



Recherche et innovation ; analyse et recommandations

Ce chapitre tente d'analyser les forces et faiblesses de la recherche et de l'innovation en acoustique en France, puis les priorités gouvernementales et européennes, et enfin de tirer de l'ensemble du livre blanc un certain nombre de recommandations destinées à divers décideurs.

ANALYSE DE LA PRODUCTION D'ARTICLES SCIENTIFIQUES ET DE BREVETS

Pour analyser les forces et faiblesses de l'acoustique française, nous nous sommes penchés sur la production d'articles scientifiques et de brevets. Il est évident que ces chiffres ne peuvent pas et ne doivent pas à eux seuls résumer l'état d'une discipline scientifique. Les effectifs de personnels impliqués, que ce soit dans les laboratoires publics ou les entreprises, la taille des entreprises et leur engagement international, sont d'autres chiffres importants (chapitre 2), mais ils sont moins facilement comparables à des chiffres globaux.

Un document plus complet, intitulé « la place de l'acoustique française dans les revues scientifiques et les brevets » peut être trouvé sur le site de la SFA <http://sfa.asso.fr>. On y trouvera notamment les hypothèses de travail : pour diverses raisons, les chiffres qui suivent doivent être considérés pour les tendances qu'ils permettent d'observer¹. Parmi ces hypothèses, mentionnons notamment : les articles considérés comme « français » sont ceux dont au moins l'un des auteurs a une adresse en France, ce qui revient à compter un article plusieurs fois quand les auteurs ne sont pas de la même nationalité. Par ailleurs, certaines revues spécialisées ne sont pas comptées comme relevant du domaine de l'acoustique dans le WoS (Web of Science) ; citons par exemple le *Hearing Research*.

1. Production d'articles scientifiques

On peut estimer aujourd'hui le nombre d'articles total dans les revues référencées comme du domaine de l'acoustique au WoS à 4 000 par an, dont 300 français (7,8 %). On peut également estimer de façon grossière le nombre total d'articles en acoustique égal à 1 % de l'ensemble des articles scientifiques publiés.

Ces chiffres peuvent être comparés avec d'autres périodes et d'autres pays en ce qui concerne l'acoustique, mais aussi avec les chiffres globaux pour les sciences.

En 1972-1975, il y avait par an trois fois moins d'articles d'acoustique au total qu'aujourd'hui, 1 300 au lieu de 4 000 ; 24 seulement étaient français, soit 1,8 %. Si on prend en considération également les 31 articles de la *Revue d'Acoustique*, revue francophone non référencée dans le WoS, ce pourcentage devient 4,2 %. En 35 ans, le nombre d'articles français a donc été multiplié par 6, et pour les seules revues internationales, par 13. On peut aussi retenir que le pourcentage d'articles écrits en France par rapport à tous les articles d'acoustique a été multiplié par 4. Par exemple, pour le JASA (*Journal of the Acoustical Society of America*), le pourcentage d'articles écrits en France par rapport au total a régulièrement augmenté, de 0,7 % en 1970-1979 à 8,3 % pour 2000-2009 (8,6 % en 2006-2009) ; et pour le JSV (*Journal of Sound and Vibration*), l'augmentation a été de 2,1 % à 5,9 % (6,8 % en 2006-2009).

Ces deux revues sont les principales, en termes de nombres d'articles publiés. Pour ces deux revues et la période 2006-2009, la France se classe aujourd'hui largement devant l'Allemagne (3,8 % pour le JASA et 3 % pour le JSV) et derrière l'Angleterre (10 % et 11 % respectivement).

Le cas de la revue (généraliste) européenne *Acta Acustica united with Acustica* (AAA) est bien particulier : elle ne publie que 100 articles par an, contre 700 pour chacune des deux autres. La France, qui mène une politique très volontariste depuis longtemps pour promouvoir une revue de la société européenne d'acoustique, a publié pour la période 2006-2009, 25,2 % des articles, contre 15,9 % pour l'Allemagne, et 5,8 % pour l'Angleterre. L'idée d'une revue scientifique francophone est *de facto* abandonnée, puisque la revue AAA ne reste que très théoriquement trilingue, avec allemand, français et anglais. Notons que quelques pays ont conservé une revue nationale en anglais, comme la Pologne, ou dans leur langue nationale, comme la Russie et la Chine (avec traduction en anglais), ou deux revues, l'une dans leur langue nationale et l'autre en anglais, comme le Japon. On note qu'il y a 40 ans, la

1. Avertissement : le travail présenté ici est un travail nécessairement incomplet. Les sources utilisées sont principalement le Web of Science (WoS), ainsi que les données du congrès Acoustics'08 Paris, et pour les brevets la base de données WPI (Thomson Reuters, © 2010).

Revue d'Acoustique créée en 1968, était au départ une revue francophone publiant principalement des articles d'acoustique appliquée, cette fonction étant aujourd'hui pour partie assurée par la revue *Acoustique et Techniques*.

On peut noter aussi la place significative de la France dans les revues spécialisées en ultrasons, de l'ordre de 10 %, et la place moyenne dans la revue de l'IEEE spécialisée en audio et parole (6,5 %). On voit déjà apparaître des forces relatives dans certaines sous-disciplines, qui sont approfondies plus loin.

Certaines sous-disciplines publient aussi dans des revues non référencées comme du domaine de l'acoustique par le WoS. Ainsi les spécialistes d'audition publient par exemple dans *Hearing Research*. Quant aux travaux d'aéroacoustique, ils sont plutôt diffusés dans des revues comme l'*AIAA Journal* ou plus généralement des revues de mécanique des fluides, et la France y est bien représentée.

Le chiffre global de 7,8 % d'articles sur l'acoustique publiés en France par an peut être comparé à des chiffres pour l'ensemble des sciences : pour les sciences en général, 5,6 % ; pour l'ingénierie, 5,1 % ; pour la physique 7,7 %. Si on compare encore la France à l'Angleterre et l'Allemagne, on trouve pour l'ingénierie : France 5,1 %, Angleterre 6,4 %, Allemagne 5,5 %, et pour la physique : France 7,7 %, Angleterre 5,6 %, Allemagne 10,5 %, et la science en général : France 5,6 %, Angleterre 7,4 %, Allemagne 7,8 %.

Si on calcule le nombre d'articles rapportés à la population, la France est finalement très bien placée par rapport à l'Allemagne et elle rivalise avec le Royaume-Uni, les Etats-Unis et les pays scandinaves. La position globale de l'acoustique française est donc satisfaisante, pour autant que l'on admette la pertinence d'un critère fondé sur le nombre de publications.

2. Analyse de la production scientifique française par sous-discipline de l'acoustique

2.1 Méthode ; éléments de discussion

L'analyse qui suit repose sur la comparaison du nombre d'articles par sous-discipline par rapport au nombre total d'articles publiés. Une sous-discipline pour laquelle le pourcentage d'articles français dépasse significativement la moyenne peut être considérée comme forte.

Il est bon de soulever d'emblée les questions suivantes portant sur l'ambiguïté de ces chiffres et les conséquences que les décideurs peuvent en tirer : quel choix effectuer ? Soutenir les disci-

plines fortes pour assurer qu'elles le restent, ou au contraire tenter de rééquilibrer les disciplines ? Dans les recommandations proposées en fin de ce chapitre, nous tenons compte de ces chiffres, mais il nous semble qu'à eux seuls ils ne peuvent pas suffire à faire des choix.

L'analyse porte sur les pourcentages relevés dans les deux revues généralistes, JASA et AAA, ainsi que sur la participation française au congrès « Acoustics'08 Paris ». La convergence entre ces trois sources renforce la crédibilité des résultats².

2.2 Résultats

Parmi les sous-disciplines fortes, on trouve l'acoustique linéaire générale (souvent théorique), l'acoustique non linéaire, l'acoustique ultrasonore, la vibroacoustique (appelée acoustique structurale en anglais), l'aéroacoustique et plus généralement les thématiques liées au bruit, et l'acoustique musicale. Parmi les sous-disciplines relativement faibles, on trouve l'audition dans son ensemble (physio- ou psychologique), et l'acoustique sous-marine. La bioacoustique est quasi absente de France.

En 1984, une étude similaire avait été menée à partir du Congrès international d'acoustique qui s'était tenu à Paris³. Les rubriques ayant des intitulés différents, la comparaison n'est pas facile. Un fait s'impose cependant : la nette progression de l'acoustique ultrasonore depuis cette époque.

3. Analyse de la production de brevets : comparaison France-Allemagne

Pour analyser le nombre de brevets déposés en France et quelques grands autres pays, dans le domaine de l'acoustique, nous avons retenu un certain nombre de classes de la classification IPC. Nous pensons avoir sélectionné l'essentiel des brevets liés à l'acoustique ; il est difficile d'en être certain, et ce sont donc aux conclusions qualitatives que nous nous attachons. Nous regardons essentiellement l'année 2008, et le rapport France/Allemagne. On trouvera d'autres chiffres dans le document cité plus haut. Les résultats sont très différents des résultats concernant les articles scientifiques, et doivent être situés dans le contexte économique de grand dynamisme de l'économie allemande.

Si on regarde le nombre de brevets déposés comme priorités dans les principaux pays, on constate que le nombre de brevets portant sur l'acoustique déposés en France représente environ 2 % du total des brevets déposés dans le monde (497 sur 27 494 en 2008). C'est donc un faible pourcentage. Il y a certes

2. Cependant un biais inévitable peut résider dans les habitudes culturelles de sous-disciplines, qui n'accordent pas nécessairement la même importance au fait de publier, que ce soit dans les revues ou dans les congrès, et en outre, certaines sous-disciplines à la marge de l'acoustique peuvent correspondre à des publications dans d'autres revues, ou congrès, que ceux pris en compte. Il est donc certain que cette analyse sous-estime les forces des sous-disciplines « à la marge » par rapport aux autres.

D'autres questions peuvent être posées :

- n'aurait-il pas été préférable de comparer les effectifs d'acousticiens en France et dans le monde pour les diverses sous-disciplines ? L'intérêt aurait été d'élargir l'activité scientifique au-delà du nombre de publications, mais cela semble très difficile, car les publications sont justement ce qui est le plus directement accessible ;
- est-ce que le résultat de cette étude ne risque pas de participer à l'inflation actuelle du nombre des publications, phénomène mondial nocif ? Nous ne le croyons pas, pas plus qu'il n'encourage le manque de publications : autrement dit il n'y a rien de péjoratif dans les adjectifs « forts » ou « faibles ». Ils n'ont rien à voir avec la qualité des recherches ou des chercheurs. N'est-il pas plus stimulant de participer à l'essor d'une discipline faible mais nouvelle et en progression et largement soutenue qu'à une discipline forte en déclin ?

Est-ce qu'un autre indicateur n'aurait pas pu être le nombre de citations des articles français ? Il aurait pu l'être, mais seule la comparaison avec les citations des articles de toutes origines pour un domaine donné aurait un intérêt, car le chiffre brut indique d'abord la taille du domaine lui-même à l'échelle internationale. Evidemment, tout indicateur doit être manié avec précaution. Il est inévitable qu'il ne puisse faire l'unanimité, et que malheureusement son exploitation soit bien souvent trop simplificatrice.

3. PUJOLLE J. et LIÉNARD P., *Etat actuel de la recherche dans le domaine de l'acoustique en France*, Revue d'Acoustique, 68 (1984), 53-58.

légèrement plus de brevets déposés en France qu'au Royaume-Uni, mais beaucoup moins qu'en Allemagne, près de quatre fois moins. Ce rapport France/Allemagne (27 %) est celui qui nous sert de base pour le reste de l'analyse.

Cette tendance peut être comparée à celle qu'on trouve pour l'ensemble des domaines : le rapport France/Allemagne pour l'ensemble des brevets est encore plus faible (37 865 / 286 043, soit 13 %). On note que l'acoustique représente 0,6 % des brevets publiés en Allemagne et 1,3 % en France. On en déduit que l'acoustique française est relativement forte de ce point de vue. Sur les cinq dernières années, il n'y a pas d'évolution importante de ces chiffres relatifs, mais on note un accroissement significatif du nombre total de brevets en acoustique.

Toujours en ce qui concerne l'acoustique, et les brevets déposés par pays, incluant ceux éventuellement déposés par d'autres pays, on remarque que peu de brevets sont déposés par des étrangers en France (497 déposés par des français sur 587), au contraire de l'Allemagne (1 813 déposés par des allemands sur 4 957), ce qui montre l'attractivité du marché allemand.

Si on s'intéresse aux domaines où la France est plus forte ou plus faible que la moyenne de 27 %, on trouve que la France est faible pour les brevets concernant la protection contre le bruit des transports (9 %), en transducteurs audibles et aides auditives

(13 %), mais forte en instruments de musique électronique et applications de la parole (50 %), et assez forte en sonars (42 %). Cependant les domaines où la France dépasse l'Allemagne sont très rares et peu significatifs en termes de nombre de brevets.

Ce qui précède peut bien entendu être mis en relation avec des faits bien connus, comme la faiblesse générale des PME innovantes en France en comparaison de l'Allemagne, et la force du secteur industriel français dans le secteur des transports et de l'énergie, qui peut expliquer la force relative de l'acoustique en France en comparaison d'autres domaines.

4. Conclusion

L'acoustique en France semble *relativement forte* par rapport aux autres disciplines, sans doute grâce à l'importance de la physique dans l'acoustique, et relativement aux autres pays. Elle est au niveau du Royaume-Uni pour les articles comme pour les brevets, et devance nettement l'Allemagne pour les articles alors qu'elle est nettement devancée pour les brevets. En ce qui concerne les sous-disciplines, nous revenons sur certains aspects dans les recommandations ci-dessous.