



PREPARATION Moteur

Introduction

D'origine, un moteur 1340 Evolution développe à la roue arrière une puissance de 52 ch à 5200 t/mn et un couple maxi de 8,9 m/kg (70 ft/lbs) à 2900 t/mn (ces chiffres varient quelque peu en fonction du modèle, de l'année et des tolérances propres à chaque moteur). Il n'est nul besoin d'être un "pro" pour se rendre compte que le rendement du "big twin" est médiocre avec seulement 39 ch au litre (pour info, celui du moteur de la Ducati 916 est de 118 ch/l).

En fait ceci est lié à plusieurs raisons :

- La conception du moteur H-D est ancienne - sensiblement la même depuis 1936, c'est ce qui lui donne son charme-, et ce concept (bicylindre en V à 45°, longue course, culbuté, refroidi par air) bien que réalisé avec des matériaux et des méthodes modernes, n'est pas particulièrement favorable aux hautes performances.
- Cette architecture pose de plus en plus de problèmes au constructeur pour satisfaire aux normes draconiennes anti-pollution et anti-bruit. En effet, la cylindrée unitaire élevée, liée entre autres au refroidissement par air, ne rendent possible le respect de ces normes qu'au prix de solutions techniques qui limitent les performances de façon dramatique : système d'admission "bridé" au niveau du filtre à air, du carbu-

rateur et de la tubulure d'admission • mélange réglé très pauvre pour limiter au maximum les émissions polluantes • diagramme de distribution (arbre à cames) très restrictif • échappements très étouffés pour limiter le bruit • courbe d'avance à l'allumage peu agressive et régime limité à 5200 t/mn maxi (annulation de l'avance à l'allumage à partir de 5100 t/mn environ)

• Le constructeur, dans un souci de fiabilité tend à limiter les contraintes mécaniques (rapport volumétrique faible par exemple) ce qui limite aussi les performances.

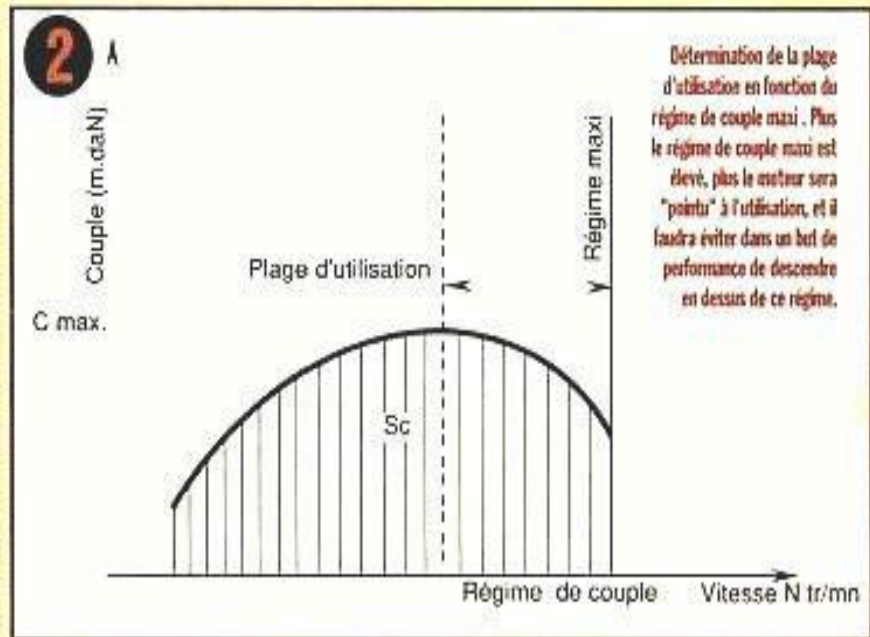
Aussi pour beaucoup, l'euphorie des premiers kilomètres fait souvent place à la déception face à ce moteur qui se révèle asthmatique. Fort heureusement, sur les H-D, tous les délires mécaniques sont possibles. Du 1340 légèrement modifié de 65ch, jusqu'au stade ultime du "monster motor" de 179ci (2933 cm³), il existe un vaste choix de solutions techniques.

Mais la préparation moteur est une science difficile qui nécessite des connaissances théoriques ainsi qu'une approche rigoureuse pour obtenir une machine fiable, utilisable, et aux performances réelles. L'improvisation et le bricolage ne sont pas de mise, si ce n'est pour obtenir une moto bien souvent en panne, anormalement bruyante et parfois moins performante (si si! cela c'est déjà vu!). Toutes choses dont la Harley n'a que trop souffert.

En ce sens, la compétition de puissance organisée en Europe par Zodiac en '94 et en '95 a remis les choses en place. Cette compétition ouverte à tous, imposait la limitation du bruit à l'échappement à 100 dB (ce qui est un seuil déjà élevé).

Le classement s'est fait au sein de deux catégories : "professionnels" et "privés". En '94, dans la catégorie "pros", le vainqueur a aligné 102 ch sur le banc avec un 1340 cm³ alors que d'autres n'ont pu sortir que 82 ch d'un 1600 cm³. Cherchez l'erreur ! Chez les "privés", le vainqueur délivrait 110,5 ch avec un 1600 cm³.

Ceci amène deux constats : 1°/ tout le monde n'a pas le même savoir-faire, 2°/ ces chiffres bien réels sont loin de ceux, extravagants, annoncés à la légère par certains, ou que l'on peut découvrir dans cer-



taines publicités qui veulent nous faire croire que le simple montage d'un échappement "X" sur un moteur d'origine le transformera en dragster.

Il ne faut pas rêver. Ceux qui veulent obtenir 150 cv d'un moteur bicylindre, culbuté de 1340 cm³ fonctionnant au "super", se sont trompés de marque.

C'est pourquoi il est nécessaire, avant de se lancer dans la préparation, d'acquérir un minimum de connaissances de façon à faire d'emblée les bons choix techniques et à sélectionner les bonnes pièces. Car la préparation coûte cher et, parvenu à un certain stade de cylindrée, la dépense augmente de façon exponentielle. Certaines erreurs de choix peuvent être dramatiques sur le plan mécanique comme financier. Il existe des gens qui travaillent depuis longtemps sur les moteurs Harley et qui ont accumulé une formidable expérience que certains n'hésitent pas à partager ; il serait donc ridicule de "redécouvrir" les erreurs déjà faites par d'autres en "massacrant" son propre moteur, et par conséquent son portefeuille.

Le problème du choix :

Il existe plus de 150 fabricants de pièces pour H-D qui évoluent constamment au gré des tendances et des innovations techniques. Faire la bonne sélection parmi toutes ces pièces, où l'on trouve le pire comme le meilleur en termes de qualité et d'efficacité, nécessite certaines informations techniques. Il est également nécessaire de connaître l'éventail complet des possibilités qui sont offertes. L'expérience montre qu'en France beaucoup de personnes, dont certains professionnels, ne connaissent que quelques gros catalogues célèbres et passent à côté de certaines

marques performantes de grande qualité. De plus, les professionnels ont tendance, ce qui est légitime, à ne proposer que ce qu'ils ont en stock et ce qu'ils peuvent obtenir facilement ou, plus simplement, les produits leur apportant une marge plus intéressante et avec lesquels ils ont l'habitude de travailler. Ce qui ne convient pas forcément à la préparation que vous souhaiteriez faire. Car il n'y a pas que S&S, Screamin' eagle, Andrews, Rev-Tech... sur le marché.

Le but de cette nouvelle rubrique technique, n'est pas de vous apprendre à faire de la mécanique, car cela est l'affaire de professionnels compétents et outillés, ou de l'amateur très éclairé. Nous souhaiterions plutôt vous apporter quelques connaissances théoriques et certains éléments de préparation qui vous permettront d'évaluer un budget, d'éviter les impasses et de mener à bien les modifications de votre choix. Vous découvrirez alors qu'un moteur Harley-Davidson bien préparé vous donnera des satisfactions insoupçonnables.

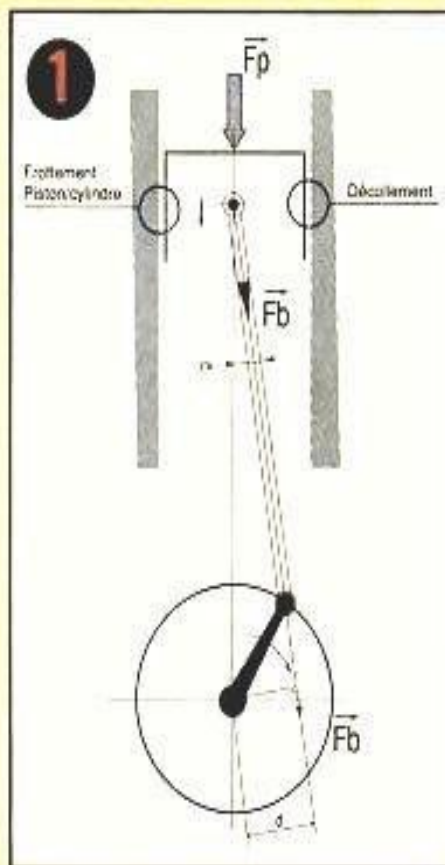
Révisons de quelques notions de base

• La notion de cylindrée :

La cylindrée moteur est exprimée par la formule suivante : $C = \text{Alésage}^2 \times \text{Course} \times 1,5708$ (cette formule n'est valable que pour un moteur bicylindre)

ex : pour le big twin d'origine, la course étant de 4.250 inches et l'alésage de 3.5 inches, la cylindrée est donc égale à : $3.5^2 \times 4.250 \times 1.5708 = 81.78$ cubic inches. Pour obtenir des cm³ il suffit de multiplier cette valeur par 16,387 ce qui donne : 1340,13 cm³.

Ainsi, ceux qui le veulent pourront s'amuser à calculer les différentes combinaisons possibles en fonction des alésages et des courses disponibles sur le marché.



Ce schéma montre la transformation de la force motrice en couple moteur.

Fp : force de poussée des gaz sur le piston lors de l'explosion (variable)

Fb : force exercée par le piston sur la bielle transmise directement par la bielle au maneton du vilebrequin.

d : bras de levier variable en fonction de la rotation du vilebrequin.

Prépa

Pour information, en gardant la course d'origine (ce qui ne veut pas dire l'embellage) on peut réaliser actuellement des moteurs allant jusqu'à 120,6 c.i. soit 1976 cm³.

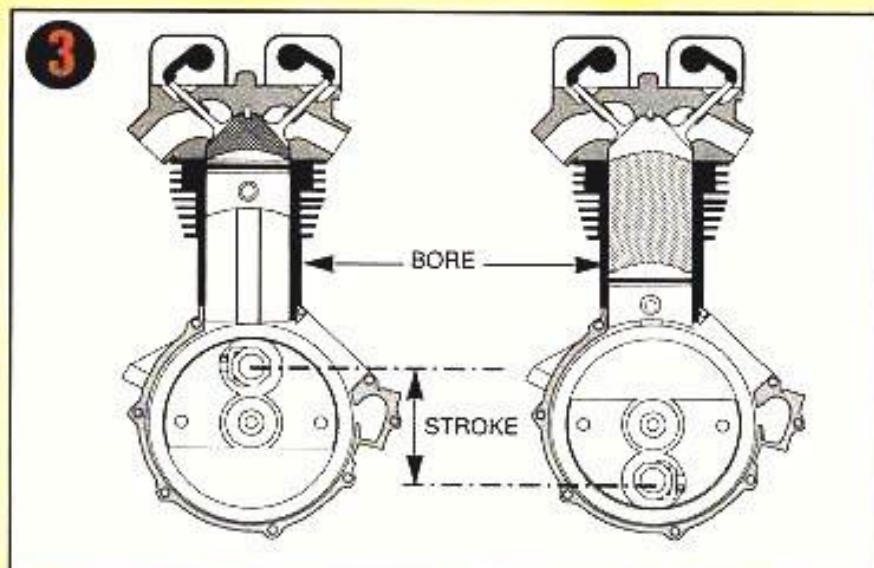
• La notion de couple :

Cette notion est souvent floue et se confond parfois avec la puissance, autre caractéristique essentielle du moteur. Lors de l'explosion, la détente des gaz exerce sur le piston une force de poussée qui engendre, par l'intermédiaire de la bielle et du vilebrequin, un couple moteur provoquant la rotation du vilebrequin (voir sch.n°1). Ce couple instantané varie constamment durant la descente du piston, car sa valeur change suivant l'inclinaison de la bielle et l'angle de rotation du vilebrequin. Il est donc beaucoup plus facile de considérer un couple réel moyen pour chaque régime moteur. C'est ce que l'on appelle tout simplement "le couple" et c'est en fait cette donnée que l'on mesure au banc d'essai. La valeur de couple représente donc la force qui fait tourner le vilebrequin, elle exprime les capacités d'accélération et de reprise du moteur en fonction d'un régime donné.

Le couple s'exprime en mètre/daN mais on utilise plus souvent le mètre/kilo (1 m/kg = 0,981 m/daN). Pour nous, il est préférable de se familiariser avec l'unité américaine : le foot/pound ou ft/lbs (1 m/kg = 0,138 ft/lbs)

• La courbe du couple :

La courbe de couple est toujours associée à celle de la puissance car ces deux caractéristiques sont liées par le régime. En général, la courbe de couple croît avec le régime, atteint une valeur maximum, puis décroît. Le régime de couple maxi correspond au régime de meilleur rendement du moteur, là où le taux de remplissage des cylindres et le rendement de combustion sont optimaux. L'étude de la courbe de couple renseigne énormément sur l'agrément et le comportement du moteur. Il est particulièrement intéressant de disposer d'un moteur possédant un couple élevé dans les basses plages, afin de faciliter les reprises et les accélérations à partir d'un ré-



Ce schéma tiré de catalogue S&S nous montre les cotes d'alésage (bore) et de course (stroke) sur un moteur. On y voit de plus le calcul du rapport volumétrique qui est en fait le rapport du volume total (chambre + cylindre), le piston étant au point mort bas, sur le volume total au point mort haut.

gime donné. L'architecture du moteur Harley se prête d'ailleurs fort bien à l'obtention d'une telle courbe. Le but du préparateur sera donc d'obtenir une courbe la plus plate possible avec, tant qu'à faire, une valeur de couple maxi élevée dans une plage de régime adaptée à l'utilisation qu'il compte faire du moteur. Le régime de couple maxi a une importance capitale car il détermine la plage d'utilisation du moteur (voir sch. n°2).

L'étude du sch. n°3 nous montre que le régime de couple maxi se situe à 3000 t/mn soit à 55 % du régime maximum. C'est une plage relativement basse adaptée à une utilisation routière "cool" où la conduite "sur le couple" à bas régime est très agréable. Dans le cas d'une utilisation plus sportive, le préparateur cherchera à "décaler" la courbe vers la droite pour obtenir un couple maxi pouvant se situer jusqu'à 75 % du régime maximum. Ceci permettant, lors d'accélération, de pousser chaque rapport jusqu'en zone rouge, et de retomber au régime de couple maxi lors du passage du rapport supérieur (à condition que l'étagement de la boîte soit adéquat). Cependant à valeurs égales de couple maxi, ce type de moteur se révélera plus "pointu" à l'utilisation et la conduite se fera plus dans les tours, ce qui n'est pas forcément dans l'esprit Harley.

• La notion de puissance :

Par définition la puissance est la force multipliée par la distance et divisée par le temps. L'unité de puissance est le Watt. Nous retiendrons plutôt le cheval vapeur mieux connu de tous. (1 cheval = 736 Watts) L'équation qui permet de calculer la puissance est simple :

$$Ch = (C(\text{couple en m/kg}) \times \text{Régime}) / 716,5$$

$$= (C(\text{couple en ft/lbs}) \times \text{Régime}) / 716,5$$

Nous retiendrons cette dernière formule

qui nous permet de mieux comprendre les courbes US.

On constate à la vue de cette équation que les valeurs de couple et de puissance sont toujours égales à 5252 t/mn (croisement des courbes sur les graphiques). De plus, on constate qu'au-delà de 5252 t/mn la valeur de puissance est toujours supérieure au couple. En fait la puissance, à un régime donné, est directement proportionnelle au couple. Plus le moteur est capable de prendre des tours, plus il sera puissant pour une valeur de couple donnée. Il est donc évident qu'en préparation, la recherche de puissance passe par l'augmentation du couple et des capacités du moteur à prendre des tours.

Lorsque l'on veut comparer deux moteurs, cette comparaison doit être faite par la puissance qu'ils développent dans la même plage d'utilisation. Si un drag HD s'utilise de 5000 t/mn à 8000 t/mn, une Electra passera le plus clair de son temps entre 2000 et 4500 t/mn. Le moteur de drag, prévu pour donner son couple maxi vers 5700 t/mn car c'est cela qui donne la puissance, sera, à cylindrée égale bien entendu, moins performant à 2000 t/mn qu'une Electra. Tout est en fait une affaire de dosage ; l'obtention d'une caractéristique se faisant au détriment de l'autre. Mais plus la cylindrée est importante, moins il y a de compromis à faire.

L'augmentation de la puissance et du couple :

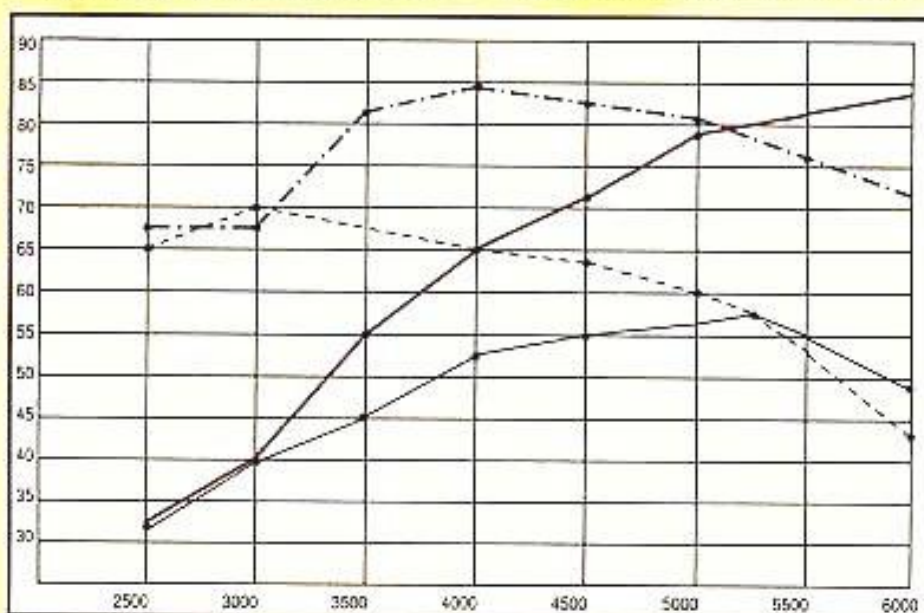
Le préparateur dispose donc de 4 axes de préparation : 1°/ l'augmentation des compressions, 2°/ la réduction de la durée de combustion, 3°/ l'augmentation du régime maximum et 4°/ l'augmentation de la cylindrée

• L'augmentation des compressions :

Par l'amélioration du remplissage des cylindres :

La courbe en noir est celle d'un moteur 1340 cm³ d'origine. Le couple maxi est atteint vers 3000 t/mn soit 55 % du régime maxi, pour décroître assez rapidement en raison de certains éléments très restrictifs comme l'échappement, le carburateur, le filtre à air ou l'arbre à cames... La raison principale de la chute de puissance après 5200 t/mn est l'allumage dont l'avance est annulée à partir de 5200 t/mn environ. La courbe en rouge est celle d'un 1340 ayant subi une bonne préparation : Allumage Dyna à étincelles décalées (single fire), carburateur Mikuni HSR 42, arbre à cames Sifon 144, culasses préparées par Trona (10,2/1 de rapport volumétrique), échappements Pylton. On constate que le couple maximum est passé à 85 ft/lbs (11,7 m/kg) ce qui est une valeur déjà remarquable et ce, à un régime de 4000 t/mn, soit 66 % du régime maxi.

La courbe de couple obtenue est relativement plate dans une large plage de 3500 à 5200 t/mn, sans descendre en dessous de 80 ft/lbs ! La puissance est passée à 83 ch au régime max de 6000 t/mn, soit un gain de 28 ch. Voilà le type de résultat que l'on peut obtenir avec la bonne combinaison et un peu de savoir-faire.



1) Amélioration du système d'alimentation :

- * Optimisation du filtre à air ou utilisation d'un cornet
- * Optimisation du carburateur / utilisation de l'injection
- * Optimisation de la tubulure d'admission

2) Augmentation de la perméabilité des culasses :

- * Optimisation des conduits d'admission et d'échappement
- * Modifications permettant une levée plus importante des soupapes
- * Augmentation de la taille ou du nombre des soupapes
- * Optimisation de la chambre de combustion pour améliorer le balayage

3) Modification du système d'échappement pour augmenter l'évacuation des gaz brûlés.

4) Optimisation du diagramme de distribution (arbre à cames).

5) Utilisation de la suralimentation :

- * montage d'un compresseur volumétrique
- * montage d'un turbocompresseur.
- L'augmentation du rapport volumétrique (voir schéma 4) :

1) Diminution du volume de la chambre de combustion.

2) Utilisation de piston à dôme.

• La réduction de la durée de combustion :

1) Utilisation de pressions de combustion élevées (voir précédemment)

2) Obtention d'un mélange air / essence homogène :

- * turbulence des gaz d'admission (vélocité en amont de la soupape d'admission et utilisation d'une forme de chambres de combustion et de pistons adéquats).

3) Utilisation d'un dosage air / essence précis :

- * Modification ou changement du carburateur
- * Utilisation de l'injection mécanique ou électronique

4) Optimisation de l'allumage :

- * Augmenter la puissance de l'étincelle
- * Utilisation du double allumage
- * Optimisation de la courbe d'avance

5) Faciliter la propagation du front de flamme :

- * Utilisation d'une chambre de combustion compacte et optimisée
- * Recours à certaines formes de pistons

• L'augmentation du régime maximum :

1) Modification de la loi d'allumage. Déplacement du régime de couple.

2) Équilibrage des masses en mouvement

3) Diminution des masses en mouvement (pistons, bielles, vilebrequin...)

4) Diminution des frottements (distribution, piston/cylindre...)

• L'augmentation de la cylindrée :

1) Augmentation de l'alésage.

2) Augmentation de la course.

Il existe donc un très grand nombre de points sur lesquels le préparateur peut se pencher pour obtenir "le meilleur" de sa mécanique. Mais on ne peut rarement en traiter qu'un seul car un moteur est un juste équilibre. En modifiant un seul élément on peut détruire cet équilibre et aller à l'encontre du résultat escompté. C'est pourquoi, il est nécessaire de toujours modifier un ensemble de points, on appelle cela une combinaison, de façon à conserver l'équilibre du système. Plus le degré de préparation souhaité est élevé, plus les éléments de la combinaison seront nombreux. D'où l'importance d'évaluer à l'avance un budget. Nous étudierons, au fil de cette rubrique, les différentes combinaisons possibles ainsi que les éléments qui les composent. A plus !