

***LES INFRASONS ENTRE SCIENCE ET MYTHE :
LA BIBLIOMETRIE PEUT-ELLE CONTRIBUER A CLARIFIER
UNE VERITE SCIENTIFIQUE CONTROVERSEE ?***

GOUJARD Bertrand

Ecole d'Ingénieurs en Génie des Systèmes Industriels (EIGSI)
26, rue de Vaux-de-Foletier
17041 La Rochelle Cedex 1- France
+ 33 (0)5 46 45 80 26
bertrand.goujard@eigsi.fr

Résumé : L'effet des infrasons (émissions sonores de fréquences inférieures à 20 Hz) sur l'organisme humain constitue une question scientifique à la fois marginale et incomplètement élucidée, y compris à travers les publications récentes ; ce sujet a généré de surcroît sur certaines pages de l'Internet un véritable mythe, alimenté sans doute par l'intérêt de ces ondes acoustiques pour la surveillance des essais nucléaires.

Lorsque cette rumeur débouche sur des questions posées par ses clients à un industriel, le veilleur scientifique et stratégique se doit de trouver des éléments qui permettent, dans un délai court, de prendre position face au problème. Si l'on dispose ensuite de plus de temps, il est possible d'approfondir l'analyse, en complétant les sources d'information consultées et en effectuant des traitements bibliométriques plus poussés.

L'objet de la présente communication est donc, à partir de ce cas concret, d'examiner d'abord comment une analyse bibliométrique à partir d'une base de données adéquate, jointe à celle des divers documents trouvés sur l'Internet, peut permettre d'évaluer rapidement l'acuité du problème posé. On montrera ensuite dans quelle mesure une méthodologie plus élaborée (examen des mots-clés, cartographie plus large des réseaux d'auteurs impliqués) est susceptible de contribuer à mieux cerner une vérité scientifique quelque peu indécise.

Abstract : The effect of infrasound noise (acoustic waves with frequencies below 20 Hz) on human body functions appears both marginal and poorly cleared up as a scientific issue, including in recent papers ; besides, the subject has reached on a number of Internet pages a mythical dimension, owing presumably to the relevance of these acoustic waves for nuclear test detection.

When questions from customers are arisen as a result of the rumour, the scientific and strategic intelligence specialist must quickly find the clues to take up a position on the issue. With more time available, it becomes possible to go deeper into the question, more information sources can be included and more sophisticated bibliometric treatment applied. With this concrete case in view, the present investigation strives to demonstrate how a bibliometric analysis from one relevant database in addition to the miscellaneous documents

found on the Internet allows to evaluate quickly how critical the issue is. It is then discussed how far a more worked out methodology (that includes keywords analysis and a broader cartography of the network of the scientists involved) is liable to clarify a somehow confused scientific truth.

Mots-clés : infrason – homme – effet biologique – nuisance acoustique – gêne (nuisance) – rumeur – information scientifique technique – analyse bibliométrique – cartographie – scientométrie

Keywords : infrasound – human – biological effect – noise pollution – annoyance – rumour – scientific technical information – bibliometric analysis – cartography – scientometrics

LES INFRASONS ENTRE SCIENCE ET MYTHE : LA BIBLIOMETRIE PEUT-ELLE CONTRIBUER A CLARIFIER UNE VERITE SCIENTIFIQUE CONTROVERSEE ?

INTRODUCTION

Les infrasons sont en général définis comme les ondes acoustiques de fréquence inférieure à 20 Hz, où l'on fixe la limite conventionnelle de la sensibilité en fréquence d'une oreille humaine. Vers le milieu des années 1960, certains chercheurs relatèrent des effets de forte ampleur des infrasons sur l'homme, et mentionnèrent en particulier des perturbations graves de la pression sanguine, du rythme cardiaque, de la respiration, du fonctionnement gastrique, ainsi que des altérations du système nerveux : perte d'équilibre, accroissement du temps de réaction, perte de vigilance, etc...

Ces premières constatations, alarmantes compte tenu de leurs implications en médecine de travail et en médecine des transports routier et aérien, incitèrent d'autres équipes à se pencher sur le sujet et à mener de nouvelles expérimentations ; assez rapidement, dans la seconde moitié des années 1970, celles-ci suggèrent que les premiers effets avaient été surestimés et qu'on pouvait généralement conclure à l'absence d'effets nocifs significatifs des infrasons sur l'état physique et mental des personnes, y compris à des niveaux d'exposition atteignant ou dépassant les 130 dB, au moins pour des expositions de courte durée.

Si les premières équipes avaient pu être victimes d'artefacts, cela est dû au caractère pluridisciplinaire du sujet. Dans le domaine des sciences physiques, l'expérimentation sur les ondes infrasonores est délicate, pour la génération comme pour la mesure ; et l'appréciation d'effets physiologiques suppose en même temps de bien maîtriser les méthodologies de la médecine expérimentale (analyses factorielles d'enquêtes sur des sujets humains).

Dans les années 1980, des travaux se poursuivirent, en particulier dans les pays nordiques (Danemark et Suède), en URSS et en Europe de l'Est, ainsi qu'au Japon, afin de mieux cerner les mécanismes d'interaction avec l'organisme et les effets de plus longue durée, et définir des niveaux d'exposition acceptables dans le cadre de préoccupations d'hygiène industrielle. Plus récemment, c'est la sensibilité croissante à la dégradation de l'environnement et des conditions de vie dans les grandes métropoles urbaines qui ont motivé les investigations des scientifiques.

Toutes ces études se caractérisent par une grande variété d'approches, dans les intentions comme dans les types d'expérimentations réalisées. Les résultats présentés sont parfois contradictoires et le plus souvent impossibles à comparer entre eux. Il semble admis par beaucoup que les infrasons sont en réalité audibles à partir d'une certaine intensité et que ce seuil d'audibilité est très proche du seuil de gêne (gêne ressentie souvent comme une pression dans l'oreille) – beaucoup plus proche que pour des fréquences plus élevées. Lorsque les infrasons sont perçus, un ralentissement des fonctions physiologiques (fatigue, perte de concentration) pourrait intervenir, mais ceci est parfois contesté. Selon d'autres auteurs, qui continuent à détecter expérimentalement des incidences sur l'équilibre et les rythmes respiratoire et cardiaque, certaines personnes seraient plus sensibles que d'autres, ou, hypothèse plusieurs fois formulée mais restée sans vérification, le deviendraient par suite d'une exposition prolongée. A côté d'expériences de laboratoire montrant des effets très légers, les infrasons continuent d'être désignés comme responsables des troubles les plus divers lors d'études menées suite à des plaintes liées aux conditions environnementales, alors même qu'il paraît difficile de les distinguer des vibrations, des bruits à fréquences plus élevées ou d'autres facteurs de pollution urbaine.

Les infrasons perturberaient-ils les capacités d'investigation et de raisonnement scientifiques ? Parmi les articles les plus récents, l'un mentionne sans le moindre début de preuve une sensibilisation de l'organisme soumis aux infrasons sur une longue durée. Un autre semble ignorer complètement les travaux menés dans les années 1980. Inversement, dans deux publications d'origines différentes, on retrouve des paragraphes entiers identiques au mot près. Dans un autre cas, on lit au détour d'une page des considérations surprenantes sur la « Nature » et l'évolution humaine pour expliquer l'absence d'organes perceptifs des ondes sismiques. Il arrive aussi, à la demande d'un couple âgé se plaignant d'insomnie, de sensation de fatigue et de picotements, qu'on traque dans un immeuble, à grands frais et pendant des semaines, un bruit d'appareil électroménager d'intensité *plus faible* que le seuil de sensibilité de l'oreille ; les mesures de bruit effectuées sont d'ailleurs perturbées par le trafic d'une rue fréquentée qui passe à dix mètres des fenêtres du logement, trafic dont ces personnes affirment n'être

pas affectées ! En somme, le processus cumulatif de la connaissance scientifique – expérimentations, échanges et confrontation rationnelle de résultats tangibles – ne semble pas aussi limpide qu'on pourrait le souhaiter.

De plus, les débats initiaux ont trouvé un écho dans le formidable médium de communication que constitue l'Internet, où la rumeur fait état, le plus sérieusement du monde, avec plus de trente ans de retard, d'effets plus ou moins dévastateurs produits par les infrasons.

Lorsqu'on est interrogé dans un cadre industriel sur l'effet sur les voyageurs des infrasons éventuellement produits par les différentes sources mécaniques du véhicule, la formulation d'une réponse claire au problème n'est évidemment pas facilitée par le foisonnement d'informations disparates voire parfois contradictoires.

Nous allons essayer de montrer sur ce cas particulier comment des techniques bibliométriques plus ou moins élaborées peuvent permettre de mieux dominer la question. Ceci en deux temps : d'abord comme aide à la décision, pour évaluer rapidement le niveau d'attention à accorder au sujet, ensuite pour mieux comprendre la confusion qui y règne et tenter de dégager des éléments d'appréciation sur le fond du problème posé.

1 - ANALYSE DES PAGES DE L'INTERNET :

Par la diversité des documents qu'on y trouve, la consultation de l'Internet permet de se faire rapidement une idée générale des différents aspects d'un sujet, y compris dans ses dimensions les plus subjectives. C'est d'ailleurs dans cette optique un outil irremplaçable.

Pour cette investigation nous avons utilisé le moteur de recherche Google qui présente l'avantage de présenter les pages dans l'ordre d'un indice de notoriété : ainsi les sites les plus référencés par d'autres sites à travers les liens hypertextes se trouvent-ils placés en tête de liste.

Les interrogations ont été les suivantes :

- Recherche dans les pages France avec le mots-clef « infrasons »
- Recherche dans les pages mondiales Web avec le mots-clef « infrasound » ;

Dans les deux cas les 100 premières pages ont été visitées et classées par catégories. Ces catégories sont les suivantes :

- 1) **acoustique** : il s'agit de pages qui présentent des informations sur les phénomènes acoustiques et qui évoquent les infrasons, sans mentionner d'effets particuliers sur la santé.
- 2) **pertinents** : il s'agit de pages qui présentent un intérêt particulier sur le sujet et dont nous détaillerons plus loin le contenu.
- 3) **rumeur** : il s'agit de pages qui font explicitement mention d'effets néfastes sur la santé et qui matérialisent donc les traces de cette rumeur.
- 4) **médical** : il s'agit de pages qui mentionnent l'utilisation des infrasons en kinésithérapie (électrophysiothérapie) ou dans le cadre d'autres usages thérapeutiques.
- 5) **détection** : il s'agit de pages qui mentionnent l'utilisation de systèmes de mesure par infrasons afin d'identifier des phénomènes atmosphériques ou sismiques d'origine naturelle (tornades, entrée de météorites dans l'atmosphère, éruptions volcaniques) ou artificielle (explosions, avions supersoniques, essais nucléaires). Une grande partie de ces sites sont liés aux organismes chargés de vérifier l'application du Traité de Non Prolifération des Armes Nucléaires ; beaucoup évoquent le réseau mondial de stations de surveillance déployé à cette occasion. En France, le CEA apparaît comme le principal acteur de cette activité.
- 6) **armes** : il s'agit de pages qui mentionnent explicitement des usages militaires des infrasons autres que la détection atmosphérique et sismique signalée ci-dessus, en particulier les armes à infrasons et certains types de sonars.
- 7) **applications** : il s'agit de pages (de fait, uniquement des pages France) qui mentionnent deux applications des infrasons : le ramonage et les alarmes anti-intrusion.
- 8) **animaux** : il s'agit de pages qui mentionnent le recours aux infrasons par certaines espèces d'animaux afin de communiquer ou de s'orienter, aussi bien en milieu marin qu'en milieu terrestre.
- 9) **sans intérêt** : on a regroupé sous ce titre les pages sans contenu informationnel pour ce qui nous concerne : celles qui n'ont en réalité rien à voir avec le sujet (groupes de musique, etc...), les simples mentions accidentelles, et les pages non accessibles.

20 août 2002	<i>France</i>	<i>Monde</i>
<i>acoustique</i>	32	14
<i>pertinents</i>	2	4
<i>rumeur</i>	9	7
<i>médical</i>	12	6
<i>détection</i>	14	40
<i>armes</i>	2	3
<i>applications</i>	8	0
<i>animaux</i>	10	11
<i>sans intérêt</i>	11	15
Total	100 <i>(sur 457 pages, soit 21,8%)</i>	100 <i>(sur 8740 pages, soit 1,1 %)</i>

Les pages remarquables, classées en « pertinents » sont les suivantes :

- *Pages France* : l'un des documents traite des affections liées au bruit, le second est relatif à une dépêche de l'AFP sur une pollution sonore aux causes non identifiées dans une ville du Mexique.
- *Pages Monde* : les 4 documents mentionnés abordent sur des bases médicales et scientifiques sérieuses l'effet des ultrasons sur la santé. L'un d'entre eux ([Haneke, 2001]) est une synthèse bibliographique toute récente (novembre 2001) et très exhaustive du sujet, réalisée à l'instigation des autorités sanitaires nord-américaines (National Institute of Environmental Health Sciences) suite à certains malaises inhabituels de résidents d'une ville de l'Indiana ; ce document met d'ailleurs bien en relief l'ambiguïté de la problématique sur les effets réels des infrasons décrite dans l'introduction de la présente communication.

Il est difficile de déterminer si les différences observées par comparaison entre les deux colonnes sont dues à une spécificité française sur le sujet ou tout simplement à une profondeur d'exploration des pages de l'Internet très différente.

Cette investigation permet de se faire une idée globale du sujet ; parmi les éléments notables :

1. Une pratique physiothérapique reconnue de traitement par vibrations à basse fréquence ;
2. Une utilisation récente et importante pour la détection de phénomènes sismiques et atmosphériques, dont l'impulsion a été donnée par le Traité de Non Prolifération nucléaire ;
3. Quelques indices d'essais d'utilisation, sous forme d'arme offensive bien que prétendue « non létale », qui semblent avoir été menés dans différents pays, sans grand succès semble-t-il pour des raisons liées à la nature même des ondes (voir [Altmann, 2001] pour une analyse approfondie du sujet).
4. Quelques mentions sur les effets nocifs (purement imaginaires) des infrasons. S'il est assez facile d'identifier le caractère suspect de ces informations (sites non officiels, propos alarmistes, effets littéraires, densité des coquilles et erreurs diverses, absence de citations de sources scientifiques sérieuses ou récentes, répétition des mêmes anecdotes sur différents sites presque dans les mêmes mots d'une langue à l'autre), des publications sérieuses sont toutefois contaminées (<http://www.techniques-ingenieur.fr/affichage/DispIntro.asp?ngcmID=G2790>, consulté le 27/08/2002).

On peut esquisser le mécanisme de la rumeur, édifiée sur la crainte (non fondée) que les infrasons puissent produire des effets nocifs sans être perçus, et alimentée par les items 2. et 3. relevés ci-dessus. Le doute est accentué par le manque de netteté scientifique qu'on trouve sur le sujet, qui prend du coup parfois une dimension mythique. Par ailleurs, il y a confusion entre les vibrations (voie solidienne) et le bruit (voie aérienne). Comme le prouve l'item 1., la voie solidienne ne semble pas présenter d'aspect nocif (évidemment sous des intensités modérées et pour des expositions de courte durée).

A partir de ces éléments issus de l'Internet, il est donc possible au veilleur de formuler une première réponse à la question posée : absence de danger grave et avéré, caractère fallacieux de certaines craintes exacerbées par une information distordue, incertitude scientifique sur des effets secondaires, nécessité d'approfondir l'enquête.

Le type de traitement effectué peut apparaître extrêmement « rustique », voire laborieux, et surtout très partiel, puisqu'on ne fait qu'effleurer la surface de la partie la plus visible de l'Internet. Il présente l'avantage d'être facilement réalisable. Sous réserve d'être effectué avec un peu de méthode, il n'est pas non plus particulièrement gourmand en temps ; il permet d'esquisser une quantification du domaine abordé et aussi d'obtenir, avec un peu de chance, quelques documents très précieux, comme nous l'avons mentionné.

Par ailleurs, le traitement plus automatisé des pages de l'Internet, qui sont balisées dans un format spécifique et rédigées en langage naturel, nécessitent d'utiliser des logiciels spécialisés relativement onéreux et dont on dispose rarement. L'analyse directe des pages de réponses fournies par le moteur de recherche selon un traitement bibliométrique identique à des notices bibliographiques (les champs « Titre », « Texte » et « Adresse » par exemple pourraient être repérés) est aussi assez difficile, parce que ces notices sont à la fois brèves et en langage naturel : elles nécessitent donc souvent d'être interprétées.

2 -ANALYSE BIBLIOMETRIQUE DE MEDLINE :

Nous avons recherché des informations pertinentes sur les effets physiologiques des infrasons en consultant une base de données bibliographique spécialisée dans le domaine.

La base de données Medline est reconnue comme une référence et un reflet fidèle (pour tout ce qui est publié) des activités de recherche scientifique par les chercheurs du monde médical : la diversité dans l'origine des documents identifiés dans la présente étude le montrera clairement.

Cette base, librement consultable en ligne par le biais de l'Internet, est donc susceptible de nous donner une idée correcte de l'état des travaux menés sur les effets des infrasons sur la santé humaine et des résultats qui en sont issus.

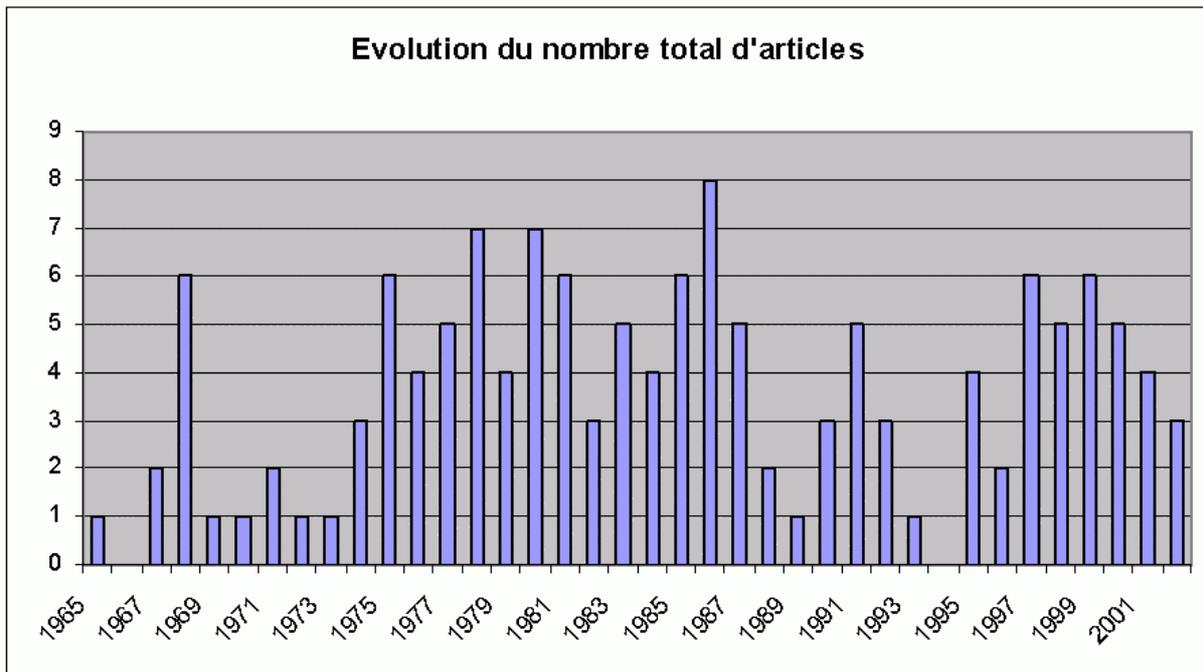
Nous avons donc interrogé Medline via l'interface PubMed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=PubMed>) selon « infrasound OR infrasonic OR infrasonics » qui nous a fournit 138 références. Pour les articles pertinents, l'accès aux « Related Articles » a également été tenté, sans fournir de retours substantiels.

Afin de situer l'importance de la littérature relative aux infrasons dans l'ensemble de la problématique médicale telle qu'elle est reflétée par les publications, nous avons également interrogé avec des mots-clés relatifs à des affections majeures de nature diverse : la sclérose en plaques (« multiple sclerosis »), la lèpre (« leprosy »), le syndrome de Creutzfeldt-Jakob, et, ce qui relève de thèmes médicaux plus proches de nos préoccupations, les affections relatives à l'amiante (« asbestos ») et les effets de l'exposition au bruit dans un contexte professionnel (pour lesquels nous avons choisi une association de mots-clés parmi bien d'autres imaginables, qui a pour principal mérite de limiter ... le bruit dans les réponses, mais qui ne constitue évidemment pas une exploration exhaustive de la base sur le sujet.)

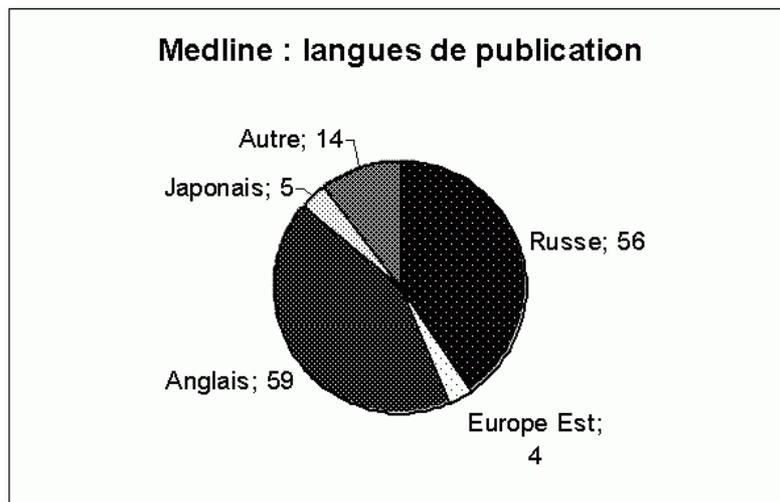
Mots-clés utilisés : le 31 août 2002	Nombre d'articles de la base Medline
« multiple sclerosis »	24 121
leprosy	13 846
creutzfeldt-jakob	3 866
asbestos	7 999
noise AND « occupational exposure »	367
infrasound OR infrasonic OR infrasonics	138

On s'aperçoit immédiatement à la lecture de ce tableau comparatif du **caractère extrêmement marginal**, dans la littérature publiée au moins, de l'étude des infrasons.

Il importe toutefois, au-delà de ces chiffres bruts, de saisir la dynamique des publications : on pourrait par exemple se trouver dans le cas d'un domaine en émergence. Il faut aussi examiner la nature des documents référencés pour s'expliquer les raisons d'une éventuelle absence de publication.

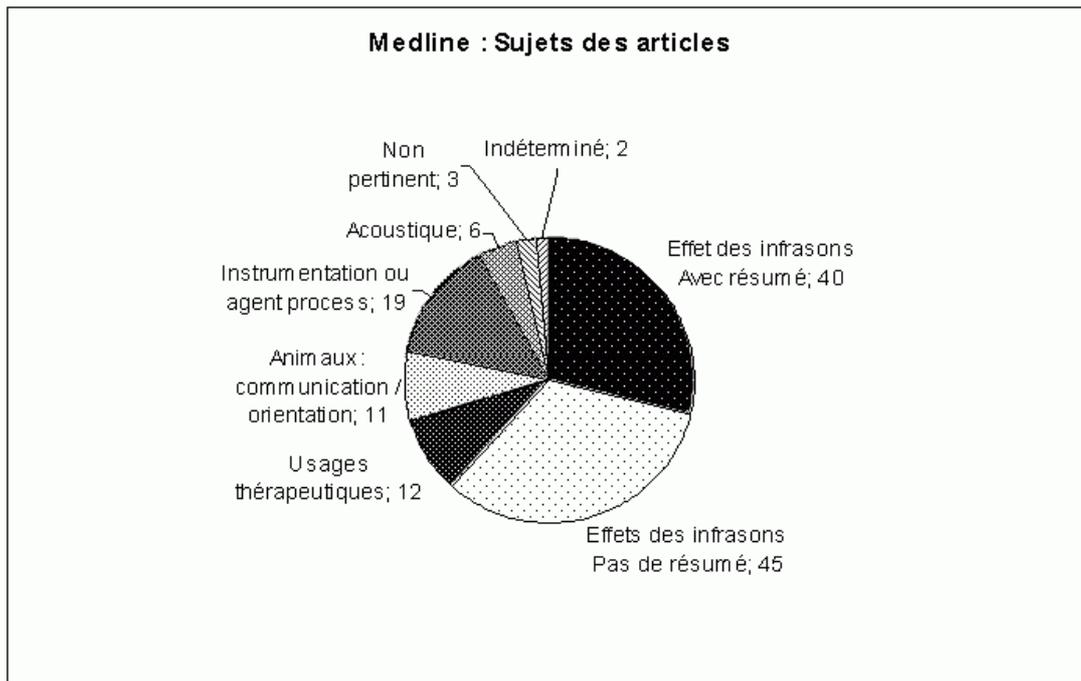


L'analyse de l'évolution du nombre d'articles du corpus total publiés au cours du temps fait apparaître au contraire un domaine relativement ancien, stagnant, avec une activité maximale entre 1975 et 1988 suivie d'une seconde vague à partir de 1995 (les données pour l'année 2002 étant incomplètes).



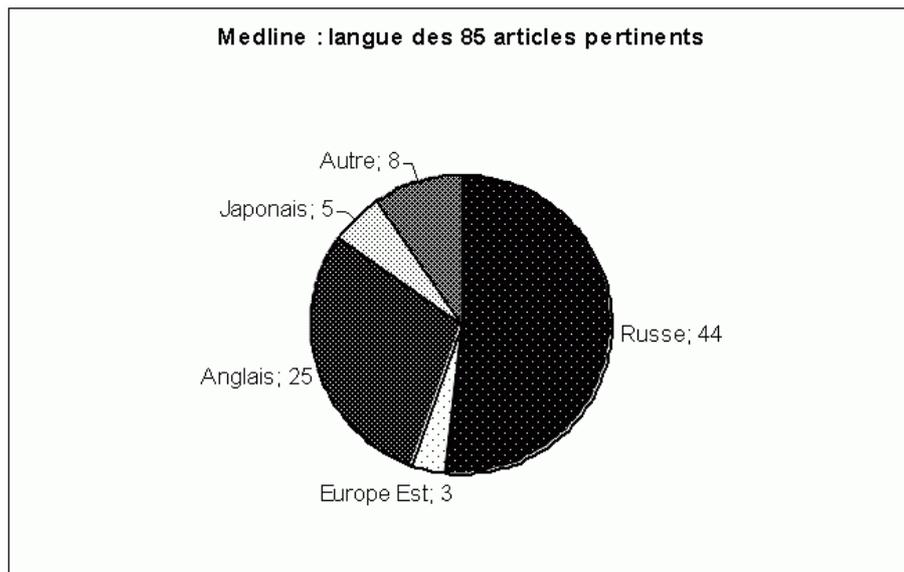
Pour ce qui concerne la langue des articles, qui donne une idée de l'espace de diffusion des publications, à défaut, en particulier quand il s'agit de l'anglais, de la nationalité précise d'origine des auteurs, une spécificité apparaît : une grande partie des articles ont été publiés en russe ou dans une langue d'Europe de l'Est.

Nous nous sommes intéressé plus en détail au contenu des documents : comme ils étaient assez peu nombreux, une analyse a été effectuée à partir de leur titre et, quand il était disponible sur Medline, de leur résumé, ce qui a permis de définir un classement en plusieurs catégories :



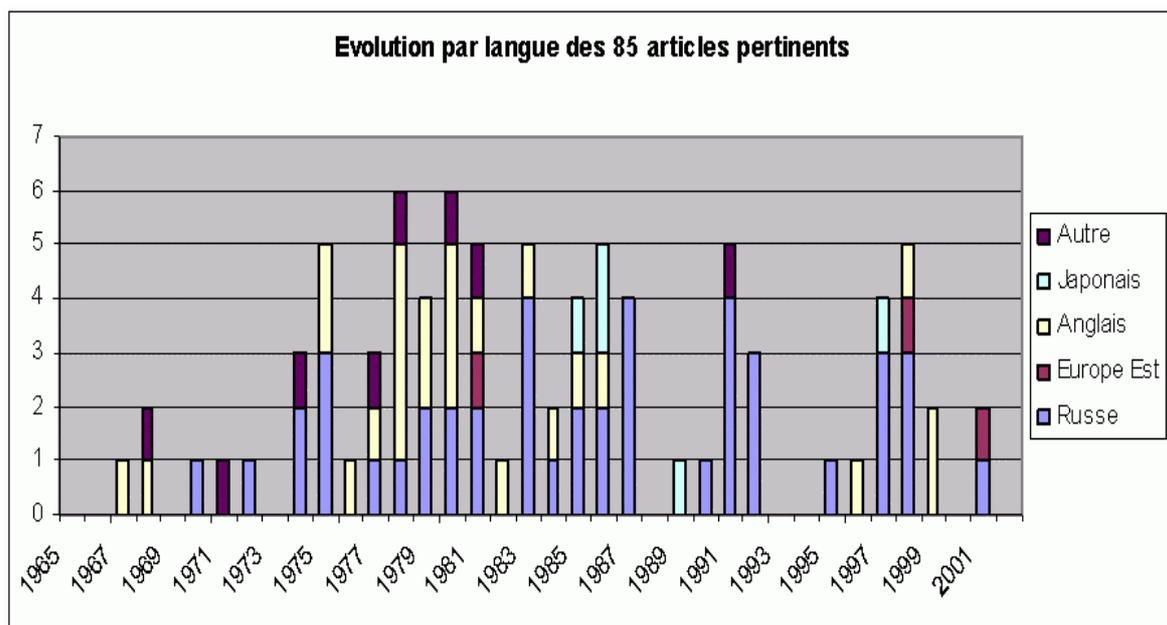
- **Effets des infrasons** : les documents qui traitent effectivement des effets des infrasons constatés sur des organismes vivants, homme ou animaux de laboratoire, ou sur des cellules in vitro. Certains de ces documents disposent dans Medline d'un résumé qui permet d'en mieux apprécier le contenu exact ; d'autres (principalement des publications en langues slaves) en sont dépourvus : l'incertitude sur le contenu est donc plus grand pour ce qui concerne ces derniers documents.
- **Usages thérapeutiques** : les documents qui décrivent sans ambiguïté des applications thérapeutiques des infrasons à des fins de traitement : en particulier, un certain nombre d'expérimentations ont été menées en Russie en ophtalmologie. Il est apparu souhaitable de distinguer ce type d'article des précédents.
- **Instrumentation ou agent de process** : les documents qui décrivent l'utilisation d'infrasons en instrumentation médicale ou dans certains process de préparation de solutions de laboratoire.
- **Animaux : communication, orientation** : les documents relatifs à l'utilisation des infrasons dans le règne animal à des fins de communication ou d'orientation dans l'espace.
- **Acoustique** : les documents qui traitent des aspects strictement acoustiques des infrasons sans référence à des aspects physiologiques.
- **Non pertinent** : les documents non pertinents (bruit dans la recherche).
- **Indéterminé** : quelques documents dont nous n'avons pas réussi à déterminer le contenu exact à partir des références de Medline.

Nous allons donc nous intéresser maintenant au 85 articles qui traitent effectivement d'éventuels effets nocifs des infrasons sur la santé. La répartition par langue de ces articles fait apparaître encore plus nettement la domination slave :



Il convient de noter que la plupart des articles en langue russe référencés dans Medline n'ont pas de résumé.

Si nous visualisons la dynamique de ces 85 publications par langue, une singularité géographique apparaît :



Le sujet, tel qu'il est reflété par Medline, semble avoir été abandonné après la poussée de 1985, sauf dans l'aire slave. Les trois articles en anglais de 1998-1999 ne doivent pas faire illusion : deux d'entre eux proviennent d'une équipe polonaise.

En résumé, d'après la vision qu'en donne Medline, le sujet de l'effet des infrasons sur la santé semble être une problématique très marginale en terme de santé publique. De plus, cette problématique n'est pas récente et apparaît au mieux en stagnation depuis le début des années 1980. Seuls à avoir conservé une certaine activité sur ce sujet, les Européens de l'ancien bloc Soviétique en ont pris la quasi-exclusivité : cette caractéristique, compte tenu des langues de publication, pourrait (on le vérifiera plus loin) ne pas faciliter l'accessibilité de leurs recherches par d'autres équipes. Mais ce désintérêt pour le sujet, qu'au-delà du contenu des articles nous révèle la bibliométrie, nous permet déjà, par cette analyse rapide, de préconiser à notre interlocuteur industriel de ne pas accorder trop de crédit à cette rumeur – dont l'examen de l'Internet nous donne par ailleurs les fondements.

Ces résultats ont été obtenus en un délai court et sans l'utilisation d'outils bibliométrique lourds ; il est clair que le faible volume du corpus a permis une telle opération, qui aurait toutefois été possible grâce à des outils bibliométriques classiques.

Nous allons maintenant examiner comment un examen plus approfondi du sujet va nous permettre de nuancer ces premiers éléments.

3 - ANALYSE BIBLIOMETRIQUE DE LA BASE DE DONNEES PASCAL :

Nous avons souhaité compléter les résultats donnés par Medline en interrogeant la base Pascal de l'Inist, qui présente l'avantage d'être pluridisciplinaire, ce qui convient bien pour couvrir les divers aspects de notre sujet.

a) Analyse préalable sous format B et sélection du corpus :

Nous avons interrogé la base en recherchant le mot « infrasound » dans les termes contrôlés (CT) et obtenu 138 réponses, que nous avons téléchargées pour une première analyse sous le format réduit B « Browse ». Ce format présente les informations suivantes :

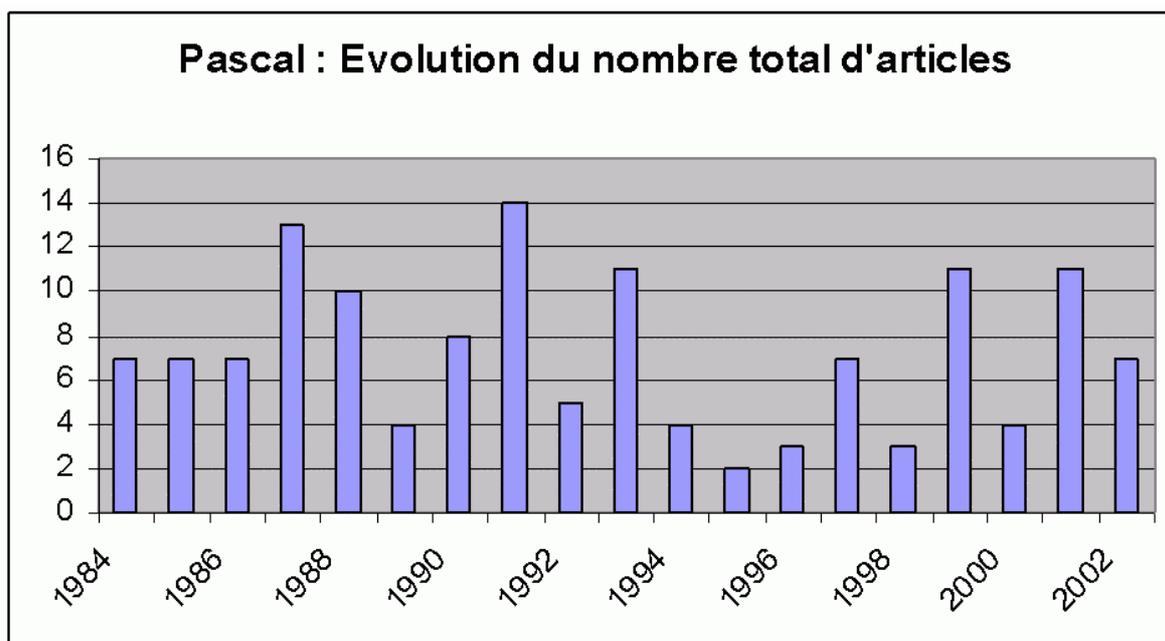
- le **numéro de référence** Pascal (Native Number) qui comporte l'année d'enregistrement du document dans Pascal, et donc, une information indirecte, mais néanmoins exploitable par comparaison, sur la date de l'article lui-même,
- le **titre** du document, en anglais et le cas échéant en français,
- le **code de classification** du document avec la liste des grands domaines dans lequel il peut être classé, en anglais, français et espagnol,
- les **termes contrôlés** (mots-clefs) en anglais et en français, parfois en espagnol,
- pour certains enregistrements, des **termes étendus** (broader terms) qui donnent des mots-clefs supplémentaires plus généraux.

Typing set: 1, record: 1
Native Number : 2002-0291368 PASCAL
Title in English : Danish guidelines on environmental low frequency noise, infrasound and vibration
Classification Code : 001B40C50; Physics; Acoustics; Pollution, Nuisances
Classification Code in French : 001B40C50; Physique; Acoustique; Pollution, Nuisances
Classification Code in Spanish : 001B40C50; Fisica; Acustica; Polucion, Contaminacion ambiental, Ruido ambiental
Physics and Astronomy Code : 4350
Controlled Terms : Noise pollution; 1/f noise; Infrasound; Ambient noise; Standards; Regulation
Controlled Terms in French : Nuisance acoustique; Bruit basse frequence; Infrason; Bruit ambiant; Norme; Reglementation; 4350
Controlled Terms in Spanish : Nocividad acustica; Ruido baja frecuencia; Infrasonido; Ruido ambiente; Norma; Reglamentacion

Ce format est donc susceptible de donner au bibliométricien des renseignements généraux sur le contenu domaine, y compris sur de grands corpus, sans engager de frais de téléchargement de notices prohibitifs, ce qui peut constituer une difficulté non négligeable dans ce genre d'étude. Il peut permettre alors de mieux cibler les documents dont on va télécharger les notices dans leur intégralité.

Nous avons donc traité le fichier texte des notices à l'aide d'un programme d'analyse bibliométrique expérimental de notre conception écrit en langage Perl, qui, à partir de la description du format des notices, extrait et classe les formes des différents champs, puis génère les paires de termes que l'on peut trouver dans les différentes notices.

Laisant de côté les titres en langage naturel dont l'analyse bibliométrique est plus hasardeuse, nous avons donc extrait les **dates**, **codes de classification** et **mots-clés en français** pour les différents documents.



L'évolution du nombre total de documents référencés par Pascal couvre un nombre d'années plus restreint que Medline, mais sa dynamique n'est pas différente malgré la dimension plus pluridisciplinaire de Pascal ; seule la période d'activité maximale est décalée vers le début des années 1990.

Si l'on s'intéresse maintenant aux disciplines auxquelles se rattachent les articles, les codes de classification les plus utilisés (notez qu'un article peut être référencé par plusieurs codes) avec leur fréquence d'apparition (nombre de références différentes où le code se trouve présent) montrent, dans la diversité des domaines couverts, une présence notable de documents relatifs à notre sujet (domaines en italique gras) :

Codes de classification	Fréquence
Physique	65
Acoustique	58
sciences de la vie	42
sciences biologiques	39
sciences appliquees	21
sciences de l'univers	18
pollution, nuisances	16
physiologie des vertebres, neurophysiologie des vertebres, systeme nerveux	14
geophysique externe	14
Meteorologie	10
psychologie	6
batiment, travaux publics, genie civil	5
metrologie	5

Il en est de même pour ce qui concerne les mots-clés les plus fréquemment cités :

Mots-clés	Fréquence
infrason	135
etude experimentale	21
homme	19
bruit	18
acoustique sous marine	16
basse frequence	15
nuisance acoustique	14

audition	13
bruit ambiant	11
acoustique atmospherique	10
stimulus acoustique	9
onde acoustique	9
propagation onde	8
mesure	8
frequence audible	7
effet biologique	7
vibration	6
perception	6
gene nuisance	6
appareil auditif	6
traitement signal	5
systeme nerveux central	5
seisme	5
oreille interne	5
explosion nucleaire	5
environnement	5
bruit industriel	5

Pour tenter de sélectionner les articles les plus pertinents, nous avons ensuite interrogé Pascal à l'aide des mots-clés les plus fréquemment cités qui ont paru répondre à la problématique, selon l'équation suivante :

INFRA SOUND/CT AND (HUMAN/CT OR NOISE/CT OR «NOISE POLLUTION»/CT OR «AMBIENT NOISE»/CT OR «BIOLOGICAL EFFECT»/CT OR ANNOYANCE/CT OR PERCEPTION/CT OR «CENTRAL NERVOUS SYSTEM»/CT OR ENVIRONMENT/CT OR «INDUSTRIAL NOISE»/CT

Nous avons obtenu en retour 53 documents dont nous avons téléchargé les notices pour traitement. Nous avons ensuite extrait les termes des champs Auteurs et Mots-Clés pour les analyser.

En éditant les listes respectives des auteurs référencés dans Medline et Pascal, il est frappant de constater la forte complémentarité de ces deux bases : pour 121 auteurs cités dans le corpus de Pascal et 194 auteurs cités dans notre précédent corpus de Medline, on ne trouve que 12 auteurs cités à la fois dans les deux corpus :

- | | |
|----------------------------|-------------------------------|
| 1. Augustynska A. | 8. Langner G. |
| 2. Densert O. | 9. Nekhoroshev A.S. |
| 3. Glinchikov V. | 10. Pawlaczyk- Luszczynska M. |
| 4. Kaczmarska- Kozłowska A | 11. Scheich H. |
| 5. Kamedula M. | 12. Schermuly L. |
| 6. Klinke R. | 13. Theurich M. |
| 7. Landström U. | |

On vérifie une fois de plus sur cet exemple la nécessité de consulter plusieurs bases pour bien se documenter sur un sujet. En l'espèce, ce recouvrement paraît tout de même très limité ; il pourrait illustrer, outre la marginalité du sujet, la diversité des travaux menés en parallèle et un certain manque de cohésion induit par exemple par l'absence d'« autorités » susceptibles de générer des synthèses. D'où la difficulté de discerner l'état de l'art scientifique, y compris pour des chercheurs qui souhaiteraient aborder le domaine.

De plus, les auteurs présents dans ce recouvrement ne sont pas toujours les plus actifs dans le domaine. Surtout, on constate l'absence de part et d'autre d'auteurs indubitablement importants, comme par exemple H. Möller dans Medline et V.N. Alekseev dans Pascal.

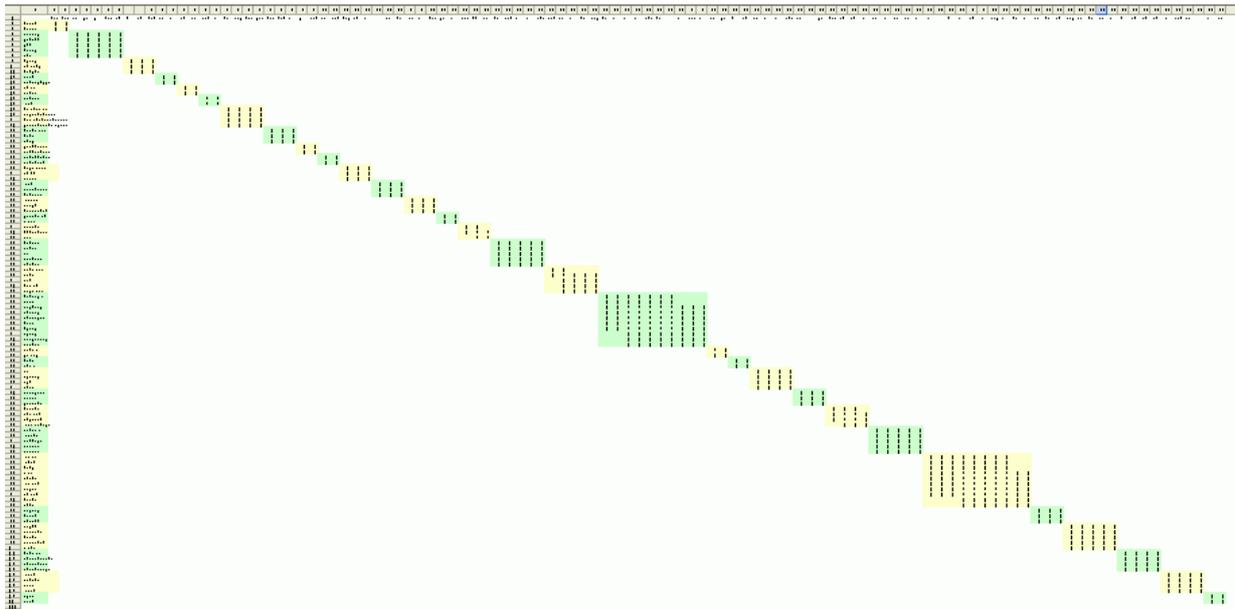
Pour mieux apprécier le contenu des différentes problématiques traitées dans ces articles, il est classique de mettre en évidence les associations de mots-clés entre eux, à partir des paires de termes extraites des notices dans le champ des termes contrôlés. Nous avons pour cela effectué une sériation par blocs, procédé qui offre l'avantage, sans définir de catégories a priori, de regrouper les notices à travers des termes communs mis en

évidence, et permet donc de structurer sémantiquement le corpus (voir sur cette technique bibliométrique [Baldit, 1994] et [Rostaing, 1996]). L'algorithme que nous utilisons est perfectible mais il offre l'avantage d'écarter les lignes qui correspondent à des termes triviaux, présents dans un nombre jugé excessif de références : cette précaution permet de constituer les blocs avec plus de netteté.

Il est clair que, comme tout traitement massif de données, l'apport de cette technique est particulièrement appréciable dans le cas de grands corpus. Pour ce qui nous concerne, au contraire, le faible nombre de notices présentes fragilise les conclusions qu'on pourra en tirer.

b) Analyse des relations entre les auteurs :

La sériation fait apparaître 30 groupes d'auteurs d'importance numérique variable (2 à 10) mais parfaitement distincts entre eux, ce qui confirme l'éparpillement du traitement de la problématique.



c) Analyse sur les mots-clés entre eux :

Seules ont été retenues pour la sériation les paires de mots-clés qui apparaissent deux fois ou d'avantage dans le corpus ; ceux-ci sont considérés comme seuls significatifs. La sériation révèle alors 6 groupes de mots-clés (1 à 6) nettement différenciés, plus 2 groupes qui s'interpénètrent partiellement l'un dans l'autre (7 et 8) :

MOTS-CLES	GROUPE
mesure	1
hydrophone	1
action vent	1
bruit oceanique	1
eau profonde	1
appareil auditif	2
canal semicirculaire	2
oreille interne	2
bruit ambiant	Commun à 1 et 3
acoustique sous marine	Commun à 1et 3
niveau bruit	3
interaction onde	3
microseisme	3
onde surface	3
non linearite	3
bruit industriel	7
exposition professionnelle	7
bruit basse frequence	7

encephale			2	2	2	2	2					
systeme nerveux central			2	2	2	2	2					
effet biologique			2	2	2	2	2					
homme	2	4	2	2	2	2	2	2		2	2	
infrason	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
fonction vestibulaire										2	2	
hormone steroide												2
Systeme hypophysocorticosurrenalien												2
hormone surrenalienne												2
hormone peptide												2
acth												2
environnement												2
Hormone adenohipophysaire												2

Vérification faite, les chercheurs de patronymes chinois sont co-auteurs des mêmes articles (expérimentations sur des animaux de laboratoire). Par contre, il est intéressant de trouver côte à côte Ulf Andresen et Henrik Möller, qui sont les chefs de file de deux équipes scandinaves qui ont beaucoup travaillé sur le sujet, sans avoir publié ensemble. On conçoit donc que sur des corpus plus importants, ce tableau confronté à celui des auteurs puisse être riche d'enseignement ; ici, il ne fournit pas d'information très utile, si ce n'est de confirmer l'absence de thèmes centraux.

En résumé, cette analyse rapide des notices de Pascal n'invalide en rien ce qui avait été constaté sous Medline : une problématique marginale, ancienne et peu dynamique, des équipes assez nombreuses mais dispersées sans collaborations communes, sur des thèmes eux aussi très divers. L'originalité et la diversité des démarches de recherche scientifique est évidemment positive ; dans les conditions présentes, elle pourrait toutefois favoriser des points de vues divergents voire contradictoires sur la portée réelle des nuisances infrasonores – et par conséquent laisser une incertitude propice à la rumeur. Une certaine cohérence semble donc émerger de ces observations.

4 - L'ENTRELACEMENT DES CO-CITATIONS ENTRE LES EQUIPES DE CHERCHEURS :

Nous avons voulu pousser plus loin l'analyse en essayant de dresser une cartographie de l'activité de recherche relative à l'effet des infrasons sur la santé humaine à partir des documents qui nous étaient accessibles. Pour ceci, nous avons examiné les notices de Pascal issues de notre interrogation et nous nous sommes procuré 29 articles qui nous paraissaient répondre à la problématique ; 26 ont été finalement retenus (les expérimentations sur les animaux, dont la transposition sur l'homme est des plus délicates, ont été laissées de côté). Pour chaque article, les références bibliographiques des auteurs cités ont été examinées et chaque document a été enregistré sous une forme simplifiée qui comporte uniquement **le nom** du ou des auteurs, dans l'ordre, et **l'année de publication**.

(On pourrait évidemment utiliser la base SCISEARCH de l'ISI à cette fin. Toutefois, le champ CR – ou CA – des notices ne donne qu'un seul auteur, ce qui ne permet pas de connaître directement les autres).

Nous avons ainsi été en mesure de tracer le réseau de citations des publications entre elles et leur entrecroisement au cours du temps. Nous espérons ainsi mieux comprendre l'élaboration au cours du temps de la création du savoir scientifique de chercheur en chercheur et de « collègue » en « collègue », et mieux comprendre comment les connaissances actuelles sur les infrasons avaient pu se constituer au cours des années.

L'approximation commise dans cette analyse consiste à confondre éventuellement deux publications qui auraient été faites la même année par le ou les mêmes auteurs (listés dans le même ordre). Ce cas existe évidemment et s'est d'ailleurs présenté dans notre corpus ; toutefois, ce qui nous intéresse ici, ce n'est pas la publication en tant que telle, c'est l'état de l'expérience et de la réflexion de son ou de ses auteurs à un moment donné, telles que les publications ont pu le révéler à ceux qui les ont lues et citées. Dans le cas de plusieurs publications du même auteur la même année, on peut penser qu'il n'y a pas eu d'évolution significative en un laps de temps si court. Par contre, nous avons considéré les publications comme distinctes lorsque l'ordre de citation des auteurs était différent, car dans ce cas nous avons jugé qu'il pouvait y avoir des nuances ou des apports significatifs. Ainsi un seul document « Möller H. 1984 » a été retenu, mais on a distingué « Möller H., Andresen J. 1984 » et « Andresen J., Möller H. 1984 » comme deux publications distinctes.

Ont été aussi écartées toutes les citations à des normes qui se répétaient dans un certain nombre d'articles. Ce documents sont importants par leur contenu, mais d'une nature différente de celle des publications scientifiques.

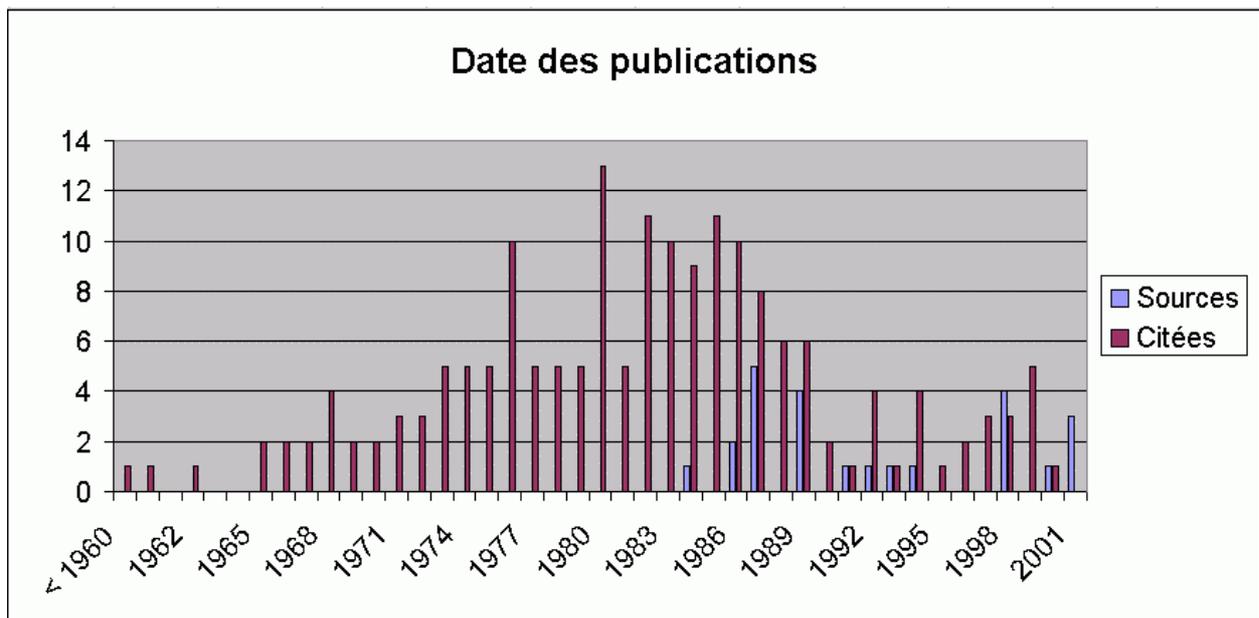
Comme nous n'avons travaillé qu'à partir de références issues de la base Pascal, cette démarche peut paraître très limitée : cette vision à travers une petite lorgnette est-elle réellement susceptible de nous faire découvrir la réalité, c'est-à-dire l'ensemble des travaux menés sur l'effet des infrasons sur l'organisme humain ? Le faible recouvrement des bases Pascal et Medline, que nous avons mentionné, semble appuyer une telle objection.

On peut y apporter deux réponses :

- 1) S'il semble clair que les publications référencées dans une base particulière ne couvrent qu'une partie des travaux menés pour le sujet, d'une part, et s'il en est de même pour les références citées dans chaque publication particulière, d'autre part, le champ qu'on découvre par contre en agglomérant l'ensemble devient plus vaste avec le nombre de publications consultées, et les risques d'erreurs (passer à côté de travaux importants) décroît aussi. Nous avons déjà signalé que le moteur de recherche Google définissait son indice de pertinence à partir d'un processus similaire.
- 2) La seconde réponse est plus fondamentale. La réalité perçue par l'homme est une construction de l'esprit ([Watzlawick, 1988]) : il est illusoire de croire qu'elle préexiste à sa prise de conscience. En l'espèce, quel que soit ce qui a été publié sur les infrasons, comment en prendre connaissance aujourd'hui ? Il n'y a pas beaucoup d'autres possibilités que de consulter quelques ouvrages fondamentaux et certaines bases de données (en pratique toujours en petit nombre), puis de se procurer les articles les plus accessibles (malheureusement pas ceux qu'on ne sait trouver ou qu'on ne saura déchiffrer du fait de leur origine géographique), de lire leurs références et d'essayer encore d'obtenir, si l'on en a les moyens et le loisir, ces autres documents ou les revues signalées. Ce processus comporte une part inévitable de risque et de contingence, même si l'on peut toujours compléter et aller plus loin. Il correspond à la démarche que nous avons suivie.

a) Chronologie des articles cités :

Pour commencer, nous avons représenté l'évolution des recherches sur les effets des infrasons à travers la date des documents cités en références de ceux dont nous disposons. Ceci élargit la perspective, comme on l'a dit, en mettant en évidence le socle à partir duquel s'élèvent les travaux qui correspondent aux publications consultées : nous obtenons un historique du sujet dressé par les chercheurs eux-mêmes. On vérifie que le sujet est actif à partir de 1975 avec un maximum entre 1980 et 1990 ; à partir de cette date, il apparaît nettement délaissé : bien sûr, les publications susceptibles d'être citées sont mécaniquement moins nombreuses à mesure qu'on s'approche du présent, mais la rupture de tendance est néanmoins très nette. Sous réserve d'une renaissance toujours possible, le cœur de l'activité sur le sujet apparaît aujourd'hui être du domaine d'un passé qui ne cesse de s'éloigner. En somme, la question semble dépassée.

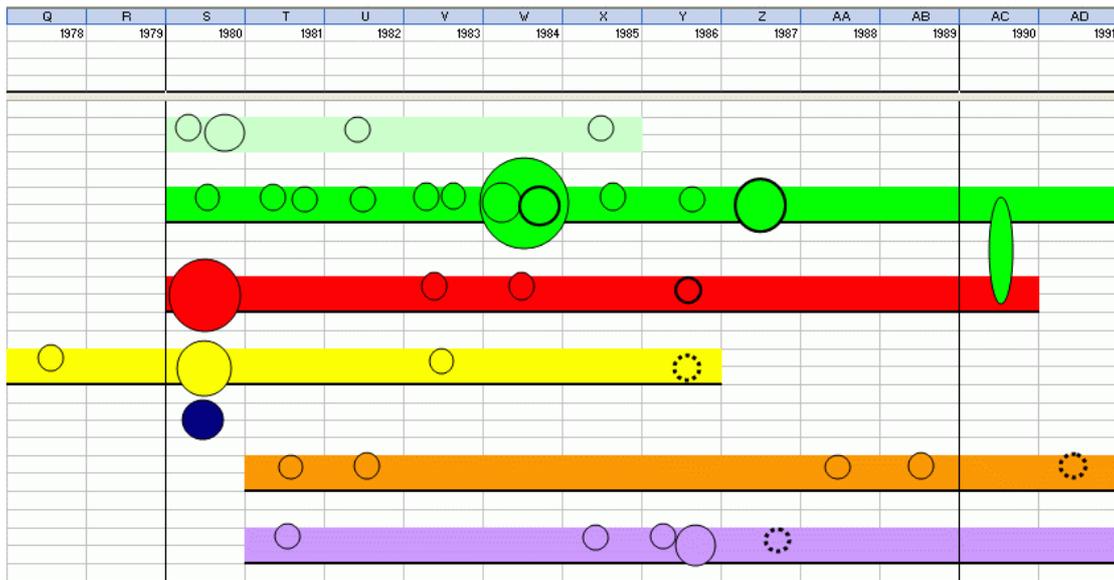


Ce qui veut dire aussi, pour ce qui nous concerne, que l'essentiel de la connaissance pertinente sur le sujet est à chercher dans les publications du milieu et de la fin des années 1980 : leurs conclusions pourront être

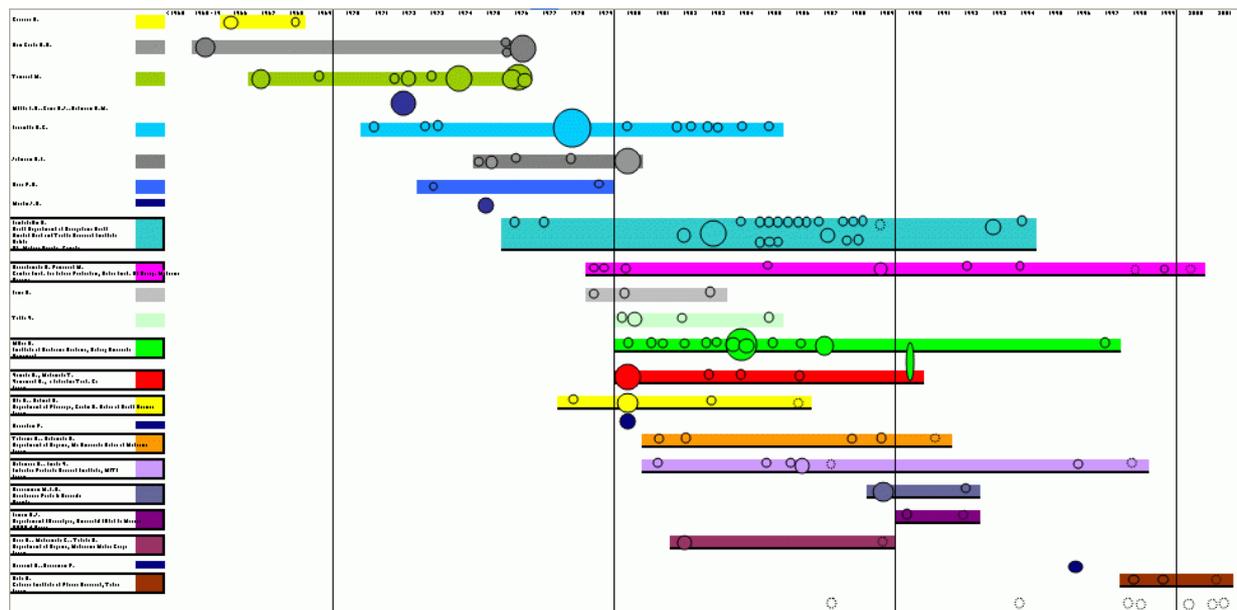
interprétées rétrospectivement à la lumière de l'extinction prochaine de l'activité sur ce thème de recherche. Cette indication bibliométrique pure pourrait donc nous permettre de valider le contenu des articles concernés.

b) Cartographie des collèges :

Nous avons ensuite tenté de créer, à l'aide du tableur Excel, une cartographie susceptible de mettre en évidence la dynamique temporelle des travaux des chercheurs telle que les publications obtenues ou citées nous la révèle. Sur un axe horizontal, nous avons placé le temps. Les différentes équipes de recherche identifiées (les « collèges », éventuellement « invisibles »), repérées par une couleur particulière sur leur période d'activité apparente, ont été étagées de haut en bas selon les dates. Les publications ont été repérées sur ces barres par des disques de diamètre proportionnel au nombre de citations reçues. Celles que nous avons eues en main, sources de références, sont dessinées en gras ; lorsqu'elles n'étaient pas elles-mêmes citées par d'autres, le disque est en pointillé. Celles qui ne font pas partie d'un des « collèges », n'ont pas été représentées, sauf les sources de références regroupées en bas de la figure.



Détail de la cartographie : publications des collèges dans le temps, références citées une ou plusieurs fois, publications sources non cités.



Cartographie générale des publications. Les lignes verticales correspondent aux années 1970, 1980, 1990 et 2000.

On met ainsi en évidence une vingtaine d'équipes actives sur le sujet entre le début des années 1960 et l'année 2001. D'après les publications émises, beaucoup d'équipes ont travaillé sur le sujet une dizaine d'années, voire le double, parfois de façon intensive pendant plusieurs années, parfois de façon plus sporadique. Par ailleurs, on observe que les articles les plus cités se localisent entre le début des années 1970 et le milieu des années 1980. Il est évident que les articles les plus récents ne peuvent recevoir beaucoup de citations ; mais, comme il y a naturellement un certain nombre d'autocitations dans les équipes présentes à partir de 1984 et dont nous avons eu les articles, cette répartition apparaît quelque peu déséquilibrée au détriment des publications récentes, pour laquelle la « reconnaissance par les pairs » semble plus limitée. Enfin, semble exister un seul cas de collaboration croisée, tardif pour les deux collègues considérés : T. Watanabe et H. Möller en 1990 (avec toutefois un risque d'homonymie sur ce patronyme japonais très répandu).

On peut considérer que, compte tenu du faible volume de publications sur le sujet, une telle configuration révèle que les différentes équipes de recherche ont abordé les infrasons comme un thème périphérique à leurs thématiques principales et de façon isolée les unes des autres (absence de publications communes), comme on l'avait déjà remarqué.

c) Analyse quantitative des citations :

Nous avons tenté d'avoir une idée globale de l'intensité et de l'actualité de la communication entre ces collègues à travers l'analyse des citations.

En effet, les échanges entre les différentes équipes de chercheurs paraissent très importants dans la construction des connaissances scientifiques, et les citations constituent un indicateur de ces échanges. Comme le cas étudié le montre clairement, une équipe de recherche fera bien entendu référence à ses propres travaux antérieurs pour étayer son argumentation ; elle pourra citer aussi les importants travaux « historiques » qui l'ont précédée. Mais l'on peut s'attendre aussi à ce qu'elle s'intéresse aux publications récentes des équipes « concurrentes », et qu'elle les cite, ne serait-ce que pour insister sur l'originalité de l'apport de son propre travail.

Pour chaque article, nous avons compté le nombre total de citations données, leur âge moyen et l'écart type correspondant, le nombre d'articles de moins de 10 ans et de moins de 5 ans. Nous avons ensuite écarté les autocitations (au sens des collègues précédemment définis) en comptant de même le nombre total de citations données aux chercheurs d'autres équipes, et dans celles-ci le nombre d'articles de moins de 10 ans et de moins de 5 ans.

L'âge moyen affiché et l'écart type correspondant ont été corrigés ; en effet certains auteurs citent des publications d'avant les années 1960 voire fort anciennes (1936), ce qui aurait indûment faussé les statistiques. C'est pourquoi les dates qui précèdent l'année 1960 ont été alignées cette date pour effectuer les calculs.

Article	Date	Nbre total cités	Age moyen corrigé	Ecart type	Nbre >= 10 ans	Nbre >= 5 ans	Nbre cités autres	Nbre cités autres >= 10 ans	Nbre cités autres >= 5 ans
1	1984	44	8,9	5,7	27	15	36	9	3
2	1986	2	4,0	2,8	2	1	0	0	0
3	1986	3	9,7	4,7	2	0	3	2	0
4	1987	11	7,7	6,0	8	4	8	5	1
5	1987	5	11,8	10,0	2	2	3	0	0
6	1987	13	2,5	1,8	13	12	9	9	8
7	1987	8	14,6	4,2	1	0	8	1	0
8	1987	0							
9	1989	21	8,6	8,6	15	10	11	5	1
10	1989	5	6,8	2,6	5	2	2	0	0
11	1989	8	9,8	5,0	5	1	8	5	1
12	1989	14	11,0	4,3	6	1	13	5	1
13	1991	14	13,4	9,1	7	4	10	3	2
14	1992	5	10,6	10,7	3	3	4	2	2
15	1993	12	11,9	4,9	6	0	7	2	0
16	1994	0							
17	1998	10	11,2	6,9	5	3	8	3	2
18	1998	3	6,7	5,0	2	1	1	1	0

19	1998	12	16,8	9,1	3	1	11	2	0
20	1998	4	9,8	7,2	2	2	4	2	2
21	2000	18	14,6	8,8	5	4	14	2	2
22	2000	3	3,3	2,5	3	2	2	2	1
23	2000	8	12,1	8,3	3	2	7	2	1
24	2001	4	11,5	10,4	2	2	2	0	0
25	2001	7	18,1	13,4	2	1	7	2	1
26	2001	6	11,3	4,5	2	1	6	2	1

Articles correspondant aux numéros indiqués dans le tableau :

- 1) Möller H.-1984
- 2) Yamada S., Watanabe T., Kosaka T., Negishi H., Watanabe H.-1986
- 3) Okai O.-1986
- 4) Landstrom U.-1987
- 5) Möller H.-1987
- 6) Inukai Y., Taya H., Nagamura N., Kuriyama H.-1987
- 7) Tsunekawa S., Kajikawa Y., Nohara S., Azizumi M., Okada A.-1987
- 8) Densert D., Densert O.-1987
- 9) Moren B., Landstrom U., Nillson L., Sandberg U., Tornros J.-1989
- 10) Augustynska D.-1989
- 11) Vercammen M.L.S.-1989
- 12) Nagai N., Matsumoto M., Yamasumi Y., Shiraishi T., Nishimura K., Matsumoto K., Miyashita K., Takeda S., - 1989
- 13) Takigawa H., Sakamoto H., Murata M.-1991
- 14) Friman B.J., Ivannikov A.N., Zhukov A.N. -1992
- 15) Landstrom U., Pelmeur P.L.-1993
- 16) Motylewski J., Zmierczak T., Nadolski W., Wasala T.-1994
- 17) Pawlaczyk M.-1998
- 18) Nakamura N., Inukai Y.-1998
- 19) Burt T.S.-1998
- 20) Lundin A., Ahman M.-1998
- 21) Pawlaczyk M., Kaczmarska A., Augustynska D., Kamedula M.-2000
- 22) Rybak S.A., Rudenko O.V., Sobissevitch A.L., Sobissevitch L.Y., 2000
- 23) Sisto R., Lenzuni P., Pieroni A.-2000
- 24) Iwahashi K., Ochiai H.-2001
- 25) Crépon F.-2001
- 26) Jakobsen J.-2001

La lecture du tableau précédent permet de constater pour ces publications :

- la faiblesse en moyenne du nombre total de citations :
 - 2 ne citent aucun document
 - 17 sur 26 citent 5 documents ou plus
 - 10 sur 26 citent 10 documents ou plus
- la faiblesse (à une exception près : voir 6) du nombre de citations de documents récents d'autres équipes (le critère des 5 ans est un peu sévère à cet égard, mais avec 10 ans le résultat n'est pas très différent). Or, la présente étude montre justement qu'il y a eu, à toutes les époques, une certaine activité sur le sujet.

Il nous semble que les thématiques des travaux des différentes équipes de chercheurs étaient suffisamment similaires, sans bien sûr être identiques, pour permettre un taux de citations supérieur.

Le fait de ne pas citer le travail d'une autre équipe ne signifie évidemment pas qu'on n'en ait pas eu connaissance, ni qu'on ne s'y soit pas intéressé de près. Le doute existe néanmoins dès lors qu'on ne fait pas référence de façon explicite à d'autres publications, en particulier parce que nous avons vu que certaines des publications étaient peu accessibles. D'ailleurs, peu d'auteurs (voir les articles 1 et 15) ont tenté un effort de synthèse.

Il nous semblerait donc, au vu de la présente analyse, que les échanges entre les différents chercheurs ont été assez réduits ; cette étanchéité ne peut pas favoriser l'élucidation des expériences contradictoires générées au fil du temps.

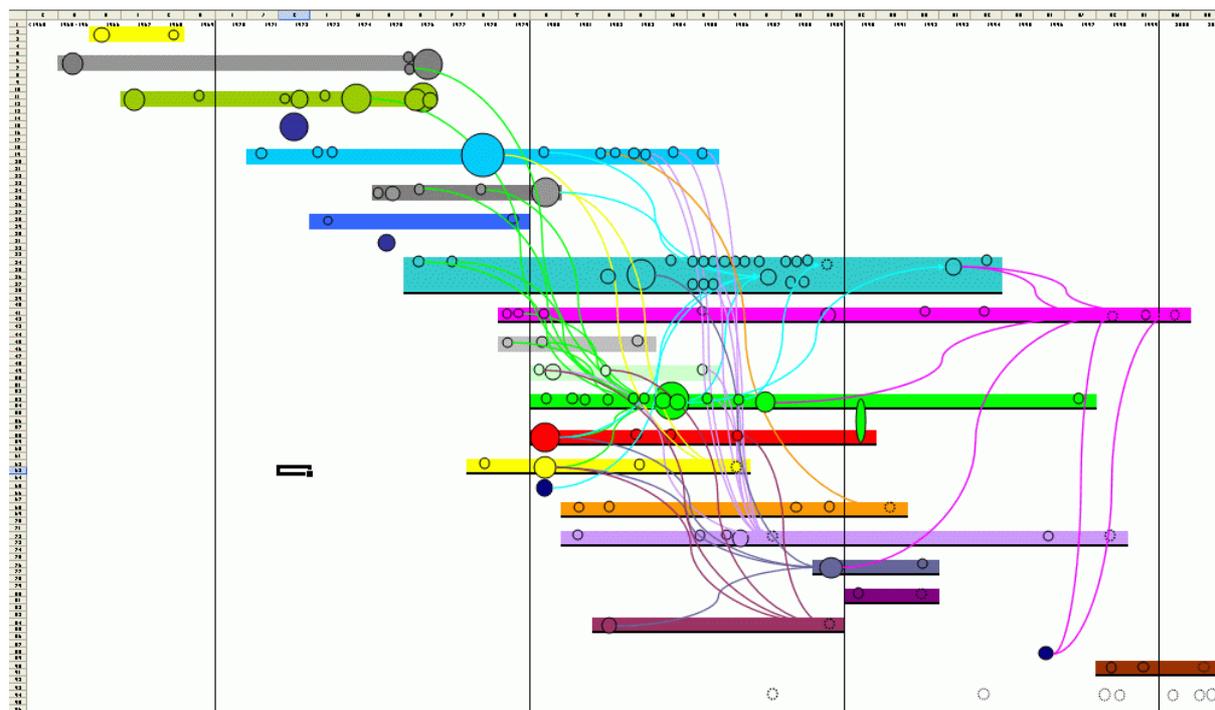
Pour ce qui concerne l'aide que la bibliométrie peut nous apporter pour tenter d'élucider la question scientifique sur le fond, on peut considérer que le crédit à accorder aux publications d'une équipe n'est pas seulement une fonction croissante du nombre d'articles qui les citent (ce qui est bien connu). Il dépend aussi du nombre d'articles récents des différentes autres équipes engagées sur le même sujet que les auteurs ont pris la peine de citer, ce qui est la preuve (probable faute d'être absolue, mais nous n'en avons pas d'autre) qu'ils ont été recherchés et examinés. En dehors bien entendu de la valeur intrinsèque des travaux réalisés, on peut supposer en effet que ces chercheurs ont été alors mieux en mesure de prendre en compte les différentes facettes d'un sujet controversé.

d) Analyse qualitative des citations :

Pour évaluer de façon plus détaillée les relations entre les différents « collègues », nous avons tenté de compléter la cartographie précédente en matérialisant les liaisons entre chaque publication et ses références. L'enchevêtrement des liens qui en a résulté a rendu la lecture de la carte difficile.

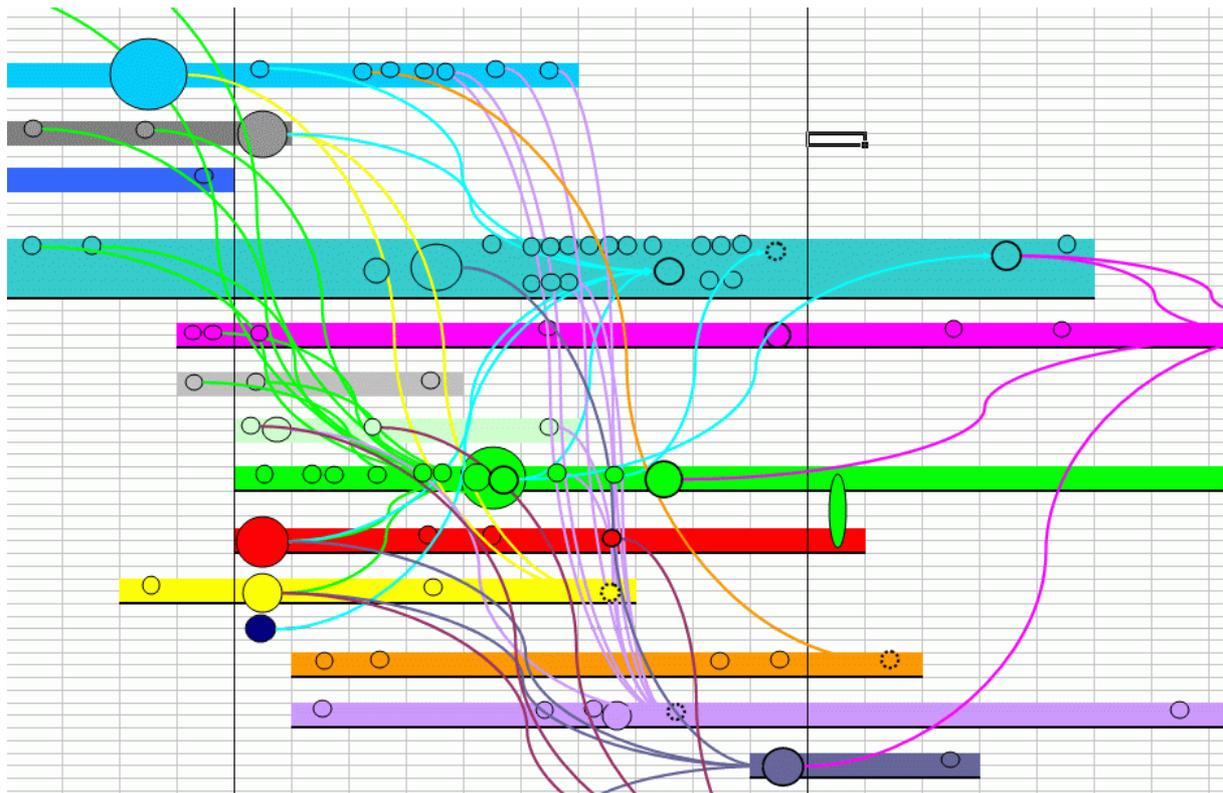
Après plusieurs tentatives, nous nous sommes limité aux liens jugés les plus cruciaux pour avoir une idée de l'activité des échanges entre collègues ; seules les citations de publications d'autres équipes datant de 10 ans ou moins ont été représentées. Nous avons considéré que les articles plus anciens appartenaient au « fonds culturel » de la Science et que le fait de les citer n'apportait plus guère d'information pertinente.

Les collègues dont nous avons eu à disposition les publications sont les seuls dont on puisse évidemment connaître les liaisons avec d'autres : ils sont repérés à gauche par un cadre noir, et la barre correspondante est également soulignée d'un trait noir.



*Cartographie générale des publications avec les citations récentes.
Les lignes verticales correspondent aux années 1970, 1980, 1990 et 2000.*

Sur ce schéma, les silences dans les citations de certaines écoles, les dissymétries de citations entre deux écoles sont des indices de singularités qu'on peut ainsi repérer et qu'on pourra éventuellement expliquer en se référant aux articles eux-mêmes – la carte, comme on sait, n'étant pas le paysage.



Détail de la cartographie pour les années 1980 à 1995

On peut ainsi effectuer une typologie des collègues matérialisés sur la carte :

- ceux dont les citations récentes d'autres équipes sont rares ou absentes,
- ceux dont les citations récentes concernent uniquement une ou deux autres équipes,
- ceux qui ont tenté un effort de synthèse en citant différents autres collègues.

Ce sont bien ces derniers qui nous permettent par la même occasion de vérifier la proximité thématique des différentes équipes de recherche du tableau : il s'agit bien de la même question scientifique. Partant, on peut reconnaître comme significatif le silence d'autres publications.

La similarité des citations de beaucoup de collègues laisse aussi bien supposer la proximité de leur thème d'étude ; de ce fait, quand la chronologie le permet, on pourrait s'attendre à un certain niveau de citations croisées entre eux : or ce n'est pas toujours le cas. Dans une trame de citations qui devrait être assez dense et homogène, on remarque de nombreux accros.

L'impression générale laissée par cette cartographie est qu'un certain niveau de synthèse a été atteint aux alentours de l'année 1975 et que, depuis, les problématiques n'ont cessé de diverger.

Même si beaucoup d'équipes ont pu être repérées, il faut insister à nouveau sur le caractère incomplet de cette cartographie, tout particulièrement l'absence presque totale des chercheurs russes.

5 - ANALYSE DES ITINERAIRES DES CHERCHEURS :

La cartographie précédente nous a permis de mettre en évidence la dynamique de la recherche dans le domaine des infrasons. Mais les investigations menées au cours de leur carrière par les différentes personnes identifiées dans cette étude ne se sont pas limitées à la thématique des infrasons. Pour compléter, il nous a paru intéressant d'essayer de répondre à cette question : qu'ont traité ces chercheurs en dehors des infrasons ?

Ce travail a été effectué sur Medline. Les organismes n'étant pas précisés, nous avons suivi le fil des auteurs, représentés dans la base sous la forme nom + initiale du prénom, en examinant les listes de références obtenues et certains résumés. Ce travail aurait pu être également effectué par un programme bibliométrique en croisant les dates, les auteurs et les mots du titre (à défaut des mots-clés) comme nous l'avons fait pour Pascal.

a) L'école russe :

Nous nous sommes intéressé en particulier aux auteurs russes, particulièrement référencés dans la base Medline comme on l'a vu précédemment. Beaucoup d'entre eux, parmi bien d'autres activités, ont abordé la thématique des infrasons à un moment de leur carrière. Beaucoup de ces chercheurs, selon Medline, ont publié au moins une fois ensemble. Nous allons faire ressortir les tendances principales.

Evgeniia Tsezarevna Andreeva-Galanina a défini en 1956 une classification des pathologies de la main et du bras produites par les vibrations qui a servi de référence mondiale en la matière. Elle a par la suite continué de travailler sur les effets des vibrations et du bruit sur l'organisme, en particulier au niveau du système nerveux. Cette personne semble avoir été une figure particulièrement charismatique compte tenu de la présence de plusieurs articles écrits à son hommage (sa dernière publication présente dans Medline date de 1973 : elle avait 85 ans...) ; elle est très probablement à l'origine de l'intérêt des chercheurs russes sur le sujet.

Certains de ses collaborateurs ont poursuivi ses travaux : citons S.V. Alekseev et G.A. Suvorov qui sont des auteurs centraux (et très actifs) dans le réseaux des chercheurs qui ont abordé le thème des infrasons. Le premier est resté sur cette problématique ; le second, après avoir travaillé sur la pathologie des bruits et vibrations, s'est consacré à des approches plus générales et variées sur les facteurs physiques qui interviennent dans les conditions de travail.

Proche de S.V. Alekseev, V.I. Svidovyi, qui s'est intéressé à d'autres facteurs concernant l'hygiène du travail, a été également très actif sur les infrasons : en particulier, il a souvent formé équipe avec V.V. Glinchikov, et A.S. Nekhoroshev pour étudier systématiquement les effets des infrasons, des bruits de basse fréquence et des vibrations sur le cœur, le foie, le système nerveux, les muscles.

V.N. Alekseev a beaucoup travaillé sur la fonction vestibulaire en particulier dans le contexte des vols spatiaux jusqu'au début des années 1990. (Il semble avoir un homonyme exact, ophtalmologue, qui a publié en 2001 un article sur les effets du bruit et des infrasons sur les organes de vision).

L'itinéraire de V.G. Ovakimov, 9 fois co-auteur avec G.A. Suvorov, est très intéressant. Il s'est spécialisé dans la résistance aux radiations (sans aucun doute dans un contexte spatial) entre 1965 et 1977 avant de se tourner vers les problèmes de bruit et vibrations en usine ou dans les hélicoptères, puis à partir de 1990, sans abandonner ce sujet, vers l'hygiène du travail et les maladies professionnelles d'une façon plus générale.

En résumé, le volume de littérature sur les infrasons et sa persistance s'explique par une spécialisation de longue date des équipes soviétiques sur l'hygiène industrielle (encouragée pour des raisons idéologiques probablement), en particulier les pathologies relatives aux phénomènes vibratoires propres à l'industrie métallurgique lourde et semi-lourde ; semble avoir amplifié cette tendance la reconversion, sur des problèmes plus terre à terre si l'on ose dire, de chercheurs engagés dans des expérimentations dans le cadre des ambitieux programmes spatiaux soviétiques, pour lesquels, comme aux Etats-Unis, ont été menées des investigations sur la résistance de l'organisme à des conditions particulières.

D'une façon générale, cette littérature semble riche et variée, avec un degré de connexité élevé du réseau des chercheurs ; l'on peut regretter sa méconnaissance en Occident que nous a révélée notre cartographie à partir de Pascal.

b) Les écoles scandinaves :

Nous avons également essayé de reconstituer l'itinéraire thématique d'Ulf Landström. On trouve, entre 1975 et 1979, 9 publications sur l'embryologie : il est possible qu'il s'agisse d'un homonyme. Puis à partir de 1982, apparaît la problématique de l'effet des vibrations sur la peau. A partir de 1991, le chercheur s'oriente vers les conditions de maintien de l'attention : influence du bruit et des vibrations, de la température (1999) puis des prises de nourriture (2000 à 2002).

Ce que semble suggérer cet itinéraire, c'est qu'après avoir travaillé autour des risques de somnolence suscités par les infrasons (en particulier lors de la conduite routière), ce chercheur a poursuivi cette problématique en intégrant d'autres facteurs. Ce glissement pourrait être significatif de la place des infrasons comme un facteur parmi d'autres – nullement prépondérant – de ce phénomène. Telle serait peut être la vérité que nous recherchions.

Nous avons tenté le même traitement dans Medline avec « Moller H » (dont on a vu l'absence dans le corpus relatif aux infrasons). Malheureusement (compte tenu de l'ambiguïté liée à l'« o » barré danois), on trouve beaucoup d'homonymes partiels (« Moller HB, Moller HJ, Moller HE ») et même au moins quatre homonymes exacts (un Allemand spécialiste de psychiatrie, un Danois du Centre de recherche de statistiques socio-médicales de Copenhague, un Américain de l'Ecole de médecine de Los Angeles, un Suédois odontologue de l'Université de Malmö). Comme Henrik Möller appartient à l'université d'Aalborg, « moller h AND aalborg » ne nous a donné dans Medline qu'un seul article de 1996 :

Hammershoi D, Moller H. , Sound transmission to and within the human ear canal.
J Acoust Soc Am. 1996 Jul;100(1):408-27.

Dans Pascal, la même interrogation (AU = « MOLLER H » AND AALBORG/CS) nous a donné 15 articles (avec un homonyme épidémiologiste !) ; à partir de 1990, l'auteur se consacre aux mécanismes physiques de l'audition humaine (perception de la stéréophonie, fonction de transfert acoustique de la tête humaine, enregistrement par tête artificielle, etc...).

Nous vérifions ainsi pour ces deux chercheurs, parmi les plus actifs dans la recherche sur notre thème, l'abandon des investigations purement centrées sur les infrasons au début des années 1990 que l'analyse des références citées nous avait déjà permis de constater.

La démarche qui consiste, à travers les mots-clés voire le contenu des titres des articles, à retracer l'évolution thématique des chercheurs peut donc être riche d'enseignement : elle pourrait constituer une vérification et une validation des résultats de leurs travaux antérieurs. Cette approche peut être compliquée par des problèmes d'homonymie, malgré les initiales des prénoms, comme nous l'avons constaté sur les noms scandinaves, russes et japonais – il en serait de même pour les patronymes chinois. Pour lever certaines ambiguïtés, il faudrait, lorsqu'on a de telles informations à disposition (car toutes les bases ne les indiquent pas systématiquement et clairement pour chacun des auteurs de la publication), prendre en compte les organismes émetteurs : mais il faut en utiliser le libellé exact dans la base. Comme on l'a vu, le nom de la localité n'est pas très discriminant.

Ainsi, nous avons tenté de trouver dans Medline des références de deux chercheurs japonais d'un « collègue » fréquemment cité par les publications issues de Pascal. Peu de chercheurs sont référencés plus d'une cinquantaine de fois dans Medline. Or, pour S. Yamada, on trouve (le 18 septembre 2002) 2344 articles, 5540 pour T. Watanabe, 82 pour « watanabe t. AND fukushima » ; il s'agit d'un homonyme probable qui travaille à la Faculté de Médecine de Fukushima, et non au Collège Technique. (Ajouter « college » n'est d'ailleurs pas discriminant et rajouter « technical » ne donne rien.)

On conçoit donc la nécessité dans de tels cas d'une méthodologie rigoureuse dans l'identification et l'utilisation du nom de l'organisme pour ne pas faire d'erreurs ... en espérant que l'auteur soit assez sédentaire pour pouvoir embrasser son activité pendant quelques années !

CONCLUSION

L'investigation menée sur la question des ultrasons nous a permis de mettre en évidence quelques aléas de la construction de la vérité scientifique, et la difficulté de prendre du recul sur des sujets polémiques comme celui-ci.

La quantification du volume de publications sur le thème par rapport à d'autres similaires nous a permis d'abord d'en apprécier l'importance. L'évolution du volume des publications dans le temps et sa répartition en termes géographiques ont permis de caractériser la création de connaissance liée aux différents travaux menés. L'identification des « collègues », la visualisation de leur activité dans le temps, la mise en évidence de leurs publications-clés et la matérialisation du réseau des citations vers les autres équipes a permis de constituer une cartographie significative de l'ensemble de la thématique. Enfin, l'analyse des itinéraires thématiques des chercheurs est une voie particulièrement intéressante (mais qui comporte un risque du fait des homonymies) car elle traduit les avancées du front de la recherche et pourrait être hautement significative des découvertes réalisées.

Soulignons que la dynamique globale des publications que nous avons constatée à propos des infrasons est très particulière à ce domaine : il serait intéressant de mener des analyses identiques dans d'autres domaines de recherche.

S'il fallait prendre le risque de conclure sur le fond du problème, nous serions tenté de dire que les infrasons en eux-mêmes peuvent être certes une source d'inconfort à des niveaux élevés, mais que pour le reste des situations, ils ne constituent au mieux pour l'organisme, parmi ceux susceptibles de l'affecter, qu'un facteur secondaire, et difficilement dissociable de beaucoup d'autres (bruit dans les fréquences audibles, vibrations, conditions de température, qualité de l'air ...). On admet d'ailleurs depuis quelques années que la notion de confort d'un espace habité est multifactoriel – et subjectif. Quand à supposer une sensibilisation progressive aux infrasons par suite d'une exposition prolongée, l'hypothèse souvent évoquée en est purement conjecturale : il ne semble pas exister à ce jour d'étude susceptible de la fonder scientifiquement.

Reste à comprendre pourquoi les conclusions, quelles qu'elles soient, apparaissent avec aussi peu de netteté, malgré une vingtaine d'années de travaux qui représentent un volume non négligeable.

Nous émettons l'hypothèse que souvent, comme nous l'avons constaté, la fixation des chercheurs sur les publications les plus anciennes (celles des années 1970) au détriment du travail plus récent des équipes contemporaines, jointe à un contexte mal défini, a pu contribuer à propager certaines erreurs initiales, dont, si l'on peut dire, la Science s'est difficilement remise.

Il nous semble aussi que la marginalité du sujet n'a pas permis à l'activité scientifique d'atteindre une visibilité et une taille critique qui auraient permis, à travers des colloques spécialisés en particulier, une synergie des travaux des chercheurs et une approche scientifique globale plus efficace.

La bibliométrie ne nous a pas donné la clef de la vérité scientifique sur les infrasons : pour cela, rien ne peut remplacer la lecture systématique, soigneuse et experte des articles eux-mêmes, heureusement ! Mais elle a l'avantage de remettre en perspective la contribution de chaque auteur et de chaque équipe ; elle permet aussi d'interpréter les reconversions thématiques et les silences (car l'on ne publie plus sur un sujet quand on n'y trouve plus rien digne d'intérêt, et le retrait des chercheurs se fait sans commentaires), et, en prenant certaines précautions, de valider rétrospectivement les discours scientifiques.

REMERCIEMENTS

L'auteur remercie la société ALSTOM TRANSPORT (établissement d'Aytré) grâce à laquelle cette étude a pu être réalisée.

BIBLIOGRAPHIE :

Sur les infrasons, articles de Pascal utilisés pour la cartographie :

Möller Henrik, *Physiological and Psychological Effects of Infrasound on Humans*, Journal of Low Frequency Noise and Vibration, Vol. 3 No. 1, 1984, pp 1-17.

Yamada Shinji, Watanabe Toshio, Kosaka Toshifumi, Negishi Hiromichi, Watanabe Ideo, *Physiological Effects of Low Frequency Noise*, Journal of Low Frequency Noise and Vibration, Vol. 5 No. 1, 1986, pp 14-24.

Okai Osamu, *Effects of Infrasound on Respiratory Function of Man*, Journal of Low Frequency Noise and Vibration, Vol. 5 No. 3, 1986, pp 94-99.

Möller Henrik, *Annoyance of Audible Infrasound*, Journal of Low Frequency Noise and Vibration, Vol. 6 No. 1, 1987, pp 1-17.

Landström Ulf, *Laboratory and Field Studies on Infrasound and its Effects on Humans*, Journal of Low Frequency Noise and Vibration, Vol. 6 No. 1, 1987, pp 29-33.

Densert Barbara, Densert Ove, *Infrasonic Energy Transmission to the Inner Ear*, Journal of Low Frequency Noise and Vibration, Vol. 6 No. 2, 1987, pp 74-75.

- Inukai Yukio, Taya Hideto, Nagamura Neiichi, Kuriyama Hiroshi**, *An evaluation Method of Combined Effects of Infrasound and Audible Noise*, Journal of Low Frequency Noise and Vibration, Vol. 6 No. 3, 1987, pp 119-125.
- Tsunekawa S., Kajikawa Y., Nohara S., Ariizumi M. Okada A.**, *Study on the perceptible level for infrasound*, Journal of Sound and Vibration, 112(1), 1987, pp 15-22.
- Vercammen M.L.S.**, *Setting Limits for Low Frequency Noise*, Journal of Low Frequency Noise and Vibration, Vol. 8 No. 4, 1989, pp 105-109.
- Morén Bertil, Landström Ulf, Nilsson Lena, Sandberg Ulf, Törnros Jan**, *The influence of noise, infrasound and temperature on driver performance and wakefulness – A driving simulator study* (titre original en Suédois), VTIRapport 340, 1989, ISSN 03047-6030.
- Augustynska Danuta**, *Infrasonic Noise Emitted by Flow Machines, Its Sources and Reduction Methods*, Journal of Low Frequency Noise and Vibration, Vol. 8 No. 1, 1989, pp 9-15.
- Nagai Naoko, Matsumoto Masanobu, Yamasumi Yasukiyo, Shiraishi Tatsue, Nishimura Koh, Matsumoto Kenji, Miyashita Kazuhisa, Takeda Sintaro**, *Process and Emergence on the Effets on Infrasonic and Low Frequency Noise on Inhabitants*, Journal of Low Frequency Noise and Vibration, Vol. 8 No. 3, 1989, pp 87-99.
- Takigawa H., Sakamoto H., Murata M.**, *Effects of infrasound on vestibular function*, Journal of Sound and Vibration, 151(3), 1991, pp 455-460.
- Friman B.J., Ivannikov A.N., Zhukov A.N.**, *On the Influence of Infranoise Fields on Humans*, Journal of Low Frequency Noise and Vibration, Vol. 11 No. 4, 1992, pp 105-108.
- Landström U., Pelmear P.L.**, *Infrasound – A Short Review*, Journal of Low Frequency Noise and Vibration, Vol. 12 No. 3, 1993, pp 72-74.
- Motylewski Jerzy, Zmierczak Tomasz, Nadolski Wladyslaw, Wasala Tadeusz**, *Infrasound in Residential Area – A Case Study*, Journal of Low Frequency Noise and Vibration, Vol. 13 No. 2, 1994, pp 65-70.
- Burt T.S.**, *Building acoustics and sick building syndrome*, EPIC 1998, 2^{ème} conférence européenne, Lyon, 19-21 novembre 1998, pp 856-861.
- Lundin Anders, Ahman Mats**, *Case report : Is Low-Frequency Noise from Refrigerators in a Multi-Family House a Cause of Diffuse Disorders ?*, Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, Vol. 17 No. 2, 1998, pp 65 -70.
- Pawlaczyk-Luszczynska Malgorzata**, *Occupational Exposure to Infrasonic Noise in Poland*, Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, Vol. 17 No. 2, 1998, pp 71-83.
- Nakamura Norio, Inukai Yukio**, *Proposal of Models which Indicate Unpleasantness of Low Frequency Noise using Exploratory Factor Analysis and Structural Covariance Analysis*, Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, Vol. 17 No. 3, 1998, pp 127-131.
- Pawlaczyk-Luszczynska Malgorzata, Kaczmarska-Kozlowska Anna, Augustynska Danuta, Kamedula Maria**, *Proposal of New Limit Value for Occupational Exposure to Infrasonic Noise in Poland*, Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, Vol. 19 No. 4, 2000, pp 183-193.

Sisto Renate, Lenzuni Paolo, Pieroni Aldo, *High Amplitude Infrasound in Railway Tunnels*, Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, Vol. 19 No. 2, 2000, pp 83-92.

Rybak Samuil A., Rudenko Oleg V., Sobissevitch Alexei L., Sobissevitch Leonid Ye., *Geological infrasound monitoring of highways and surrounding areas*, Acoustics Letters, Vol. 23, No. 10, 2000, pp 197-200.

Iwahashi Kiyokatsu, Ochiai Hiroaki, *Infrasound Pressure Meter and Examples of Measuring Data*, Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, Vol. 20 No. 1, 2000, pp 15-19.

Jakobsen Jorgen, *Danish guidelines on environmental low frequency noise, infrasound and vibration*, Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, Vol. 20 No. 3, 2001, pp 141-148.

Crépon Francis, *Actualité en électrophysiothérapie - Infrasons, désencombrement bronchique et rééducation fonctionnelle*, Kinésithérapie scientifique, n° 410, Avril 2001, pp 55-56.

Sur les infrasons, tirés de l'Internet :

Haneke Karen, Carson Bonnie, Gregorio Claudine, Maull Elizabeth, *Infrasound - Brief Review of Toxicological Literature*, Novembre 2001, http://ntp-server.niehs.nih.gov/htdocs/Chem_Background/ExSumPdf/Infrasound.pdf, consulté le 30 août 2002.

Altmann Jürgen, *Acoustic Weapons – A Prospective Assessment*, Science & Global Security, 2001, Volume 9 pp 165-234, http://www.princeton.edu/~globsec/pdf/9_3altmann.pdf, consulté le 8 mars 2002.

Autres références :

[Watzlawick, 1988] **Watzlawick Paul** (dir.), *L'Invention de la réalité – Comment savons-nous ce que nous croyons savoir ? Contributions au constructivisme*, Editions du Seuil, 1988, 378 p.

[Baldit , 1994] **Baldit Patrick**, *La sériation des similarités spécifiques : un outil pour la recherche de l'information stratégique*, 1994, Thèse de doctorat, Faculté des Sciences et Techniques de Saint-Jérôme, Université d'Aix-Marseille III.

[Rostaing, 1996] **Rostaing Hervé**, *La bibliométrie et ses techniques*, Co-édition Sciences de la Société – CRRM, 131 p, 1996.

Dkaki Taoufiq, *Une Méthode pour la détection et l'analyse des réseaux de collaborations dans le domaine de la recherche scientifique*, V.S.S.T.'95, Toulouse, Octobre 1995, pp 143-152.

Dkaki Dkaki Taoufiq, Dousset Bernard, Mothe Josiane, *Analyse d'informations issues du Web avec Tétralogie*, V.S.S.T.'98, Toulouse, Octobre 1998, pp 159-170.

Marcon Christian, Moinet Nicolas, *La Stratégie-réseau*, Editions 00h00.com, 2000, 235 p.