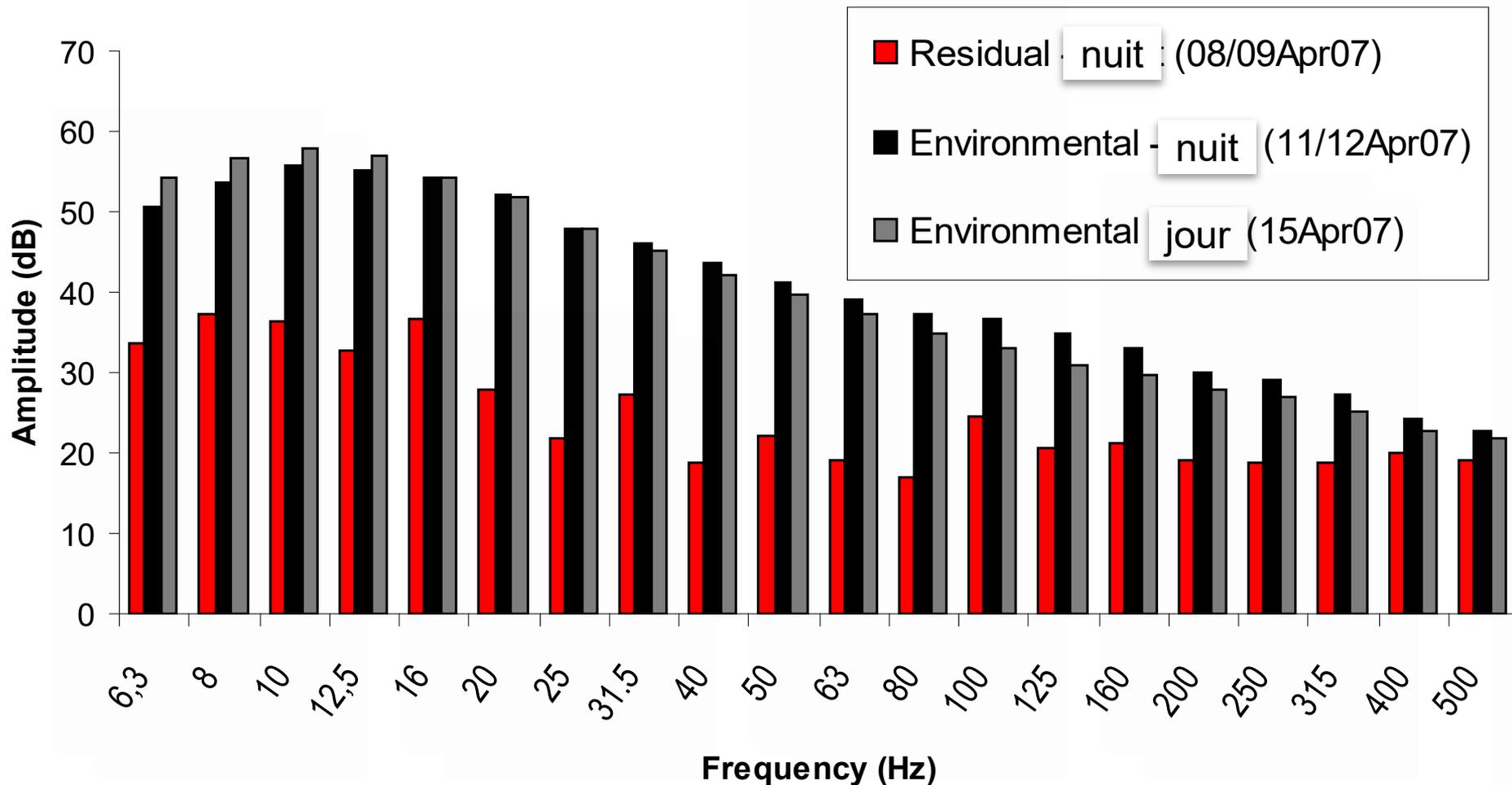
Eol

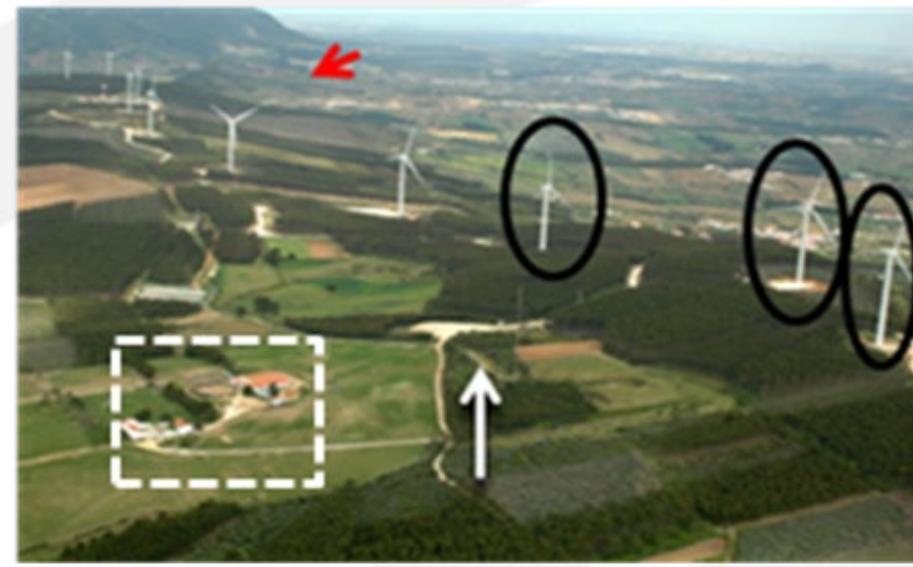
Maison

Dans la chambre à coucher principale

(2007)

La maison aux éoliennes avec vent constant à 5,4 Km/h





Déformations



Rat exposé
dans l'utérus
en
laboratoire



Cheval exposé
aux éoliennes



Fœtus de vison
morts



Poulet exposé en
raison des activités
minières de charbon et
oeufs non viables









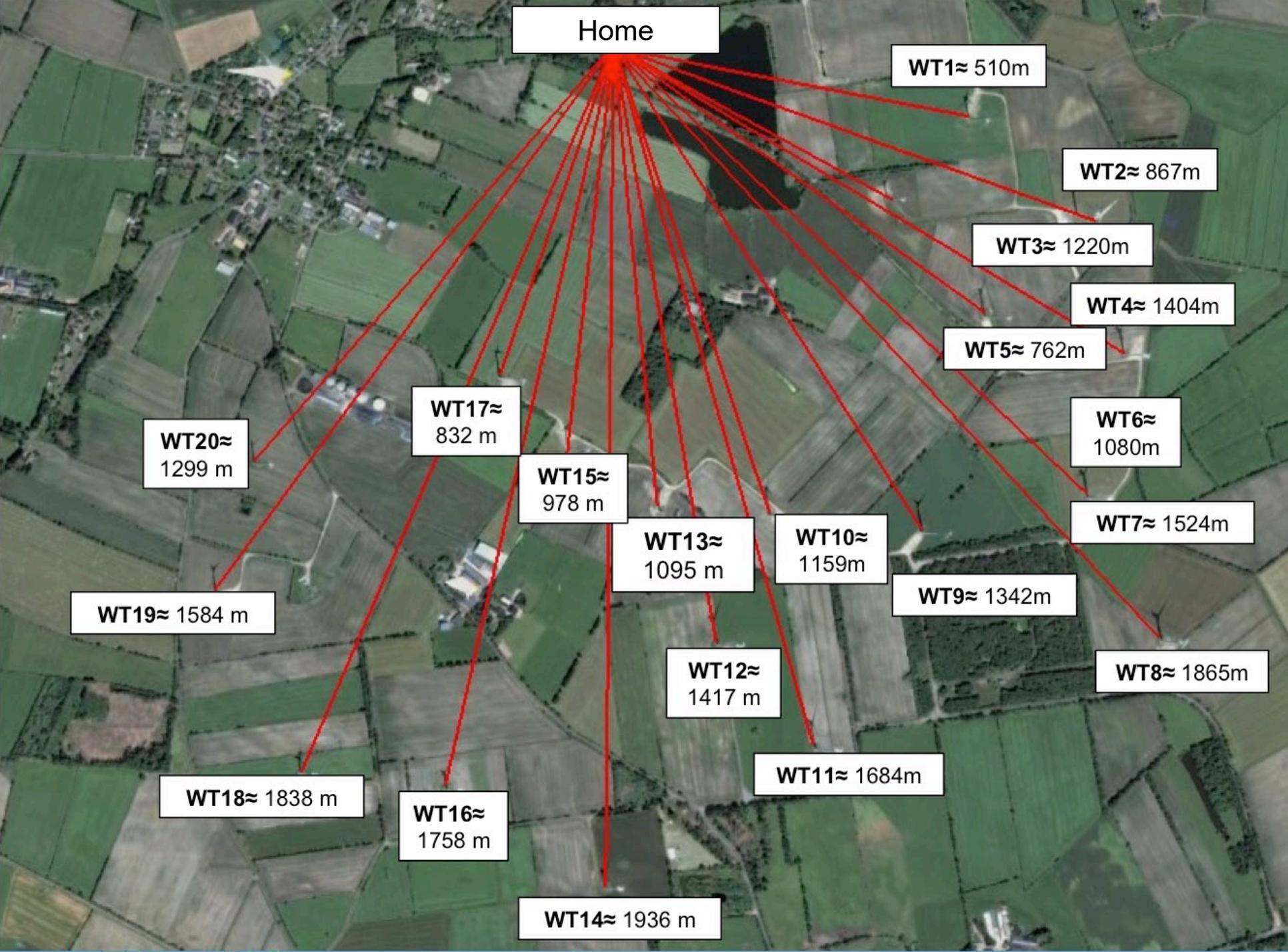












Home

WT1≈ 510m

WT2≈ 867m

WT3≈ 1220m

WT4≈ 1404m

WT5≈ 762m

WT6≈ 1080m

WT7≈ 1524m

WT8≈ 1865m

WT9≈ 1342m

WT10≈ 1159m

WT12≈ 1417 m

WT11≈ 1684m

WT13≈ 1095 m

WT15≈ 978 m

WT14≈ 1936 m

WT17≈ 832 m

WT16≈ 1758 m

WT20≈ 1299 m

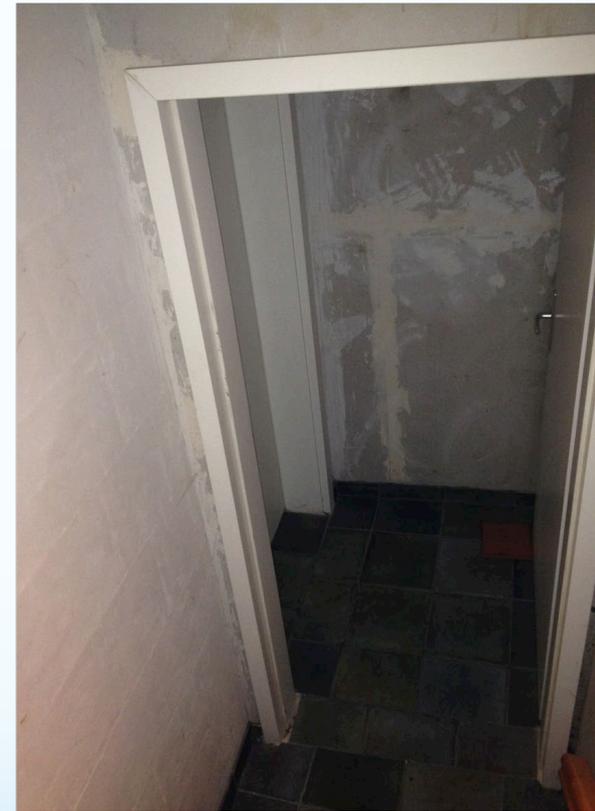
WT19≈ 1584 m

WT18≈ 1838 m



LA CHAMBRE ABANDONNÉE

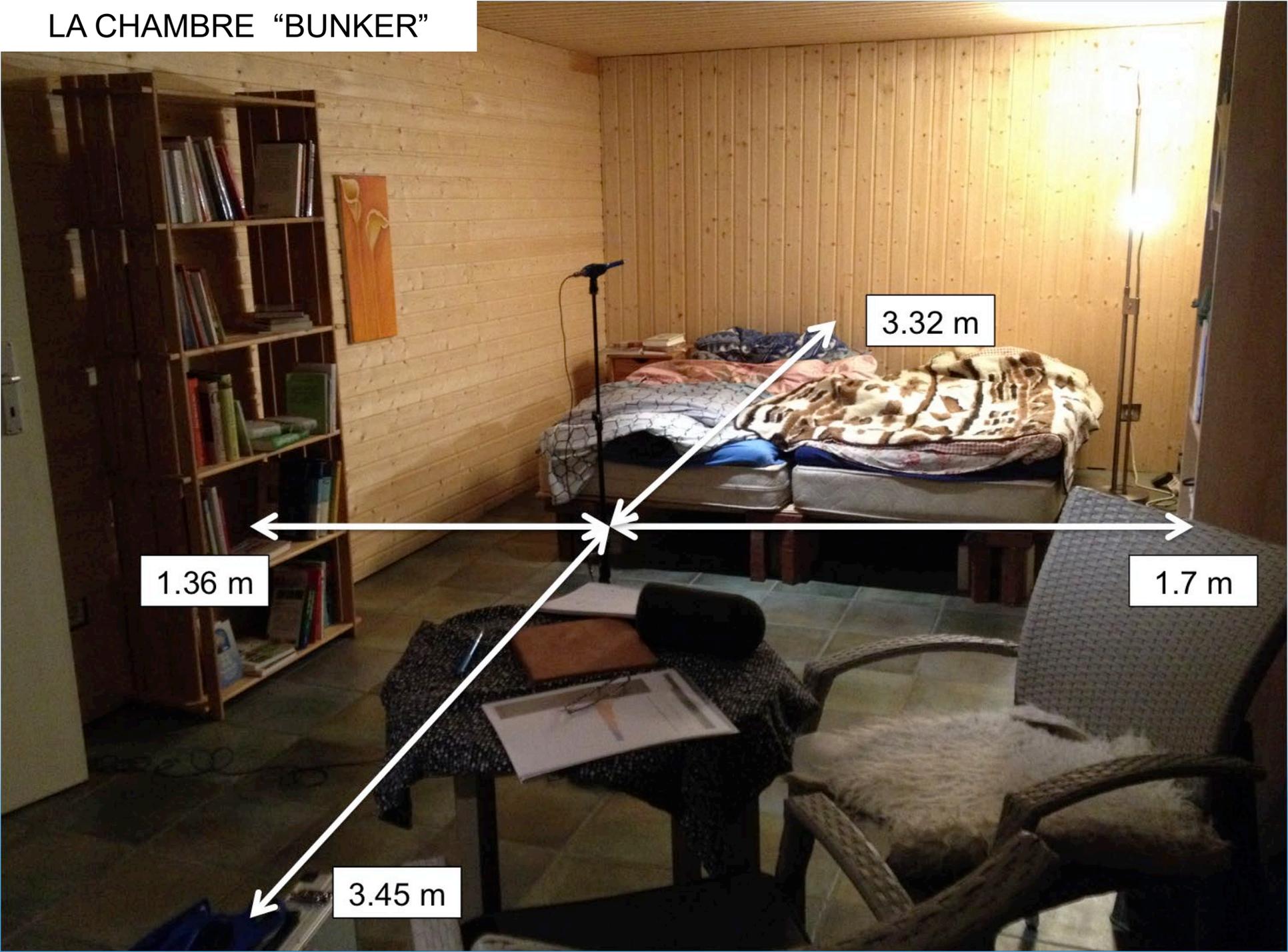
ENTRÉE DE LA CHAMBRE "BUNKER"



LA CHAMBRE "BUNKER"



LA CHAMBRE "BUNKER"



3.32 m

1.36 m

1.7 m

3.45 m



Merci de votre attention!

m.alvespereira@gmail.com