

Les pots d'échappement: principe, calcul, et recensement

1) Principe et calcul:

une partie de ce post provient de l'excellent site de cb sur les moteurs 2 temps

<http://membres.lycos.fr/moteur2temps/>

➡ Sur un moteur 2 temps, le pot d'échappement a une importance vitale pour le bon fonctionnement du moteur.

Bien sur son principal intérêt est d'expulser les gaz derrière la moto, mais le plus important est d'empêcher la perte de gaz frais de l'intérieur du cylindre en les réinjectant par la lumière d'échappement, et pour bien faire, il faut faire rebondir le volume de gaz pour qu'il retourne dans le cylindre.

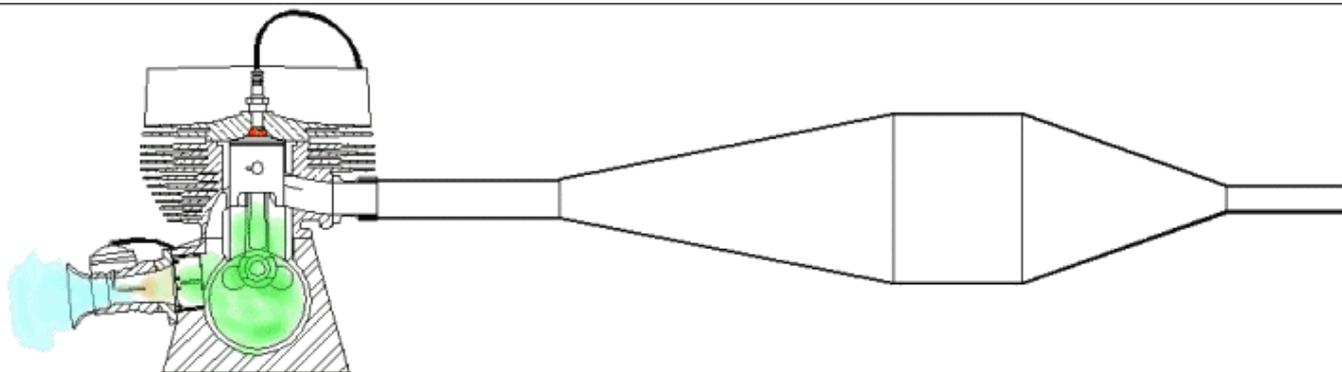
😊 C'est pour cela qu'un pot de 2 temps utilise la technique du "cône/contre cône":

- un cône de sortie avec un angle permettant une bonne sortie et entrée des gaz brûlés.
- un contre-cône faisant double emploi: sortie des gaz et rebond des gaz

L'angle du contre cône est très important: s'il est trop élevé il empêche les gaz de sortir mais les fait bien rebondir, et inversement si il est trop faible.

Il s'agit donc de trouver le meilleur compromis pour avoir volume de pot qui soit le mieux accordé possible avec le régime moteur correspondant.

➡ Voici une petite animation pour mieux comprendre:



Bien sur plus le régime augmente et moins il y aura de gaz frais (en vert) qui sortiront d cylindre, et selon l'accord choisi par le fabricant du pot ce phénomène ce produira à plus ou moins haut régime: on parlera alors de pot orienté selon le régime.

Un fabricant axé sur la compétition circuit cherchera un accord à haut régime, alors qu'un autre fabricant axé sur l'enduro cherchera un accord plus typé bas/moyen régime.

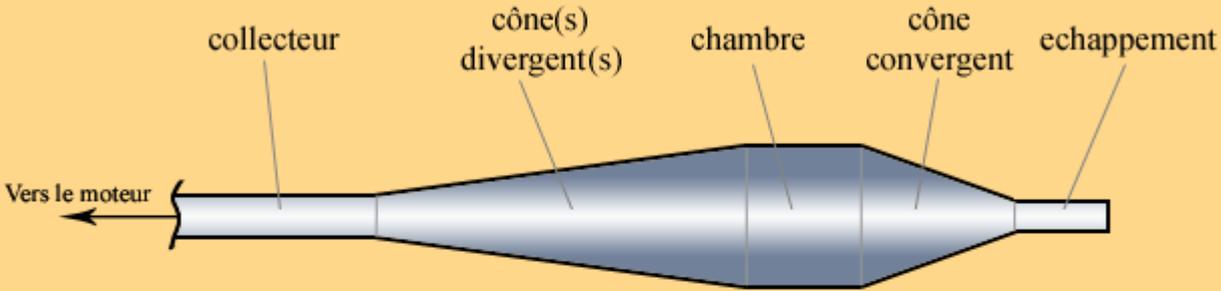
➡ Il ne faut pas oublier que tout les paramètres du moteurs jouent un rôle:

- L'avance à l'allumage
- La hauteur des transferts
- La hauteur le la lumière d'échappement
- Le taux de compression
- tout les paramètres du pot (même le tube de fuite)
- Le silencieux

- La peinture du pot (elle abaisse la fréquence de résonance)
- La température extérieure

Généralement on peut légèrement optimiser tel ou tel paramètre mais souvent le constructeur du pot a bien fait les choses selon l'accord qu'il recherche.

☞ Voici d'ailleurs l'influence des différents éléments constituant le pot selon ce que l'on recherche:

Architecture d'un pot de moteur 2 temps			
			
	Modification	Effet obtenu	
collecteur	diamètre supérieur	puissance supérieure	plage d'utilisation réduite
	diamètre inférieur	puissance inférieure	plage d'utilisation augmentée
	longueur supérieure	puissance inférieure	plage d'utilisation augmentée
	longueur inférieure	puissance supérieure	plage d'utilisation réduite
Cône divergent	angle supérieur	pulsation négative plus intense	durée inférieure
	angle inférieur	pulsation négative plus faible	durée supérieure
Chambre	longueur supérieure	puissance inférieure	plage d'utilisation augmentée
	longueur inférieure	puissance supérieure	plage d'utilisation réduite
Cône convergent	angle supérieur	puissance positive plus intense	durée inférieure
	angle inférieur	puissance positive plus faible	durée supérieure
Echappement	diamètre supérieur	contre-pression inférieure	température moteur réduite
	diamètre inférieur	contre-pression supérieure	Température moteur élevée

☞ Il existe pas beaucoup de méthodes pour calculer les volumes d'un pot selon ce que l'on recherche (bas, moyens ou hauts régimes), et on trouve même des logiciels dédiés à cela sur le net.

A mon humble avis, la meilleure méthode est celle de Gordon Jenkins (très grand préparateur anglais de 2 temps) car en plus des calculs elle est aussi basée sur son expérience et de nombreux tests au banc, vous pouvez la trouver ici pour ceux que ça intéresserait http://edj.net/2stroke/jennings/do_you_really.pdf .

😊 Pour ma part, je me suis amusé à calculer le volume idéal d'un pot de DTR en reprenant la méthode de Gordon Jenkins (très bien détaillée dans l'excellent livre qu'est "la préparation des moteurs 2 temps"), et voici ce que ça donne:

1-calcul de la longueur totale

Elle est donnée par la formule $L = (\text{durée angulaire de phase} \times 520) / (\text{régime de rotation} \times 12)$

520 correspond à la vitesse moyenne des gaz d'un 2 temps (en mètres/seconde)

Un DTR est au maximum de sa puissance à 9500 tours/mn avec une durée angulaire de phase de 196°

Donc $L = (196 \times 520) / (9500 \times 12) = 0.894 \text{ m}$

On va donc dire aux environs de **89.5 cm**, voire 90 si le moteur est légèrement préparé.

2-collecteur d'échappement

La longueur du collecteur doit faire de 6 à 12 fois le diamètre de la sortie d'échappement selon ce que l'on recherche, c'est à dire de 6 à 8 fois pour une machine de vitesse et de 10 à 12 fois pour une machine avec une plage de régime plus étendue (type cross, enduro, ou supermotard)

On va donc appliquer un facteur 10 correct pour tous les régimes, le diamètre de sortie d'échappement étant de 32mm on obtient donc une longueur idéale de **32 cm**.

Le diamètre final du collecteur doit avoir une section supérieure de 10 à 15% de celui de la sortie d'échappement (10% moteur typé sport et 15% pour tous les régimes).

On applique un coefficient de 15% correct pour tous les régimes, et on a donc un diamètre de fin de collecteur de **36,8 mm**

3-cône de détente

Jusqu'à 250 cm³ la "demi-pente" idéale est de 6° (6 à 8: machines de vitesse, 4 à 6: machines de cross).

Le diamètre final du cône doit avoir une surface 6.7 fois supérieure au diamètre initial (calculé au dessus à 4,8 cm)

On a donc: $4.8 \text{ au carré} \times \pi \times 1/4 = 18.095 \text{ cm}^2$ de surface initiale, donc au final $18.095 \times 6.7 = 121.23 \text{ cm}^2$ pour la surface du diamètre final.

Le diamètre final du cône fait donc racine carrée de $(121.23 \times 4 / \pi) = \mathbf{12.42 \text{ cm}}$

Avec la pente de 6° (prise du point 0 c'est à dire en sortie d'échappement) on obtient une longueur de 72.5cm, soit une longueur de cône de détente de $72.5 - 32 = \mathbf{40.5 \text{ cm}}$

4-contre-cône

Sa longueur est définie par la longueur totale de pot qui donne son point milieu, et par sa demi-pente qui en théorie ne doit pas être supérieure à 18° pour ne pas trop freiner l'onde de retour à l'échappement (au dessus de cette valeur on a un effet "limiteur de régime"), la valeur idéale étant de 10 à 12°.

On sait que la longueur de notre pot idéal est de 89.5 cm, la longueur collecteur + cône de détente fait 72.5 cm, donc le point médian du contre-cône sera à: $89.5 - 72.5 = 17 \text{ cm}$ de la fin du cône.

La longueur totale du contre cône sera donc de $17 \times 2 = \mathbf{34 \text{ cm}}$

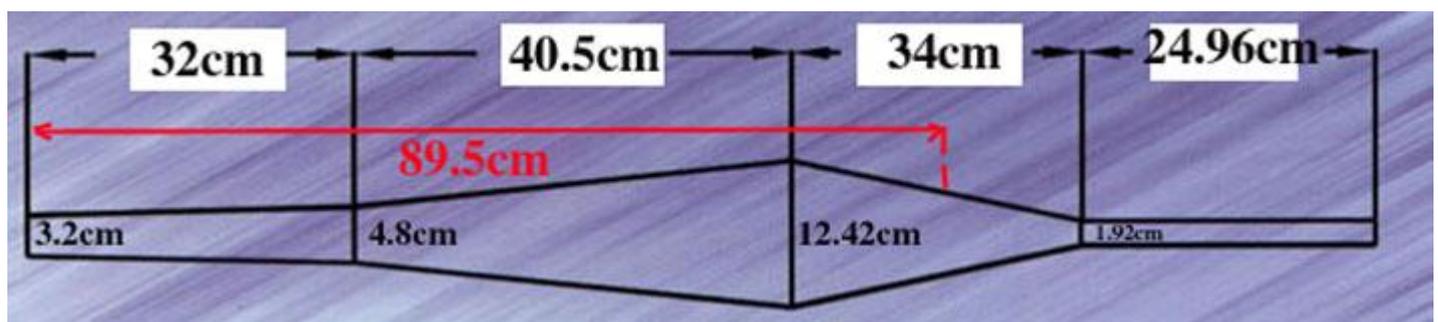
Et l'angle fera 10.17°, ce qui est dans la norme.

5-tube de fuite

Son diamètre doit être compris entre 58 à 62% du diamètre de la sortie d'échappement, et sa longueur doit faire de 12 à 13 fois cette valeur.

diamètre 60% de 3.2 = **1.92cm**

Longueur de $12 \times 1.92 = 23 \text{ cm}$ à $13 \times 1.92 = 24.96 \text{ cm}$, donc longueur du tube de fuite comprise de **23 à 24.96 cm**



⚠ Lire 36,8 au lieu de 48 sur le schéma !!

😄 En comparant les cotes obtenues avec celles de ma ligne d'échappement DEP, je me suis aperçu qu'elles étaient assez proches mais pas tout à fait identiques, ce qui semble normal car le DEP est accordé pour les hauts et fin des mi-régimes (plage d'utilisation optimale de 7500 à 11500 tours)

2) Recensement des pots adaptables pour DTR

En préambule, il est utile de rappeler que les pots adaptables pour DTR jusqu'à 2003 se montent sans aucune modification sur les TDR lightburner, et s'adaptent très bien sur les DTX/RE à partir de 2004 (seule une patte de fixation sous le cadre au niveau du réservoir est différente, mais elle n'empêche ni le montage ni le bon fonctionnement). Par contre les pots de TDR (modèle à cadre deltabox de 1993 à 2003) sont totalement différents.

De même, il est utile de rappeler que certains pots présentent une homologation, cependant ceci est trompeur car il s'agit d'une homologation CE (normes de construction européennes), et qu'aux yeux de la loi "tout système d'échappement visant à changer les caractéristiques du moteur (bruit, puissance, système anti pollution) est interdit et passible d'amende" !!!

➡ Les pots "vedettes" pour DTR (et donc pour DTX/RE, et TDR lightburner):

1) Le DEP:

C'est un pot chromé, typé hauts et fin de mi-régimes. Il est possible de toucher les 11500 tours avec ce pot, ceux qui n'y arrivent pas ont forcément un problème de réglage ou un moteur fatigué!!!

- Avantages: look, résistance à la corrosion, finition, bruit, gain ++ dans les tours.
- Inconvénients: prix, perte de couple, disponibilité relative.

On peut le trouver ici http://www.shogunmoto.com/motocross-sup...d_154.html mais il n'est pas toujours disponible, ou sur ebay <http://stores.ebay.fr/ADRENALIN-Scooter...ance-Parts> (rechercher DEP) ou la disponibilité est au rendez vous, et ici <http://www.dirtbikestore.com/> (mais les délais semblent exagérément longs: minimum un bon mois...)



2) Le GIANNELLI:

C'est un pot verni, donc sensible à la corrosion, il apporte un plus à tous les régimes mais demeure en dessous du DEP à haut régime, il a surtout le meilleur rapport qualité/prix de tous les pots.

Une version chromée existe, mais est assez dure à se procurer et son prix est alors supérieur au DEP !!!

- Avantages: agréable à tous régimes, bruit, prix, son
- Inconvénients: très sensible à la corrosion, look vieillot pour les DTR jusqu'à 2003.

On peut le trouver ici [http://www.scootmotoshop.com/categories ... a-869.html](http://www.scootmotoshop.com/categories...a-869.html) , et surtout sur ebay à des prix sympas et avec une dispo immédiate <http://stores.ebay.fr/ZS-Zweiradteile> (rechercher dt)



3) Le RINO, le SPES, et le DOMA:

Je les classe ensemble car il s'agit du même échappement, seul SPES propose des qualités de finition différentes, mais les prix s'en ressentent.

Ces pots sont vernis, donc rouillent vite, SPES propose cependant une finition chromée mais très cher, ils sont conçus à l'origine pour l'enduro et le tout terrain, ils sont donc orientés bas et mi-régimes et n'apportent pas grand chose de plus que l'origine à haut régime.

Le DOMA est cher et peu disponible.

- Avantages: look sympa, bruit, sensations à bas régime, idéal en tout terrain, finition du SPES chromé.
- Inconvénients: prix (surtout pour le SPES), finition et corrosion des modèles vernis, peu de changement à haut régime.

On les trouve ici [http://www.shogunmoto.com/motocross-sup ... 18534.html](http://www.shogunmoto.com/motocross-sup...18534.html) , et ici [http://www.blue-oil-france.com/advanced ... a4&x=0&y=0](http://www.blue-oil-france.com/advanced...a4&x=0&y=0)



4) L'ATHENA:

C'est un pot créé à la base pour fonctionner avec les kits 125 et 170 de la même marque, il semble donc typé haut régime, cependant il est assez rare, et semble un peu léger en finition d'après ses utilisateurs, mais il a un prix très raisonnables et un look sympa. Il existe en finition chromée, mais bien sur nettement plus cher...

- Avantages: look, prix (même la version chromée est raisonnable), son, finition pour la version chromée.
- Inconvénients: finition aléatoire (mais rien de dramatique), parfois dur à trouver.

On peut le trouver ici http://stores.ebay.fr/ZS-Zweiradteile_W...idZ2QQtZkm (rechercher dt athena)



ZS Zweiradteile

5) Le NINJA:

J'ai un énorme parti pris sur ce pot que j'ai testé, et malgré x réglages qui n'apportait rien du tout (voire même parfois moins que l'origine). Il semble cependant que les nouvelles versions marchent un peu mieux, quoique l'intérieur du pot et du silencieux semble "tomber en morceaux" au bout d'un certain temps. Donc mon avis est à prendre à la légère....

- Avantages: look de la nouvelle cartouche, son, se trouve un peu partout
- Inconvénients: tout le reste...

On peut le trouver ici par exemple <http://www.scootmotoshop.com/categories ... a-869.html>



➡ Les autres pots:

Il existe d'autres fabricant qui sont (ou ont fait des pots pour DTR):

- NEXONE/BIG ONE: en réalité c'est FRESCO qui fabrique ces pots, ils ont tendance à disparaître du marché et ne sont plus commercialisés (sauf vieux stock...)
- TURBOKIT: pot pratiquement disparu, n'a jamais réussi à percer malgré une finition chromée et un prix pas trop élevé.
- CRD: introuvable en France, mais très facilement au Portugal...
- NIKKON: artisan anglais qui fait de superbes réalisations sur mesure avec un look ravageur et des perfs au rendez-vous, à voir sur leur site si vous êtes intéressé <http://www.nikonexhausts.co.uk/twostroke.htm>
- Cas des pots portugais: il existe au Portugal les pots Firebox et Macra, après renseignements, il s'avère que Firebox est une copie de l'Athéna et que Macra est une copie du Giannelli !!!
Point intéressant ces 2 pots sont chromés.

☺ Cette liste est bien sur non exhaustive, mais recense ce qu'il y a de plus intéressant !!!
Vous remarquerez peut être que je n'ai pas parlé d'ARROW, c'est normal car ces pots sont faits par GIANNELLI, et à part un look un peu différent et un prix plus élevé ils n'apportent rien de plus... Il existe cependant une version chromée de l'arrow qui sera forcément bien plus résistante à la corrosion, mais le prix s'en ressent.

Et voici un lien Allemand où l'on trouve pas mal de choses en pots de 125 [http://www.bike-equipment.net/03_bikete ... _125er.htm](http://www.bike-equipment.net/03_bikete..._125er.htm)

3) Recensement des pots adaptables pour TDR:

☺ Le choix est beaucoup plus limité pour les TDR et se limite à GIANNELLI/ARROW, RINO/SPES, et NINJA ...

☺ Le meilleur des pots est apparemment le GIANNELLI/ARROW, mais il n'existe pas de version chromée, on le trouve ici [http://www.scootmotoshop.com/categories ... a-869.html](http://www.scootmotoshop.com/categories...a-869.html) et parfois sur ebay mais souvent plus cher que les versions DTR.



☺ Le RINO/SPES est différent du modèle pour DTR et est donc moins typé bas et mi-régime, et de ce fait procure un résultat correct à haut régime. Mais il n'existe pas non plus de version chromée...
ON peut le trouver ici [http://www.shogunmoto.com/motocross-sup ... 18534.html](http://www.shogunmoto.com/motocross-sup...18534.html) et ici [http://www.blue-oil-france.com/advanced ... dr&x=0&y=0](http://www.blue-oil-france.com/advanced...dr&x=0&y=0)



➡ Le NINJA ne présente absolument aucun intérêt sur les TDR car il s'agit d'une variante des anciens modèles de pot pour les DTR!!!

Sachez quand même qu'on peut le trouver ici <http://www.scootmotoshop.com/categories...ha-869.htm>

😊 Et toujours ce lien, à mon avis de référence, pour les différents pots http://www.bike-equipment.net/03_bikete..._125er.htm

Les silencieux

1) Principe:

Comme son nom l'indique un silencieux à pour but de réduire à un niveau raisonnable le bruit de l'échappement.

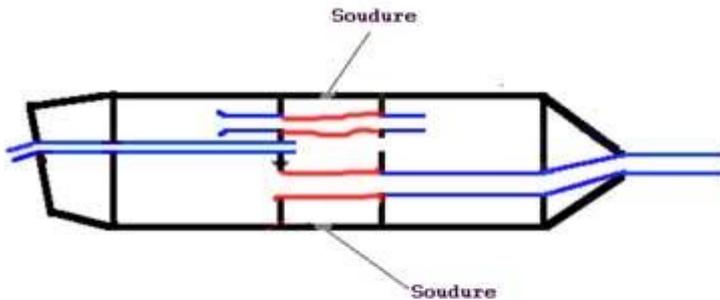
Il en existe 2 types: à chicane et à absorption.

➔ Les silencieux à chicanes:

Ils réduisent le bruit en agissant sur la vitesse de sortie des gaz d'échappement, et pour cela sont constitués de petits tubes soudés "tête bêche" à l'intérieur du corps du silencieux appelés chicanes.

Ces chicanes forment un réseau en forme de Z ou de S, et cassent littéralement la vitesse de propagation des gaz, et de ce fait diminuent le bruit.

Voici ce que ça donne sur nos silencieux:

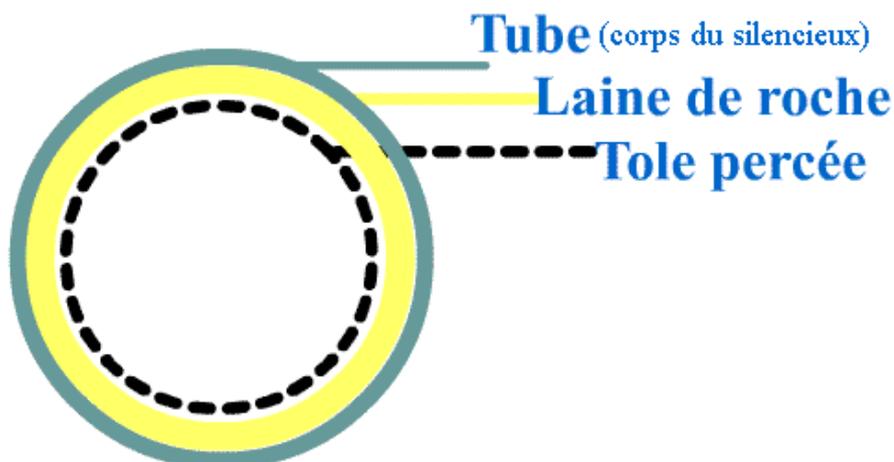


➔ Les silencieux à absorption:

Ils réduisent le bruit grâce à un tube perforé (appelé tube mitrailleuse) entouré de laine de roche, le tout étant dans le corps du silencieux.

Une bonne partie des gaz en passant par les trous du tube mitrailleuse sont absorbés par la laine de roche qui sert donc d'isolant phonique. L'avantage est que la vitesse de sortie des gaz n'est pas autant réduite que dans un silencieux à chicanes.

Sur une image en coupe, voici ce que l'on peut voir:



2) Particularités techniques:

☺ Il serait trop simpliste de croire que la simple pose d'un silencieux adaptable à absorption va augmenter les performances moteurs!!!

C'est malheureusement ne idée répandue dans le monde des 50, ...et même parfois chez de pseudos professionnels...

Et au delà de l'obligatoire réglage de carburation engendré par la pose d'un tel silencieux, il existe d'autres contraintes.

☺ En effet, 3 éléments sont à prendre en compte sur un silencieux adaptables: le diamètre des tubes, la longueur des tubes (et donc la longueur totale du silencieux), et la quantité de laine de roche.

👉 Le diamètre des tubes:

Un silencieux est constitué d'un tube raccord qui unit le tube de fuite du pot au corps du silencieux, et d'un tube mitrailleuse (à l'intérieur du corps du silencieux).

- le tube raccord agit exactement comme le tube de fuite du pot (voir le tableau ici

<http://yam2stroke.monforum.com/les-pots ... 07861.html>) ce qui veut dire que:

Si son diamètre est petit, l'onde de pression du contre cône s'en trouve de meilleure qualité, entraînant une possibilité de plus hauts régimes mais au détriment d'une chauffe moteur plus élevée (et donc de risque de serrage).

Si son diamètre est élevé il se produit donc le phénomène inverse, donc moins de hauts régimes mais moins de chauffe.

- le tube mitrailleuse doit avoir un diamètre légèrement supérieur à celui du tube raccord, de manière à limiter les risques de surchauffe moteur et d'assurer une décompression correcte des gaz.

👉 La longueur des tubes:

- le tube raccord doit avoir une longueur la mieux adaptée possible selon l'accord du pot recherché, généralement il est légèrement plus long que le tube de fuite et du diamètre immédiatement supérieur.

-le tube de fuite peut avoir une longueur différente (ce qui fait que la longueur du corps du silencieux aussi) selon le caractère moteur recherché, et de ce fait changer un peu les caractéristiques du pot.

Un tube de fuite long (donc silencieux long) favorisera le couple et le début des mi régimes, car il décompressera doucement les gaz: c'est le cas des silencieux enduro.

Un tube de fuite court (silencieux court), favorisera la reprise et et l'accélération jusqu'à très haut régime: c'est le cas des silencieux de supercross.

👉 La quantité de laine de roche:

On oublie très facilement qu'elle peut jouer un grand rôle sur la qualité de l'échappement.

Trop de laine de roche empêchera une bonne absorption des gaz, ceux ci seront donc moins décomprimés qu'ils devraient (sans parler du bruit supérieur).

Pas assez de laine de roche provoquera forcément l'effet inverse.

☺ Il n'existe malheureusement aucune formule pour calculer le diamètre et la longueur idéale des tubes du silencieux....

Il est à noter aussi que la forme et le volume du corps du silencieux n'ont aucune incidence sur son fonctionnement, un gros corps de silencieux permettra juste d'atténuer un peu plus le bruit du fait qu'il pourra contenir plus de laine de roche.

3) les différents silencieux adaptables:

👉 Tous les fabricants de pots (pour simple raison commerciale) font en sorte que leur silencieux prévus pour leur lignes d'échappements puissent se monter sans modification sur le pot d'origine de nos machines.

Seul GIANELLI ne joue pas le jeu pour les DTR d'avant 2004, ce qui n'est peut être pas un mal...

Le problème est que ces silencieux ont été conçus pour le pot qui va avec, et donc, malgré leur dénomination,

ils ne sont pas adaptés aux caractéristiques de l'échappement d'origine !!!

C'est pour cela qu'il n'y a jamais de gain de performances malgré un réglage carbu correct...

Les seuls qui ont pu constater de meilleures perfs sont ceux qui étaient réglés trop riche à l'origine, ...et c'est tout!!

➡MIG a été (malheureusement ça n'existe plus) le seul à développer des silencieux conçus pour le pot d'origine de nos motos, et c'est ce qui explique en partie leur très bonne revente en occasion et donc qu'il soit très recherchés (sans compter la très bonne qualité de fabrication)



➡Rafal (racheté depuis par CRD) a commercialisé un silencieux adaptable, mais pour tous types de 125.



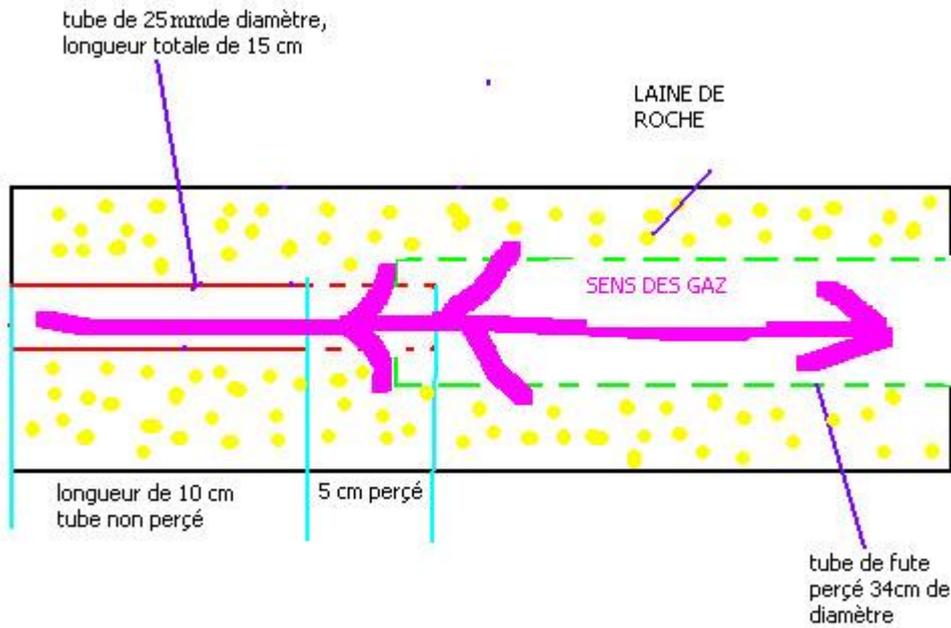
Le problème est qu'il ne donnait pas grand chose sur nos motos. Patator, qui connaît parfaitement le rôle d'un silencieux l'a alors adapté de cette façon:

Patator a écrit: Salut à tous 😊, comme pas mal d'entre nous, j'ai été déçu par le silencieux "Rafal": bonne sonorité, un peu plus de "punch" mais un régime max de 10500t/mn à vide et 9500t à fond de 6 en 17*57 😞 Malgré de nombreuses séances d'essais, de modification de la carburation dans les deux sens, IMPOSSIBLE de retrouver les perfs de l'origine modifié "type Yor" (+ 12000t à vide, 10500 t à fond(?..)) de 6 sur plat.. 😞. Cela fait un moment que je cogite une modification étant donné l'investissement et, je l'avoue, la sonorité agréable et plus discrète. Alors, séances intensives de métrologie: je compare les côtes qui n'ont rien à voir et en déduit que: 1) le diamètre du tube interne du Rafal est bcp trop gros (34 mm contre 25-26 pour l'origine) 2) la longueur totale du Rafal est supérieure de 4 cm 3) dans la conception de mon silencieux d'origine, les gaz sont en fait "décompressés" après 45 cm de parcours dans le tube de fuite contre 35cm dans le Rafal

En conclusion, j'ai donc coupé le tube mitrailleuse du Rafal de 13 cm que j'ai remplacé par un tube de 15 cm de long et de 25 mm de diamètre. Les 5 cms distaux du tubes sont percés comme sur les absorptions, les 10 premiers cms étant fermés. Ainsi, le tube s'emmanche de 2 cm dans le tube mitrailleuse surdimensionné et j'ai donc bien une longueur totale de 45cm avant décompression des gaz dans le tube de 34 cm (Cf schémas ci joint..).

Le résultat est à la hauteur de mes espérances: conservation de la sonorité grave et rauque, un petit plus en

"couple" mais surtout, AUCUNE PERTE EN REGIME MAX!.. 😊😊@+ 😊



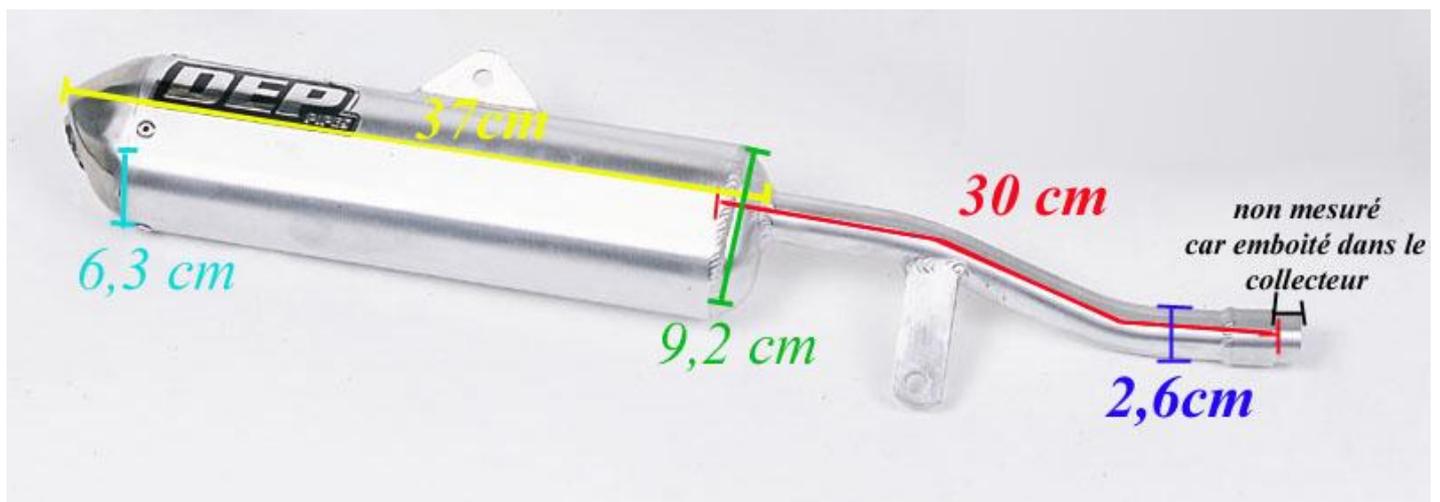
La décompression est totale au bout de 42cm de trajet, pour arriver au même résultat il faut donc un tube de $42 - X$ (X = longueur du tube raccord) = Y cm (Y =valeur calculée)

C'est comme ceci qu'à calculé patator, ce qui fait qu'il faut couper le tube mitrailleuse de Y cm, puis mettre un tube de 25mm de diamètre et de 15 de long dans le silencieux: les 2 derniers cm étant percés. On obtient donc un nouveau tube "emmanché" de 2,5cm dans le reste du tube mitrailleuse d'origine.

👉 Mon expérience personnelle:

De tous les silencieux que j'ai pu tester (DEP, RAFAL, RINO, et NINJA) sur le pot d'origine, le seul qui ne m'ai pas fait perdre de perfs le DEP.

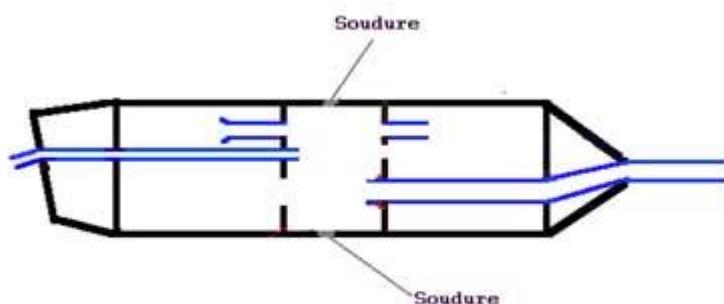
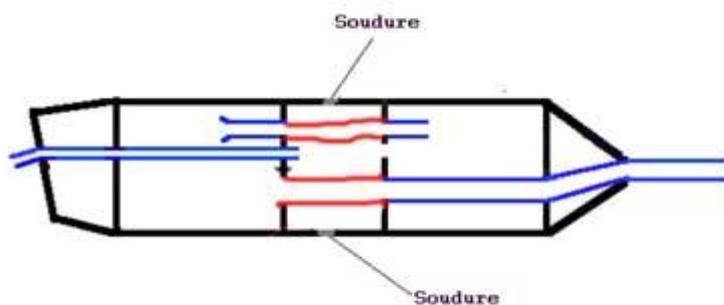
Je mets donc ici ses cotes pour ceux qui seraient intéressés.



Je pense d'ailleurs qu'il serait sûrement intéressant d'essayer le même silencieux mais avec un tube de 24mm (donc 22 en interne).

4) Modification du silencieux d'origine:

☛ Yor avait travaillé dans la même direction que Patator pour modifier son RAFAL, mais il s'est aussi intéressé au silencieux d'origine à chicanes. Il l'a ouvert, et à modifié le passage des chicanes de façon à ne pas trop décompresser les gaz il a fait comme ceci (avant/après):



Le résultat est très satisfaisant avec pas mal de tours de gagnés, mais c'est au détriment d'un bruit fortement augmenté.

😊 Donc, après avoir lu ce long post, j'espère que vous aurez compris l'importance des éléments constituant un silencieux, et qu'il est possible pour un bon bricoleur d'obtenir un résultat convenable même à partir d'un silencieux qui ne donne pas de bons résultats.

De même, il est donc possible de modifier l'accord d'un pot adaptable en bricolant son silencieux !!!