

## ECHAPPEMENTS, PIPES ET RESONATEURS

Voici dix ans encore, la plupart des modélistes faisaient tourner leurs moteurs sans se soucier le moins du monde du bruit occasionné. La conjugaison de divers facteurs - notamment la récente prise de conscience au sujet de la nécessaire protection de l'environnement - a permis d'améliorer la situation. Actuellement, nous sommes tous d'accord sur le fait que le bruit constitue l'une des pollutions les plus nocives. Ces facteurs - combinés à la perspective de plus en plus réelle de se retrouver sans terrain de vol pour excès de bruit - ont favorisé l'utilisation de silencieux sur tous les moteurs, sauf les plus petits.



*Echappement type "étui à cigarettes" (à expansion) sur un hélicoptère. Très facile à installer, mais à faible rendement, comparé à un résonateur.*

### À quoi sert un tuyau d'échappement ?

Pour l'amateur moyen, un échappement n'est qu'un accessoire - vendu parfois d'origine avec le moteur (ce qui, heureusement, est de plus en plus fréquent) - cher et lourd, que l'on accouple à la lumière d'échappement et qui, avec un peu de chance, affectera peu la puissance, mais limitera le niveau sonore de notre moteur (ce dernier point étant le but de l'opération). Tout cela est vrai dans la plupart des cas, mais pour les moteurs à deux temps, le système d'échappement influence de façon radicale le comportement du moteur, tant en ce qui concerne le bruit que la puissance fournie. Dans les situations les plus favorables, il augmente la puissance et réduit le niveau sonore; s'il a été mal conçu, l'effet obtenu sera juste l'inverse.

Au fil de cet article, nous vous entretiendrons des principes élémentaires de fonctionnement d'un échappement, des différents types existants et des critères de choix.



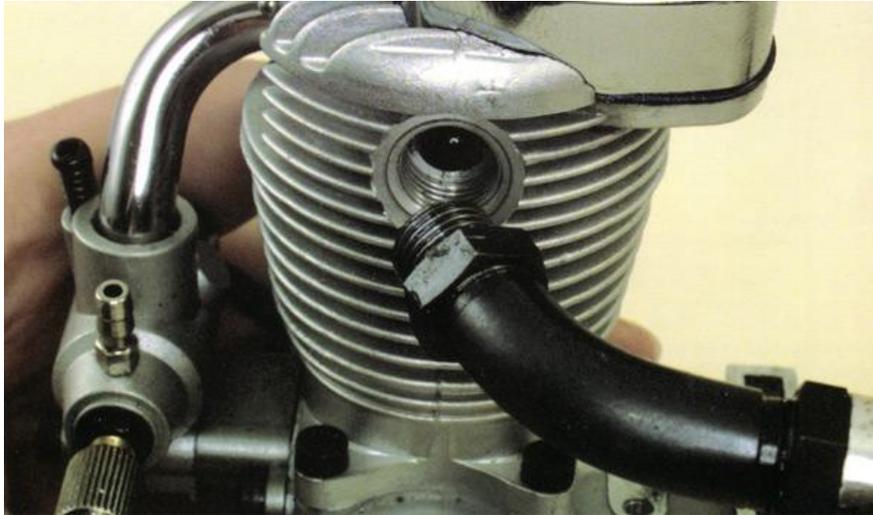
1) *En automodélisme de compétition, les résonateurs doivent être homologués par l'EFRA.*

2) *Résonant en forme de "U", sur un hélicoptère. Son rendement équivaut à celui d'un conventionnel.*

### Temps d'échappement et moteur à deux temps

Dans le cas des deux temps, les plus utilisés en modélisme, l'échappement exerce une grande influence sur le rendement des moteurs. Rappelons certains aspects de leur fonctionnement: après l'allumage du mélange, le piston commence à descendre, laissant à découvert la lumière d'échappement (généralement opposée à celles d'admission), par où les gaz brûlés sortent. Presque simultanément, les lumières d'admission s'ouvrent. Elles sont situées sur la partie opposée du cylindre; un mélange frais y pénètre alors.

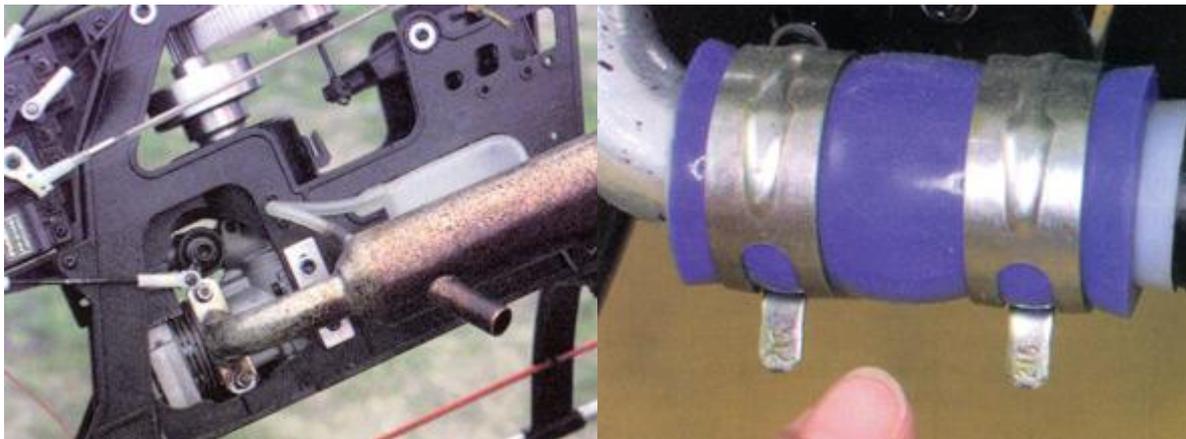
Les forme, position et dimension de la ou des lumière(s) d'échappement (une grande ou deux petites, pratiquement jointes) sont d'une importance capitale pour le fonctionnement du moteur. La valeur qui nous éclaire le mieux sur leurs dimensions (taille et position) correspond à la distance angulaire parcourue par le vilebrequin durant laquelle la lumière demeure ouverte. Pour les moteurs à deux temps utilisés en modélisme, ce chiffre oscille entre quelque 110-120°, dans le cas des moteurs très tranquilles, et plus de 180° pour les moteurs à très hautes performances, comme ceux utilisés lors des compétitions de vitesse, où les moteurs tournent à pleine puissance et à des régimes extrêmement élevés.



*Système de fixation fileté sur cet échappement de moteur à quatre temps.*

#### Ondes de choc

Nous allons, dans ce paragraphe, aborder les principales caractéristiques du tuyau "résonant", du résonateur et des pipes, termes très fréquemment utilisés sur les terrains de modélisme. Lorsque la lumière d'échappement s'ouvre, deux éléments en sortent, très différents, tant par leur composition que par les vitesses qui les animent: d'une part, bien sûr, les gaz d'échappement brûlés, facilement identifiables, et, d'autre part, l'onde de pression qui provient de la combustion extrêmement rapide des gaz. Cette onde de pression se déplace beaucoup plus rapidement; on en tire parti pour améliorer le rendement du moteur. L'onde varie selon le diamètre du conduit par où sortent les gaz d'échappement et rebondit quand nous lui opposons un obstacle, par exemple une paroi. L'effet de ces deux phénomènes est double: lorsque l'onde expansive passe dans un conduit plus grand, elle produit un certain effet de "suction"; lorsque nous la faisons rebondir sur la paroi, elle produit un effet de "poussée". Ces suction et poussée s'exercent sur les gaz contenus dans le tuyau d'échappement, à la sortie du moteur. Comment tirer parti de ces ondes ? En utilisant un bon pot d'échappement (comme ceux des résonateurs qui équipent les aéromodèles de compétition) et en l'accouplant au moteur adéquat, on peut profiter de la "suction" pour extraire les gaz d'échappement du cylindre (rappelons-nous que la lumière d'échappement est ouverte) et de la "poussée" qui s'ensuit pour maintenir dans le cylindre les gaz frais provenant de la lumière d'admission et qui pourraient être expulsés par l'échappement sans être brûlés.



- 1) Minipipe sur un Kalt. Rendement et dimensions à mi-chemin entre le résonateur et l'échappement à expansion.
- 2) Détail de l'union d'un résonant à son coude de sortie au moyen de silicone et de brides.

#### Régime de fonctionnement d'un résonateur

L'échappement capable de produire les effets décrits dans le paragraphe précédent et qui, dans la pratique, provoque une sorte de suralimentation du moteur, est appelé "échappement résonant" ou "résonateur". Il est facilement identifiable: il consiste en un tuyau sortant du moteur ("coude") et en un tuyau d'échappement, qui ressemble à deux cônes très stylisés, unis par leur partie la plus large. Parfois, le deuxième "cône" est beaucoup plus aplati, voire complètement plat. Les gaz sortent par un tuyau contenu dans le résonateur et dont le diamètre est plutôt réduit (quelque 5-6 mm pour un moteur de 10cc).

Le résonateur présente une particularité: il ne fonctionne correctement qu'à un régime moteur déterminé. En effet, pour que le système fonctionne, un laps de temps précis doit s'écouler entre le moment où les ondes de pression sortant du moteur commencent à voyager dans le coude et le résonateur, et celui où elles rejoignent la lumière d'échappement; de plus, à leur retour, le piston ne doit pas avoir refermé la lumière d'échappement. Les ondes de pression voyagent à vitesse constante et doivent parcourir une distance déterminée par la longueur totale de l'échappement; pour que celui-ci soit efficace (pour qu'il "résonne") à un régime préétabli, nous devons donc adapter la longueur de l'échappement.



*Les moteurs à quatre temps ne tirent aucun avantage d'un résonateur; ils emploient des systèmes à expansion plus ou moins sophistiqués.*

#### Types d'échappement et de moteurs

Il existe des échappements autres que les résonants. Les plus courants sont les échappements à "expansion" : pour réduire le niveau sonore du moteur, on installe, à la sortie de l'échappement, un réceptacle qui "brise" l'onde sonore sortant de la lumière et la fragmente. Mis à part les échappements à expansion et les résonants, il existe un type intermédiaire (en complexité comme en rendement) appelé "mini-pipe".

Tous les échappements ne conviennent pas à tous les moteurs. De nombreux paramètres règlent l'adéquation moteur/échappement, le plus important d'entre eux étant l'ouverture de la lumière d'échappement. Il n'y a pas de règles fixes, mais l'emploi d'un résonateur n'apporte aucune amélioration de rendement sur un moteur dont le temps d'échappement est inférieur à 160°; les mini-pipes nécessitent au moins 145-150°. Les moteurs avec des temps d'échappement de moins de 130° donnent de meilleurs résultats équipés d'un échappement à expansion.



*Sur un résonant, la longueur du coude est déterminante pour un fonctionnement optimal.*

#### Échappements à expansion

Ce sont les plus utilisés pour les moteurs de sport qui, de fait, sont prévus pour être équipés de ce type d'échappements. En général, ils sont légers, compacts, bon marché et d'origine sur la plupart des moteurs. On les fixe au moteur par le biais de deux vis, leur petite taille n'en requérant pas davantage.

On trouve de bons et de mauvais échappements à expansion. Il faut éviter que les gaz d'échappement ne rencontrent un obstacle direct, car la conséquence en serait un niveau sonore trop élevé. Chaque cylindrée requiert un échappement d'un certain volume (ceci s'applique à tous les échappements à expansion et résonants); s'il est trop petit, le moteur aura tendance à surchauffer. Les silencieux les plus efficaces renferment, d'habitude, une succession de chambres et/ou des baffles qui permettent de briser les ondes sonores.

Les silencieux à expansion disponibles dans le commerce revêtent des formes variées. Certains sont conçus pour pouvoir être camouflés dans le fuselage d'une maquette; ceux qui ressortent sous le fuselage sont courants, du type Pitts. Certains de ces silencieux peuvent manquer de volume et provoquer la surchauffe du moteur. Le remède consiste à en utiliser un de plus grande taille...



1) Minipipe Weston fixée à la poutre de queue d'un hélicoptère.

2) Dans le cas d'un deux temps, la lumière d'échappement constitue l'élément dont il faudra surtout tenir compte au moment de choisir l'échappement.

### Résonateurs

Les échappements résonants présentent de nombreux avantages: s'ils sont bien conçus, ils augmentent la puissance et réduisent considérablement le niveau sonore du moteur. Dans certaines catégories de modélisme (voitures à échelle 1/8, entre autres), il existe une série d'échappements homologués selon leur niveau sonore, qui sont les seuls autorisés en compétition.

Mais les résonants présentent aussi quelques inconvénients. Ils sont beaucoup plus encombrants qu'un simple échappement à expansion et requièrent parfois un certain savoir-faire lorsqu'il s'agit de les fixer convenablement au modèle. Le résonateur doit disposer d'un dispositif de ventilation, afin d'éviter toute surchauffe nuisible à son rendement. De plus, ils sont chers et doivent être ajustés au régime moteur souhaité. Tous les résonateurs ne sont pas pareils: certains incorporent un silencieux (une chambre située en fin de circuit); plus le cône et le contre-cône sont marqués, plus le régime de résonance est crucial et plus le système développe de la puissance.

De nombreuses légendes circulent sur la bonne manière de régler un résonateur. Dans le cas des moteurs d'aéromodélisme, il faudra commencer par définir le régime moteur auquel nous souhaitons que le résonateur soit le plus efficace. D'abord, on choisit l'hélice appropriée. Ensuite, on procède à plusieurs vols en raccourcissant progressivement le coude du résonateur de 1-2 cm à chaque fois, tout en observant les variations de performances. Gardez la longueur qui donne les meilleurs résultats. Il faut se rappeler que, dans les airs, le régime moteur augmente de quelques tours; c'est pourquoi le réglage correct du résonateur sera un peu plus court en vol qu'il ne l'est au sol. Pour compenser cette différence, vous pouvez régler le résonateur au sol avec une hélice dont le pas est d'un pouce inférieur.



*Il est plus facile d'adapter le régime moteur à celui du résonant sur un hélicoptère que sur un aéromodèle avec hélice à pas fixe.*

### Minipipes

La minipipe constitue, sur le plan des performances, avantages et inconvénients, un système d'échappement "intermédiaire" entre le résonateur et l'échappement normal. Contrairement à l'échappement à expansion, il profite des apports de pression du moteur, et augmente ainsi le rendement; cependant, à l'inverse du vrai résonateur, il ne tire parti que de l'impulsion négative de pression qui se produit lorsque l'onde sort du coude d'échappement. Tout comme les résonateurs, ils ne fonctionnent qu'à un régime moteur déterminé.

Une minipipe est essentiellement composée d'un tuyau - à section constante et d'une longueur déterminée - qui finit brusquement, en général à l'intérieur d'une chambre servant à réduire le niveau sonore. Malgré leur ressemblance avec les silencieux à expansion, les échappements pour hélicoptères les plus répandus (les Nitro Pipe, entre autres) fonctionnent comme des minipipes.

Ces systèmes sont beaucoup plus légers et compacts que les résonateurs traditionnels. Une fois réglés, ils fournissent une puissance à peine inférieure, mais cette opération est difficile à réaliser, car, généralement, leur longueur n'est pas réglable; c'est pourquoi - sauf pour les hélicoptères, dont on peut modifier le régime moteur à volonté - il faut essayer différentes hélices afin de trouver celle qui donnera le meilleur résultat. En revanche, ils sont beaucoup plus faciles à mettre en place, puisqu'ils se fixent au moteur avec deux vis.