

L'échappement

Se référer au bas de la page pour les références utiles.

La grande quantité et diversité d'accessoires disponibles pour nos chères Minis souligne le fait qu'une très grande partie d'entre elles est modifiée d'une façon ou d'une autre. Ces accessoires sont destinés à les personnaliser esthétiquement ou à augmenter leurs performances. Dans le deuxième cas, soit plus de puissance, soit plus d'économie est recherché. Les deux à la fois sont désirés par beaucoup. Si ça pouvait améliorer le look en même temps, ça serait encore mieux. Malheureusement, rares sont les composants qui peuvent réaliser ça sans être associés à d'autres. L'échappement en fait cependant partie.

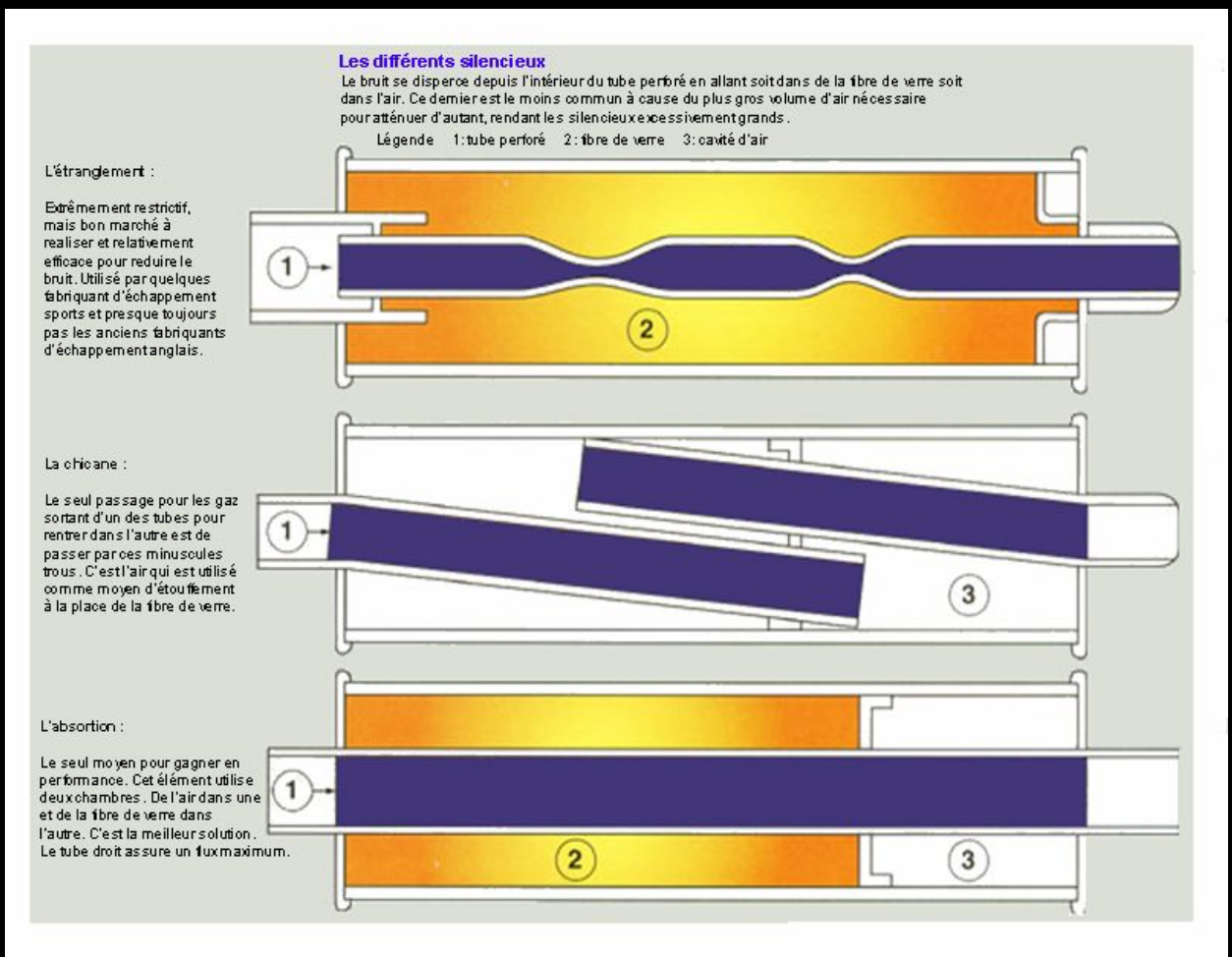
Bien que la capacité et l'efficacité dépendent d'un système bien assorti depuis la soupape d'échappement de la culasse jusqu'à la sortie d'échappement, le point de vue commun est qu'il y a deux pièces distinctes : le collecteur et la ligne. Elles ne sont pas si indépendantes que les vendeurs les présentent. Les gens achètent soit l'un, soit l'autre, bien que le plus souvent les deux, en fonction des conseils et/ou de leur budget. Contrairement à ce que les gens pensent, la ligne a en réalité plus d'influence sur les performances et la consommation que le collecteur. Généralement, elle produit même plus de puissance que le collecteur par rapport au coût engendré. Elle est également beaucoup plus facile à monter que le collecteur et est la première pièce à pourrir et à avoir besoin d'être changée. Par conséquent, comprendre comment fonctionne l'échappement vous aidera à prendre une décision quand vous devrez faire votre choix.

La théorie de l'échappement

Ne vous en faites pas, je ne vais pas vous prendre la tête avec la théorie des gaz d'échappement; enfin pas encore. A part ça, notre chère petite Mini avec sa petite culasse à 5 ports ne marche pas si mal que ça, mais n'est pas dotée de la culasse idéale à un port par cylindre comme la majorité des voitures communes et ennuyeuses. Cependant, une petite connaissance de ce qui est important vous aidera à faire vos choix.

Commençons par un coup d'œil rapide sur les fonctions de base du moteur de votre Mini. En fin de compte, le produit final est de l'énergie pour faire avancer votre Mini. Le moteur a 4 temps : l'admission (le piston descend et aspire le mélange air/essence); la compression (le piston remonte et comprime le mélange); la combustion (le mélange brûle et pousse le piston vers le bas, c'est le temps de puissance); et l'échappement (le piston remonte et expulse les gaz brûlés). Malheureusement, seul le temps de combustion produit de la puissance, les autres la consomment. Plus ils en consomment et moins il en reste pour propulser votre Mini sur la route. Le but principal dans la modification, la préparation d'un moteur pour améliorer la puissance et le rendement, est de réduire l'énergie consommée lors de ces 3 temps "gaspillés"(engendrant des pertes).

Ici, nous sommes seulement intéressés par le temps d'échappement. Pour commencer, il consomme de la puissance car il doit matériellement pousser les gaz à l'extérieur. Pour minimiser cet effort, le système d'échappement doit être aussi libre que possible. Les échappements d'origine, et malheureusement un certain nombre de ceux appelés "pot sport", provoquent des pertes de puissance excessives à cause de leur forme. Leur caractère restrictif engendre une "contre-pression". La contre-pression est le résultat d'un échappement qui ne laisse pas bien circuler le flux de gaz. Pour compliquer le problème, la contre-pression ne reste pas constante. Plus le débit de gaz est grand et plus la contre-pression devient importante. En fait, elle augmente proportionnellement à quelque chose comme le carré du débit des gaz d'échappement. Par conséquent, plus le moteur est gros, développe de puissance et plus la contre-pression devient grande, et donc consomme de puissance.



Jetez un oeil aux schéma ci-dessus pour voir pourquoi. Pas besoin d'une longue analyse pour comprendre pourquoi la majorité des spécialistes Mini proposent des échappements droits (directs). Et apparemment, plus il est gros est mieux c'est, garantissant une restriction minimum et un flux très libre. Un grand nombre de vendeurs peu judicieux le croient, présentant des échappements avec la taille d'une gouttière comme étant le dernier cri des échappements en matière de performances. Mais ils ont tort. Il y a deux caractéristiques plus importantes dans le comportement des gaz d'échappement qui doivent être considérés : la vitesse et le son.

Les caprices de la vitesse

Pendant le temps d'échappement, le piston expulse les gaz à travers la soupape, commençant la "chaîne" des gaz chauds. Cette chaîne doit conserver une vitesse suffisante pour assurer l'extraction d'un maximum de mélange brûlé et donc ne pas diluer le mélange d'admission air/essence. La majorité des gens supposent que l'échappement ne se déplace que dans une seule direction, du pot vers l'atmosphère. Toute fois, lorsque l'accélérateur est faiblement ouvert, (faible tr/min ou vitesse de croisière lente), cela ralentit et inverse l'écoulement.

Comme le piston s'approche du point mort haut, la soupape d'admission a commencé à s'ouvrir, laissant la soupape d'admission et celle d'échappement ouverte temporairement ensemble. C'est ce qu'on appelle le « balancement » des soupapes. Cette période peut fortement réduire la puissance et le couple si les gaz expulsés contaminent le mélange air/essence d'admission. Plus l'arbre à came est pointu, plus le balancement sera long et donc plus la dilution pourra avoir lieu.

Comment la taille de la ligne d'échappement influence la vitesse ? Un gros tuyaux permet aux gaz de se détendre (chute de pression), ce qui les ralentit. Plus tôt les gaz rencontreront un plus gros diamètre, et plus tôt ils ralentiront et changeront de sens. Cela accentue les problèmes de ralentit, rendant le ralentit des arbres à cames pointus encore plus instables. Utiliser une ligne avec un diamètre correctement dimensionné conserve, si ce n'est augmente, la vitesse des gaz qui seront donc plus long à ralentir et ne s'inverseront qu'à la fin du temps d'échappement. Un des plus grands avantages est que la puissance des AAC pointus arrivera plus tôt et le moteur tournera plus rond à bas régime.

Son ou musique ?

Il y a deux parties dans ce paragraphe : le "son" comme bruit et le "son" comme une onde. Tout d'abord, débarrassons nous du plus simple à expliquer : plus le tuyau sera gros, plus l'échappement sera bruyant et plus il sera difficile à atténuer. Il y a plus à faire dans la deuxième partie : les ondes sonores. Comme la soupape d'admission s'ouvre vers la fin du temps de combustion, une balle de gaz brûlés à haute pression est éjectée, envoyant une onde de compression (une onde sonore très grave appelée communément "onde de choc") qui dévale le tube. Elle se déplace à quelque chose comme 400 à 450 mètres par seconde, nettement au dessus de la vitesse normale du son (330m/s) à cause de la haute température. Cette onde éclate à la sortie du tube, créant une détonation.

Ce phénomène cache en fait une onde de dépression qui remonte le tube jusqu'à la soupape d'échappement. Non, sérieusement, ça se passe comme ça ! Si cette onde revient à la soupape d'échappement alors qu'elle est toujours ouverte, dans la période de balancement, elle aide à aspirer les gaz d'échappement résiduels. Même mieux, elle peut aussi réduire la pression à l'intérieur de la chambre en dessous de la pression atmosphérique. Cela aura pour effet de commencer l'aspiration du mélange avant même que le piston ne commence à descendre lors du temps d'admission. Une sorte de « Suralimentation » du moteur en augmentant la capacité volumétrique (quantité totale de mélange air/essence aspiré). Plus il y a de mélange aspiré et plus il y a de puissance restituée. Ces « ondes de choc » créent aussi le tintement, le bruit sourd que fait le tube.

Comment la taille influe sur le son ? Comme mentionné plus tôt, plus le diamètre est gros et plus le bruit est difficile à atténuer. C'est plus un problème de place qu'autre chose. Plus le tuyaux est gros et proportionnellement plus le silencieux doit grossir pour faire face. Pour un tube excessivement gros, il n'y a simplement pas assez de place sous la voiture pour installer un silencieux correctement dimensionné. Par conséquent, un échappement vraiment gros produit un roulement de tambour horrible à bas régime ou au ralenti, et un véritable vacarme pied au plancher.

Le diamètre du tube n'a pas tellement d'effet direct sur les ondes de choc qui dépendent principalement de la température et de la pression. Leur vitesse est presque constante. Modifier les ondes de choc est par conséquent obtenu en changeant la longueur totale de la ligne d'échappement. C'est pourquoi dans certaines circonstances, une ligne qui va tout droit sous le milieu de la voiture donne des performances différentes de celles d'une qui sort en position classique; la première étant plus courte que la deuxième. Malheureusement, cela donne rarement de meilleurs performances. Cela ayant été dit, les ondes de choc ont réellement un effet seulement sur une plage de régime très étroite, vers 3-4000 tr/min. Les optimisations de longueur pour augmenter les performances sont principalement effectuées sur le collecteur; pour plus d'informations, voir « Exhausts - Manifolds, use ». Cependant, une étude soignée de la forme du système d'échappement est généralement du meilleur effet. On approfondira le sujet plus tard. Pour le moment, les lignes d'échappement existent en générale en une ou deux longueurs comme mentionné ci-dessus.

Petit ou gros ?

Nous pouvons appliqué nos connaissances, nouvellement acquises, sur le comportement des gaz pour choisir un système d'échappement adapté. Malgré la surabondance des lignes disponibles, les plus fiables du point de vue du gain de performance sont celles qui existent depuis déjà un certain temps. Principalement parce que la plupart des lignes récentes sont soit des copies (généralement mauvaises) ou purement conçues pour l'esthétisme (énorme diamètre et sorties multiples). Les anciens fabricants d'échappement ont établi les tailles, formes et longueurs idéales depuis aussi longtemps que la mini existe. Poussés par le nombre de courses et de rallyes populaires, ils les ont améliorés. Par conséquent, ils sont arrivés à sélectionner uniquement quelques systèmes très efficaces.

Concernant la taille, un tube de 1.625" (41.2mm) est plus que suffisant pour pratiquement n'importe quel moteur à usage routier. Depuis 850cc jusqu'à plus de 1400cc, lorsque la puissance ne dépasse pas les 125cv. Même à ce moment là, installer un tube plus gros, 1.75" (44.5mm) ou 1.875" (47.6mm), n'apportera qu'un faible gain de puissance à très haut régime. D'accord sur un moteur de course qui est à fond tout le temps, mais sur une voiture de route, les bénéfices sur l'augmentation de la vitesse des gaz engendrent une sortie de puissance plus pointue, plus tardive, et cela pèse bien lourd comparé au léger gain de puissance. Inversement, installer une ligne de 2" (50.8mm) sur un moteur de petite cylindrée (sur base de 850/998/1098) va en réalité faire perdre de la puissance à cause de son débit de gaz d'échappement relativement faible. La large augmentation de diamètre ralentit les gaz trop tôt, entraînant l'effet inverse de celui décrit plus haut. Utiliser une taille de 1.5" (38.1mm) à la place du classique 1.625" peut apporter un léger gain sur les moteurs de petites cylindrées. Mais j'insiste sur le fait qu'il est très faible. La taille peu commune du tube se reflète dans le prix. Concernant le choix entre les 2 longueurs généralement disponibles, le style le plus long à sortie latérale donne presque toujours le meilleur résultat.

Le silence des agneaux

En regardant de nouveau le schéma fourni, vous pourrez voir les 3 méthodes principales pour étouffer le bruit d'un échappement : l'étranglement, la chicane et l'absorption. Plus on va vers l'amélioration des performances et plus étranglement et chicane sont des mots prohibés. Ni l'une ni l'autre de ces méthodes ne produit d'amélioration des performances simplement parce que leur principe repose sur la restriction du flux d'échappement dans le système. La seule qui donne des performances optimales est l'absorption. Monter des silencieux utilisant cette méthode donne un style « direct d'un bout à l'autre » et maximise le flux d'échappement.

Beaucoup pensent que « direct » signifie « plus de bruit ». Ce n'est justement pas le cas alors achetez les, simplement parce qu'un système silencieux ne signifie pas qu'il est inefficace. Un système « droit, direct » proprement conçu avec des pots correctement dimensionnés donnera à la fois un flux maximum et un niveau de bruit civilisé. Inversement, le simple fait qu'un échappement soit bruyant ne signifie pas qu'il soit efficace. C'est plus caractéristique de la taille que du type de silencieux. Prenez n'importe quel silencieux sur le marché, apparemment d'une taille correcte et qui fait un véritable vacarme. Les gens pensent que c'est un échappement « performant » alors qu'il utilise l'étranglement. Depuis les commentaires précédents, nous savons que plus gros est le diamètre et plus il est difficile d'étouffer son bruit convenablement.

Conclusion

Pour sélectionner et résumer les meilleurs passages de tout ce qui précède, le système d'échappement le plus efficace que vous puissiez monter sur votre Mini pour fournir la puissance optimale sera celui qui maximisera la vitesse des gaz, ajustera les ondes de choc et s'adaptera

comme il faut. Donc vous en voulez un qui a un diamètre de 1.625", suit le chemin de l'échappement d'origine pour avoir la bonne longueur, qui a un silencieux « droit » efficace (deux silencieux sont généralement nécessaires pour diminuer le bruit à un niveau raisonnable) et qui est bien foutu pour un montage facile. Une belle finition sera préférable pour le côté esthétique. Ça sera donc le RC40, ou plus récemment la gamme Millennium de chez Mini Spares.

Références utiles :

RC40 Le système d'échappement RC40 original à double pot

RC-40FK Kit de fixation pour au dessus, supports caoutchouc et pattes de fixation inclus

RC-50 RC40 en acier INOX, remplacé par les 3 articles suivants.

RC40-051 Silencieux arrière Millennium en acier INOX

RC40-060 Silencieux et tube intermédiaire Millenium en acier INOX pour un Cooper Freeflow

RC40-061 Silencieux et tube intermédiaire Millenium en acier INOX pour un LCB

Rq : Pour la gamme Millenium complète, se référer au catalogue.

Et voici l'article original.

Refer to bottom of article for useful part numbers.

The sheer volume and diversity of bolt on goodies available for our cherished Minis underlines the fact that a very large portion of them is modified in some way. Be it just dress up items to personalise it aesthetically, or tuning parts to improve performance. In the latter's case, either more power or more economy are sought - both being desired by many. Should it also enhance the looks at the same time, so much the better. Unfortunately not many components can achieve this without integrating with a number of others. The exhaust system, however, is one of the few.

Although the exhaust's efficiency and effectiveness is reliant on a well matched system from the exhaust valve in the cylinder head to the tail pipe, the majority view it as two separate pieces - the exhaust manifold, and the 'system'. Not entirely mis-placed, as this is how vendors present them - folk buying one or the other, though mostly both, dependent on guidance and or budget. Contrary to popular belief, the system actually has a greater effect on both power and economy than the manifold and generally produces more performance per pound spent. It's also far easier to fit than the manifold and first to rot and fall off. Consequently, getting to grips with what the exhaust system is all about will help in making a decision as to what to look out for when making a decision on which product to buy.

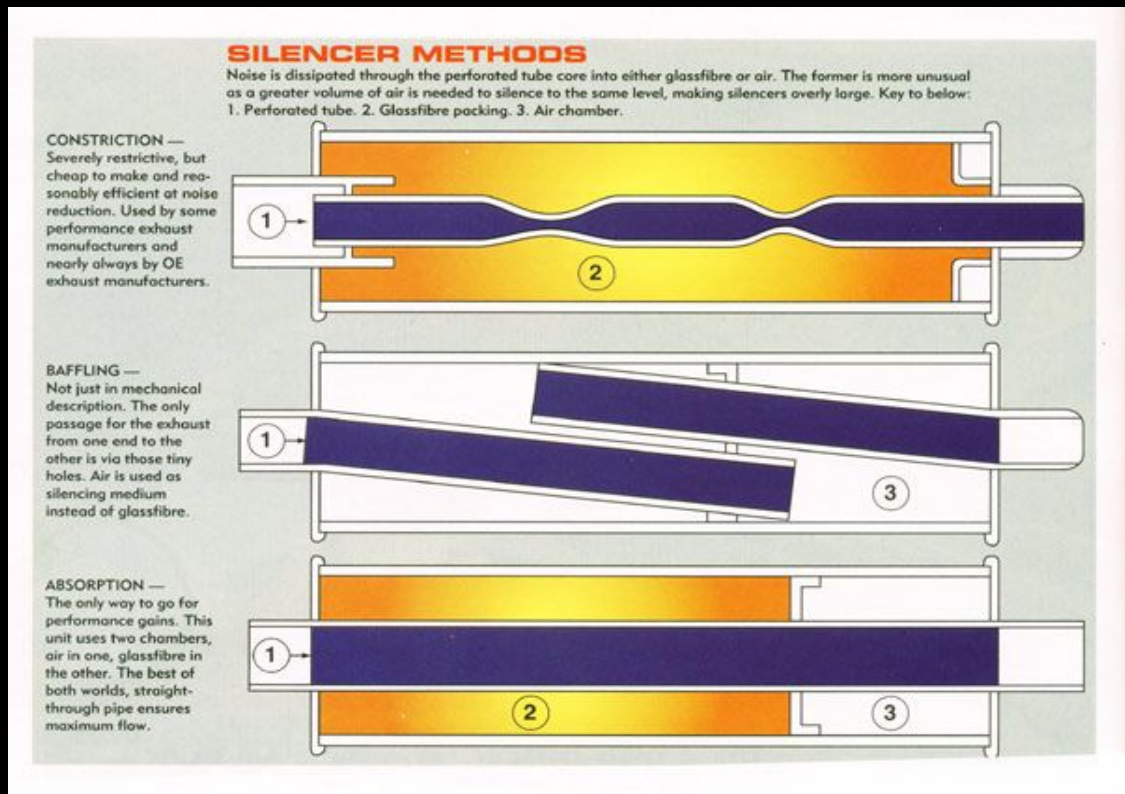
Mental Exhaustion

Don't worry, I'm not going to bend you're minds with exhaust gas science - not just yet anyway. Besides which, our dear little Mini with it's five-port head design pretty much runs amok through it all, not possessing the ideal one-port-per-cylinder like most other boring and normal cars! But a little understanding of what's important will help you in your selection dilemma.

Let's start with a quick and basic look at your Mini engine's basic functions. Ultimately the end product is energy to drive your Mini along. The engine is a four stroke - induction (piston takes in fuel/air mixture), compression (piston squeezes mixture), ignition (mixture burns - the power stroke), and exhaust (piston pushes burnt gases out). Unfortunately only the power stroke produces energy, the others consume it. The more they consume, the less there is to drive your Mini down the road. The main aim in modifying/tuning the engine to produce more power/economy is to reduce the energy consumed by the three 'wasted' strokes (pumping losses).

We're only interested in the exhaust stroke here. Initially it absorbs power by having to physically push the burnt gases out. To minimise this effort, the exhaust system needs to be as un-restrictive - 'free flowing' - as possible. Standard, and unfortunately a number of so called 'performance' exhausts, cause excessive power losses because of their designs - the restrictive nature causing 'back pressure'. Backpressure is the result of an exhaust with poor flow efficiency. To compound the problem, backpressure doesn't stay a constant. The higher the throughput of gas, the greater backpressure becomes. In fact it rises at something like the square of the engine's gas throughput. So the more power developed/the bigger the engine, the greater backpressure becomes, consequently sapping more and more power.

Take a look at the relevant diagram (right) to see why. The briefest of examinations will enlighten you as to why a straight through exhaust is offered by most Mini specialists. And seemingly the bigger the better - surely this would ensure minimum restriction and be totally free flowing? Many misguided vendors believe so, offering exhausts the size of drainpipes as the ultimate performance exhaust. But they're wrong. There are two more important features in exhaust gas behaviour that need to be considered - speed and sound.



Speed Freak

On the exhaust stroke the piston pushes the exhaust gases out past the opening exhaust valve, starting the 'slug' of hot gases on its way. The slug of exhaust gas needs to maintain sufficient speed to ensure as much of the burnt mixture is extracted as possible so as not to dilute the incoming fuel/air mixture. Most folk assume that the exhaust only travels in one direction - down the pipe and into atmosphere. However, at small throttle openings (low rpm/light cruising speed) it actually slows down and reverses flow.

As the piston nears and reaches top dead centre, the inlet valve has started to open leaving both inlet and exhaust valves momentarily open together - called the 'overlap' period. This period can greatly reduce power/torque if the out-going exhaust gases contaminate the in-coming fresh fuel/air mixture. The hotter the cam, the greater the overlap period, the more dilution can take place.

How does exhaust system size affect speed? Bigger diameter pipes allows the hot exhaust gases to expand, slowing them down. The earlier the exhaust gases encounter a bigger bore, the sooner they slow down and reverse flow. This accentuates the low rpm/light cruising speed problems, making hot cams run even more erratically. Using a system with correctly sized pipe diameters the exhaust gas speed is at least maintained, if not increased, therefore taking longer to slow down and reverse flow at the end of the exhaust stroke. One of the major benefits making 'hot' cams come in sooner, and run better at low speed.

Sound or music

There are two parts to this. 'Sound' as in noise, and 'sound' as in waves. Dispensing with the easiest to explain first, the bigger the pipe diameters, the more noise the exhaust will make, the harder it will be to silence. This has much to do with the next part, sound waves. As the exhaust valve opens towards the end of the power stroke, a slug of high-pressure exhaust gas is ejected, sending a positive pressure pulse wave (a very strong sound wave more commonly called a 'shock

wave') hurtling down the pipe. Traveling at something like 1300-1500 feet per second - substantially higher than the normal speed of sound due to high temperature - it pops out the pipe end, creating what's commonly called a 'reflection'.

This comes in the guise of a negative pressure pulse wave, and hurtles back up the pipe towards the exhaust valve. No, it really does! If this wave gets back to the exhaust valve whilst it's still open and in the over-lap period, it helps suck out residual exhaust gases. Even better, it can also reduce the combustion chamber pressure to below atmospheric pressure, actually starting the intake charge flowing before the piston starts moving back down the bore on it's induction stroke. Sort of 'super charging' the engine by increasing volumetric efficiency (total amount of induction charge sucked in). The more charge you get in, the more power you get out. These 'shock waves' also create the pinging, drumming, thudding noises produced by the pipe.

How does size affect sound? As mentioned earlier, the bigger the diameter the harder it is to silence; more of a space problem than anything else. The bigger diameter the pipe bore is, the proportionally bigger the silencer needs to be to cope. For excessively large pipe diameters there simply isn't the space under the car to fit a suitably sized silencer. Consequently using a really big-bore system produces horrendous drumming at low rpm/light throttle/cruising speeds, and a right din when the (literally) 'loud pedal' is floored.

Pipe diameter has less of a direct effect on shock waves as they're more dependent on temperature and pressure - so it's speed is pretty much a fixed quantity. 'Tuning' the shock waves is therefore done by altering the pipe's overall length - the reason why in some circumstances a pipe going straight down the middle of the car will give different results to one exiting in the more normal position - the former being shorter than the latter. Unfortunately it rarely gives more performance. Having said that, shock waves only really has an effect over a very narrow rpm range - around 3-400 rpm. Optimising lengths to maximise potential performance increases are mainly affected by the manifold - for more information see 'Exhausts - Manifolds, use'. However, careful development of the system shape can be used to good effect. More on this later. For now, exhaust systems are generally fixed in one of two lengths as mentioned above.

Little or Large?

We can now apply our newfound knowledge of exhaust gas behavior to selecting a suitable system. Despite the plethora of systems available, the most reliable from a performance increase point of view will be those that have been around for some time; largely because more recent systems are either copies (generally poor ones), or purely made for aesthetics (huge bores and multiple tail-pipes). The longer-standing exhaust systems manufacturers established long ago the optimum sizes, shapes, and lengths as far as exhausts for Minis go. Boosted by the sheer volume of folk racing, rallying, and tuning them. Consequently they've been distilled into a few very effective systems.

Size-wise, a bore diameter of 1.625" is more than ample for practically any road engine. Right from 850 up to 1400+, where power outputs don't exceed 125bhp or so. Even then, going to a bigger size - say 1.75" or 1.875" bore - will only gain a few extra horses right at the top end of the rev range - OK on a racer where the engine is flat-out all the time, but on a road car the benefits of increased gas speed and getting a hot cam pulling power in earlier far outweigh the slight hp gain. Conversely, fitting a 2" system to a small-bore engine (850/998/1098 based) will actually lose power because of it's relatively small through-put of exhaust - the huge bore increase prematurely slowing the exhaust gases, bringing about the unwanted effects outlined earlier. Using a 1.5" bore size instead of the more common 1.625" can have marginal gain on a small-bore engine. But I stress these are small. The uncommon pipe size being reflected in its price. Given the choice of the two different lengths generally available, the longer side-exit type almost always gives the best over-all results.

Silence of the Lambs

Looking at the supporting diagrams again, you can see the three main methods of silencing an exhaust - constriction, baffle, or absorption. As far as performance improvements go, constriction and baffling are dirty words! Neither of these produces performance improvements purely because they work to restrict the flow of exhaust through the system. The only one that gives optimum performance gains is absorption. Applying silencers using this method for silencing gives the 'straight through' appearance - and maximises exhaust flow.

Many believe that 'straight through' means 'more noise'. This just isn't the case, so let's get this straight - just because a system is quiet doesn't mean it's ineffective. A properly designed 'straight through' system with correctly proportioned silencer boxes will give both maximum flow and civilised noise levels. Conversely, just because a system is noisy doesn't mean it's efficient. This is more of a feature of its size than silencer type. The only silencers on the market of a seemingly correct size that make quite a row, and folk think they're a 'performance' exhaust, use the constriction method. From earlier comments, we know that the larger the bore, the more difficult it is to silence adequately.

Conclusion

Picking the juicy bits out of the fore going then, the most efficient exhaust system you can fit to our Mini to provide optimum performance (both power and economy) will be one that maximises gas speed, shock wave tuning, and fits well. So you want one that's got a 1.625" bore, follows the standard exhaust route to give best length, and has straight through, efficient silencing (two silencers usually needed to get noise down to a sane level), and is well made for an easy fit. A good finish will help in the aesthetic stakes too! That'll be the RC40 then, or more recently the Mini Spares Millennium range.

Useful part numbers:

RC40 Original twin-box RC40 exhaust system

RC-40FK Fitting kit for above, includes rubber mounts and hangers

RC-50 Stainless steel RC40 - replaced by next three items below

RC40-051 Stainless steel Millennium rear box

RC40-060 Stainless steel Millennium centre box and down pipe from Cooper Freeflow

RC40-061 Stainless steel Millennium centre box and down pipe from LCB

Note: For full Millennium range, refer to inventory.