

■ Autres sources

■ Poste de détente gaz

Le poste de détente gaz est bien évidemment un élément incontournable d'une chaufferie gaz. Comme son nom l'indique, il permet de détendre le gaz circulant dans les conduites collectives à plusieurs bars à la pression d'utilisation de la chaudière, généralement 300 mbars. Il est généralement placé à l'extérieur de la chaufferie et peut être une source de gêne acoustique.

De par son principe général, un détendeur constitue une restriction de section où des vitesses très élevées apparaissent. Celles-ci sont synonymes de bruit pour des fréquences comprises entre 2 000 et 10 000 Hz. À l'oreille, le sifflement créé est particulièrement désagréable.

À ce phénomène, peut s'ajouter des bruits d'origine mécanique créés par le mouvement des pièces du détendeur et amplifiés par le corps de ce dernier.

Le bruit émis par le détendeur se propage (figure 39) :

- dans l'environnement immédiat de celui-ci,
- dans les canalisations vers l'aval : il peut alors affecter l'intérieur de l'immeuble dans leur parcours jusqu'à la chaufferie.

Des silencieux permettant de réduire le bruit émis en conduit sont commercialisés par les constructeurs.

■ Pompes

Les pompes constituent principalement des sources de vibrations qui se transmettent via les canalisations. Leur vitesse de rotation est généralement de l'ordre de 2 900 tours par minute.

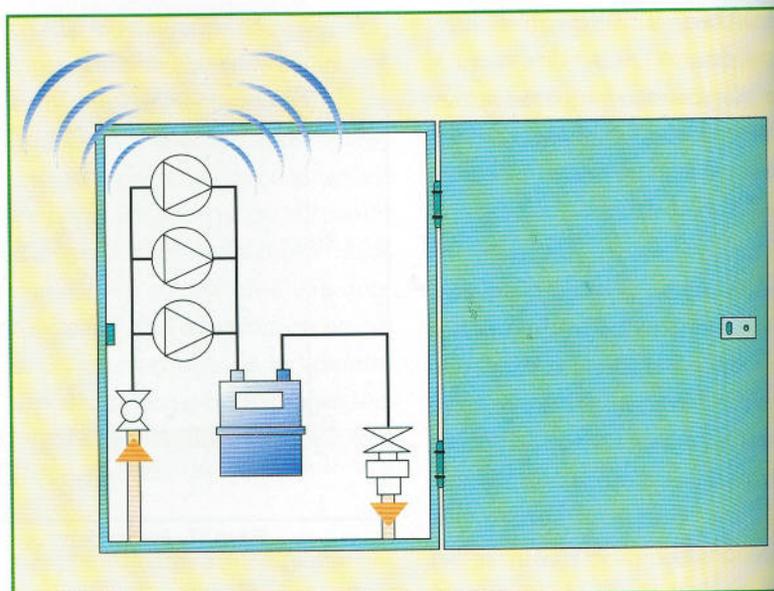


Figure 39 - Propagation du bruit émis par le poste de détente gaz

Bien que relativement silencieuses, elles sont placées à différents niveaux du circuit de distribution de chauffage et parfois à proximité des logements. Le local où elles sont installées doit alors être bien isolé sur le plan acoustique vis-à-vis des logements voisins.

■ Ventilateurs

Dans certains cas, la ventilation de la chaufferie peut être « assistée » par un ventilateur. Cette source de bruit placée à proximité d'une ouverture peut s'avérer gênante car fortement émissive en basse fréquence.

Les fournisseurs de ventilateur sont en mesure de fournir les performances de leur produit en terme de puissance acoustique pour des conditions de raccordements précises. Lors du choix du ventilateur, il faudra veiller à ce que ces conditions soient équivalentes ainsi que le point de fonctionnement débit-pression considéré.

■ Bruit mesuré en chaufferie

Nous allons maintenant nous intéresser au niveau sonore mesuré en chaufferie avec pour objectif de fournir des formulations permettant de le prévoir.

Le guide QUALITEL propose une formule de prévision du bruit perçu en chaufferie en fonction de la puissance thermique de la chaudière et du volume de la chaufferie.

Ces formules sont les suivantes :

- Chaudières à air soufflé :

$$L_p = 16 \log P_{th} - 10 \log V + 54$$

- Chaudières à induction atmosphérique :

$$L_p = 16 \log P_{th} - 10 \log V + 42$$

avec :

L_p : niveau de bruit à l'intérieur de la chaufferie en décibels pondéré A,

P_{th} : puissance thermique de l'installation en kilowatts,

V : volume de la chaufferie en mètres cubes.

Ces formulations (comme l'ont montré les calculs effectués au paragraphe « Performances acoustiques - Chaudières - Présentation » à partir de formulations extrapolées de celles-ci) permettent d'apprécier assez bien le bruit perçu à l'intérieur de la chaufferie bien que, comme l'ont montré différents travaux effectués par le COSTIC, des écarts très sensibles apparaissent entre les installations.

Performances acoustiques des matériels installés en chaufferie

Une chaufferie se compose d'éléments mécaniques qui émettent :

- du bruit : il s'agit alors de l'ensemble chaudière-brûleur qui constitue la source de bruit principale et auquel nous consacrons l'essentiel de notre propos et, dans une moindre mesure, du poste de détente gaz et des pompes ;
- des vibrations : il s'agit alors de l'ensemble chaudière-brûleur et des pompes principalement.

L'objectif de ce chapitre est d'apprécier a priori les phénomènes acoustiques et vibratoires qui vont être émis par la chaufferie et ainsi permettre de « dimensionner » l'installation sur le plan acoustique.

Cependant, le choix de la chaudière et des autres éléments de la chaufferie doit également se faire en tenant compte des contraintes thermique auxquelles doit répondre l'installation : puissance thermique, consommation énergétique, entretien... A celles-ci s'ajoutent des contraintes de coût.

■ Les chaudières

■ Présentation

Les chaudières d'une puissance supérieure à 70 kW⁽¹⁾ qui sont généralement installées en chaufferie se distinguent principalement par la technologie de leur brûleur⁽²⁾ :

- brûleur à induction atmosphérique,
- brûleur à air soufflé.

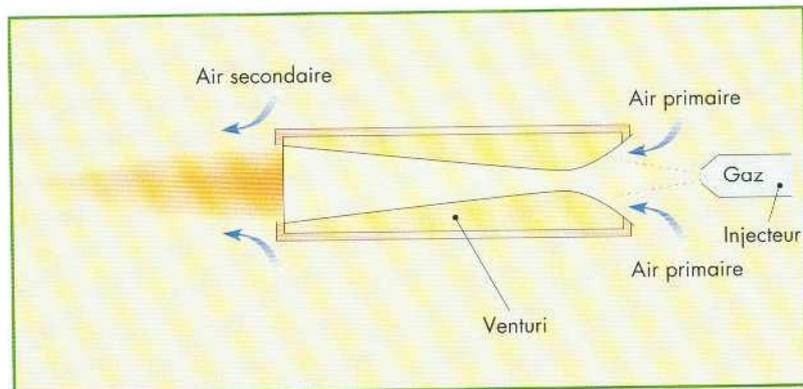


Figure 31 - Principe de fonctionnement d'un brûleur gaz à induction atmosphérique

Nous verrons par la suite que cette distinction garde tout son sens pour l'acoustique.

• Chaudières équipées de brûleur à induction atmosphérique

Ces chaudières ne peuvent fonctionner qu'avec un combustible gazeux. Elles sont équipées d'un brûleur gaz spécifique composé de plusieurs rampes (ou de torches) qui fonctionnent selon le principe de la figure 31.

Le gaz est introduit par un injecteur (vitesse de l'ordre de 50 ms⁻¹ pour un fonctionnement à pleine puissance) au niveau du venturi de chaque rampe (ou de chaque torche). La dépression qui se crée entraîne une aspiration d'air comburant (air primaire) à un débit inférieur à celui nécessaire à une combustion stoechiométrique.

Le complément d'air nécessaire pour obtenir une bonne hygiène de combustion (air secondaire) arrive au niveau de la flamme par convection naturelle.

Ce fonctionnement impose obligatoirement au foyer d'être en dépression, ce qui complique l'installation de la chaudière (le circuit d'évacuation des fumées doit être dimensionné pour le permettre). Certains appareils sont équipés d'un ventilateur d'extraction des produits de combustion. Ces brûleurs fonctionnent généralement à

deux allures, une allure nominale et une allure réduite.

La puissance de ces appareils est limitée à quelques centaines de kW et leur volume, à puissance thermique équivalente, est généralement supérieur à celui des chaudières équipées de brûleurs à air soufflé. Elle représente approximativement 20 % des appareils d'une puissance supérieure à 70 kW vendus sur le marché français.

• Chaudières équipées de brûleur à air soufflé

Le foyer de ces chaudières peut être en pression ou en dépression. Elles sont équipées d'un brûleur gaz ou fioul. Le brûleur installé n'est pas spécifique à la chaudière et leur association se fait en fonction de critères basés sur les dimensions du foyer (diamètre et volume) et la puissance de l'appareil.

(1) Dans certains cas, la chaufferie peut être réalisée au moyen de chaudières murales gaz montées en « cascade », cette solution permettant de bénéficier d'une importante plage de modulation.

Nous n'aborderons pas dans ce chapitre ce type d'installations, sachant que les fabricants disposent pour ces appareils (ou pour des appareils de conception très voisine) de résultats de mesures acoustiques réalisées dans des conditions normalisées.

(2) La distinction entre les appareils peut bien sûr se faire selon d'autres critères que l'acoustique, seraient tout autant justifiés : chaudières murales ou au sol, en acier ou en fonte, à condensation ou non, selon leur niveau d'émission de polluants...

Le fonctionnement du brûleur s'effectue selon le principe de la figure 32 (qui peut bien évidemment différer selon les brûleurs).

Le ventilateur propulse l'air nécessaire à la combustion au travers du canon du brûleur. Une partie de l'air et le gaz se mélangent avant la flamme. Le turbulateur permet la réalisation d'un mélange homogène. La combustion est complétée par de l'air qui arrive sur l'extérieur de la flamme (la répartition entre les deux quantités d'air est fonction de la position de la tête de combustion).

Ces brûleurs peuvent fonctionner à plusieurs allures (rapport entre les puissances de 1 à 5 couramment) en conservant une très bonne hygiène de combustion. La diminution du débit de combustible s'accompagne d'une diminution de l'air introduit dans le brûleur. Le réglage s'effectue alors généralement par le déplacement d'un volet qui vient obstruer l'admission du ventilateur. Certains constructeurs modifient l'alimentation électrique du ventilateur afin de diminuer sa vitesse de rotation et donc le débit d'air introduit. Ceci permet de réduire le niveau de bruit émis par le ventilateur.

Ce type de chaudières couvre toute la gamme de puissance (de quelques dizaines de kilowatts à plusieurs mégawatts) et constitue l'essentiel des ventes pour les puissances supérieures à quelques centaines de kilowatts.

Enfin, ces chaudières, au contraire des appareils à induction atmosphérique, peuvent équiper tout type d'installation, sans contrainte particulière sur le tirage de la cheminée.

■ **Performances acoustiques**
 • **Chaudières équipées de brûleur à induction atmosphérique**

La figure 33 présente le spectre de puissance acoustique (en décibels et en décibels pondérés A) d'une chaudière équipée d'un brûleur à induction atmosphérique d'un débit calorifique de 485 kW.

Le spectre de puissance acoustique obtenu se caractérise par un fort niveau en basse fréquence lié à la combustion. Dans le cas présent, s'ajoute une remontée vers 400 Hz associée au fonctionnement d'un ventilateur d'extraction auxiliaire.

Pour ce type de chaudière, le niveau global pondéré A de puissance acoustique peut être obtenu par la formule suivante extrapolée de la méthode QUALITEL.

$$L_w [dB(A)] = 16 \times \log P_{th} + 28$$

avec :

$L_w [dB(A)]$: niveau global de puissance acoustique exprimé en dB(A),

P_{th} : puissance thermique de la chaudière en kW.

Dans le cas présent (et également pour des appareils de plus faible puissance), le résultat obtenu est proche de celui mesuré [71 dB(A) au lieu de 70 dB(A)].

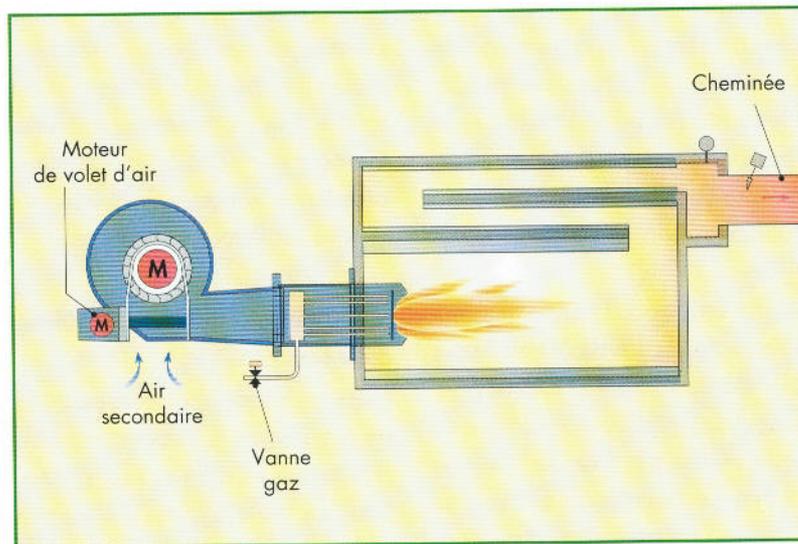


Figure 32 - Principe de fonctionnement d'un brûleur air soufflé

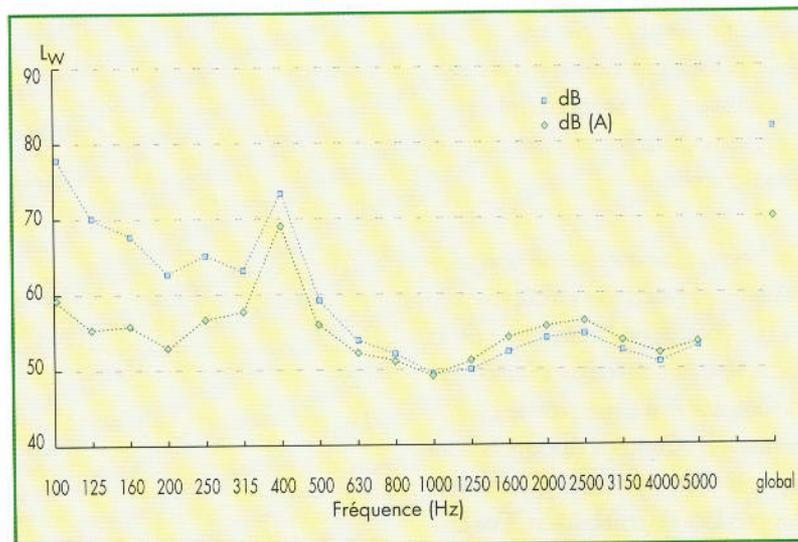


Figure 33 - Spectre de puissance acoustique d'une chaudière gaz atmosphérique de 485 kW

Généralement, ce type de chaudières est, à même puissance thermique, plus silencieux que les modèles équipés de brûleur à air soufflé.

Chaudières équipées de brûleur à air soufflé

La figure 34 présente le spectre de puissance acoustique d'une chaudière équipée d'un brûleur gaz-air soufflé d'un débit calorifique de 440 kW.

Pour une puissance thermique équivalente à celle de la chaudière précédente équipée d'un brûleur à induction, le niveau global du bruit émis par celle-ci est plus important d'approximativement 14 dB(A).

Pour les chaudières air soufflé, le niveau global pondéré A de puissance acoustique peut être estimé par une formule équivalente à celle établie dans le cas des chaudières équipées de brûleur à induction (formule extrapolée de la méthode QUALITEL).

$$L_w [dB(A)] = 16 \times \log P_{th} + 40$$

avec :

$L_w [dB(A)]$: niveau global de puissance acoustique exprimé en dB(A),

P_{th} : puissance thermique de la chaudière en kW.

Cette formule donne un niveau global de puissance acoustique voisin de celui mesuré. On obtient par le calcul 82 dB(A) au lieu de 85 dB(A) par la mesure.

En fait, pour les chaudières équipées de brûleur à air soufflé, le bruit émis est lié à deux phénomènes :
- la flamme,
- la ventilation (constituée à la fois par le fonctionnement du ventilateur et les mouvements d'air).

La figure 35 compare les spectres de pression acoustique mesurée à proximité de la chaudière précédente en phase de prévention (ventilateur seul en fonctionnement) et avec combustion.

Dans le cas présent, il apparaît que :

- La ventilation est à l'origine de l'essentiel du bruit émis par la chaudière pour les fréquences supérieures à 125 Hz. La gamme fréquentielle attribuée à la ventilation peut varier selon les brûleurs et selon le débit calorifique. En effet, un fonctionnement à petite allure

s'accompagne d'une obturation partielle de l'admission d'air.

Cette source de bruit est généralement essentielle dans le bruit perçu à proximité de la chaudière (comme c'est le cas pour le résultat présenté). Il est donc possible de réduire très sensiblement le bruit émis à l'intérieur de la chaufferie en capotant le brûleur ;

- La flamme est à l'origine d'un bruit important pour les fréquences basses (inférieures à 100 Hz dans le cas présent). On parle fréquemment de grondement de combustion.

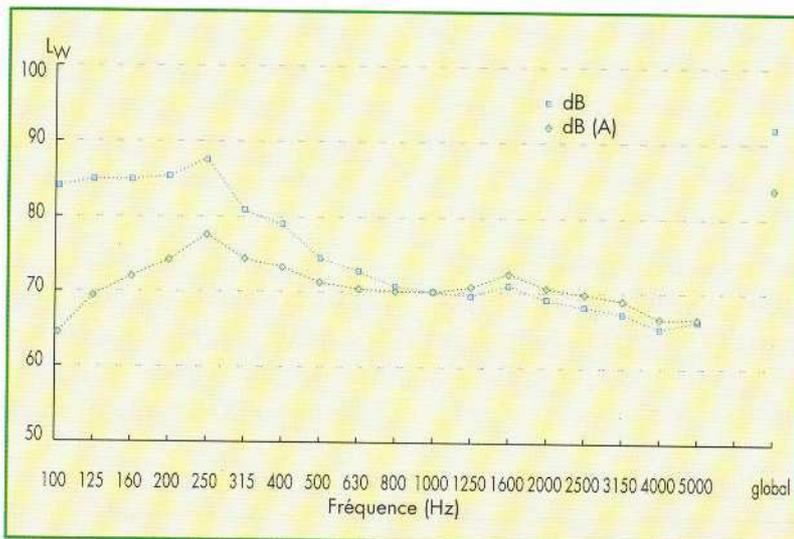


Figure 34 - Spectre de puissance acoustique d'une chaudière gaz air soufflé de 440 kW

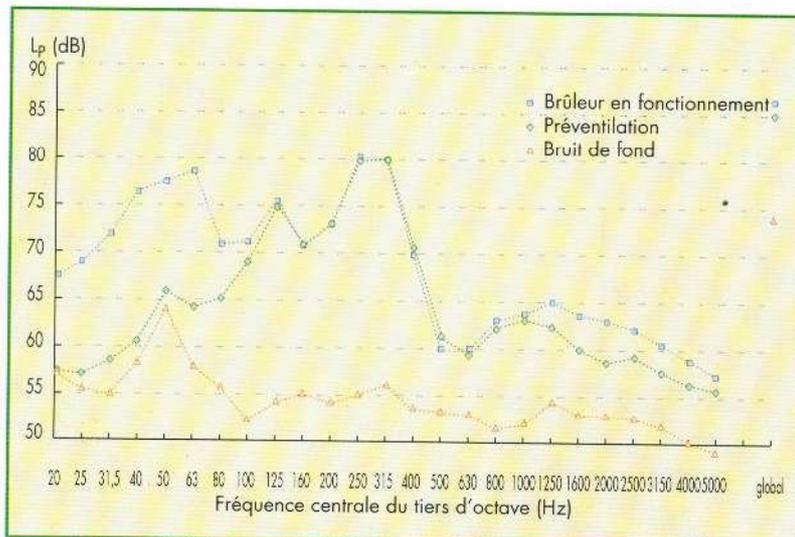


Figure 35 - Influence du bruit émis par la ventilation dans le bruit émis par une chaudière air soufflé

Du fait du grand nombre de brûleurs et du corps de chaudière existant sur le marché, et de leurs différences techniques (foyer direct ou foyer à retour de flamme par exemple), la fourniture d'une caractéristique acoustique à la fois pertinente et simple d'utilisation est difficile.

A la demande des constructeurs de chaudières et de brûleurs regroupés au sein du Groupement des fabricants de matériels de chauffage central par l'eau chaude et de production d'eau chaude sanitaire (GFCC) et en collaboration étroite avec eux, le Centre technique des industries aéronautiques et thermiques (CETIAT) et la Direction de la Recherche de Gaz de France travaillent conjointement pour mettre en place une méthode répondant à cet objectif.

La combustion peut également être à l'origine de bruit très important pour des fréquences de quelques dizaines de hertz lié à des instabilités de la combustion.

En fait, la résonance acoustique du foyer entraîne une surpression qui empêche l'alimentation en air du brûleur. La flamme, mal aérée, décroche de la tête de combustion. La perte de charge du dispositif d'amenée d'air diminue alors rapidement, ce qui entraîne une augmentation de l'alimentation en air et un raccrochage de la flamme. Ces décrochages-accrochages successifs de la flamme sont très bruyants.

Ce phénomène est fréquemment associé à un mauvais dimensionnement du circuit de cheminée. Pour le supprimer, une modification du réglage du brûleur est généralement suffisante mais, parfois, le brûleur ou la chaudière doivent être adaptés (communication entre le foyer et l'environnement de la chaudière pour éviter les fluctuations de pression).

Les phases d'allumage et d'extinction du brûleur, bien que brèves, peuvent également être très bruyantes et donc particulièrement

gênantes. Il est donc préférable d'en réduire le nombre en particulier la nuit et les week-ends, ceci en optimisant le système de régulation (figure 36).

De même, il semble que, pour un même débit calorifique, un brûleur surdimensionné (c'est-à-dire que sa puissance nominale est supérieure à celle fournie) soit moins bruyant qu'un brûleur fonctionnant à pleine charge.

Les fabricants de chaudières et de brûleurs disposent généralement de mesure de pression à un mètre face au ventilateur. Ces résultats permettent de prévoir approximativement le bruit qui sera émis en chaufferie et peuvent servir à comparer différentes performances. Néanmoins, il est important de rappeler que des mesures de pression sont affectées par l'environnement de la chaudière.

■ Bruit émis vers la cheminée

Le bruit perçu au débouché de la cheminée est associé à la combustion (le bruit créé par l'écoulement d'air est

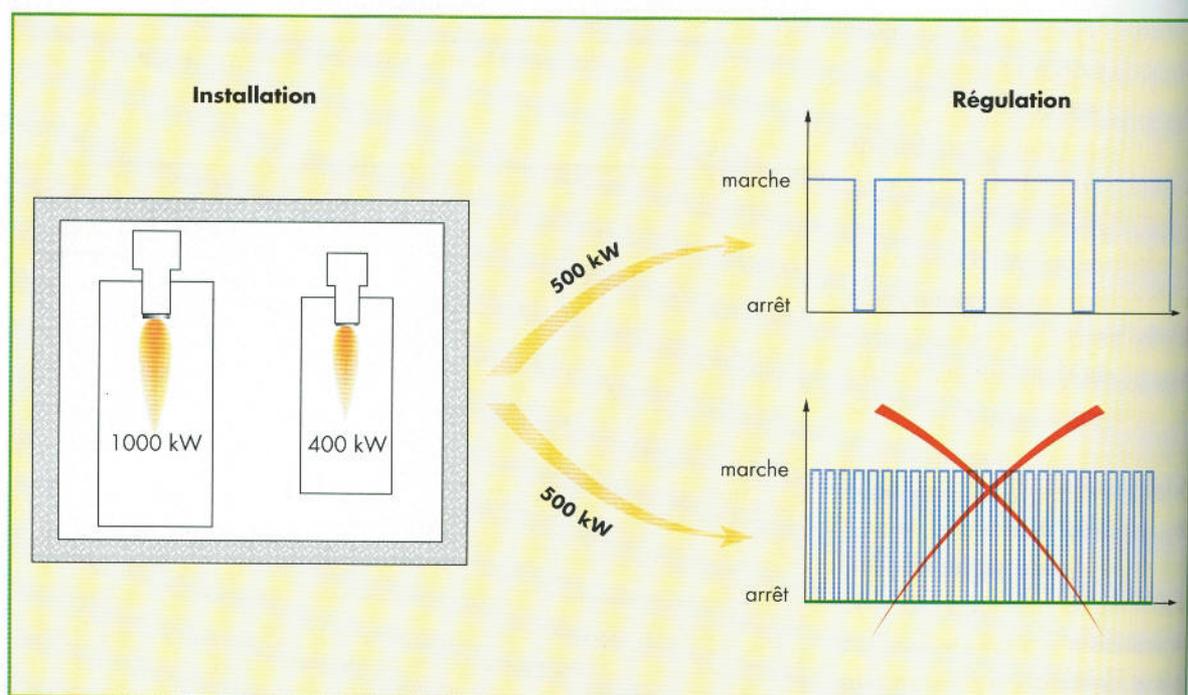


Figure 36 - Action type sur le système de régulation pour limiter la gêne acoustique

généralement négligeable). Il est large bande (c'est-à-dire que ces variations avec la fréquence ne sont pas trop brusques) et affecte principalement les fréquences de l'ordre de 200-400 Hz.

A cette allure générale, s'ajoutent parfois des raies fréquentielles très marquées (dans le cas d'une analyse fréquentielle en bandes fines) qui affectent des fréquences de quelques dizaines de hertz à 150 Hz. Elles sont liées à des résonances créées entre les volumes du foyer et les dimensions de la cheminée.

Il n'existe pas actuellement de méthode de prévision du bruit émis par l'association d'un corps de chaudière, d'un brûleur et d'une cheminée au niveau de cette dernière et les rares apparitions de raies fréquentielles doivent être traitées a posteriori. Ce point fait l'objet du chapitre « *Traitement des bruits de cheminée* » de la partie « *Principaux aspects du traitement acoustique d'une chaufferie* ».

Bien qu'aucune méthode fiable de caractérisation n'existe, les constructeurs de brûleurs fournissent généralement des niveaux de pression mesurés dans le conduit de cheminée (au niveau de la buse ou à un mètre du débouché de la chaudière) mais ces mesures sont difficilement exploitables.

A titre indicatif, la figure 37 présente une mesure de pression à l'intérieur d'une cheminée au niveau du raccordement de la chaudière.

Les spectres obtenus se caractérisent par un niveau acoustique très élevé en basse fréquence qui peut dépasser 120 dB.

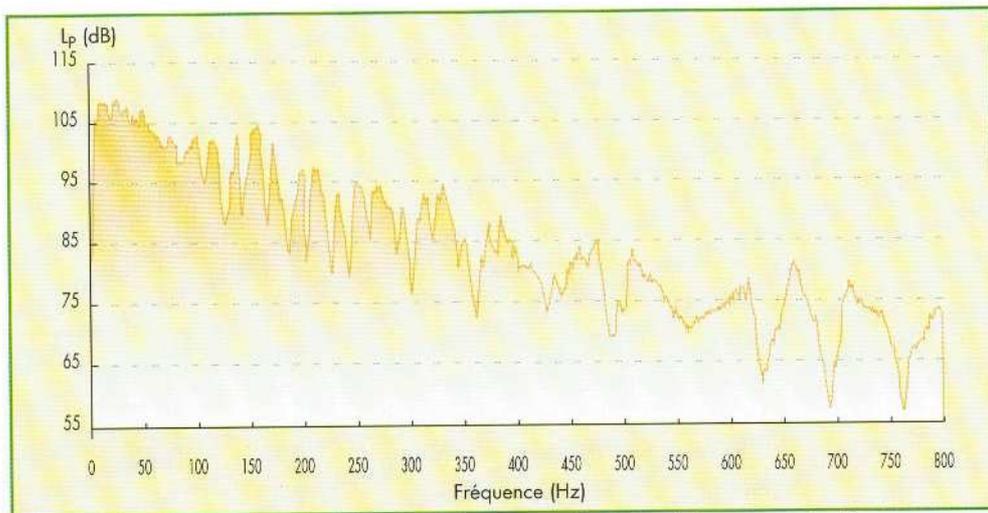


Figure 37 - Spectre de pression acoustique en conduit de cheminée pour une chaudière

■ Vibrations

Bien évidemment, quel que soit le type de chaudière, ses supports sont soumis à des vibrations qui se transmettent par la suite au sol. La figure 38 présente le spectre de vitesse vibratoire mesuré sur une patte de fixation d'une chaudière air soufflé.

Il n'existe actuellement pas de caractérisation vibratoire d'équipements tels que les chaudières. Comme nous le verrons, le calcul du système de découplage se fait en fonction de la

fréquence à partir de laquelle il doit se montrer efficace.

Dans le cas d'une chaudière air soufflé dont le moteur actionnant le ventilateur a une vitesse de rotation de l'ordre de 2 900 tours par minute, soit une fréquence de 50 Hz, on considère que le découplage doit se montrer efficace à partir de 50 Hz.

Enfin, l'énergie vibratoire d'une chaudière atmosphérique est moindre que celle d'une chaudière air soufflé.

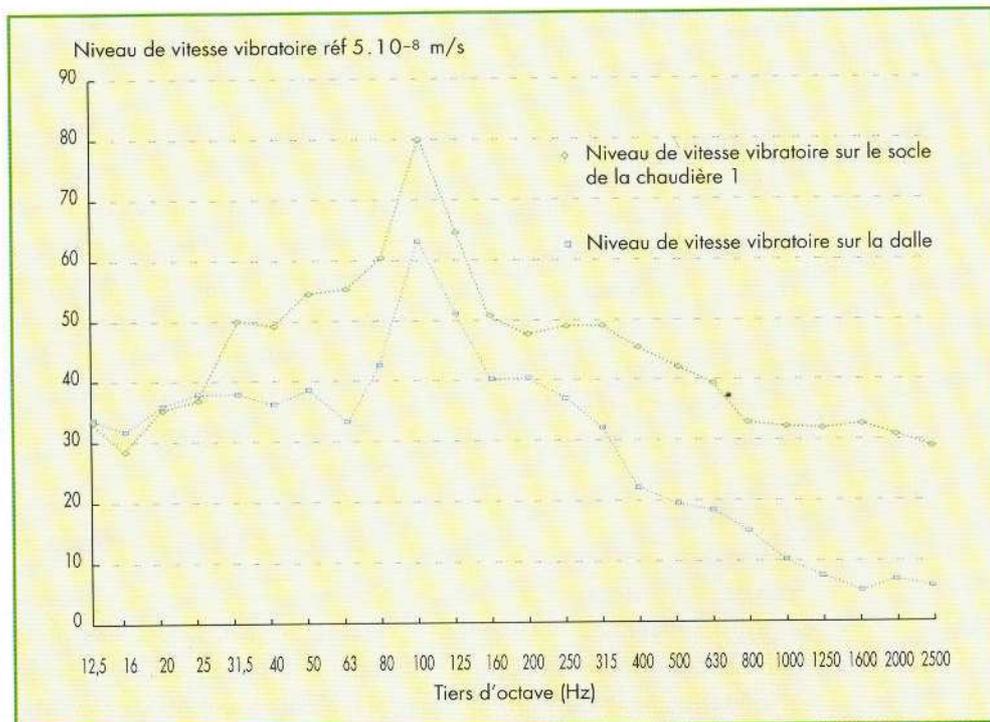


Figure 38 - Spectre de vitesse vibratoire mesuré sur le socle d'une chaudière (kW)