

## Le monde des sons du 3<sup>e</sup> millénaire

1

### Le son transformé en froid

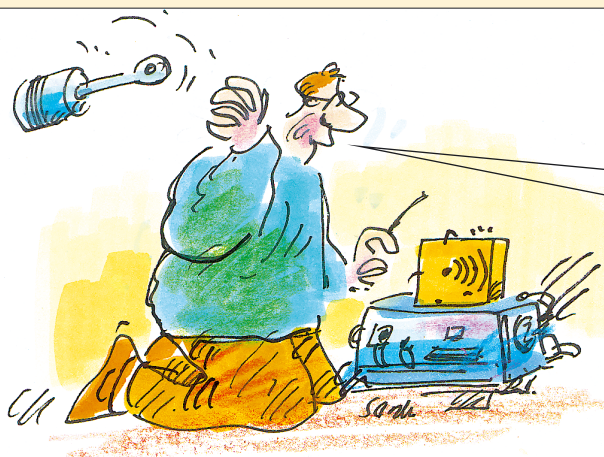
#### 1. Introduction

Si l'on doit se rappeler deux inventions qui ont modifié profondément le mode de vie du 20<sup>e</sup> siècle, citons l'**automobile** et le **réfrigérateur**. Ces deux inventions incarnent une formidable avancée technologique mais elles ont aussi leurs faiblesses : **gaz à effet de serre, destruction de la couche d'ozone**.

Les scientifiques étudient depuis une vingtaine d'années un nouveau type de ma-

chine, qui supprimerait ces faiblesses : **les machines thermoacoustiques**.

Les machines "thermoacoustiques" engendrent et absorbent l'énergie acoustique. Les ondes acoustiques (sonores) utilisées dans les moteurs et réfrigérateurs thermoacoustiques remplaceront dans un avenir proche les pistons habituellement utilisés dans ce type de machine.

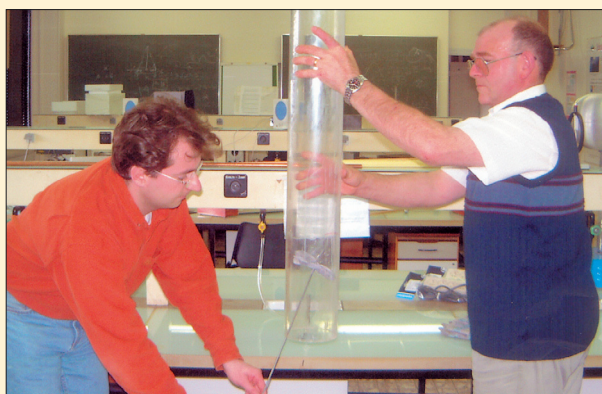


Pourquoi ne pas utiliser les ondes sonores à la place des pistons ?

#### 2. Une différence de température produit un son



Les souffleurs de verre entendent parfois leurs récipients chauffés émettre un son.



Expérience du tube de Rijke



# Ondes déconcertantes

## Le monde des sons du 3<sup>e</sup> millénaire



Lorsqu'un gaz traversé par une onde acoustique se déplace à travers la grille chauffée (échangeur), toutes les grandeurs physiques – température, pression, position – oscillent avec le temps.

Quand un gaz est enfermé à l'intérieur d'un tube, l'onde acoustique se réfléchit sur les extrémités du tube, ce qui crée une onde stationnaire. La pression est alors extrême lorsque le gaz atteint l'une des zones extrêmes de son mouvement oscillant.

Cette relation suffit pour fabriquer une **machine thermoacoustique**. Celle-ci est constituée d'un tube fermé, d'un échangeur poreux et d'une source d'énergie sonore.

**Le déplacement d'un élément de gaz est petit mais l'effet total est analogue à celui**

**d'une rangée de volontaires passant des seaux pour éteindre un incendie :**

chaque élément de gaz oscillant

- prend de la chaleur à son voisin situé à côté;
- cède de la chaleur à celui situé de l'autre côté.

L'une des caractéristiques les plus séduisantes des machines thermoacoustiques est l'absence de parties mobiles. C'est la circulation de l'onde acoustique elle-même qui assure les compressions, les dilatations, les déplacements et les transferts de chaleur.

Dans le cas de l'expérience du tube de Rijke, pour être audible, l'intensité de l'onde sonore est amplifiée par la vibration de la grille chauffée vu que celle-ci est placée à un ventre de pression du système.

### 3. Un son produit une différence de température

De la même manière qu'une différence de température produit un son, le son peut produire une différence de température. En effet, le son n'est jamais qu'une onde de compression-décompression. Et lorsqu'on comprime un gaz, sa température augmente.

### 4. Conclusion

La thermoacoustique est actuellement un domaine de recherche très actif. Elle émergera bientôt comme un moyen attrayant de déplacer des véhicules électriques hybrides,

de capter de l'énergie solaire, de réfrigérer de la nourriture, de produire de l'air conditionné, de liquéfier un gaz... Et tout cela sans nuisance pour l'environnement !

## Le monde des sons du 3<sup>e</sup> millénaire



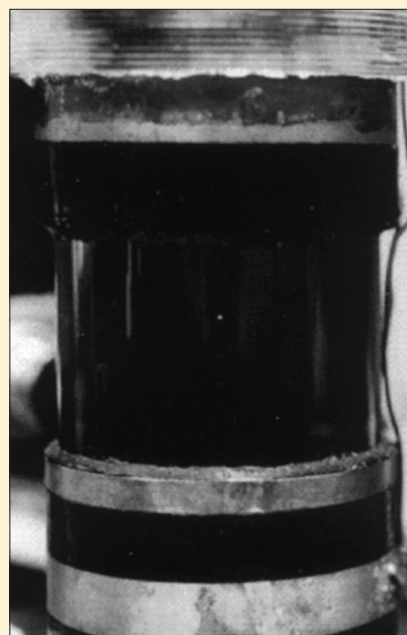
### Le son transformé en lumière

#### 1. Définition du phénomène

Rappelez-vous, dans "Chain Reaction" avec Keanu Reeves, la sonoluminescence était le domaine de recherche du Dr Alistair. Mais qu'est-ce donc que la sonoluminescence ?

La sonoluminescence est la transformation du son en lumière, c-à-d une émission de rayonnement en présence d'ondes acoustiques.

Les ondes acoustiques (ondes de compression-décompression) peuvent gonfler et dégonfler les bulles d'air présentes dans de l'eau 30000 fois par seconde, leur faisant émettre de la lumière à chaque cycle acoustique.



#### 2. Explication du phénomène

L'onde acoustique provoque tout d'abord la compression de la bulle d'air, ce qui a pour effet d'augmenter sa température. Cette augmentation de température est responsable de la dissociation des molécules à l'intérieur de cette bulle. Ensuite intervient la décompression qui provoque la recombinaison des molécules et donc l'émission de lumière.

Et cette bulle, après avoir été décompressée, est à nouveau compressée vu que l'onde acoustique est une succession de compressions-décompressions. Le cycle recommence donc.

## Le monde des sons du 3<sup>e</sup> millénaire

IV

### 3. Quelques ordres de grandeurs...

- La longueur d'onde de l'onde acoustique qui fait osciller les bulles est égale à quelques centimètres.
- Le niveau d'intensité des ondes acoustiques, nécessaire pour engendrer la sonoluminescence, est égal à environ 110dB.
- La durée d'une étincelle est de l'ordre de 50 picosecondes.
- Cette étincelle se situe dans le domaine du spectre électromagnétique ultraviolet et visible.
- La taille d'une bulle dépend évidemment de la quantité de gaz qu'elle contient mais les mesures indiquent que le rayon de la bulle avant l'envoi de l'onde acoustique est de quelques micromètres. Lors de la compression, le rayon de la bulle chute à 0.5 micromètres et lors de sa décompression augmente jusqu'à 50 micromètres.

### 4. Conclusions

- La sonoluminescence est sensible à plusieurs facteurs tels l'intensité acoustique et la température de l'eau.
- La sonoluminescence dans des milieux autres que l'eau n'a toujours pas été observée à l'heure actuelle.
- La sonoluminescence est actuellement un domaine de recherche très actif.

## Le monde des sons du 3<sup>e</sup> millénaire



### Le laser acoustique (effet saser)

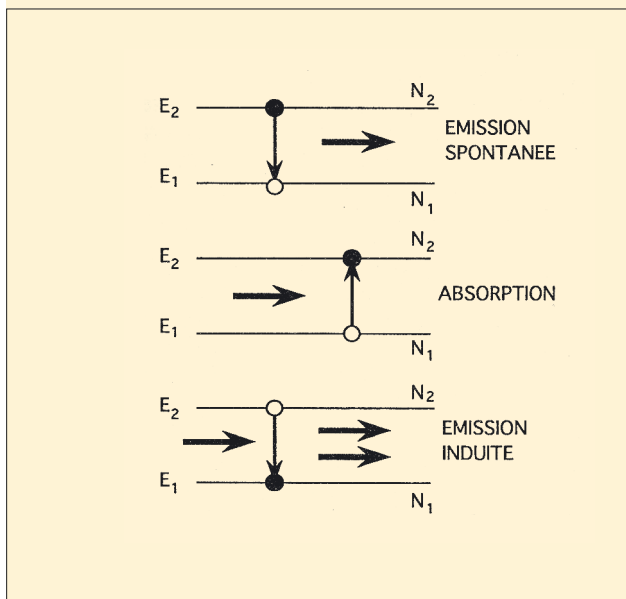
#### 1. Bref rappel

Comme ils le font pour la lumière dans un laser, les physiciens amplifient le son par émission stimulée.



*Bref rappel du fonctionnement d'un laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiations)...*

Considérons le cas d'un échantillon d'atomes ou molécules comportant une structure "simple" c'est-à-dire un niveau d'énergie  $E_1$  de population  $N_1$  et un niveau d'énergie  $E_2$  de population  $N_2$ .



Il existe une probabilité de désexcitation spontanée des atomes du niveau 2 vers le niveau 1 avec l'émission correspondante d'un photon de fréquence  $\nu_{12}$  donnée par l'équation:  $\Delta E = E_2 - E_1 = h\nu_{12}$  ( $h$  représente la constante de Planck =  $6,63 \cdot 10^{-34}$  J·s). Si l'on envoie une radiation sur la cellule contenant le gaz, par exemple, on pourra définir une probabilité d'absorption d'un photon à partir du niveau 1 vers le niveau 2 et une probabilité d'émission stimulée d'un photon du niveau 2 vers le niveau 1.

Dans un corps à l'équilibre thermique, à la température ambiante, il n'y a pratiquement pas d'atomes dans l'état excité.

Pour que l'émission stimulée devienne prépondérante, il convient de réaliser une inversion de population  $N_2$  et  $N_1$ .

Dans ce but, on fait appel à une source d'excitation extérieure et on réalise un pompage optique.

Pour obtenir l'effet laser, il convient donc que le matériau choisi présente, du point de vue énergétique, un schéma de niveaux tel que l'inversion des populations soit réalisable.

## Le monde des sons du 3<sup>e</sup> millénaire

VI

### 2. Le laser acoustique ou saser

*(Sound Amplification by Stimulated Emission of Radiations)*

En principe, rien n'empêche de transposer l'idée d'émission stimulée au son. Reste à trouver une cavité acoustique, un milieu amplificateur et un mécanisme de pompe adéquats.

Beaucoup d'équipes de recherche à travers le monde tentent actuellement de réaliser ces lasers acoustiques :

– *Université d'Utrecht (Pays-Bas) : Saser de de Wijn.*

Production de phonons dans un cristal grâce à un champ magnétique.

Etat d'avancement: difficulté technique dans la réalisation.

– *Université de Paris-Sud (France) : Saser de Prieur.*

Production de phonons par l'intermédiaire de transducteurs piézo-électriques (appareil servant à transformer les pressions-dé-

pressions des ondes sonores en ondes électriques et vice-versa).

Etat d'avancement: difficulté technique dans la réalisation.

– *Université de Minsk (Biélorus) : Saser de Zavtrak.* Cylindre rempli d'eau contenant une multitude de bulles de gaz.

Etat d'avancement : stade théorique.

– *Université fédérale de Fluminense à Niteroi (Brésil) et l'Université d'état du Nijni-Novgorod (Russie) : Saser de Malker-Vasilevski.* Production de phonons à partir d'un puits quantique.

Etat d'avancement : stade théorique.

En conclusion, la construction d'un véritable laser acoustique n'est pas encore pour tout de suite...