

350 Motobécane injection :

La C(e)rise sur un gâteau (Par Marc DESCOURS)

2012... La France souffre, la France doute d'elle-même et de son futur.

Après plus de quarante ans de désindustrialisation forcenée les friches industrielles sont omni présentes ; la finance a mis les ouvriers en désuétude, et les usines à l'arrêt. Désormais mêmes nous, collectionneurs de motos anciennes qui tentons de restaurer nos machines rencontrons les plus grandes difficultés pour trouver un « chromeur », voire un tourneur fraisier, et devons nous accoutumer au « made in Tcheki » sur nos allumages électroniques de substitution, ou China sur d'autres pièces.

AHHHH, dans le temps Monsieur, c'était autre chose ! Fallait voir !

C'est vrai ! Néanmoins nous connaissons tous l'histoire de la moto Française, son agonie puis sa quasi disparition dans la fin des années 50..... je ne vous accablerai pas avec ça (6 pages, Marc, pas plus a dit le Rédac en chef !) Certes, il y eut l'embellie du cyclo, Motobécane devint même, durant quelques années, le plus grand constructeur mondial de deux roues, soutenu par une demande constante. Mais voilà, c'est le moment que choisit l'Empire du soleil levant pour déclencher son offensive mondiale. En quelques années de petits puis plus gros engins rutilants, aux consonances devenues familières à nos oreilles de nos jours, miaulant et rugissant, envahirent nos rues et les terrasses de nos cafés, faisant même tourner les têtes de nos compagnes (et oui !).

Face à cette déferlante puissante, il semblait n'y avoir aucun espoir tant l'outil industriel était dévasté (déjà), et la créativité semble t'il en panne.

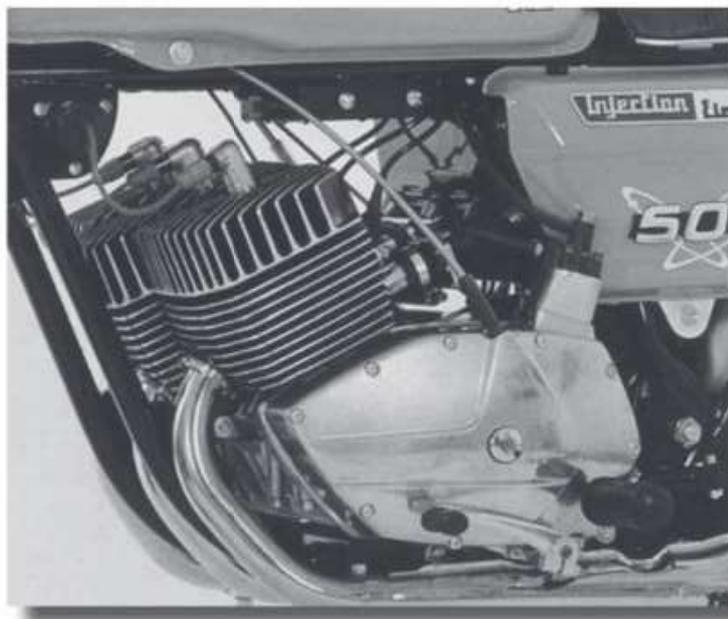
Mais voilà, la vieille dame de Pantin, décida de réagir, et de quelle façon !..., quand on ne l'attendait plus. Dès 1969 un bicylindre 125 deux temps vit le jour, allant d'améliorations en améliorations jusqu'au



début des années 80. Mieux encore dès 1972 Motobécane, à la surprise générale, sous l'influence indirecte du cacique Charles Benoît, et l'excellente maîtrise technique des équipes impulsées par Eric Jaulmes, sort une 350 3 cylindres 2 temps, pétrie de qualités (mais oui !), et de solutions mécaniques d'avant-garde, comme le frein à disque, l'éclairage bi iode, le graissage séparé, et l'allumage électronique, qui d'ailleurs fut introduit plus tôt que partout ailleurs sur les mobylettes, et bien sur les 125 2 temps.

Mais déjà, sur fond de premier choc pétrolier, Motobécane voulait pousser son avantage sur l'heure, pour imposer des solutions plus abouties encore pour déstabiliser la cohorte Nipponne. Bel esprit guerrier ma foi ! (On en demande aujourd'hui... où est il passé ?)

C'est ainsi que secrètement, en visant une monture de 500 cm³ à terme, les ingénieurs de la



Motobécane expérimentèrent l'injection sur le 2 temps dès le début des années 70, sur des moteurs de 49, 62, 75, 116, 125 cm³ et 350 cm³. C'est cette aventure que je vais tenter de vous retracer qui commence médiatiquement, par la présentation d'une fantastique 500 3 cylindres à injection au salon de la Motocyclette de Paris en 1973... Motobécane fait exploser l'audimat, éclipsant tous les autres constructeurs.



Parlons de cerise, avant de parler du gâteau !

De fait, dès la fin des années 60, l'injection indirecte, voire même directe envahit l'automobile, d'abord purement mécanique, puis électronique : qui ne se souvient des BMW 2000/2002, 404 Peugeot, et même la fameuse Citroën DS23 E ?

C'est un fruit juteux (pour ceux qui fouillaient sous l'article depuis un moment pour trouver la cerise... elle est là... pour le gâteau il faudra encore attendre !) en ces années là, et un élément marketing évident pour le haut de gamme. Alors Motobécane la vieille (pardon m'dame) et l'injection toute nouvelle... on sent le coup Marketing juteux (toujours là le fruit.. la cerise en pleine crise... vous le voyez mainte-

nant ?)

Il n'aura pas échappé à vos esprits sagaces (allez, pas de fausse modestie que diable !), que mis à part les Trabant dans les pays de l'Est, la totalité des véhicules automobiles est mue par des moteurs 4 temps. Et l'injection est un précieux atout, pour accroître la puissance tout en limitant la consommation dans ce type de motorisation. Peu à peu, tous les véhicules, du moins sportifs, y viennent, et les équipementiers spécialisés, comme Bosch, investissent lourdement dans la filière, avec des dispositifs assistés électroniquement, comme le Jetronic par exemple.

La Motocyclette, même 4 temps, Japonaise comme Européenne, n'est pas encore impactée par le phénomène, qui ne l'atteint que dans les années 80... et pourtant, à la Motobécane, en grand secret, depuis des années, on travaille avec acharnement sur l'adaptation de l'injection au deux temps, grâce à l'électronique naissante, qu'ici on maîtrise bien mieux qu'ailleurs..

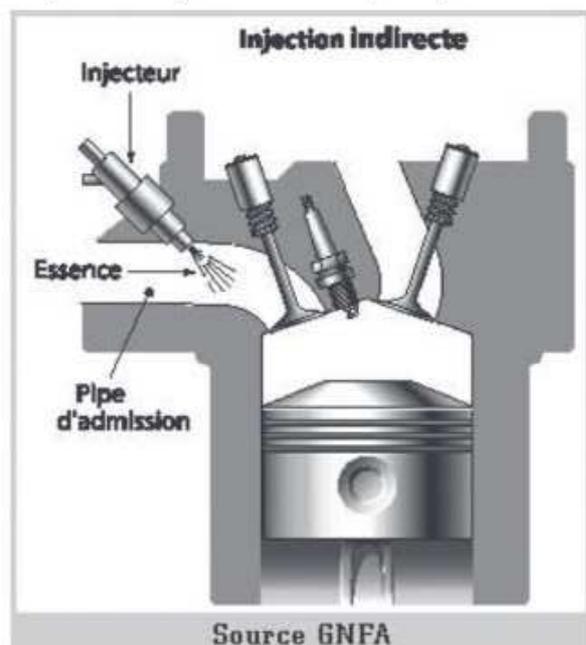


Un peu de théorie quand même ! (arrêtez de râler !)

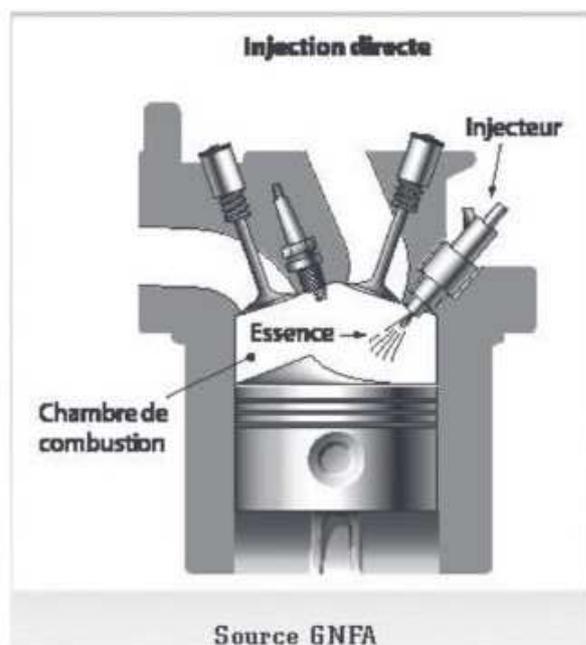
Nous ne rappellerons pas (si quand même !) qu'à cylindrée égale, le 2 temps est plus puissant, plus simple à entretenir, plus léger, moins coûteux à construire, mais consomme plus et pollue plus. Garder tous ses avantages, tout en réduisant la consommation et la pollution, voilà le challenge de Motobécane dès le début des années 70.

L'injection paraît une piste savoureuse... (comme la cerise).

Mais voilà, personne n'osait envisager sérieusement de doter le deux temps de l'époque d'un dispositif d'injection... mais pourquoi au fait ?



• **Le 4 temps se prête à merveille à l'exercice :** La colonne d'air seule, s'il s'agit d'une injection directe dans la culasse, ou de mélange de carburant et de comburant au travers de la tubu-



lure d'admission s'il s'agit d'une injection indirecte, est d'abord aspirée, puis enfermée dans le cylindre lors de la fermeture de la soupape d'échappement; Grâce à l'injection, et à ses différents capteurs (dépression, régime, température, position de la poignée d'accélérateur)... l'électronique définit le meilleur dosage carburant/air, pour optimiser puissance et consommation. Ensuite le piston comprime, l'allumage enflamme le mélange, et les gaz brûlés sont évacués sans trop se mélanger aux gaz d'admission (sauf si moteur très pointu). L'injection permet donc d'optimiser le mélange carburé, pour plus de puissance à consommation et pollution moindre. Pas étonnant qu'en compétition il ait été adopté plus tôt encore !

• **Dans le 2 temps de cette époque il en va tout autrement pour au moins 2 raisons :**

• **Une constante :** Le cycle moteur est deux fois plus court, avec une explosion à chaque tour, et c'est la colonne même de mélange carburé qui au travers des transferts vient finaliser l'expulsion des gaz brûlés, et ce faisant s'évacue en partie par la lumière d'échappement, entraînant surconsommation, perte de rendement donc de puissance, et pollution. Seule l'excellence de la maîtrise de la dynamique de la colonne gazeuse grâce à la géométrie du pot d'échappement (le fameux pot de détente plein de cônes (sexiste en plus !) et de contre cônes (ça réagit..c'est bien), c'est à cause de ça !) permet de limiter, par résonance, cette déperdition en provoquant un reflux de la colonne gazeuse dans le cylindre avant la fermeture de la lumière d'échappement, ramenant des gaz frais et hélas brûlés.

Donc pour le moteur 2 temps de type 1970, peu sophistiqué, dépourvu des valves électroniques d'aujourd'hui, même en optimisant le mélange, le gain en puissance avec l'injection, quelle soit directe dans le cylindre ou encore pire, indirecte dans le carter, n'est pas déterminant, du fait de ces phénomènes de balayage et de mélange avec les gaz brûlés.

• **Une variable :** La durée disponible pour injecter l'essence dans le cylindre est très réduite, car, l'injection indirecte étant écartée (cf au dessus), il faut viser, soit une injection dans la culasse, à l'optimum juste avant l'allumage, mais en haute pression (une vingtaine de bars), soit le point d'injection le plus proche possible de la fermeture de la lumière d'échappement, où la température n'est que de 400° et la

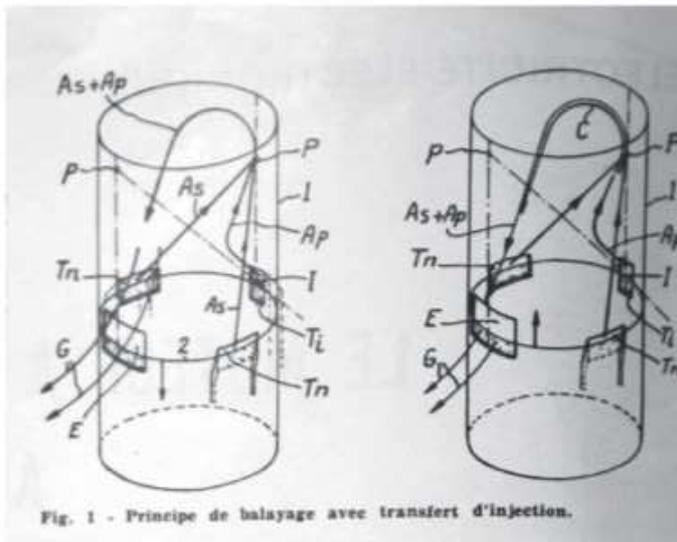


Fig. 1 - Principe de balayage avec transfert d'injection.

pression voisine de 0,5 bars, pour limiter la déperdition de carburant par ladite lumière (vous suivez j'espère car le redac en chef m'a dit « z'aiment que les images ces mecs là », alors je fais des efforts violents de simplicité, ça se voit j'espère) tout en évitant la forte pression induite par la compression dans la chambre. En plus il faut intégrer l'inertie en temps représentée par l'ouverture de l'injecteur, puis la pulvérisation du carburant (ouf j'ai soif.). Nous verrons plus tard que ce délai est de l'ordre de 0,9 à 1,8 millièmes de seconde selon le régime moteur et la quantité à injecter, soit sensiblement deux fois moins que le simple temps d'ouverture d'un injecteur d'essence basse pression de l'époque, de type jetronic, utilisé en automobile....Y a comme un problème n'est il pas ?

Ceci étant, si on y arrivait, le gain en puissance sur un moteur simple de cette époque resterait moins intéressant qu'avec le 4 temps. Par

Des hommes d'exception !

Lorsque l'on songe à la technique et aux hommes à la Motobécane, le nom d'Eric Jaulmes, s'impose immédiatement, brillant ingénieur, au solide caractère.

Mais l'organisation technique à la Motobécane, c'était quelque chose ! Pas facile de s'y reconnaître avec l'imbrication des services, des hommes, et mêmes des sociétés sœurs comme la Novi, surtout 40 ans après.

Pour simplifier, disons que les services les plus impliqués dans le programme injection étaient :

- Le Bureau d'Etude, où Christian Jaulmes tenait une place centrale,
- Le « Labo » dirigé par Edmont Vielledent, et auquel était rattaché le département électronique dirigé par le remarquable René Moutet, avec auprès de lui, très impliqué, Alexandre Kermorvant (on retrouvera les deux compères

contre les phénomènes dévalorisants, et devenus depuis rédhibitoires de la consommation et de la pollution du 2 temps seraient largement réduits, et même peut être inférieurs au 4 temps. On voit l'enjeu !....

Faaaaacile me direz vous ! il faut donc choisir d'injecter l'essence après fermeture de la lumière d'échappement, et juste avant l'allumage. Voilà !. Bravo, vous avez raison... ainsi on retrouverait en partie les avantages du 4 temps en évitant de perdre du carburant par l'échappement, même si on a dans la chambre de combustion, au moment de l'injection, une partie de gaz brûlés en retour (oui je sais, dans le 2 temps modernes il y a des valves électroniquement pilotées même à l'échappement pour limiter ça, mais étourdis que vous êtes... pas en 1970.. je répète Pfefeeeee.).

A part ça, tout va bien alors ? Ben non... car injecter dans la culasse en fin de compression nécessite d'injecter à forte pression, et en milieu à haute température, et en encore moins de temps... et en 1970 on n'a pas encore généralisé l'injection à haute pression, surtout pas à ces cadences liées au 2 temps, et on travaille entre 2 et 4 bars en automobile essence, soit au dixième de la pression à vaincre.

Ben alors c'est foutu ?

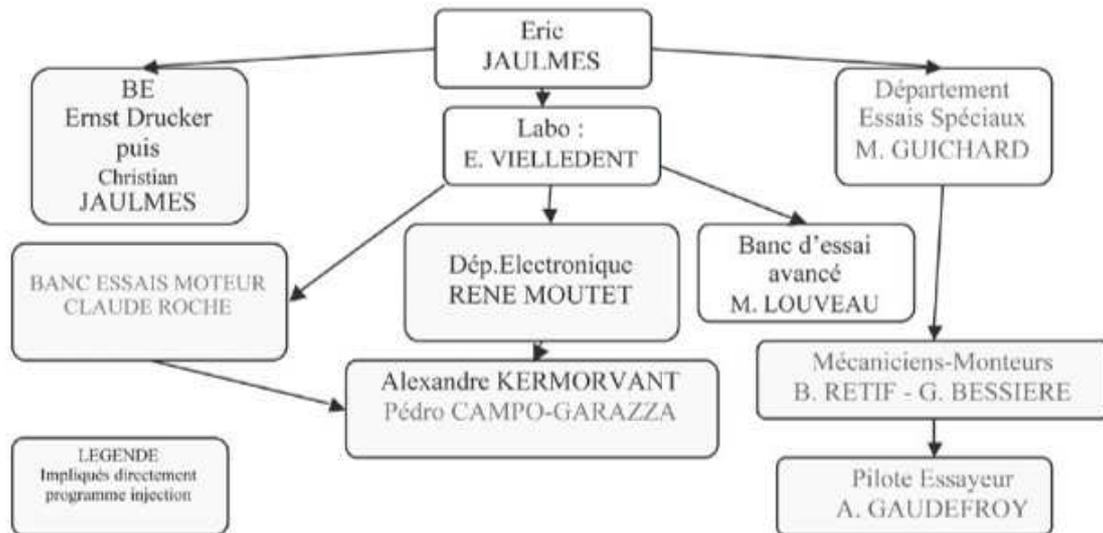
Que nenni, c'était sans compter sur le Génie de l'équipe Motobécane... ou l'art de trouver des solutions où il n'y en avait pas.

plus tard chez Renault F1, où ils élaborèrent ensemble l'électronique d'injection et d'allumage de la F1 1500 Turbo avec laquelle s'illustra Alain Prost..excusez du peu..équipe d'exception, fine fleur de la technologie Française, avant que les Italiens ne s'imposent quelques années plus tard dans le domaine de l'électronique F1)

- Le département des essais ; dirigé par Michel Guichard (on lui doit aussi la fourche à double effet élaborée avec Koni pour la RAI, et on le retrouvera une décennie plus tard chef BFG après le départ du sulfureux Boccardo). Il dirigeait les mécaniciens monteurs et l'essayeur.

- Le banc d'essai moteur dirigé par Claude Roche, avec le très impliqué Pédro Campo-Garazza.

A leurs côtés des hommes essentiels composaient l'équipe opérationnelle, qui se présentait à peu près ainsi en 72/74 (que les absents éventuels veuillent bien m'excuser) :

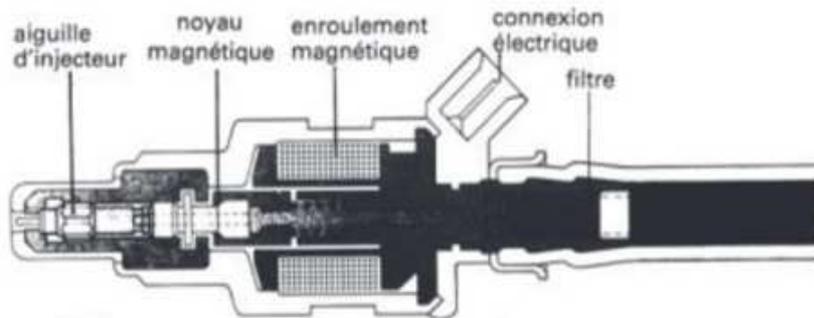


Le programme de recherche et les essais conduits :

- **Les problèmes à régler :** Ils ont été bien répertoriés dans les pages précédentes :
- **Les limites techniques de l'époque**
- **Le matériel :** Nous l'avons vu plus tôt, le début des années 70 voit arriver les premiers

et qui se distinguaient par rapport à l'injecteur d'origine Citroën, par :

- la disparition de la partie externe de l'aiguille, qui donnait un jet pinceau élargi sur la DS (calamine),
- le calibrage du trou de sortie à 0,6 mm, et la modification de l'angulaire du nez,
- le tarage du ressort de fermeture de l'aiguille à 4 Newtons,
- l'amincissement de la calle butée intermédiaire pour éviter l'effet rebond lors de la décharge du condensateur, et en rallongeant la course de l'aiguille pour plus de débit.



injecteurs basse pression, pilotés électroniquement ; c'est déjà un progrès énorme au regard de la génération précédente uniquement mécanique, tant au point de vue technique par leur simplicité, qu'économique. Le leader est incontestablement Bosch avec la génération Jetronic. Motobécane démarre donc ses travaux sur des injecteurs équipant la Citroën DS E. Les travaux portèrent sur la régulation du débit en jouant sur la raideur du ressort de poussée de l'aiguille, et sur l'épaisseur de la calle intermédiaire (calle entrefer + épaisse et ressort + raide limite le débit, et vice versa) Par la suite, suite aux spécifications propres énoncées par Motobécane, Bosch élaborera deux mini séries spéciales portant le N° 414107 gravé sur l'injecteur, (les deux n'ont pas le même débit)

Les injecteurs montés sur les machines étaient « apairés » par essais au banc pour obtenir des débits voisins (8,9mm³ /7,32 volts -5,85 mm³ /9,72 volts -2,35 mm³ /16,80 volts)

Cependant, le défaut de base restait le temps d'ouverture, qui en pilotage au voltage de 5 volts utilisé en automobile donnait un temps d'ouverture se situant entre 2,5 et 3,5 millièmes de seconde, soit déjà plus que le temps imposé par la solution Motobécane qui nécessitait 0,9 à 1,8 millième de seconde pour l'ouverture et l'injection du carburant selon le régime et la charge du moteur.

De plus ces injecteurs travaillaient en basse pression, de l'ordre de 2 bars, ce qui limitait donc le débit instantané.

• **L'Electronique naissante :**

Début 1970 les mémoires programmables n'existaient pas encore, pas plus que les microprocesseurs. Pas question donc de mettre en mémoire une courbe d'injection pour piloter le dispositif. Par contre les composants électroniques de base, comme les condensateurs, diodes, résistances, et les circuits imprimés... étaient largement répandus, ainsi que les capteurs électromagnétiques et bobinages, et largement utilisés chez Motobécane pour ses dispositifs d'allumage électronique à décharge de condensateur..



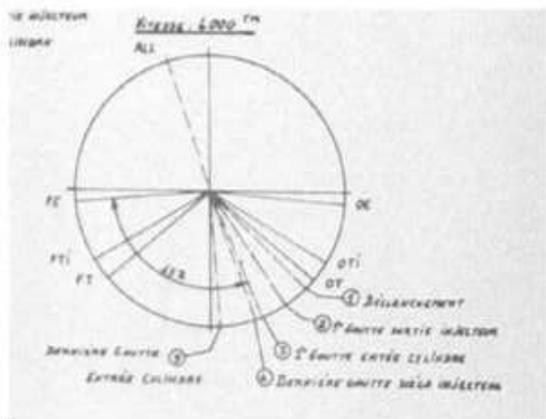
Injecteurs spéciaux Motobécane 414107- Source Auteur

Le choix du mode d'injection (direct/ semi direct/ indirect) :

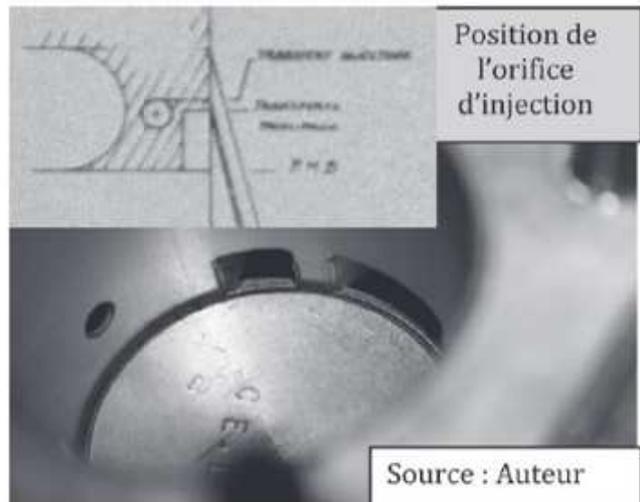
Le recours à l'injection indirecte dans la tubulure écarté, les ingénieurs de la Motobécane, à ce stade du développement ne disposaient pas encore de solution fiable pour l'injection à forte pression dans la culasse ; ils optèrent donc pour une injection semi directe dans le cylindre, en basse pression. Restait à définir précisément l'optimum de positionnement de l'injecteur en intégrant l'inertie même de réponse du matériel, à l'ouverture et à l'injection de l'essence, sachant qu'à 7500 TM un tour s'exécute en 8 millisecondes, tandis qu'à 1000 TM on dispose de 60 millisecondes sur ce moteur. Bien entendu on n'injecte pas pendant le même

temps à 1000 TM, où le besoin théorique moteur est de l'ordre de 2,4 mm³ d'essence par coup, ce qui nécessite 0,9 milliseconde d'ouverture de l'injecteur sous 2 bars, et à 7 500 TM où la quantité d'essence à injecter est de l'ordre de 8 mm³ par coup, ce qui implique un temps d'injection de 1,6 milliseconde. On voit bien qu'une commande classique en voltage 5 volts type automobile n'est pas une réponse appropriée pour le cas d'espèce.

La modélisation basée sur l'expérimentation et les essais donnait le résultat suivant (ex : à 4000TM):



Source : Revue SIA 1977- Jaulmes Eric, Jaulmes Christian, René Moutet, Edmont Vieilledent

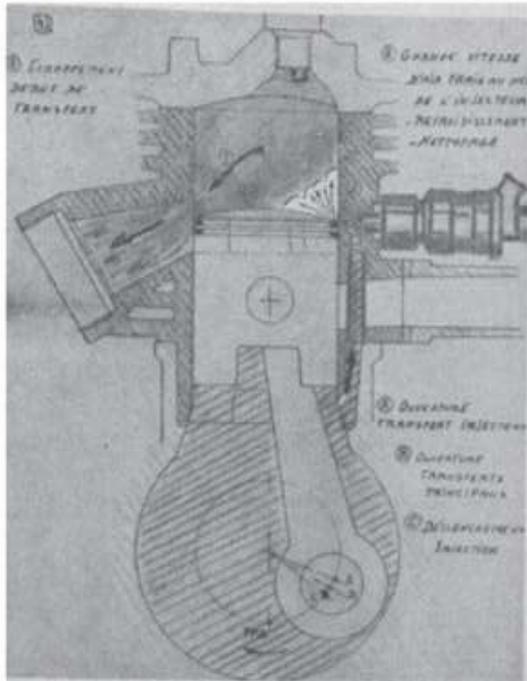


Position de l'orifice d'injection

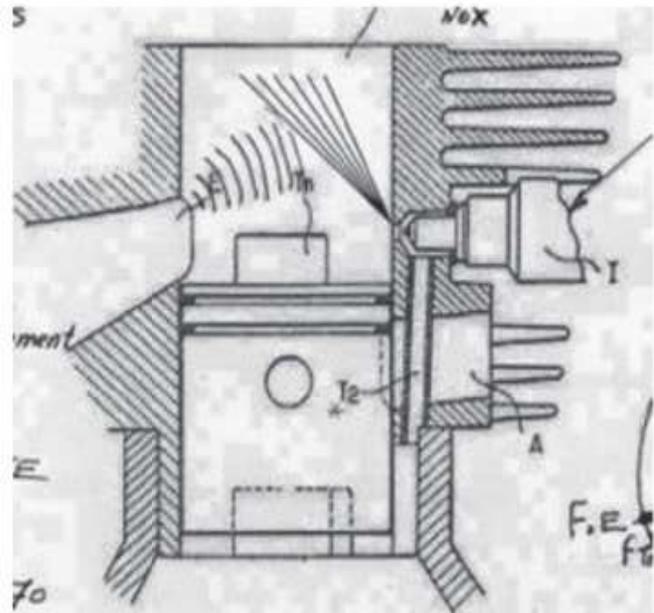
Source : Auteur

La place attribuée à l'orifice se situe donc légèrement plus haut que les transferts, à peu près à mi hauteur de la lumière d'échappement, et du fait de l'inertie, l'injection commence effectivement avant même d'atteindre le PMB et se termine, selon le régime, entre le premier et dernier tiers avant la fermeture de la dite

lumière. Le balayage des transferts et le reflux des gaz brulés venant en sens inverse, contraient la sortie du jet par la lumière d'échappement, et obligent la charge carburée à monter vers la chambre de combustion..



Source : Revue SIA 1977- Jaulmes Eric, Jaulmes Christian, René Moutet, Edmont Vieilledent



Source : René Moutet

Le petit transfert additionnel qui raccorde le carter pompe à la base du bec de l'injecteur n'a que très peu d'influence sur l'expulsion du carburant, mais probablement participe à refroidir l'extrémité du bec du porte injecteur et à limiter le dépôt de calamine susceptible d'obturer l'orifice.

En soi ce dispositif très original porte ses limites, qui résident pour l'essentiel à son incapacité à atteindre les hauts régimes du fait de l'inertie de réponse du composant injecteur électromécanique basse pression.

L'implantation de l'injecteur définie, restait à trouver une solution pour accélérer son ouverture, et piloter le débit précis du carburant en fonction des besoins moteurs.

Alors là, accrochez vous mes amis, car, compte tenu des moyens disponibles à l'époque, on touche au génie, dans son acception la plus française.

On voit ça le trimestre prochain... en attendant je vous laisse baver... devant le programme des festivités :

- Prochain trimestre on vous explique la suite du programme de recherche, notamment comment la Motobécane régla les problèmes de vitesse d'injection et de contrôle du débit... du génie à l'état pur !, et aussi la poursuite des travaux jusqu'à la fin des années 70 sur d'autres pistes de recherche.
- Trimestre suivant, pour Noël, on décortique la 350 injection : vous verrez tout en photo, comme on ne vous l'a jamais montré, (certains rêvent de voir sous les jupes... du piston ?)
- Au printemps, dernier épisode littéraire : je vous explique, comment, avec l'aide des anciens, plus particulièrement René Moutet, j'ai remis en route une 350 Injection, en partant d'une machine incomplète : pas de stator, pas de rotor, pas d'injecteurs, pas de calculateur, pas de pompe d'injection... (il est fou ce mec là !)

Un scoup ! ça y est elle tourne !

Reste à peaufiner... et il y a du boulot, car ne l'oublions pas, c'était seulement un prototype en cours d'essais (environ 1500 km d'essais au total sur 2 machines à l'époque), et il restait beaucoup de travail à faire avant d'envisager la commercialisation... et je n'ai pas la prétention de faire mieux que la fine équipe de l'époque.

Et en 05 2013, pour les 40 ans de l'injection... on va tourner à Dijon drapeaux déployés, avec 1, peut être 2 ou plus 350 injection et un aréopage de jaunes!
Vous viendrez ?

350 Motobécane injection :

La C(e)rise sur un gâteau (suite-2)

(Par Marc DESCOURS)

Nous en sommes restés cet été, sur le choix opéré par Motobécane d'implantation d'une injection semi directe dans la chemise du cylindre, et sur le recours à un injecteur du type Jetronic de Bosch. Je devine votre légitime impatience... et après ? et après ? C'est insupportable cette attente !

Voilaaaa ! Ca vient ! Le dit injecteur, donc, conçu en automobile pour doser un jet de liquide dans une tubulure sous deux bars de pression, ne pouvait atteindre la cadence nécessaire, permettant d'injecter les quantités d'essence souhaitées pour le deux temps... Fausse piste ? Non ! Le Génie Français veillait.



• Les premières pistes de recherche :

Au départ, l'équipe s'orienta sur le pilotage de l'injection par capteur de dépression dans la tubulure d'admission, et régime moteur. Les résultats au banc étaient excellents, mais sur route, le temps de réponse à la poignée d'accélérateur rendait l'usage désagréable. Cette piste fut donc abandonnée.

• Les solutions mises en œuvre pour la 350 3 cylindres à injection

• Sur les principes électro-mécaniques :

• **La cadence d'injection :** Piloté sous 5 volts, le temps moyen d'ouverture d'un injecteur Jetronic est de l'ordre de 2,5 millisecondes, là où le dispositif Motobécane impose un temps total, injection comprise, d'environ la moitié. De fait les contraintes mêmes liées à l'injecteur sont sévères : un poids d'aiguille de 4 grammes environ, un ressort de fermeture taré à 4 N, la pression de 2 bars du carburant à vaincre, le cheminement du carburant dans le corps de l'injecteur qui se traduit par un délai de 0,3 ms... L'idée de la décharge de condensateur était largement utilisée à la Motobécane pour l'allumage électronique. Très marginaux, des travaux de M. Montpetit de la Sté SOPROMI envisageaient l'utilisation d'accumulation d'énergie et la décharge pour activer le rappel rapide du noyau des selfs d'injecteurs pour le diesel. Les ingénieurs de la Motobécane, René Moutet en tête, avec leur génie habituel, utilisèrent ce principe de gestion balistique qui s'imposa à leurs esprits. Les essais

furent immédiatement concluants. Vous voyez, fallait pas désespérer !

Pour alimenter les condensateurs, ils utilisèrent une des 5 bobines situées sur le stator du volant, et servant habituellement à la charge de la batterie. Trois condensateurs (1 par injecteur) sont chargés à environ 60/70 fois la tension nominale, puis déchargés d'un coup dans la self de l'injecteur, soit autours de -300 volts, au passage d'un capteur à induction. Ainsi l'aiguille est projetée violemment en arrière à une vitesse de l'ordre de 2500 m/s², soit environ 0,2 millième de seconde. L'essence apparaît au bec de l'injecteur 0,3 millième de seconde plus tard. A tension constante, la levée de l'aiguille est identique à chaque cycle.

Mais comment faire varier le débit alors ? La course de l'aiguille asservie par le ressort de rappel doit en fait être plus ou moins importante, et cela par action directe sur la dissipation de l'énergie emmagasinée dans la self de l'injecteur. L'idée de génie de cette équipe fut donc d'envoyer simultanément dans la self de l'injecteur une décharge de -300 volts environ, et un courant + de maintien pour exercer une force contre-électromotrice variable, facilement exploitable sous forme d'une tension d'entrée, et qui s'oppose à la pression du ressort de rappel de l'aiguille. Le débit de l'injecteur put ainsi être modulé de 2 à 12 mm³/coup, en appliquant des tensions allant de 25 à 5 volts. Ainsi, pratiquement, plus cette « Contre-Tension de maintien » est forte, et plus le débit de l'injecteur est faible du fait d'une course diminuée de l'aiguille, et inversement, en donnant une trajectoire de l'aiguille plus ou moins éloignée du siège. A chaque voltage précis de la CT correspond ainsi un débit précis (Pas mal, hein !).

- **Le pilotage du débit des injecteurs** selon les variables de vitesse, de charge moteur et de couple : **C'est du gâteau !** (Il arrive, vous qui le cherchiez partout depuis 3 mois !). Modélisées au banc d'essai de Motobécane, les variables relatives au couple maximum puissance/consommation, en fonction du régime moteur et de l'ouverture sont reproduites, sous forme d'un volume 3D, sensiblement tronconique, en ozotérite peu absorbante, représentant environ 400 points (500TM/500TM, et mm/mm d'ouverture).

Chacun de ces points correspond à une valeur de CT en volts repérée au banc d'essai (donc un débit d'injecteur optimum pour puissance et consommation).

Pour transférer ces données 3D en 2D exploitables, le génie de l'équipe frappe encore : le « gâteau » d'ozotérite est radiographié aux rayons X mous (40KV) dans un cabinet de radiologie, et l'image 3D est reproduite en 2D sur du film de radiologie en nuances de gris plus ou moins opaques.

- **Comment exploiter ces données en cartographie moteur ?**

(ou comment se passer d'un processeur en 1972)
Facile ! (ils ne doutent de rien ceux là !) Il suffit d'attribuer à chaque opacité de gris une valeur donnée de tension en voltage, pour obtenir des débits appropriés pour chaque zone lue. Oui, mais bon... Patience ! J'explique ! Le film de radiologie est découpé en un disque rond, d'environ 7 cm de diamètre, divisé en 8 sections curvilignes de 1000 TM chacune, dans lesquelles les diverses nuances de gris sont réparties. Le disque est positionné en lieu et place de l'aiguille d'un tachymètre (compte tours pour les ignares !) « appairé » et tourne donc en fonction du régime moteur. Un bras de lecture, lié à la poignée de gaz, et portant un photo-coupleur infra rouge balaie le disque par transparence, du centre vers la périphérie, et lit en tous points les tensions mémorisées sous forme de nuances de gris plus ou moins perméables aux infrarouges. A tout moment, selon la position de la poignée, et le régime moteur, le moteur reçoit la quantité d'es-



sence optimum, grâce à cette « mémoire optique » qui comporte 400 points (25*16 mm * 16 sections de 500TM). Le défaut du système reste son incapacité à s'adapter instantanément à une brusque variation de la poignée des gaz... il est donc conseillé d'accompagner la montée en régime plutôt que de l'anticiper. (je vous y vois tiens ! à fond la poignée... pfeeeee...heureusement on a parfois du temps libre au passage des vitesses sur la 350... sourire.)

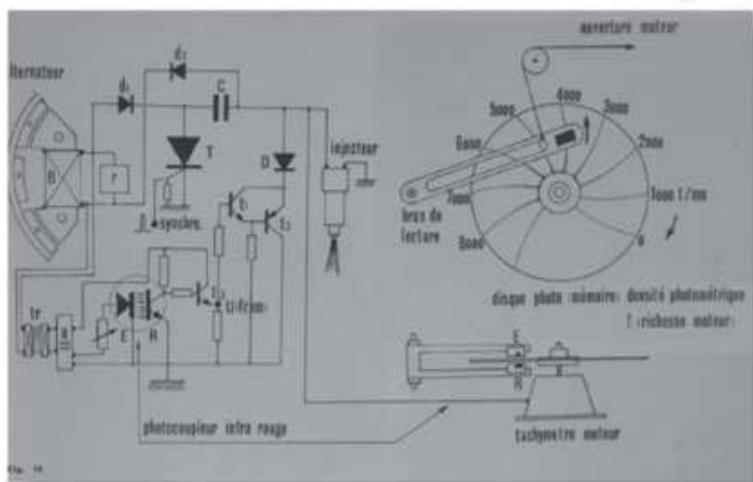


- **Le déclenchement des injecteurs :**

Comme pour l'allumage, par thyristor synchronisé, grâce à un deuxième étage de capteurs électromagnétiques ne différant de ceux de la 3 cylindres à carburateurs que par une sortie latérale de la filerie pour gagner en épaisseur dans l'empilement. Un deuxième picot extérieur sur le volant, décalé angulairement, vient balayer cette deuxième rangée.

- **Les résultats ? :**

Au banc ils sont spectaculaires, avec des gains en consommation dépassant 40% par rapport au modèle carburateur, et des émissions de pollution réduites en proportion, mais aussi grâce au graissage séparé non dilué par l'essence. C'est tout simplement extraordinaire pour l'époque. Sur route : Il faut resituer les choses : sur les 4 machines recensées, celle ayant appartenu à Eric Jaulmes totalisait 960 km au compteur lorsque je l'ai examinée en



2010 ; celle revenue des Etats-Unis, environ 650 km selon son propriétaire, et les deux autres, dont la mienne o. L'expérimentation route fut donc d'environ 1500 km, ce qui est très peu. Néanmoins le fonctionnement était bien meilleur qu'avec la dépression.

Interrogés sur le sujet, les mécaniciens monteurs, et l'essayeur maison croient se souvenir d'un fonctionnement trop riche sous 4000 TM, excellent entre 4000 TM et 6000 TM, puis une décroissance au-delà. Ceci paraît être à peu près l'opinion des journalistes de l'époque qui ont essayé la machine test... mais on en était au tout début des essais qui durèrent au-delà de 78. De plus les machines étaient aussi testées régulièrement par les équipes de mise au point sans recourir à l'essayeur... et le temps fait son œuvre, laissant une part au fantasme, une autre à la sévérité excessive... nous serons à même d'en dire plus à ce sujet d'ici quelques mois.

• La poursuite des travaux de recherche de 1973 à 1978 :

• Le Mystère entretenu de la 500 3 cylindres :

Au salon de 1973, Motobécane surprit tous les interlocuteurs en présentant une version 500 cm³ de sa 3 cylindres présentée l'année précédente, mais en la dotant d'une injection. Du jamais vu qui fit sensation, et entretient encore les fantasmes des passionnés de la marque (et la rage des férus de japonaiseries..Oups!).

Au delà de sa robe verte « pétard », la fiche technique était alléchante, laissant penser à une injection bénéficiant d'évolutions importantes, et de régulations à base de capteurs divers (régime, dépression, position de la poignée, température...). Or des travaux importants furent conduits entre 73 et 78 qui simulables, n'étaient pas « anticipables » en réponses concrètes dans la machine de 1973 (Oups encore !).

L'examen des photos de l'époque révèle un ailetage cylindre peint en noir et aux faces externes surfacées, des conduits d'admission et une rampe polis extérieurement, un boîtier électronique évoquant un pilotage

par processeur (abordé seulement en 76/78), ainsi que des carters et une rehausse de pompe brillant de mille feux. La connectique bleue des injecteurs est celle, indiscutablement d'un Jetronic de Citroën DS, et non un injecteur spécial Motobécane que nous venons d'évoquer, disponible plus tardivement.

Aujourd'hui tous les passionnés s'interrogent encore : « moteur 350 ou 500, moteur « en bois »,

électronique factice... ?

Tous les membres de l'équipe technique de l'époque sont unanimes pour affirmer :

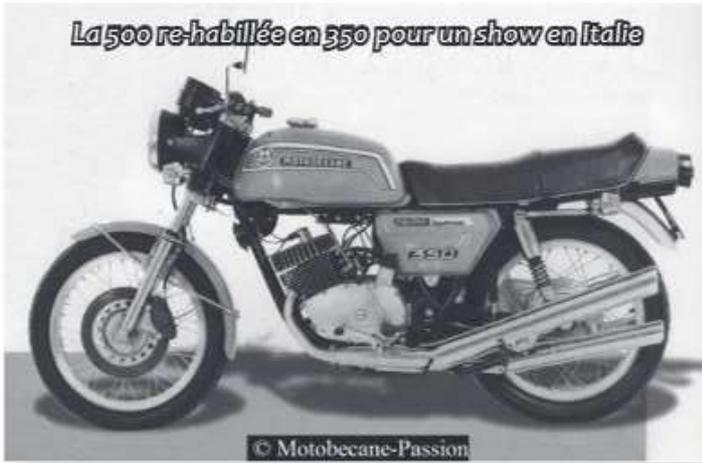
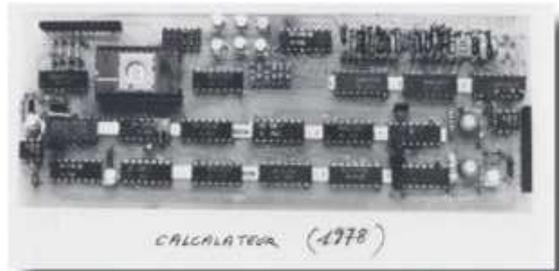


- Ce ne pouvait être qu'un moteur de 350, sachant que Bernard Retif se souvient avoir eut effectivement en main des cylindres en fonte pour un 500 cm³, mais qui selon son souvenir ont peut être été testés au banc du service essai, mais jamais montés sur une machine,
- En 1973 Motobécane ne maîtrisait absolument pas l'injection pilotée par processeur, et René Moutet comme Alexandre Kermorvant déclarent n'avoir jamais rien développé pour cette machine, ni mis leurs mains dedans. Ils ignorent même où cette machine a été assemblée pour le salon et par qui (sic).

Il est donc certain que s'agissant d'un coup Marketing, toute l'électronique est factice, puisque l'équipe compétente n'y a pas participé, et les solutions finales pas encore validées. Quant à la cylindrée... officiellement, seules, 4 motos 350 ont été assemblées par l'équipe chargée du développement, et nous savons où elles se trouvent, avec leurs moteurs en place, bien qu'évidemment le stock de pièces permettait d'en assembler plus. Un moteur d'essai en 500 cm³ cassé au banc aurait il été utilisé pour le Salon, ou même en bois ?... peu probable Thierry Pavan ayant testé la compression au Kick sur le stand même.

Les photos de la machine actuellement détenue

par un particulier semblent montrer que le moteur est toujours le même. Je penche donc personnellement pour un 350 injection « maquillé »...un petit coup de clef à pipe et tout s'éclairerait...à suivre ! Par ailleurs des photographies d'époque de cette machine unique arborant tour à tour un habillage 500 puis 350 selon les exhibitions, et que l'on ne peut confondre avec les 4 autres 350, vient je pense clore le débat définitivement. Reste la part de fantasme de chacun...



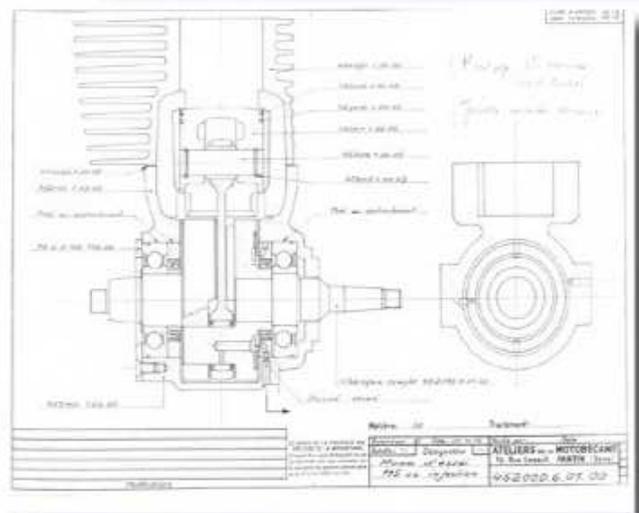
• La 116 cm³ à processeur :

Dans les années qui ont suivi, et jusqu'aux portes des années 80, René Moutet a poursuivi ses travaux en s'orientant vers le pilotage de l'injection par processeur, dès lors que des mémoires paramétrables sont apparues, venant des USA, et permettant de stocker des variables exploitables.

Pour cela il disposait de la 116 cm³ utilisant la cylindrée unitaire de la 350 cm³, et qui est toujours détenue par MBK (Allez visiter le magnifique Musée de Pantin qui vient d'ouvrir...Merci Manu !).

C'est quelques centaines de points qui constituaient une courbe basique d'injection, permettant de piloter par la contremesure la quantité d'essence à injecter, toujours sur la base du déclenchement balistique des injecteurs.

D'après ses souvenirs la machine fonctionnait bien, et il l'utilisait lui-même dans l'enceinte de l'usine. Elle aurait pu donner naissance à une génération évoluée de 500, si...mais l'histoire ne se refait pas.



Par la suite on notera la sortie anecdotique de la Bimota 500 dans la fin des années 90 (bicylindres en V, avec deux injecteurs dans la chemise par cylindre, et pilotage par processeur, soit très proche du principe Motobécane, annoncée pour 110 CV à 9 000 TM, mais qui n'apporta pas les résultats espérés.

• **L'injection directe dans la culasse**
(dite injection stratifiée) :

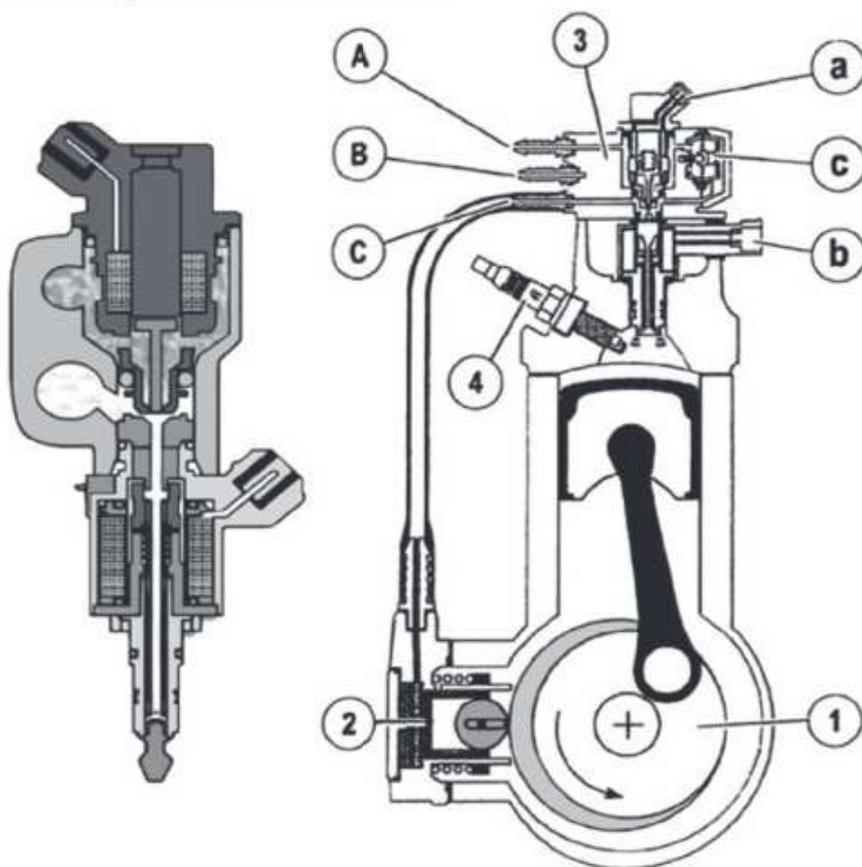
Lors de nos échanges A. Kermorvant m'indiqua avoir entamé, encore chez Motobécane, des travaux expérimentaux sur l'injection dans la culasse, avec appoint d'air comprimé grâce à une bouteille de plongée. Il songea même à rejoindre l'équipe qui donna naissance à Orbital, avant d'être contacté par Renault Sport, où il mit au point avec l'aide de René Moutet le dispositif d'injection et d'allumage électronique de la FI Turbo d'Alain Prost (Bravo Messieurs !).

Différents travaux ont été depuis conduits de par le monde : nous citerons simplement les dispositifs IAPAC, SCIP, Bimota, mais aussi FICHT qui équipe des moteurs de hors-bord ou motoneige de 75 à 250 CV, notamment Evinrude (tiens tiens...). Le dernier en date sur les motos c'est Orbital, qui trace l'avenir. De fait, Depuis le début des années 1980, la société australienne ORBITAL a conçu un procédé d'injection directe. Ce procédé se retrouve actuellement sur des scooters 50 cm³ deux temps des marques APRILIA, PEUGEOT, PIAGGIO et GILERA.



Source Peugeot Motorcycles-ANFA édition 2005

- 1. Embiellage
- 2. Compresseur
- 3. Rampe d'alimentation
- a. Injecteur d'essence
- b. Injecteur d'air
- c. Régulateur de pression d'essence
- A. Arrivée du carburant
- B. Retour du carburant
- C. Arrivée de l'air sous pression



L'essence, portée à une pression de 2,5 bars par une pompe se situant sous le réservoir de carburant, arrive en A dans le corps de l'injecteur, qui le vaporise dans une chambre B, où il est mélangé à une petite quantité d'air préalablement mise sous pression (5,5 bars) grâce à un compresseur entraîné par le vilebrequin, pour obtenir un mélange très riche en essence, admis dans la chambre de combustion C par un second injecteur.

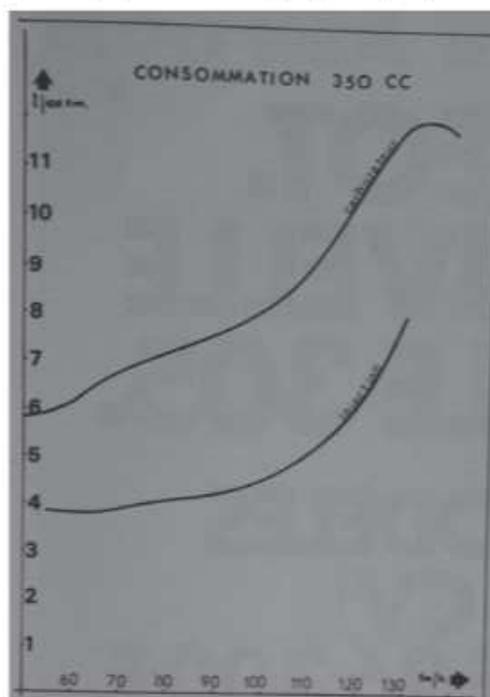
Là, une bougie produit une forte étincelle permettant, grâce à la forme spéciale de la chambre de combustion dans le haut de laquelle le mélange est d'abord confiné, de propager ce mélange par "effet torche",

c'est à dire en enflammant tout l'air présent dans le reste du cylindre à partir de ce mélange très riche, qui ne représente qu' 1% du volume total.. Ici aussi, le mélange total est pauvre en essence, permettant de limiter la consommation et la pollution au même titre que le balayage effectué avec de l'air. Les résultats en consommation et pollution sont spectaculaires, même supérieurs au 4 temps et mériteraient un sort commercial plus enviable. Il faut absolument lire à ce sujet les articles motivants écrit par Marc Alias <http://www.econologie.com/articles.php?lng=fr&pg=717>

• Des hommes d'exception, des résultats d'exception :

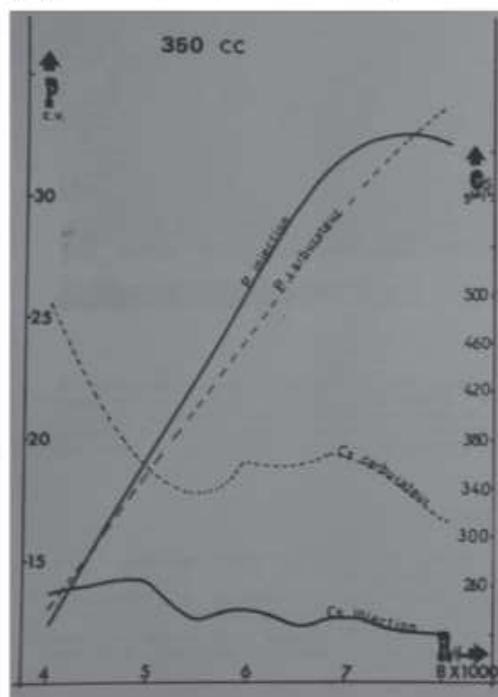
En 2012, parler d'injection, peut être d'une banalité technique affligeante, tant le dispositif est répandu, en motorisation essence comme diésel, en automobile, et également sur les motos quasiment toutes motorisées en 4 temps.

Début 70, c'était une gageure, un positionnement industriel unique, encore plus pour du 2 temps.



Les valeurs au banc montrent, à gauche, pour une puissance voisine du modèle carburateur, (environ 32 CV) des consommations inférieures de plus de 50%.

A droite, sur route, on observe qu'à 130 km/h environ, le moteur injection se « contente » de moins de 8 litres, là où la motorisation carburateur exige 12 litres. (article SIA 1977- Jaulmes Eric et Christian, René Moutet, Edmond Vielledent)



Quant à la pollution, la synthèse de l'époque était la suivante :

Pour les HC : Gain de 2 à 4,8 selon le régime moteur,

Pour la CO : Gain de 1 à 6 selon le régime, étant entendu qu'au-delà de 6000 TM les résultats sont moindres,

Pour la NO : Gain de 0,5 à 1,5, selon le régime.

Pour l'époque il s'agissait de bons résultats, surtout au niveau de la pollution aux hydrocarbures, compte tenu de la réduction de « court-circuit » de carburant lors de la phase de balayage.

Bien entendu ils sont aujourd'hui très insuffisants au regard des normes draconiennes, mais ils auraient pu être grandement améliorés par des études d'adaptation du balayage et de la combustion à ce type d'alimentation, étant entendu que le moteur restait du point de vue de la géométrie intérieure identique au modèle à carburateur.

Les résultats extraordinaires du dispositif dit « Orbital » (cf. plus haut) témoignent de la capacité d'anticipation considérable de cette équipe visionnaire qui a tracé une voie pleine d'espérance... reste à vaincre le lobbying du 4 Temps qui règne en maître... ce ne sera pas facile.

• 2012- L'injection Low-Cost !

Tout récemment, Peugeot ardent défenseur du dispositif Orbital, vient de présenter un dispositif nouveau dénommé H2I de Scion Spray.

Lucarne de tir : faire un dispositif économique en réalisation, pour lutter contre les scooters d'importation à bas prix, donc pas plus cher qu'un carburateur, soit simple mécaniquement, et électroniquement.

- faire un dispositif adaptable aux moteurs 2 temps existants, sans modification des éléments mécaniques en place, et utilisant les pipes d'admission existantes,
- faire un dispositif performant en dépollution et consommation de carburant, en jouant sur l'optimisation de la charge carburée et la régulation d'apport d'huile,

Principe technique : reprise du principe de « l'injecteur pompe » constitué d'un piston se déplaçant dans une chambre selon un rythme piloté par variation de fréquence, (logiquement selon un principe ondulatoire) entre théoriquement 1 Hz à 1000 HZ. Utilisation de la pipe d'admission comme pré-chambre (injection indirecte... Hélas selon moi la voie à ne pas utiliser en 2 temps !).

Il n'y a pas de modulation de la course du piston, donc, à chaque pulsion le volume d'essence injecté est le même ; le principe adopté est donc, par cycle moteur, de provoquer de 1 à 4 pulsions selon la demande liée à la charge moteur.

L'originalité du système réside dans un principe compensatoire consistant à confronter une courbe « idéale » constituée au banc et embarquée, à la réponse du système qui travaille par volume fixe, et lorsque l'écart entre le débit idéal et le débit réel atteint un volume de chambre, le calculateur rajoute une pulsion lors du cycle suivant, puis « reset » et repart en calcul comparé.

Ce principe paraît simpliste, mais économique à réaliser et facile à piloter électroniquement par comptage de pulsions.

Ses limites restent inhérentes au principe du 2 temps :

°Le faible temps disponible pour injecter la charge : les documents produits évoquent un temps minimum de 1 ms sous 1000 Hz et un temps total de 6 ms pour un cycle complet à 10000 TM ; Ceci implique presque 80% du temps disponible consacré à l'injection sur un cycle à pleine charge, ce qui bien entendu exclut l'injection directe en chambre de combustion (hors les problèmes de pression), ou même dans la chemise du piston à partir de la fermeture de la lumière d'échappement, vu les temps disponibles. On comprend pourquoi le concepteur utilise la pipe d'admission en amont de clapets comme préchambre. La cible visée paraît plutôt le gain de couple et les régimes de rotation faibles à moyens.

°Le court-circuitage des gaz et l'évasion d'une part de mélange carburé dans l'échappement demeure...le seul gain en dépollution repose donc sur l'optimisation de la charge carburée qui diminue fortement, et l'injection d'huile contrôlée elle aussi par un autre injecteur du même type. Progresser impliquerait de revoir l'ensemble de la logique de balayage du moteur.

Injection indirecte donc ici, ou « carburateur piloté » chez d'autres, voilà des voies, certes de progrès, mais avant tout des recherches d'optimisation économique. Le pari est de réaliser une amélioration de performance environnementale, (à l'exclusion du résiduel de NOX qu'il est très difficile d'éliminer sur un deux temps à cause des gaz trop appauvris en oxygène dans l'échappement) en gardant des

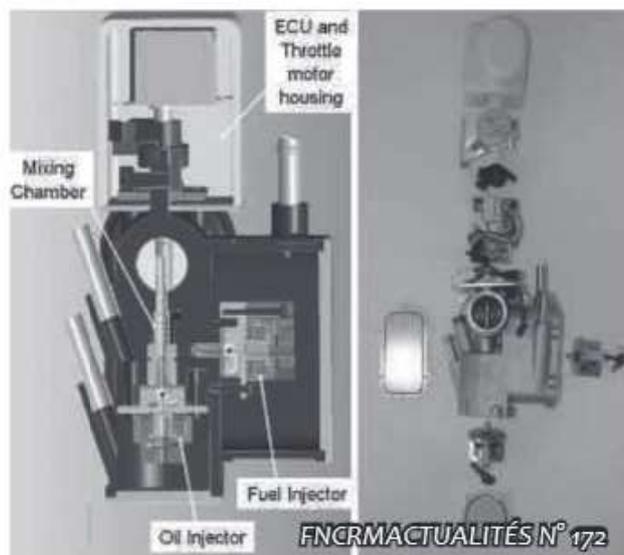
coûts compatibles avec le bas prix des produits asiatiques importés. Seule l'injection directe peut laisser subsister un espoir « technologique » optimum... mais Peugeot même, qui en était un ardent défenseur, semble s'en écarter pour des raisons de coût de revient. En l'état actuel seules des normes environnementales encore plus sévères que les prochaines EURO 3 permettraient d'ouvrir le marché à ces démarches de progrès, en forçant la production low cost à s'adapter... mais le porte monnaie du consommateur, au moins dans un premier temps, et avant une éventuelle réduction de prix liée aux gains d'échelle, sera-t-il capable de l'accepter ?

Nous abordons là une notion de « protectionnisme technologique », donc une voie politique pour réduire la concurrence et protéger nos marchés et notre environnement... à chacun de se positionner : soit on défend notre économie et notre environnement par l'excellence technologique, soit on s'adapte au rabais pour résister à la concurrence des pays « low-cost ».

Motobécane a donné l'exemple d'un choix audacieux en 1973... Y a-t-il des héritiers dans la salle ?

Ne ratez pas les deux prochains articles ! Enfin vous allez voir la 350 injection dans son plus simple appareil (hummmmm), et voir ses organes les plus intimes exposés devant vos yeux avides ! (voyeurs !!!!!), et même dans le dernier numéro en fin de printemps 2013, vous découvrirez l'entreprise insensée de votre serviteur, avec l'aide irremplaçable de René Moutet et les conseils éclairés des autres membres de l'équipe de l'époque : remonter une 350 injection dépourvue de ses organes essentiels (pas d'injecteurs, ni de pompe, ni de calculateur, ni de stator, ni de rotor)...et ça tourne, même s'il reste un lourd travail d'optimisation!

Et n'oubliez pas : en Juin 2013, on tente de la faire tourner à Dijon ... on croise les doigts et on compte sur vous !



350 Motobécane injection :

La C(e)rise sur un gâteau (suite-3)

Par Marc DESCOURS (toutes photos origine Auteur)

Nous y voilà... enfin ! Je devine votre impatience ! On va tout voir... même les endroits les plus intimes de la belle... plonger son regard libidineux sous sa blanche peau ; Vous en avez rêvé des nuits entières (et je soupçonne même certains d'entre vous de souffrir d'insomnie !). Bon, mettons un terme à vos souffrances, ça ne peut plus durer !

Alors musique douce, lumière tamisée... on y va. Tout doucement... eh, oh, on n'est pas des rustres ! C'est vrai qu'elle a la peau blanche, juste égratignée de quelques filets du meilleur effet où domine le ton « rouge sombre » sur son réservoir et sur les flancs ses carters exposent crûment un sigle « Injection électronique »...Tatouage évocateur qui éveille vos fantasmes... je sais !

Un tout petit peu plus d'attention et on remarque que l'empattement de la belle est supérieur à la « jaune » de base, le « becquet » arrière un peu plus long, assemblé par une plaque chromée à 3 vis (au lieu de 2), un carter de chaîne rallongé... et oui, le cadre est celui, plus long, des dernières séries... d'ailleurs la mienne porte le N° 779.



Effeuilons la belle...toujours en douceur...

Sous ses carters latéraux, rien de bien sensationnel... on redécouvre, à droite, le bloc électronique qui ne se distingue en rien de celui du modèle à carburateurs, et à gauche, la batterie et le réservoir d'huile classique.



Un coup d'œil distrait sur le tableau de bord, et le poste de conduite et oh ho...Tiens un petit voyant blanc entre compteur et compte tours, surmontant un petit interrupteur à bascule qui fleure bon les années 70.et au guidon, à main gauche, un bouton poussoir « Novi ». A quoi servent-ils ? Patience, patience. Genoux à terre



devant la belle (mais oui ! normal j'écris ces lignes le 14 février...)...Contact rapproché avec les carters moteur...(on se calme !) rien à voir avec le poli miroir de la jaune ou de la « 500 »...ici c'est du coulé au sable... prototype vrai de vrai !...



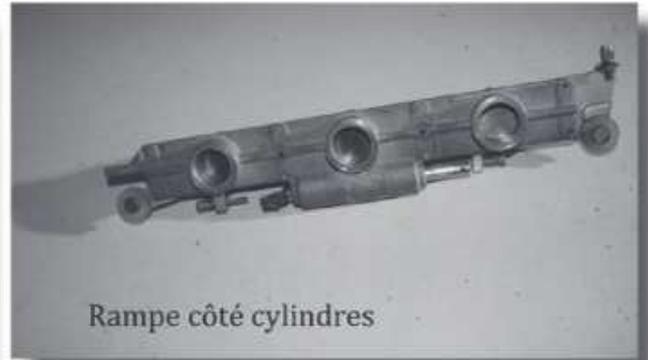
Tiens, ils paraissent bien longs ces repose pieds ! logique...cadre rallongé oblige.Pour finir...disparu le frein de direction... la belle n'est pas instable (le fut-elle jamais d'ailleurs ? j'entends un non catégorique monter de vos rangs serrés !).



Portons maintenant notre regard libidineux vers les organes intimes de notre belle à la peau blanche... Ce qui attire immédiatement le regard, c'est **la rampe d'injection**, ... (exit les carburateurs Gurtner de 24 d'ailleurs pas terribles avouons le... eh,eh... on peut être objectif quand ça nous arrange... non ?) et juste au dessus, plantés dans les cylindres, des injecteurs types années 70 surmontés de leur connectique... Hm... là je devine des fourmillements dans vos doigts avides...; et si on démontait ça ? (il y a 40 ans que certains attendent)... ok, il n'y a qu'à demander !



Rampe côté filtre à air



Rampe côté cylindres

Bel ouvrage de fonderie, conçu par le BE de Motobécane, sous la férule de Christian Jaulmes. Le volet central coulissant découvre les passages d'air ; il est actionné par un câble sortant du dédoubleur de câble dissimulé sous le réservoir, pendant que son jumeau actionne la pompe à huile. En sortie du cylindre central de commande de la rampe, un nouveau câble est arrimé qui actionne le déplacement du bras de lecture du calculateur électronique, et assure, par réglage manuel, la synchronisation entre le débit d'air et le réglage de richesse... Bonjour la tendinite !... Poignée extrêmement dure à actionner ! La course d'ouverture est de 25 mm.

Des brides caoutchouc spécifiques font la jonction entre la rampe et les tubulures



d'admission. Côté filtre à air, les brides caoutchouc coniques sont les mêmes que le modèle carburateur. Des réas plastiques guident le câble de traction en entrée et sortie de rampe.

Les tubulures d'admission sont fixées aux emplacements des pipes d'admission du modèle carburateur. Elles portent en dessous une entrée de graissage... et oui, ici on balaye à l'air pur m'ssieurs dames... faudrait pas que ça grippe ! Comme je vous sais attentifs et perspicaces (si si... flatter son auditoire est une bonne recette qui marche à tous les coups ... n'est il pas ?) je sens la question qui fuse : « combien de sorties à la pompe à huile ? »

Et bien oui, la pompe à huile aussi est spéciale : elle comporte 6 sorties, 3 pour le graissage classique de l'embellage, comme pour la « jaune » et trois de plus pour les tubulures d'admission.

Le débit d'huile est spécifique dicit Christian Jaulmes, même si les consignes de réglage de butée sont les mêmes que le modèle à carburateurs (pensez à respecter scrupuleusement les consignes de réglage du professeur Pavan !).

Tubulure d'admission et porte injecteur :

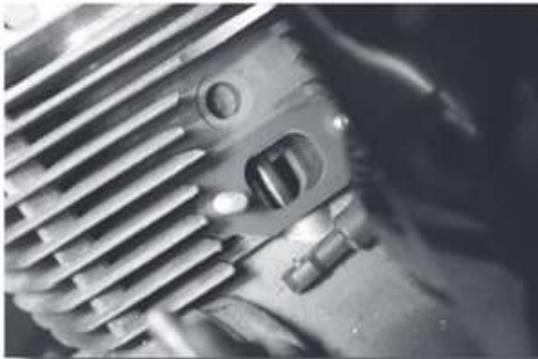
Au départ de la conception, les injecteurs étaient fixés directement dans le cylindre grâce à un alésage pratiqué dans le fut



« ailette », au dessus de l'orifice d'admission. En cours de programme, il fut décidé, essentiellement pour abaisser la température de fonctionnement de l'injecteur, d'intercaler une pièce de fonderie servant à la fois de porte injecteur, l'isolant thermiquement, et également de tubulure d'admission pour l'air non carburé.



On voit ci-dessous l'ancrage du porte injecteur dans le cylindre. On remarquera que l'orifice d'admission d'air est « barré » d'un tube rond, qui est en fait le transfert additionnel qui vient « ventiler » l'extérieur du bec du porte injecteur, et qui est censé « limiter » le dépôt de calamine à l'extrémité de l'injecteur.



On aperçoit, au dessus, l'alésage pratiqué dans le cylindre pour permettre l'introduction du bec du porte injecteur, et la place réservée au joint noir qui assure étanchéité et isolation thermique. En dessous vous voyez l'extrémité de la tuyauterie d'huile fixée en dessous de la tubulure d'air.

L'injecteur lui-même est isolé thermiquement du porte-injecteur par un joint qui bien entendu assure aussi l'étanchéité aux gaz.

L'orifice du porte-injecteur, côté intérieur du cylindre, est face à un trou dans la chemise, sensiblement au niveau du haut des transferts, pour expulser le carburant face au haut de la lumière d'échappement.

Le flux d'air émanant

des transferts et le « retour » des gaz venant de l'échappement oriente le jet d'essence vers le haut du cylindre. Bon, vous vous sentez mieux là ? On continue ? Allez, fini la pause !



Les injecteurs :

Originellement les essais furent conduits avec des injecteurs utilisés par Bosch pour son dispositif Jetronic et implantés sur un grand nombre de voitures, dont notamment la Citroën DS IE.

On reconnaît d'ailleurs la connectique bleue-vert spécifique aux modèles Citroën sur le « prototype » de la 500 exposé au salon 1973. Il s'agit dans cette génération d'un fonctionnement basse pression à 2 bars. Au gré des essais les ingénieurs de la Motobécane affinèrent le besoin, et les caractéristiques des injecteurs. Ils purent mettre au point des spécificités propres à leur usage (cf. articles 1 et 2 précédents) ce qui permit à Bosch de réaliser des séries d'injecteurs aux caractéristiques différentes, certains estampillée 414105, dont on retrouve deux exemplaires (?) sur la machine « rentrée » des USA, aussi 414107 sur la machine la plus aboutie. A l'intérieur de cette dernière série, on relève également des variations de débit non négligeables... prototype oblige ! Les travaux portèrent sur le profil du bec, sur la suppression de la partie externe de l'aiguille qui avait tendance à « calaminer », sur la diminution du calibre du trou, sur l'épaisseur de la calle d'entrefer qui trop épaisse sur les injecteurs d'origine provoquait un rebond de l'aiguille sous l'effet de la décharge de condensateur ce qui limitait le débit à haut régime, et enfin sur le tarage du ressort de rappel qui fut semble t'il fixé à 4 Newtons.



On a un aperçu clair du résultat lorsqu'on compare la forme du jet en sortie des injecteurs Citroën (jet large) et de ceux mis au point spécifiquement (jet fin). Le débit des injecteurs en instantané, à pleine ouverture permanente est comparable, soit environ 390 cm³ par minute sous 2 bars.



Soumis à la décharge des condensateurs, et à la régulation par la contremesure, on s'aperçoit que les

injecteurs Citroën ont un débit sensiblement plus faible en dessous de 3500 TM, mais par contre un débit supérieur de près de 30% à haut régime... c'est le principal problème que je rencontre encore dans mes travaux de mise au point au banc, et c'est de loin le plus complexe à régler... mais on a une solution (voir prochain article).

La pompe d'injection basse pression : Inspirée des pompes mécaniques à membrane d'alimentation des carburateurs, elle bénéficie d'une « miniaturisation » qui induit des carters et organes mobiles internes spéciaux, et impossibles à trouver dans le commerce. Le tarage du ressort de poussée est de 132 Newtons. Cette pompe bénéficie de 2 membranes superposées (pour sécuriser le fonctionnement et éviter la retombée d'essence dans le carter d'embrayage) de 0,6 mm d'épaisseur et comportant un pli formé à chaud pour éviter le déchirement lors de la course du levier de poussée. Ce dernier est entraîné par une came située sur l'axe de la couronne d'embrayage.



L'alternateur spécifique :

Comme évoqué dans les précédents articles la commande des injecteurs se fait comme pour l'allumage par décharge de condensateur. Il fallait donc modifier l'alternateur de sorte à trouver une source d'alimentation propre aux condensateurs d'injection. Pour ce faire l'équipe de René Moutet modifiait le stator en supprimant une des bobines dévolues à la charge de la batterie et la remplaça par une bobine spécifique procurant la tension de charge adaptée pour alimenter en série les 3 condensateurs.



Stator classique modèle carburateur

(bonne nouvelle, je n'envisage pas de rouler de nuit !)

Le déclenchement de la décharge des condensateurs dans les injecteurs se fait grâce à un étage supplémentaire de capteurs fixés sur un carter additionnel spécifique. Le rotor porte un picot externe supplémentaire qui passe devant cette deuxième rangée de capteurs. Ceux-ci



Stator 350 injection bobine spécifique



sont spécifiques et introuvables car ils comportent une sortie de filerie sur le côté pour gagner de la place en empilement et ne pas trop élargir le bloc moteur, dans la mesure où les capteurs de la deuxième rangée sont dans l'alignement et en superposition des premiers. Encore un point que j'ai du régler pour l'adaptation de ma machine... mais chutttt, vous verrez ça le trimestre prochain.

Le cœur de la belle : le calculateur électronique : *(Aaahh, quand on vous parle de cœur, vous voilà tout chose, hein !)*

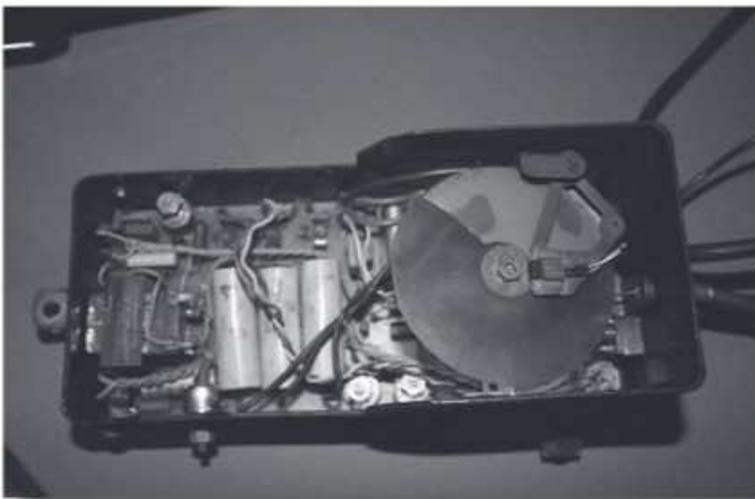


Le cœur de la belle est niché, délicatement posé sur 3 silentbloks, au croisement des tubes du cadre, sous le réservoir. Bien protégé, certes, mais pas facile d'accès.



On aperçoit le câble de traction du bras de lecture infrarouge et les 3 câbles de jonction avec les injecteurs, et leur connectique.

La belle à cœur ouvert : *(Nous y voilà, prêts à percer les secrets de son âme !)*



Le disque mémoire optique est juché sur l'axe central du tachymètre ; le bras de lecture infrarouge double, tracté par

le câble des gaz, enfourche le disque (je rougis de confusion mademoiselle !). Simple donc... plus vous ouvrez les gaz, et plus le bras de lecture se déplace vers l'extérieur du disque, tandis que celui-ci tourne autour de l'axe du tachymètre avec l'augmentation du régime moteur. La diode infra rouge du dessus envoie un rayonnement au travers du disque que la tête de lecture, située dessous, capte ; le niveau de gris déposé en un endroit donné absorbe une partie du rayonnement. Le résiduel capté est converti en tension pour la contremesure, donc en débit pour l'injecteur... mais vous savez tout ça par cœur maintenant, que diable !

Vous apercevez les 3 condensateurs cylindriques qui sont chargés par la bobine spéciale du stator et d'où la décharge est envoyée vers les injecteurs au passage du picot externe devant les capteurs supplémentaires.

Comme presque rien n'est parfait (sauf l'attention que vous me portez...soyez en chaleureusement remerciés... si si, j'insiste !), vous devinez que la traction du bras, puis le temps de rotation du disque représente une inertie certaine... donc du retard en réponse. De plus, si vous passez brutalement d'un coin à un autre de la poignée des gaz (oui, je sais, ce n'est pas votre genre du tout du tout...), le lecteur va se retrouver un peu perdu sans transitoire dans les valeurs de richesse lues... donc, soyez sage avec la belle... caressez la en douceur (la poignée évidemment... ils s'y voyaient déjà les coquins !) et accompagnez la montée en régime en souplesse.



Voici le maître, René Moutet, tout ému, 40 ans après, de redécouvrir son disque mémoire, et d'expliquer à votre serviteur, candide de service, les répartitions des points sur le disque...le bougre, il connaît la musique et sa partition à fond ! Habilement dissimulé sous les doigts de René, on devine une partie du disque « oblitérée » par une couche supplémentaire opaque. Il s'agit d'une zone située jusqu'aux environ de 3 000 TM où la correction était neutralisée...question de mise au point à l'époque.



Connectique d'époque ! En horizontal, c'est l'entrée de la bobine d'alimentation, en vertical les 3 entrées des capteurs. Et



le petit fil noir, tout seul avec les deux gris, qu'est ce donc ? Merci d'avoir été patient... c'est le câblage du starter que vous retrouvez, d'une part au contacteur Novi à main gauche sur le guidon, et d'autre part à l'interrupteur situé entre compteur et compte tours.

Avant démarrage, l'interrupteur est basculé en bas ; le voyant blanc s'allume ; le starter est en fait une mise à la masse qui neutralise l'effet de la contremesure, et de ce fait les injecteurs reçoivent les 300 volts des condensateurs sans régulation ; on obtient environ 34 mm³ par coup... (pour être riche, c'est riche, je peux en témoigner). Après quelques secondes on relève l'interrupteur et on doit se retrouver au ralenti (en principe... sourire).



Le bouton poussoir est bien utile parfois... en entrée de virage, un petit coup, et hop... on enrichit... petit effet pompe de reprise assuré !

Bon, cet effeuillage vous a plu ? J'en suis content. Le trimestre prochain, vous découvrirez le travail que je conduit, avec l'aide précieuse de René Moutet, et les conseils des « anciens » pour remonter l'une des 4 machines rescapée, et très incomplète (c'est le moins qu'on puisse dire). J'y passe une bonne partie de mes maigres loisirs depuis plus de 2 ans et demi... un travail tout à fait déraisonnable comme je les aime.

La machine tourne, tous les dimanches un peu mieux (même si parfois il y a des marches arrière dont on se passerait) ; il reste encore pas

mal de mise au point et de moins en moins de temps... mais on va y arriver !

Le premier juin (hélas avant la parution du dernier article) elle sera sur le circuit de Dijon, prête à tourner. Jean Farge Président et tout le bureau du Motobécane club de France vous convient, avec vos « jaunes » à une « concentration » et nous l'espérons une procession sacerdotale. Nous espérons aussi obtenir des organisateurs au moins un tour d'honneur sur le circuit toutes bannières déployées. Ils se battent comme des beaux diables (pas si beaux qu'ils le pensent, mais bon...) pour ça ! Ce sera un moment émouvant pour moi, je vous l'avoue, et pour l'équipe des anciens de la Motobécane qui sera là. Venez nombreux nous enfumer avec vos jaunes ! Merci d'avance à chacun d'entre vous.