

Contrôle actif du bruit : application en un point

Le principe même d'"annuler" un son m'a retenue au premier abord par son intérêt concret et son approche d'apparence simpliste, et m'a donné envie de comprendre la complexité qui se cachait derrière. Je me suis ensuite rapidement demandé s'il était possible de choisir les sons que l'on cherche à atténuer.

Le contrôle actif du bruit permet de diminuer le volume du bruit qui arrive jusqu'à nos oreilles, nous protégeant ainsi d'un endommagement irréversible de notre audition. S'il n'est que confort dans les casques anti-bruits courants, il peut être essentiel dans des environnements de travail bruyants comme les chantiers.

Positionnement thématique (ETAPE 1)

PHYSIQUE (Physique Ondulatoire), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Contrôle actif du bruit</i>	<i>Active noise control</i>
<i>Interférences destructives</i>	<i>Wave cancellation</i>
<i>Casque anti-bruit</i>	<i>Noise cancelling headphones</i>
<i>Filtre LMS</i>	<i>LMS filter</i>
<i>Verrouillage de phase</i>	<i>Phase lock</i>

Bibliographie commentée

Le contrôle actif du bruit s'appuie sur un principe en apparence très simple : les interférences destructives. Cette technologie s'applique à déterminer le son exact à émettre pour que les ondes s'annulent en se superposant, ne laissant qu'un bruit résiduel faible atteindre nos oreilles.

Mais même si la théorie est formalisée par Paul Lueg dès 1933 [6], il faut attendre les années 1950 pour que le contrôle actif du bruit soit effectivement utilisé, notamment pour protéger l'audition des pilotes d'hélicoptères. Les casques anti-bruits tout public que l'on connaît maintenant, eux n'apparaissent qu'à partir des années 2000. Ces casques sont particulièrement efficaces, contrairement aux protections passives (qui protègent seulement par les propriétés physiques de leurs matériaux), pour protéger des basses fréquences. En effet lorsque l'épaisseur du casque devient trop petite devant la longueur de l'onde sonore, l'atténuation n'est plus satisfaisante. [1] Or ce sont ces fréquences qui constituent les principaux bruits nocifs des environnements de travail : moteurs, ventilations, etc. [4] C'est donc ces fréquences qu'il faut atténuer, ce qui n'est faisable qu'avec des protections actives. [5]

Le laps de temps entre découverte et application du contrôle actif du bruit s'explique par les obstacles techniques qui en découlent. En supposant dans un premier temps que tout son est

décomposable en somme de sinusoïdes, le contre bruit créé doit remplir deux critères : être composé exactement des mêmes fréquences que le son d'origine et avoir pour chaque fréquence le bon décalage de phase pour obtenir des interférences destructives. Une première approche de traitement informatique[3] puis électrique du signal permet une compréhension basique du phénomène.

De plus le contrôle actif du bruit se complexifie très rapidement dans l'espace : il est très efficace en un point avec peu de haut-parleurs (qui émettent le contre-bruit), mais impossible à utiliser dans un volume car cela nécessiterait une infinité de capteurs et de haut-parleurs.

Dans le cas des casques anti-bruits, le contrôle actif consiste en un traitement du son à partir d'enregistrements en temps réel du bruit à éliminer. Il faut donc un système rapide capable de s'adapter à un environnement sonore changeant, et d'un encombrement limité. Grâce à des microprocesseurs performants spécialisés en traitement du signal qui apparaissent dans les années 80, ces contraintes peuvent être respectées avec les algorithmes LMS (Least Mean Square) et FxLMS (Filtered-X Least Mean Square).[1][2] Ceux-ci permettent à l'aide d'un retour d'erreur d'approximer le signal d'origine en se basant sur un certain nombre d'échantillons au cours du temps. Après un temps d'adaptation, le signal est alors reproduit puis émis en opposition de phase, atténuant effectivement le signal d'origine.

L'intérêt de ces algorithmes réside également dans le fait qu'ils peuvent servir à n'atténuer que le son extérieur : c'est le cas par exemple des casques industriels utilisés sur chantier qui protègent l'audition de la personne tout en permettant les communications.[5]

Problématique retenue

Quelles sont les contraintes physiques qui rendent le contrôle actif du bruit complexe à réaliser en pratique ? Comment mettre en œuvre un contrôle actif du bruit en un point ? Comment fonctionnent les algorithmes actuels ?

Objectifs du TIPE

Expériences physiques :

- mettre en évidence le principe d'interférences destructives et ses contraintes
- atténuer une sinusoïde en un point

Simulations informatiques :

- isoler un élément important d'un environnement bruyant (voix ou alarme)
- utiliser un filtre LMS sous Python

Références bibliographiques (ETAPE 1)

[1] EMMANUEL FRIOT : Une introduction au contrôle acoustique actif : *CNRS, octobre 2005*

[2] ANSHUMAN SWAIN : Active noise control : basic understanding : *University of Maryland*,
[https://www.researchgate.net/publication/264337037_Active_Noise_Control_Basic_Understandin](https://www.researchgate.net/publication/264337037_Active_Noise_Control_Basic_Understanding)
g

[3] FRÉDÉRIC LEGRAND : Traitement numérique du signal : <https://www.f->

legrand.fr/scidoc/docimg/sciphys/caneurosmart/pysignal/pysignal.html

[4] DRASS RHÔNE ALPES GROUPE RÉGIONAL BRUIT : Généralités sur le bruit :

<https://www.isere.gouv.fr/content/download/10676/69998/file/Generalites%20sur%20le%20bruit.pdf>

[5] TECHNOFIRST : Fiche technique produit : casque anti-bruit actif communicant

[6] PAUL LUEG : Process of silencing sound oscillations : *US Patent No. 2,043,416*