

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

2/90

وزارة التعليم و البحث العلمي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

## ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : **GENIE MECANIQUE**

BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

1ea

## PROJET DE FIN D'ETUDES

### SUJET

MISE EN MARCHÉ  
DU BANC D'ESSAI "R 16"  
(essence GNC)  
&  
ELABORATION D'UN MANUEL  
DE TRAVAUX PRATIQUES

Proposé Par :  
BENBRAIKA

Etudié par :  
A. L-ADI

Dirigé par :  
BENBRAIKA

PROMOTION : JUIN 1990

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
المكتبة — BIBLIOTHEQUE  
Ecole Nationale Polytechnique

## GENIE MECANIQUE

MISE EN MARCHÉ  
DU BANC D'ESSAI "R 16"  
(essence GNC)  
&  
ELABORATION D'UN MANUEL  
DE TRAVAUX PRATIQUES

BENBRAIKA

A. L-ADI

BENBRAIKA

JUIN 1990

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الحمد لله الذي هدانا لهذا وما كنا لنهتدي

لولا أن هدانا الله.

اللهم تقبل منا أعمالنا وأجملها خالصة لوجهك

الكريم ووفقنا للعلم بها في مرضاتك.

اللهم انفعنا بما علمتنا وعلينا ما ينفعنا

وزدنا علما.

الْحَمْدُ لِلَّهِ

# Dédicaces

A mon défunt Père

A ma très chère mère

A mes frères

A toute ma famille

# Remerciements

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

Je remercie Dieu pour m'avoir donné la santé afin d'accomplir ce modeste travail.

Dans le cadre de cette étude , je tiens à remercier tous les professeurs qui ont contribué de près ou de loin à ma formation , en particulier mon promoteur Monsieur BENBRAIKA pour les conseils qu'il m'a prodigués

Mes remerciements vont également à l'ensemble des agents du département de génie mécanique.

Je saisis aussi l'occasion d'exprimer mes remerciements et ma gratitude à Mlle SORAYA et Mlle MAHFOUF.

Que tous mes amis trouvent ici ma profonde reconnaissance.

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE  
Département : Génie Mécanique  
Promoteur : M. BENBRAIKA  
Etudiant : ADI AHMED LOTFI

وزارة التعليم العالي

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
الدائرة: الهندسة الميكانيكية  
المشرف: محمد بن بريجة  
الطالب: آدي أحمد لطفي

العنوان : تشغيل مضخة تجريب لمحرك بنزين 16 بالغاز الطبيعي المضغوط مع الاجاز مرجع للاعمال التطبيقية .

الملخص: يهدف صلبنا اولا الى تشغيل مضخة تجريب 16 بالبنزين ثم بالغاز الطبيعي المضغوط و ثانيا الى اجاز مرجع للاعمال التطبيقية .

لمذا الغرض صلحنا محرك و الطبخ العالي (نوع SCHENCK و بعض اجزاة العياس التي تصاحبها باسمه .  
فما ببعض التجارب لملاحظة خصائص المحرك :

Sujet: Mise en marche du banc d'essai R16(Essence-GNC) , et élaboration d'un manuel de travaux pratiques.

Résumé: Notre travail consiste d'une part à mettre en marche, à l'essence et au gaz naturel comprimé , le banc d'essai R16 , et d'autre part à élaborer un manuel de travaux pratiques . A cet effet , nous avons remis en état le moteur , et réparé le frein dynamométrique hydraulique SCHENCK ainsi que certains appareils de mesure que nous avons par la suite étalonnés. Nous avons alors défini les caractéristiques du moteur.

Subject: Starting of the R16 engine testing bench, and elaborating user's guide.

Abstract: Our work consists firstly the starting of R16 engine testing bench fueling with gasoline and with compressed natural gaz; and secondly, in laborating user's guide .So we have repaired the engine, the hydraulique brake and the mesuring equipments witch were also gauged. We then, proceeded to the starting of our engine and defined the engine's caracteristiques.

## SOMMAIRE

### CHAPITRES

I.	INTRODUCTION .....	1
II.	GENERALITES SUR LES COMBUSTIBLES .....	3
III.	HISTORIQUE SUR LES MOTEURS AUTOMOBILES .....	6
	III.1. Cycles .....	7
	III.2. Classification .....	8
IV.	PRESENTATION DU BANC D'ESSAI .....	9
	IV.1. DESCRIPTION DU BANC D'ESSAI .....	9
	A. Le Moteur .....	9
	B. Le Frein hydraulique .....	12
	C. La Console de commande .....	13
	IV.2. TRAVAUX EFFECTUES SUR LE BANC D'ESSAI .....	15
	A. Réparation .....	15
	B. Etalonnage des appareils de mesures .....	17
	B.1. Etalonnage du frein .....	17
	B.2. " du thermocouple .....	20
	B.3. " du tachymètre .....	23
	B.4. " du débitmètre à gaz .....	25
V.	DETERMINATION ET INTERPRETATION DES CARACTERISTIQUES EXPERIMENTALES DU MOTEUR .....	26
	V.1. Détermination des paramètres du moteurs .....	27
	V.2. Détermination des fonctions caractéristiques .....	28
	V.3. Essais et mesures .....	32
	V.4. Commentaires .....	40

VI. PROCEDURE DE TRAVAUX PRATIQUES.....	45
VI.1. Présentation du matériel expérimental.....	46
VI.2. Rappels théoriques.....	48
VI.3. Précautions importantes à observer.....	50
VI.4. Manipulations.....	51
VI.5. Interprétations des résultats expérimentaux.....	51
VI.6. Conclusion.....	51
VII. CONCLUSION GENERALE.....	52
Annexes : - Entretien du banc d'essai	
- Planches	
Bibliographie	

## AVANT PROPOS

Parmi les utilisations énergétiques, c'est assurément le domaine des transports et celui de la mécanisation de l'agriculture et des travaux publics, secteurs vitaux des activités du monde moderne, qui mettent le plus en relief le rôle essentiel du pétrole. Le fait que le pétrole constitue une réserve d'énergie à la fois compacte et facile à utiliser le rend particulièrement bien adapté aux applications mobiles et difficilement remplaçable par d'autres formes d'énergie.

Néanmoins le gaz naturel, par ses propriétés physico-chimiques sa réserve mondiale et son prix de revient, vient à grands pas compromettre la place qu'occupe ce pétrole notamment dans l'industrie automobile.

L'Algérie, grâce à ses importantes ressources en gaz naturel se hisse à une honorable place des pays exportateurs de cet hydrocarbure, et ses gisements sont estimés à plus de 100 milliards de mètres cubes de gaz naturel à fort pourcentage en méthane. se sent directement concernée par l'essor prometteur de ce nouveau combustible se devait donc d'entreprendre de nombreux efforts dans cette voie.

A cet effet les responsables et chercheurs de l'Ecole Nationale de Polytechnique se sont penchés sur ce problème et ont donné un certain nombre d'orientations et d'idées pour l'exploitation de cet hydrocarbure.

## CHAPITRE

### INTRODUCTION

Le gaz, matière énergétique, aux immenses réserves, était tout récemment encore, un combustible mal utilisé sinon gaspillé. Bien sûr, si d'immenses gisements ont été découverts et sont aujourd'hui exploités à travers le monde, rien n'interdit de dire qu'il y a d'autres gisements dont l'existence n'est même pas soupçonnée et qui pourraient être découverts demain.

Si dans la phase actuelle du développement de l'énergie la priorité est donnée aux pétroles, il n'en demeure pas moins qu'une nouvelle tendance se dessine. Cette tendance accorde un intérêt certain pour les hydrocarbures gazeux.

Les problèmes posés par la pollution de l'air sont à l'origine de cette nouvelle tendance qui n'a pas manqué de rencontrer beaucoup d'opposition et d'hésitation.

Il est facile de comprendre cette hostilité à l'égard du gaz. Les intérêts en jeu sont trop importants pour que son utilisation ne soulève pas d'objections. Mais, il est certain, et nous en sommes convaincus, que l'avenir est au gaz. Nous pouvons rappeler à l'appui de cette affirmation l'augmentation de la demande, donc de la consommation du gaz. Et les expériences menées à l'heure actuelle dans certains états des Etats Unis d'Amérique et les contrats passés par des sociétés mondiales avec l'Algérie, pour l'achat de gaz naturel sont caractéristiques de cette évolution.

Réduire la pollution de l'atmosphère ; telle est la nécessité qui s'impose actuellement à notre monde.

Or les expériences faites en matière de combustion avec le gaz naturel comprimé sont concluantes. C'est dans cet ordre d'idées qu'un laboratoire d'énergetique a été installé dans le département de génie mécanique de l'Ecole Nationale Polytechnique. Il y a lieu de rappeler à ce propos les efforts et travaux des professeurs et des ingénieurs, issus des précédentes promotions de notre école, dans ce domaine. Dans leurs publications, ils se sont penchés sur les problèmes posés par l'utilisation du gaz et son extension aux domaines de l'aéronautique et de l'automobile, et proposent des solutions d'avenir.

C'est dans cette perspective que se situe ce projet de fin d'études que nous avons l'honneur de soutenir aujourd'hui.

Nous avons essayé, dans la mesure de nos possibilités, d'apporter notre modeste contribution à la mise en marche et essai d'un moteur essence (R.1150 type R16) au gaz naturel comprimé, guidés par le constant souci d'aider et faciliter la formation des générations à venir en mettant à leur disposition un matériel de travaux pratiques.

Puisse notre modeste contribution leur être utile.

## CHAPITRE II

### GENERALITES SUR LES COMBUSTIBLES

Un combustible c'est tout corps susceptible de se combiner avec de l'oxygène en réalisant un ensemble de phénomènes physiques, chimiques, et thermodynamiques dénommé "combustion".

La combustion complète de l'essence dans les cylindres est une réaction exothermique de l'oxygène de l'air sur les carbures d'hydrogène avec production de gaz carbonique et de vapeur d'eau évacués dans les gaz résiduels.

Le pouvoir calorifique d'un combustible est l'une de ses principales caractéristiques, c'est la quantité de chaleur dégagée par kg de combustible, il se mesure en kilocalories.

Actuellement la majeure partie des moteurs automobiles sont conçus pour marcher avec des dérivés de pétrole brut, ce dernier se trouve enfin dans le sol à des profondeurs variables.

Son traitement comporte une série de distillations [1]

La première sépare les produits les plus volatils en particulier l'essence et le gas-oil.

La deuxième distillation effectuée sur le résidu de la précédente (mazout) sépare les huiles de graissage.

- Les essences : Les vapeurs d'essence sont distillées jusqu'à une température voisine de 150°, les produits constituent les essences brutes qui subissent une distillation à leur tour et un raffinage .

Les essences de l'automobile sont caractérisées par leur chaleur spécifique, la volatilité, la résistance à la détonation, la densité et la couleur, parmi ces essences nous distinguons :

- les essences légères (Gazoline) de densité égale à 0,709,
- les essences touristes de densité égale à 0,720,
- les essences lourdes de densité égale à 0,740.

Le problème des carburants de remplacement de l'essence est d'un intérêt national.

Du point de vue technique le nombre de carburants et de combustibles susceptibles de prétendre au titre de remplaçant de l'essence est assez grand. Pratiquement, le choix est limité à ceux répondant à des conditions essentielles de fabrications. Il doivent en particulier :

- être tirés uniquement et en très grande quantité des produits du sol national,
- être d'un prix de revient assez bas,
- se présenter tel que leur transport soit facile et rapide dans tout le territoire national.

Les combustibles se présentent sous forme liquide, solide, ou gazeux, il y a lieu d'y ajouter l'énergie électrique (accumulateurs) , certain pays utilisent déjà ces combustibles de remplacement comme le Brésil qui utilise de l'alcool.

Les combustibles gazeux ont déjà été utilisés en période de rarefaction de l'essence mais leur emploi exige des modifications du moteur et suppose que le ravitaillement par échange de bouteilles conçu pour leur adaptation sur les véhicules soit organisé.

Les principaux combustibles gazeux sont, l'acétylène, le méthane, le propane, le butane, l'ammoniaque et enfin le gaz naturel. Le gaz naturel par sa forte concentration en méthane est le mieux adapté au fonctionnement dans un moteur à combustion interne par sa résistance à l'auto-inflammation (indice d'octane 140).

## CHAPITRE III

### HISTORIQUE SUR LES MOTEURS AUTOMOBILES

Le moteur à combustion interne à piston est très ancien au moins dans ses principes, et exception faite de la machine à vapeur il est difficile de trouver actuellement des réalisations techniques aussi près des idées générales conçues il y a un siècle.

C'est en effet en janvier 1862 que le Français Alphonse Beau de Rochas, ingénieur des chemins de Fer de Provence, obtient un brevet pour le cycle à quatre temps avec compression préalable universellement appliqué de nos jours.

Quelques années plus tard en 1876, l'Allemand N.A Otto réalise le premier moteur thermique fonctionnant selon le cycle de Beau de Rochas.

Avec les Français Hugon et Lenoir apparaît en 1860 le moteur à deux temps, à un seul cylindre, mais la première application sera due, en 1879, à Dugald Clerk.

Les moteurs à combustion interne qui sont alors fabriqués fonctionnent aux gaz de hauts fourneaux ou à l'essence de pétrole avec allumage par étincelle.

Un autre type de moteur va naître des travaux de Rudolphe Diesel qui essaie, tout d'abord, d'appliquer le cycle de Carnot à la réalisation d'un moteur alimenté en poussière de Charbon. Celui-ci est injecté dans une atmosphère portée à une température élevée par compression et il doit s'enflammer spontanément au fur et à mesure de son introduction.

Les travaux entrepris par l'inventeur, avec la collaboration des ingénieurs de la société Krupp, aboutiront en 1897 au moteur diesel tel qu'on le connaît aujourd'hui.

Ainsi apparaissent les moteurs à combustion interne à deux et à quatre temps, à allumage commandé ou allumage par compression, dont les réalisations successives, depuis un siècle, aboutiront aux machines perfectionnées que nous connaissons aujourd'hui. [2]

### III.1.1. Les cycles

Le cycle c'est l'évolution en pression et en température de la masse gazeuse à l'intérieur d'un cylindre de moteur thermique. Le renouvellement de cette masse gazeuse s'effectue tous les deux (02) tours de vilebrequins dans les cycles à quatre (04) temps et chaque tour dans les cycles à deux temps.

Le cycle à quatre temps :

- Premier temps : Admission de la masse gazeuse pendant la course descendante du piston : durant cette phase le cylindre est ouvert au milieu extérieur par l'orifice d'admission.
- Deuxième temps : Dans sa course ascendante le piston comprime la masse gazeuse après fermeture de l'orifice d'admission en fin de compression, l'inflammation du gaz est réalisée par l'étincelle d'allumage.

- Troisième temps : Les gaz sont portés à une température élevée par la combustion et la pression s'élève dans le cylindre durant la course descendante, le piston reçoit l'effort correspondant à la détente des gaz.
- Quatrième temps : L'orifice d'échappement est ouvert dans sa course ascendante, le piston refoule les gaz brûlés à l'extérieur du cylindre.

### III.2. Classification des moteurs [2]

Le type de moteur le plus couramment utilisé pour la propulsion des véhicules automobiles et des motocycles est le moteur à allumage commandé. Sa gamme de puissance se situe entre quelques dixièmes de chevaux (cv) et 1000 chevaux.

Le fonctionnement de ce moteur repose sur le mélange préalable du combustible et comburant et sur la nature de combustion du mélange carburé.

L'autre type de moteurs dit moteurs à allumage par compression (moteur diesel) ont leurs puissances comprises entre quelques (cv) et 45000cv, leurs actions sont multiples.

Le processus de combustion de ces moteurs est très différent de celui des précédents en sens que le combustible est directement injecté dans le carburant préalablement porté à haute température par compression adiabatique.

## CHAPITRE IV

### PRESENTATION DU BANC D'ESSAI

Il n'est plus possible de se prononcer de façon décisive sur la qualité et la valeur de service d'un moteur sans avoir effectué d'essai.

Le banc d'essai est maintenant une notion indissociable dans la construction des moteurs.

#### IV.1. DESCRIPTION DU BANC D'ESSAI

Le banc d'essai sur lequel portent nos expériences se compose essentiellement du moteur à essayer relié à un frein hydraulique par l'intermédiaire d'un accouplement élastique, le tout est commandé par une console.

##### A. Le moteur

C'est un moteur à essence Renault 1150 (type R16) 4 temps comportant :

- quatre (04) cylindres en ligne,
- un système de refroidissement à eau,
- une pompe à essence mécanique (type 1002 SOFABEK),
- un allumeur DUCELLIER à contact auto-nettoyant (type 4159).

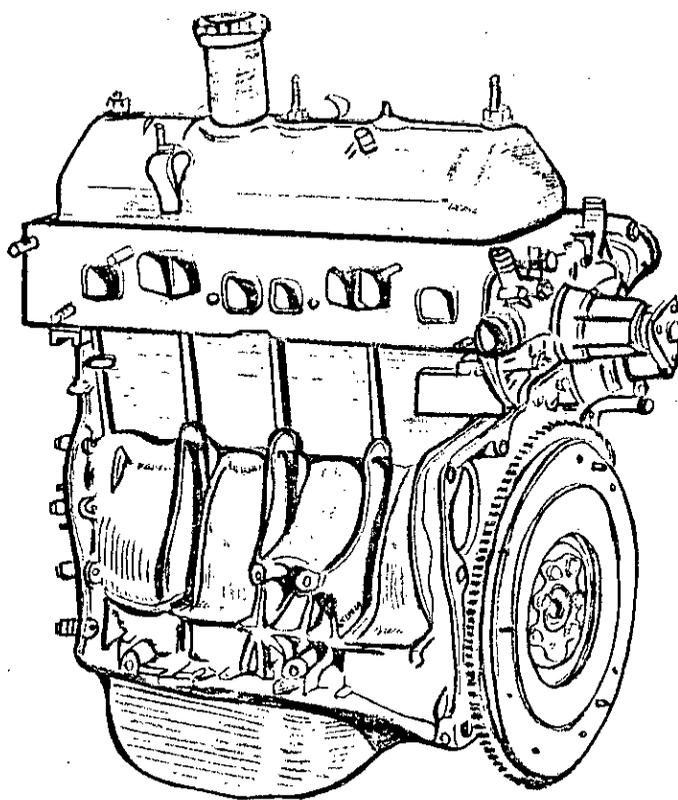


Fig.1- Vue d'ensemble d'un bloc moteur

Les caractéristiques techniques de ce moteur sont : [3]

Alesage.....	76 mm
Course.....	81 mm
Cylindre totale.....	1470cm <sup>3</sup>
Rapport volumétrique.....	8,6/1
Puissance effective à 5000tr/mn.....	DIN 58,5 cv SAE 62,6 cv
Couple maximum à 2800tr/mn.....	DIN 10,8 m kg SAE 10,75 m kg

Comme tout autre moteur le principe de fonctionnement du notre repose sur la transformation en travail mécanique d'une certaine énergie calorifique fournie par combustion. Les combustibles sont caractérisés par leur pouvoir calorifique, quantité de chaleur dégagée par la combustion de l'unité de masse.

Le moteur est équipé de deux circuits d'alimentation l'un en supercarburant et l'autre en combustible gazeux (le gaz naturel comprimé).

- 1 - Arrivée du carburant a partir du reservoir
- 2 - Robinet d'alimentation en carburant du reservoir(4)
- 3 - Vanne d'ouverture du reservoir(4)
- 4 - Reservoir supplémentaire en verre
- 5 - Vis d'air
- 6 - Pipettes de mesure de consommation
- 7 - Robinet de controle de l'admission du carburant au moteur
- 8 - Tube en bronze
- 9 - Tuyau en caoutchouc
- 10 - Vis de vidange de la pompe à essence
- 11 - Pompe à essence
- 12 - Tuyau allant vers le carburateur
- 13 - Bloc moteur

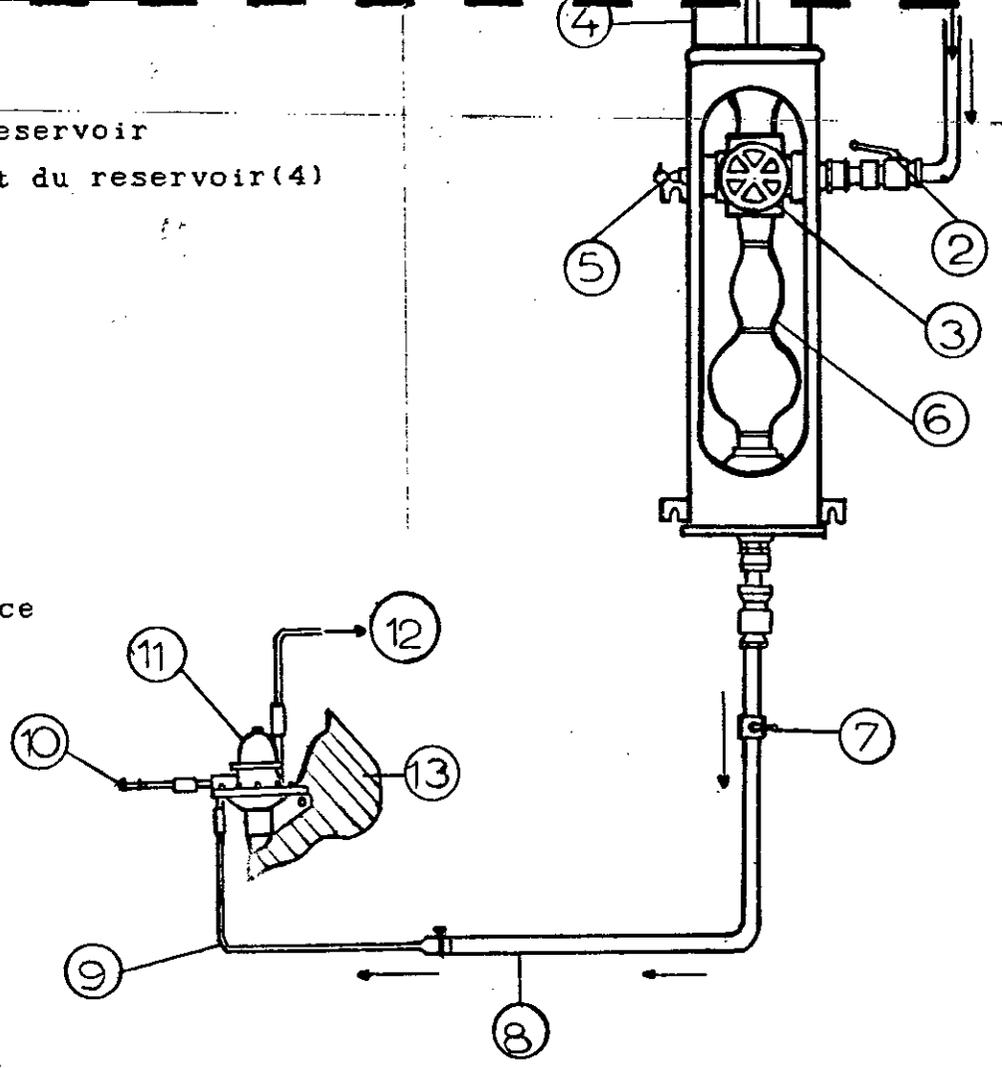


Fig.2- Circuit d'alimentation en essence

## 1. Cas du Super Carburant : (fig2)

L'approvisionnement se fait selon le model classique. Le carburant est emmagasiné dans un réservoir en tôle épaisse, ce dernier est lié à un débitmètre lequel est relié au carburateur par l'intermédiaire d'une pompe mécanique, de conduites en bronze, et de tyauterie.

Juste à l'entrée du débitmètre un robinet de remplissage de ce dernier nous permet de mesurer la quantité de carburant consommée par le moteur.

Un autre robinet permet la fermeture de l'admission de ce carburant pour permettre la mise en marche au gaz.

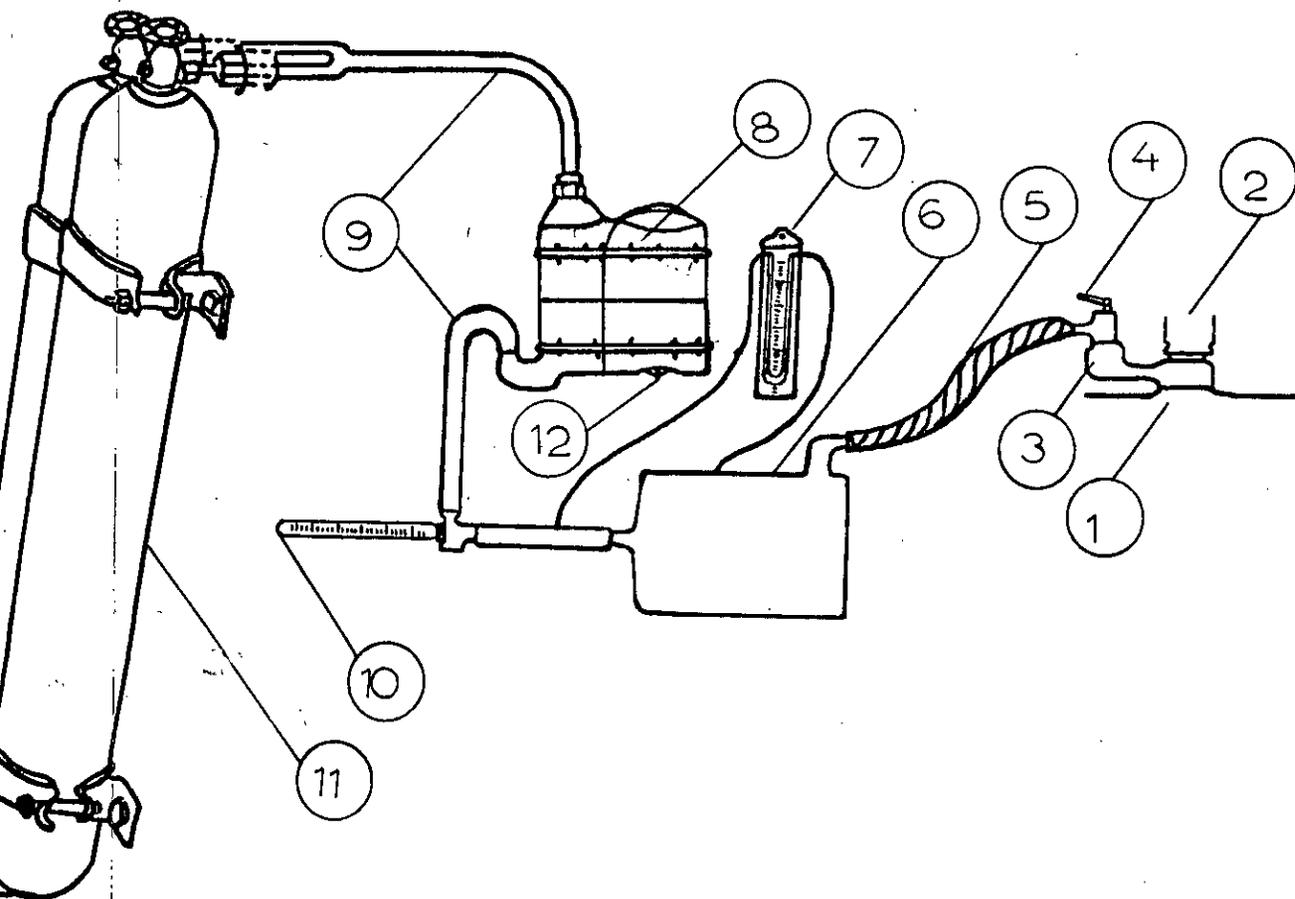
## 2. Cas du Gaz Naturel Comprimé : (fig3)

L'adaptation du moteur au gaz naturel comprimé nécessite certaines transformations et installations de pièces, principalement ;

### - un mélangeur (fig4)

Le mélange carburé air gaz est dosé au moyen d'un mélangeur du type Venturi.

Ce mélangeur s'adapte au carburateur à essence, la variation du débit de gaz se fait mécaniquement au moyen d'un papillon solidaire de celui du carburateur. Le mélangeur comprend une prise de gaz et une prise d'air pour le ralenti, ces deux prises sont réglées par deux vis-pointeaux.



- |                                   |                            |
|-----------------------------------|----------------------------|
| 1 - Collecteur d'admission        | 7 - Manomètre différentiel |
| 2 - Carburateur à essence         | 8 - Détendeur du GNC       |
| 3 - Mélangeur                     | 9 - Tuyau en caoutchouc    |
| 4 - Obturateur d'admission du GNC | 10 - Thermomètre           |
| 5 - Tuyau en caoutchouc           | 11 - Bouteille de GNC (HP) |
| 6 - Réservoir de détente          | 12 - Vis de purge          |

Fig. 3 - Circuit d'alimentation en GNC

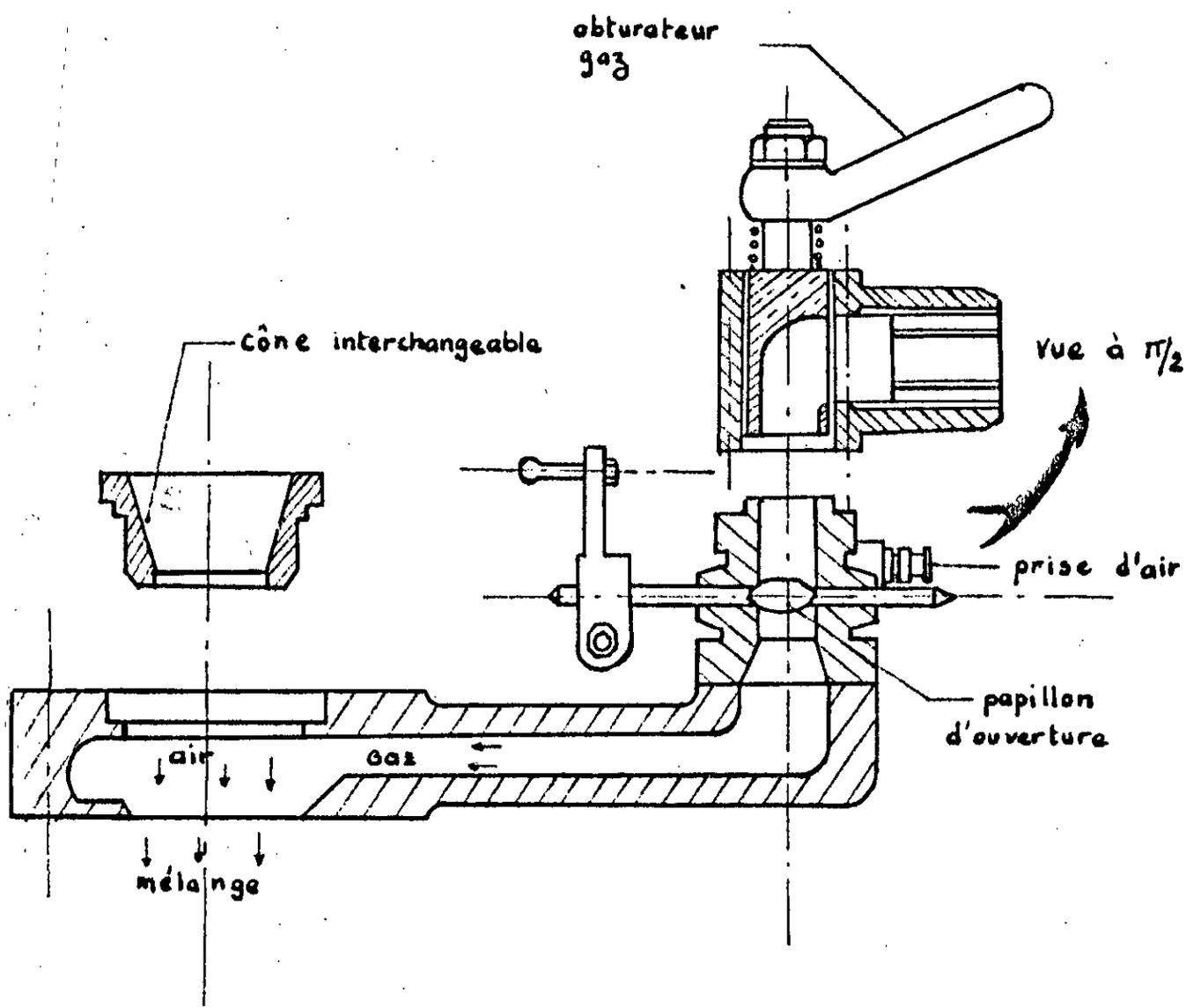


Fig.4 - Le Mélangeur

Le passage d'un carburant à un autre s'effectue simplement par une manoeuvre manuelle.

- un réservoir avec deux (02) prises de pression (avant l'entrée et à l'intérieur) reliées à un manomètre différentiel pour la mesure de la depression et donc du débit gaz.

- un réducteur de pression ou vaporisateur (détendeur).

- deux bouteilles à haute pression servant de réservoir.

#### B. Le Frein hydraulique : [4]

Par leurs vastes diagrammes de puissances et leurs vitesses maximales élevées, les freins hydrauliques offrent des possibilités d'essais et de contrôles de performances des moteurs, telles qu'elles sont exigées en recherche et en développement.

Le banc d'essai est équipé d'un frein hydraulique Schenck U1.16 constitué principalement de :

- un carter des leviers du dispositif de mesure monté sur le cadre du frein (fig 6).
- une tête de mesure NR (bascule à pendule d'inclinaison) dont le carter est fixé sur le socle du carter des leviers. (fig 7)  
Une tige de traction (4 fig 6) est introduite par le bras dans le carter de la tête, passée dans la cloche d'huile (24 fig 7) est enfin vissée est munie d'un écrou au levier intermédiaire dans le carter (2 fig 7).

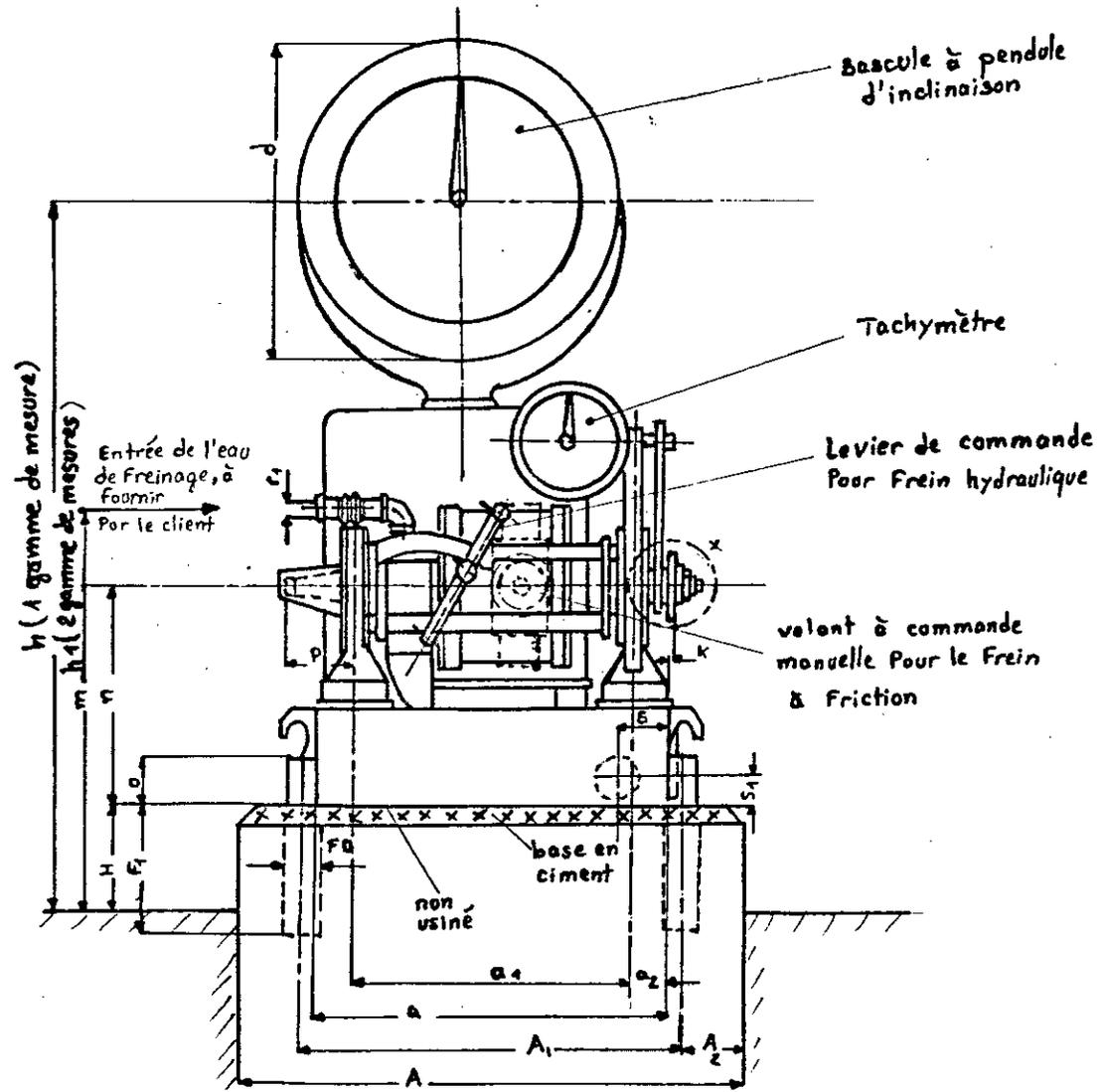


Fig.5- Vue d'ensemble du frein hydraulique SCHENCK

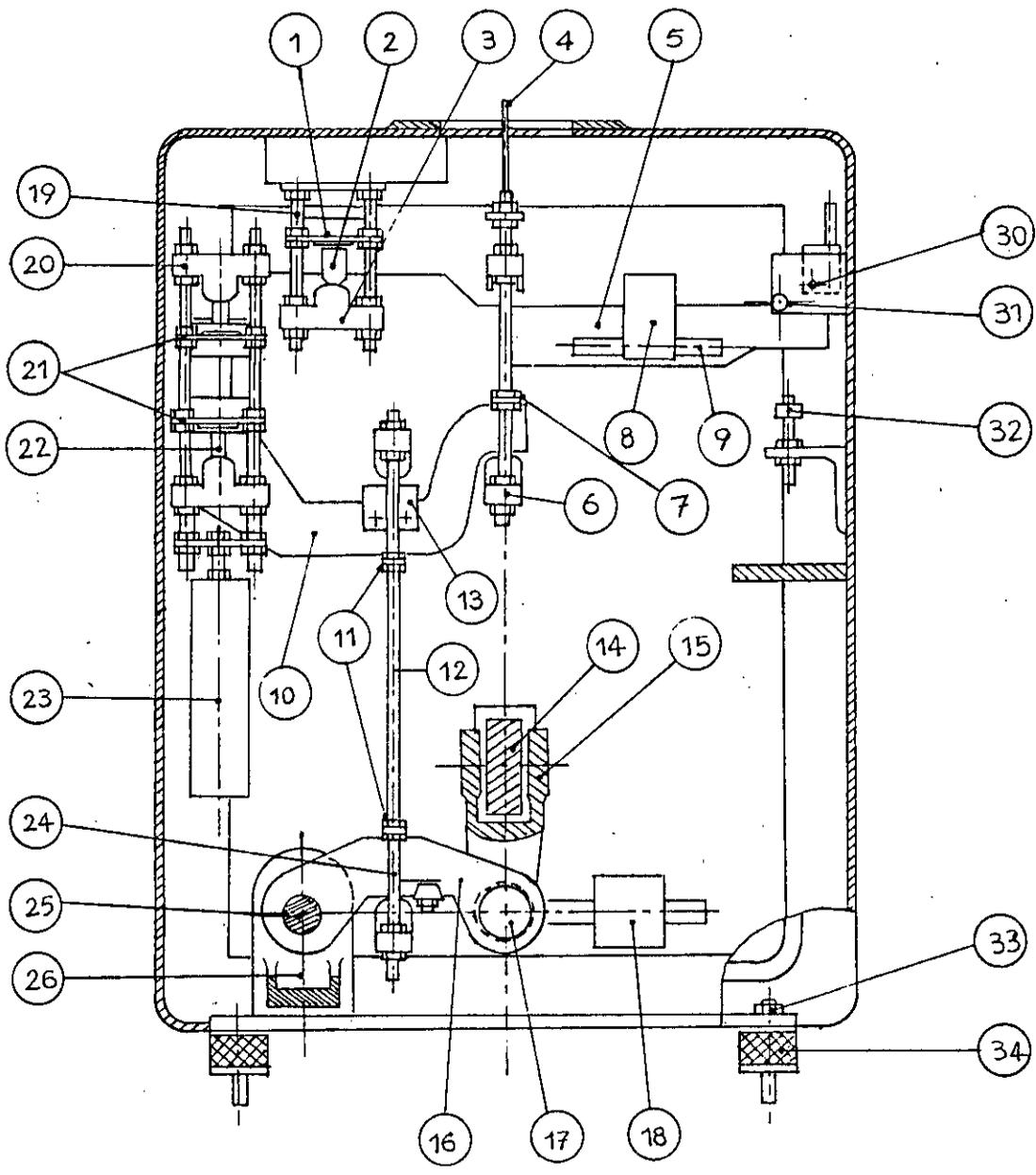


Fig.6- Carter des leviers du dispositif de mesure du couple

- 1 - Sécurité de suspension
- 2 - Axe au levier inverseur
- 3 - Bride de palier
- 4 - Tige de traction
- 5 - Levier inverseur
- 6 - Suspension à bride
- 7 - Sécurité de suspension
- 8 - poids de tare
- 9 - Boulon de tare
- 10 - Levier de raccord
- 11 - Sécurité de suspension
- 12 - Suspension de raccord
- 13 - Support-couteau cavalier
- 14 - Levier raccord au dispositif de mesure
- 15 - Fourche en croix
- 16 - Levier de charge
- 17 - Palier pendulaire à billes
- 18 - Poids de compensation
- 19 - Bride de palier
- 20 - Suspension au levier inverseur
- 21 - Sécurité de suspension
- 22 - Axe pour le levier de liaison
- 23 - Poids de compensation pour le levier inverseur
- 24 - Couteau plat
- 25 - Axe pour le levier de charge avec palier pendulaire à billes
- 26 - Palier des leviers
- 30 - Inversion gamme de mesure
- 31 - Vis sécurité de transport
- 32 - Blocs de caoutchouc
- 33 - Ecrou autoblocage
- 34 - Blocs de caoutchouc

Carter des leviers du dispositif de mesure du couple

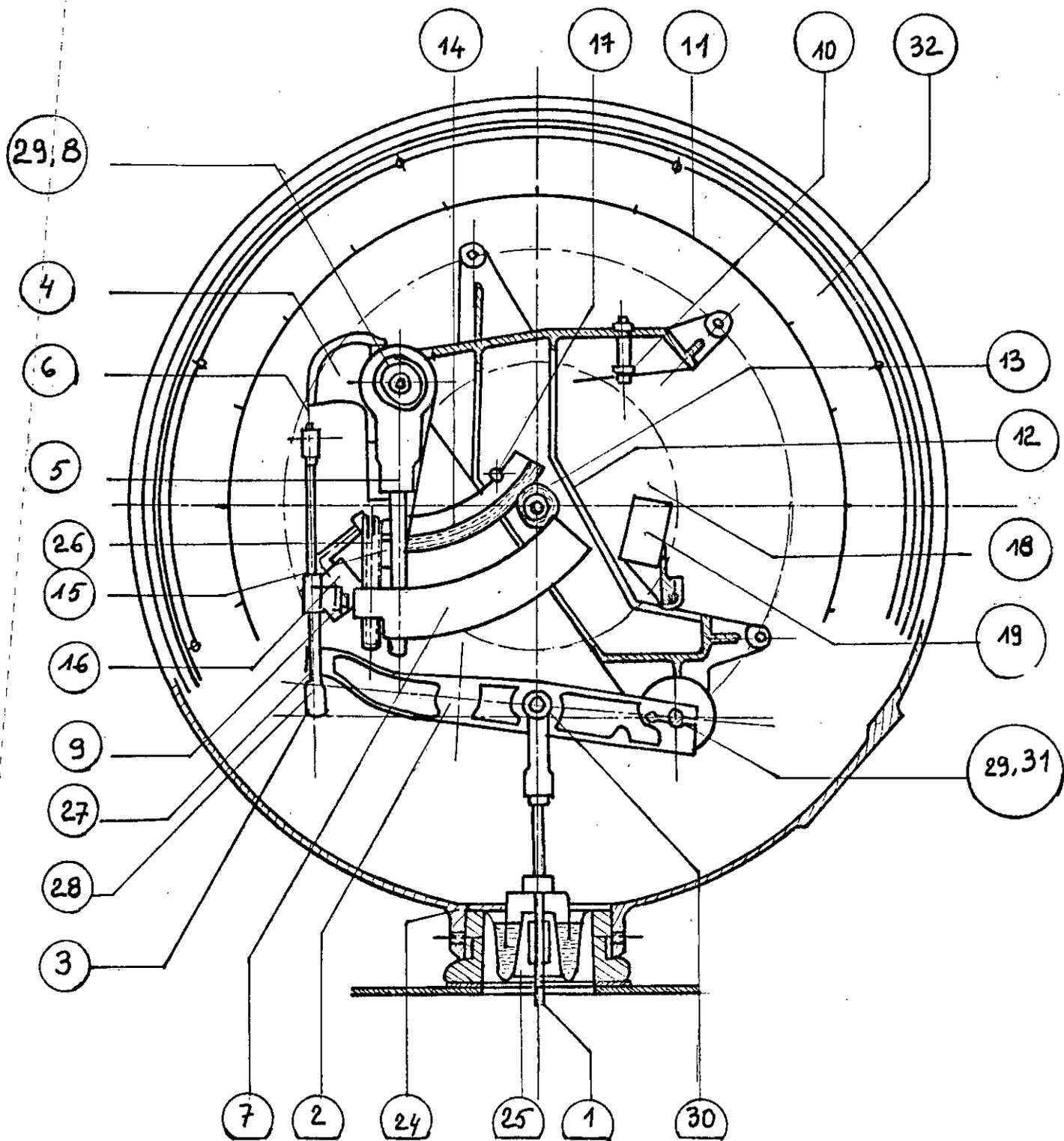


Fig.7- Tete à cadran circulaire avec peson

- 1 - Tige de traction au levier intermediaire
- 2 - Levier intermediaire
- 3 - Suspension au peson
- 4 - Courbe du peson
- 5 - Peson
- 6 - Ruban d'acier
- 7 - Poids d'inclinaison
- 8 - Axe du peson
- 9 - Butée zéro du peson
- 10 - Inclinaison complète du peson
- 11 - Cadran chiffré
- 12 - Arbre d'aiguille
- 13 - Roue dente
- 14 - Segment denté
- 15 - Tourillon du montage du segment denté
- 16 - Poids de compensation du segment denté
- 17 - Boulon de l'excentrique
- 18 - Disque d'amortissement
- 19 - Systeme magnetique spécial
- 24 - Cloche à huile
- 25 - Boite de jointoement à huile
- 26 - Vis de tarage au peson
- 27 - Couteau plat
- 28 - Coussinet
- 29 - Roulement à billes
- 30 - Palier pendulaire à billes
- 31 - Axe levier intermediaire
- 32 - Vitre

Tete à cadran circulaire avec peson, type NR

- un carter (rotor) tournant autour d'une roue immobile à aubes : le stator. Entraîné par le moteur le rotor partie tournante extérieur tourne autour stator double intérieur. Ce stator est monté en bascule et relié par un bras et un système de leviers à une balance permettant la mesure du couple de basculement. Cet entraînement est assuré par un arbre à cadran ou arbre articulé élastique.

#### C. La console de commande :

Devant la cellule du banc d'essai est installé un poste de commande et de mesure fonctionnel facile à utiliser. Elle contient :

- un galvanomètre, gradué en ( $^{\circ}\text{C}$ ), relié à un thermocouple nickel nickel branché juste à la sortie du collecteur d'échappement permettant de donner la température des gaz d'échappement,
- un tachymètre branché à l'extrémité du frein lié au moteur par l'intermédiaire de l'arbre à cardan. Il nous permet ainsi de mesurer la vitesse de rotation du moteur en tr/mn),
- un manomètre indiquant la pression d'huile dans le moteur gradué en ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
- un thermomètre indiquant la température ( $^{\circ}\text{C}$ ) de l'entrée d'eau au bloc cylindres,

- un thermomètre donnant la température (°c) de sortie d'eau du bloc moteurs,
- un thermomètre donnant la température de l'huile du moteur,
- une clé de contact,
- un contacteur de mise en marche du moteur,
- une télécommande électrique pour contrôler la charge du frein hydraulique,
- une manette de variation de régime,
- une commande manuelle du volet de démarrage à froid (le starter).

#### IV.2. TRAVAUX EFFECTUES SUR LE BANC D'ESSAI :

##### A. La réparation :

Au cours de la vérification du banc avant sa remise en service, nous avons détecté un certain nombre de défections de pièces, entre autres :

##### a - Le ventilateur :

Cette appareil était défectueux et le coût de sa réparation était beaucoup plus cher que son prix d'achat, alors nous avons préféré le remplacer par un neuf ayant les mêmes caractéristiques.

Sa vitesse était contrôlée par alternostat.

##### b - Bougies et faisceaux d'allumages :

Cet ensemble n'était plus opérationnel nous l'avons ainsi remplacé par un meilleur ensembles de bougies et de faisceaux.

##### c - Le radiateur :

Le radiateur doit assurer le meilleur échange de chaleur possible entre l'eau chaude arrivant du moteur et l'air ambiant. Or il était complètement dégradé par la rouille. Nous l'avons donc remplacé par un autre à 4 rangées et de même capacité, mais de dimensions moins encombrantes.

L'installation de ce nouveau radiateur a nécessité une modification se résumant en, la réalisation d'un châssis illustré par la figure 8.

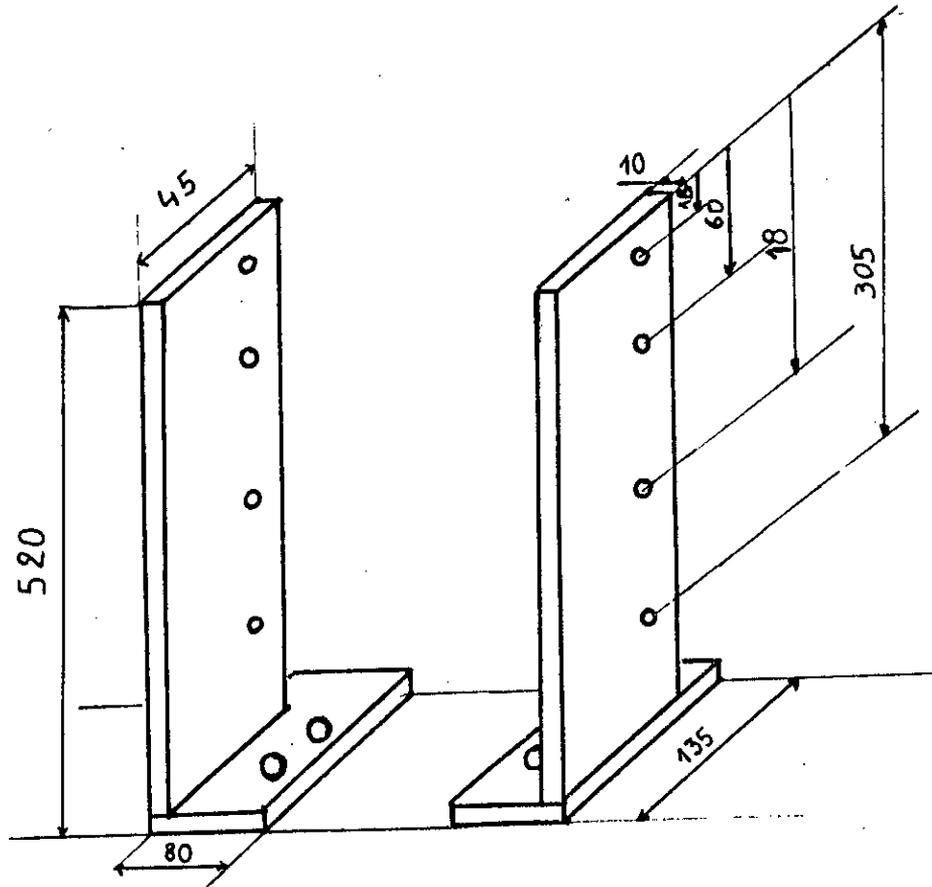


Fig. 8- Support du radiateur

d - Durites :

Le changement des durites ainsi que leur fixation à l'aide de colliers était l'une des tâches de remise en état du moteur.

e - La cuve d'eau :

A partir d'une cuve, une pompe alimente en eau le frein hydraulique et l'échangeur de chaleur. Alors pour éviter que des impuretés n'arrivent à travers le circuit d'alimentation du laboratoire, nous l'avons complètement nettoyé.

f - Le frein hydraulique :

C'est l'un des principaux organes du banc d'essai après l'avoir désaccouplé du moteur nous avons essayé de le faire tourner manuellement mais en vain.

Sa remise en état a nécessité :

- le démontage complet de cet organe,
- le nettoyage au gas-oil des roulements et de leurs logements,
- le polissage de l'arbre dont l'état de surface était rugueux,
- le graissage des roulements,

tous ces travaux de nettoyage terminés, l'ensemble des éléments ont été remis en place et le frein a été remonté.

g - Le circuit à essence :

L'ensemble des tubes et débitmètre présentaient d'importantes fuites que nous avons soudé, soit par changement de joints soit par soudure à la colle.

Nous tenons à signaler que les tuyaux d'alimentations en essence ont tous été remplacé.

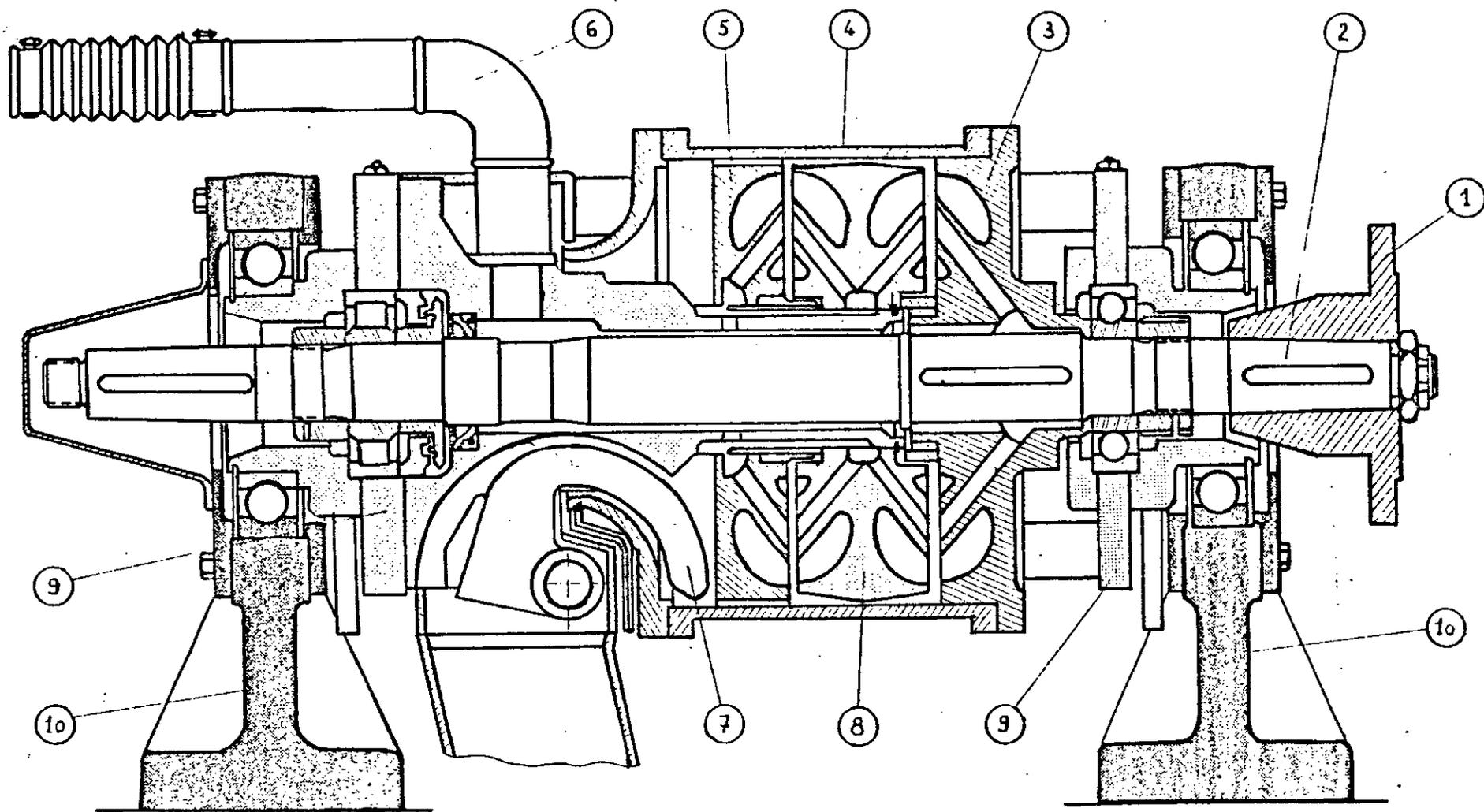
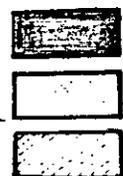


Fig. 9 - FREIN DYNAMOMETRIQUE HYDRAULIQUE (D'après Documentation Schenck).



Parties fixes  
 Parties oscillantes  
 Parties tournantes

1 Bride d'accouplement  
 2 Arbre du frein  
 3 Rotor droit  
 4 Carter du frein  
 5 Rotor gauche

6 Arrivée d'eau  
 7 Ecope  
 8 Stator double  
 9 Montant pendulaire  
 10 Support

## B. Etalonnage des appareils de mesures : [4]

### B.1. Etalonnage du frein : (fig10)

Pour la réalisation de cette sensible opération il nous a fallu :

- agir sur le poids de tarage dans le boîtier des leviers (fig 6) jusqu'à ce que l'indicateur recouvre le trait zéro du cadran. Il s'agit du tarage de la balance,
  - vérifier les pièces intérieures de la balance et les nettoyer or nous avons constaté un manque d'huile dans la cloche (24) de la tête à cadran, que nous avons comblé en y ajoutant une huile ayant à peu près les mêmes caractéristiques que celles de l'huile prescrite par le constructeur et à laquelle nous avons ajouté une petite quantité de gas-oil pour l'alléger et l'approcher de l'huile d'origine,
  - placer le levier d'étalonnage "c" avec suspension "b" et coupe à poids "a" ainsi que le levier de contre poids "e", et remettre la balance à zéro avec le curseur "d",
  - ajuster l'écart notable entre la valeur indiquée et le poids dans la coupe à l'aide de la vis de tarage (26 fig7).
- Cette dernière opération a permis une diminution de la déviation mais nous n'avons obtenu une assez bonne précision, c'est pourquoi nous avons jugé utile de tracer une courbe d'étalonnage du frein (fig 7.8) à partir d'un certain nombre de masses connues.

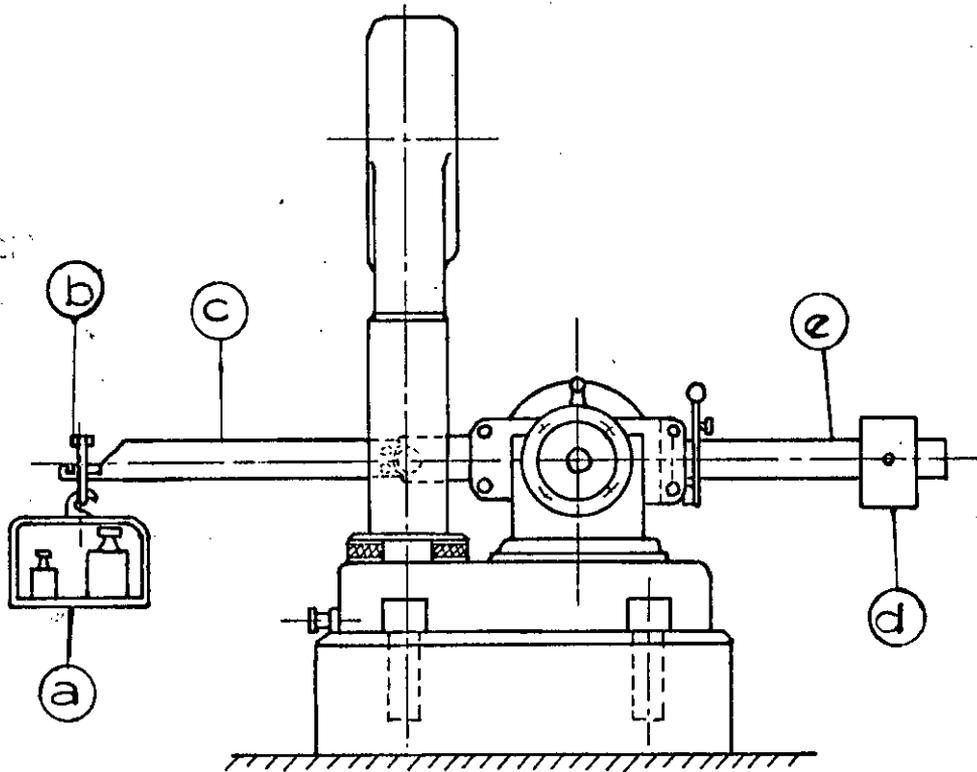


Fig.10- Procédé d'étalonnage du frein hydraulique

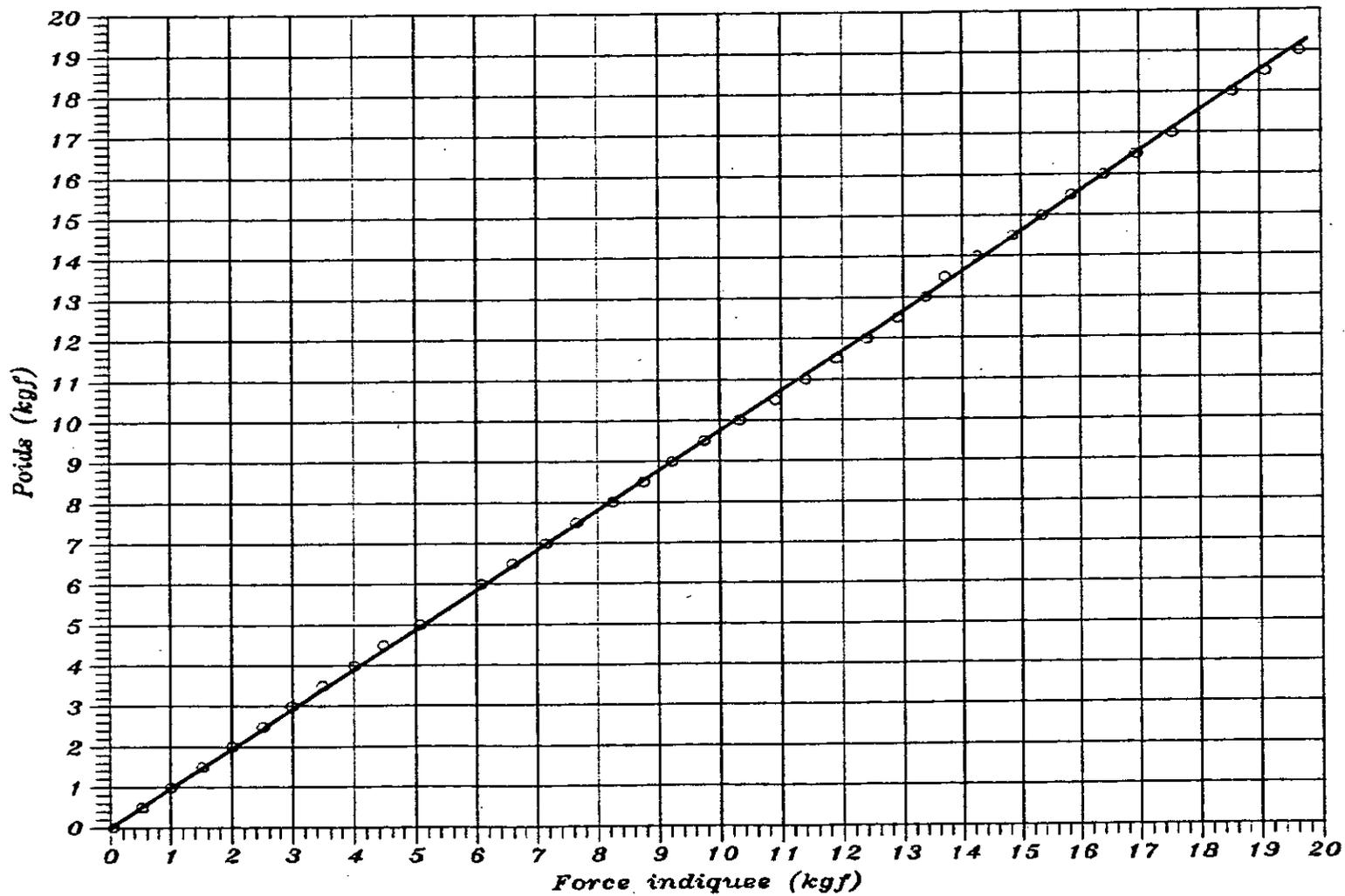
Poids réels Kgf	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5
Forces indiqués Kgf	0,04	0,52	1	1,51	2	2,5	2,98	3,49
Poids réels kgf	4	4,5	5	5,5	6	6,5		
Forces indiquées kgf	4	4,48	5,06	5,55	6,08	6,59		
Poids réels Kgf	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5
Forces indiquées Kgf	7,14	7,65	8,25	8,75	9,22	9,75	10,32	10,9

Poids réels kgf	11	11,5	12	12,5	13	13,5		
Forces indiquées kgf	11,4	11,9	12,4	12,9	13,38	13,7		
Poids réels kgf	14	14,5	15	15,5	16	16,5	17	17,5
Forces indiquées kgf	14,25	14,65	15,35	15,65	16,4	16,95	17,55	18
Poids réels kgf	18	18,5	19	19,5	20			
Forces indiquées kgf	18,55	19,5	19,65	out	out			

La fig IV B.1 présente  $P = f(F)$  ou  $P$  représente les poids des masses (kgf) et  $F$  la force indiquée par le cadran.

$P = f(F)$  est une droite qui passe par l'origine elle est donc d'équation linéaire  $P = a_1 F$  ou  $a_1$  est la pente de la droite de valeur  $a_1 = 0,95999$

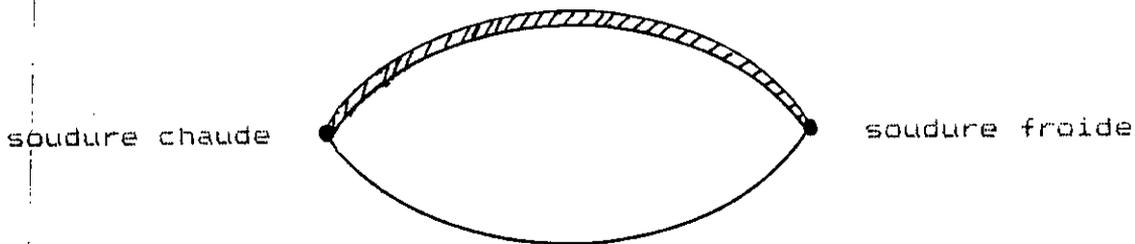
d'où l'équation  $P = 0,95999 F$  (kgF)



*Fig. IV.B.1 - Courbe d'etalonnage du frein*

## B.2. Etalonnage du thermocouple :

Le principe du couple thermo-électrique est basé sur le fait qu'un circuit constitué par deux conducteurs métalliques de nature différente M1 et M2 est parcouru par un courant électrique, lorsque les contacts A et B (soudures chaudes et soudures froides) entre les deux conducteurs sont portés à des températures différentes T1 et T2 (effet Peltier).

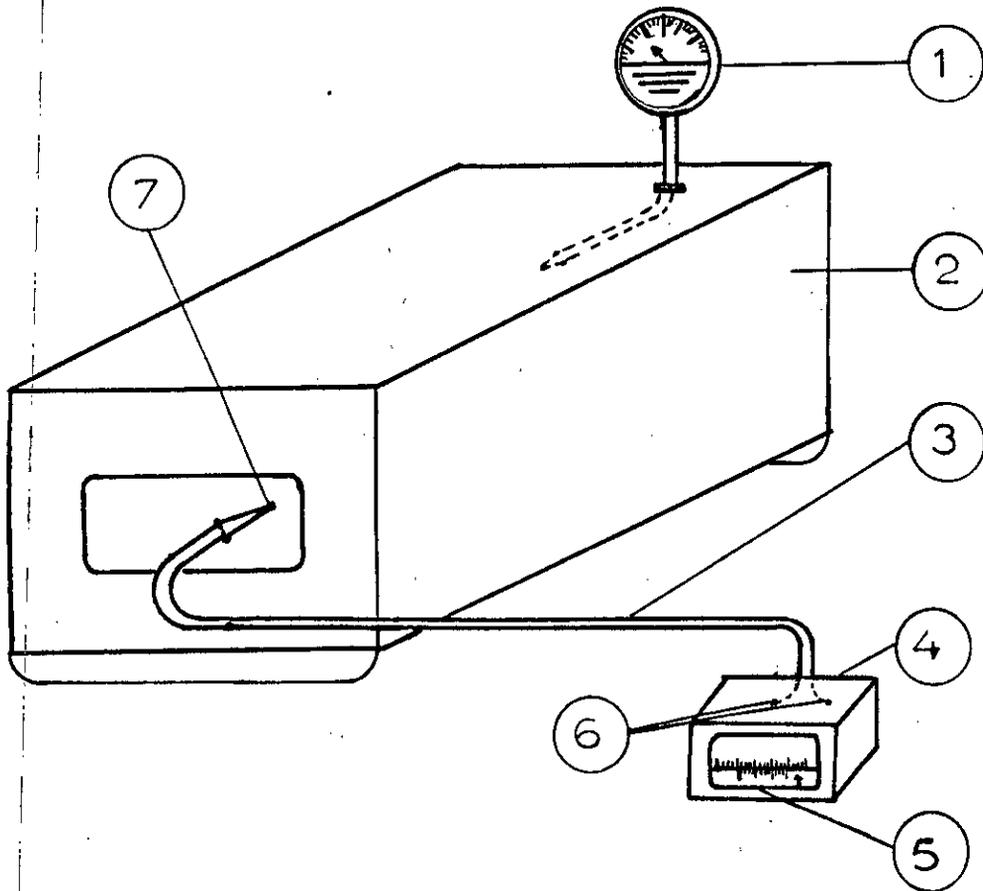


Dans le cas d'un conducteur unique et homogène, il apparaît une différence de potentiel entre deux points de ce conducteur, si ces points sont à des températures différentes (effet Thomson), la f.e.m créée par le thermocouple est la résultante de ces phénomènes. Elle dépend de T1, T2 et de la nature du conducteur.

Pour mesurer la f.e.m du thermocouple nous relierons directement les fils du couple aux bornes de l'appareil de mesure (millivoltmètre ou potentiomètre) placé dans le pupitre de commande.

Les courbes d'étalonnage des thermocouples sont généralement connues pour des jonctions de référence à 0°C.

Les caractéristiques de notre thermocouple se résument comme suit :



- 1 - Thermocouple étalon
- 2 - Four
- 3 - Cable de compensation
- 4 - Thermocouple à étalonner
- 5 - Galvanomètre gradué en  $^{\circ}\text{C}$
- 6 - Soudure froide
- 7 - Soudure chaude

Fig. 11- Procédé d'étalonnage du thermocouple

- thermocouple Chromel-Alumel du groupe (Nickel-Chrome-Nickel allié couvrant la zone de température de 0° à 1200°C,
- il a une f.e.m moyenne de 42  $\mu$ V/°C à 600°C,
- il peut donc être compensé par thermocouple :
  - chrome - alumel
  - cuivre - constantan
  - fer - cupronickel

L'étalonnage du couple du banc a été fait par comparaison à un couple platine - rhodié 10% - platine (11,8mV à 1200°C) équipant un four du laboratoire des traitements thermiques (fig 11). Nous avons ainsi porté le four à des températures pour lesquelles nous avons observé la variation du couple du banc. Les valeurs sont regroupées dans le tableau suivant :

TP réelle °C	200	250	300	350	400	450
TP °C	60	140	160	220	340	400
TP réelle °C	500	550	600	650	700	750
TP °C	435	500	560	600	680	735
TP réelle °C	800	850	900	950	1000	
TP °C	785	840	895	950	1000	

La fig IV B.2 : nous remarquons que ces valeurs sont traduites par une droite d'équation.

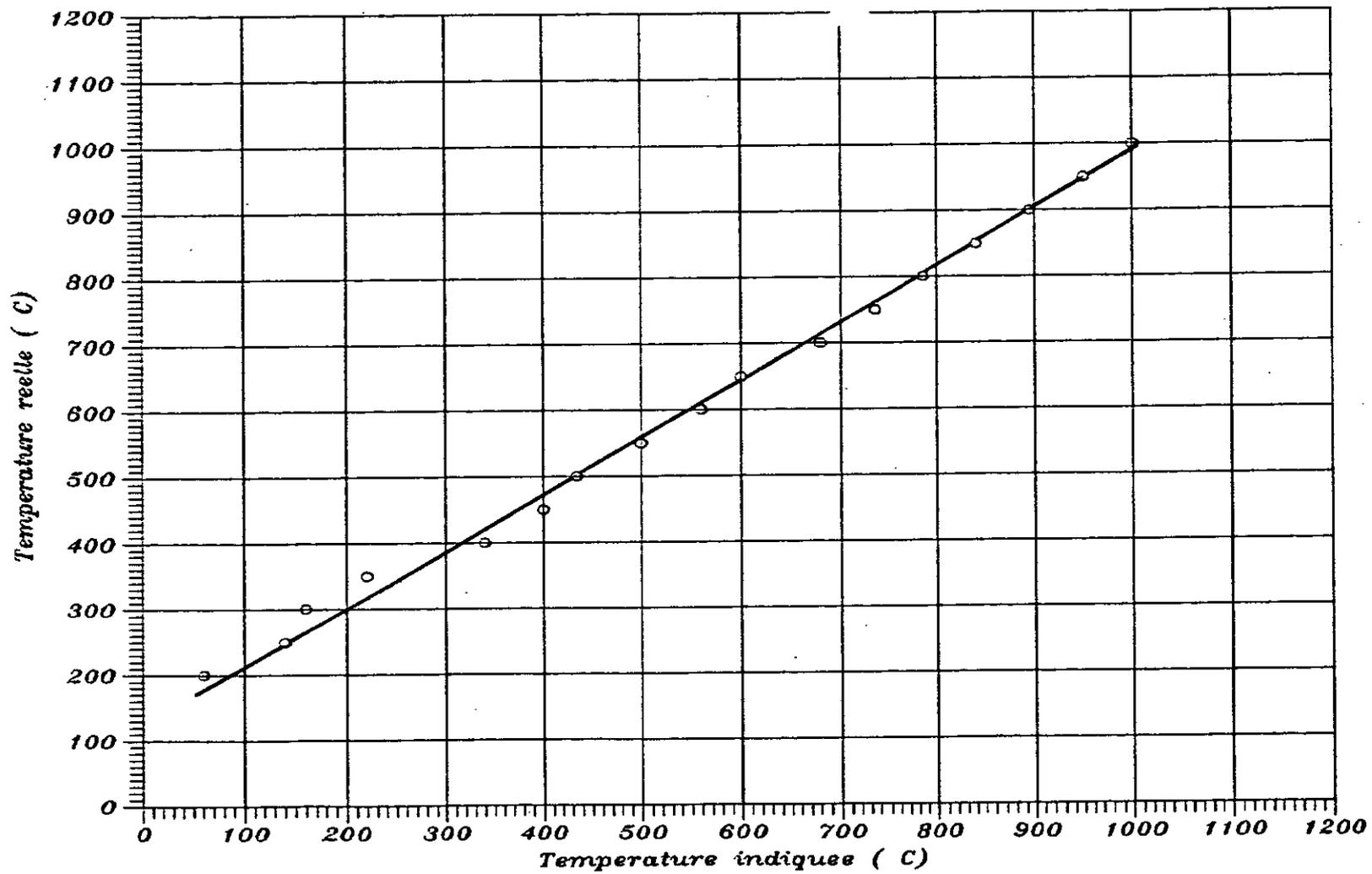
$$T \text{ réelle} = a_2 T_{\text{ind}} + b_2$$

$$\text{ou } a_2 = 0,866667$$

$$b_2 = 120^\circ\text{C}$$

l'équation de variation de température est

$$T_r = 0,866667 T_{\text{ind}} + 120$$



*Fig. IV.C.1 - Courbe d'etalonnage du thermocouple*

Remarque : au début à faible température la différence est assez importante cela est dû à la distance qui sépare les 2 couples ; plus la température augmente plus la différence diminue et les valeurs se rapprochent car la température à l'intérieur du four devient uniforme.

### B.3. Etalonnage du Tachymètre :

Lors de la mise en marche de notre banc nous avons eu des soupçons quant à l'exactitude des valeurs données par le tachymètre pour s'en assurer nous avons procédé à une série de vérifications en utilisant en plus du tachymètre de la console de commande, un tachymètre avec lampe stroboscopique, et un autre mécanique dont l'utilisation est facile car il suffit de le fixer ou le pousser contre l'extrémité libre de frein hydraulique et il nous donne la valeur de la vitesse de rotation de l'arbre solidaire au volant moteur.

L'utilisation du second est un peu plus complexe :

- en premier lieu nous collons sur l'arbre à cadran un bout de papier phosphorescent,
  - ensuite un stroboscope digital maintenu à 15cm de l'arbre nous donne, à chaque passage du papier par le rayon lumineux, une indication numérique sur le cadran digital. Cette indication correspond à la vitesse de rotation du moteur.
- Ayant remarquer une différence de valeur entre ces deux appareils et le tachymètre de la console de commande nous avons préféré faire une courbe d'étalonnage.

N réelle T/mn	3604	2935	2857	2740	2439	2435	2102	2040	1894	1832	1693	1599
N T/mn	2500	1950	2000	1850	1600	1620	1400	1320	1250	1250	1100	1050
N réelle T/mn	1464	1461	1370	1361	1187	1110	1080	1067	1026	981	930	785
N T/mn	950	950	900	900	790	720	700	700	670	670	600	520

La fig IV B.3 nous donne une idée sur la variation de la vitesse réelle en fonction de la vitesse lue ou indiquée par le tachymètre de la console de commande.

Il s'agit là d'une variation affine d'équation.

$$N_{\text{réel}} = a_3 N_{\text{ind}} + b_3$$

où  $a_3 = 1,4400$

$$b_3 = 65 \text{ tr/mn}$$

l'équation de variation est :

$$N_r = 1,44 N_i + 65 \quad (\text{tr/mn})$$

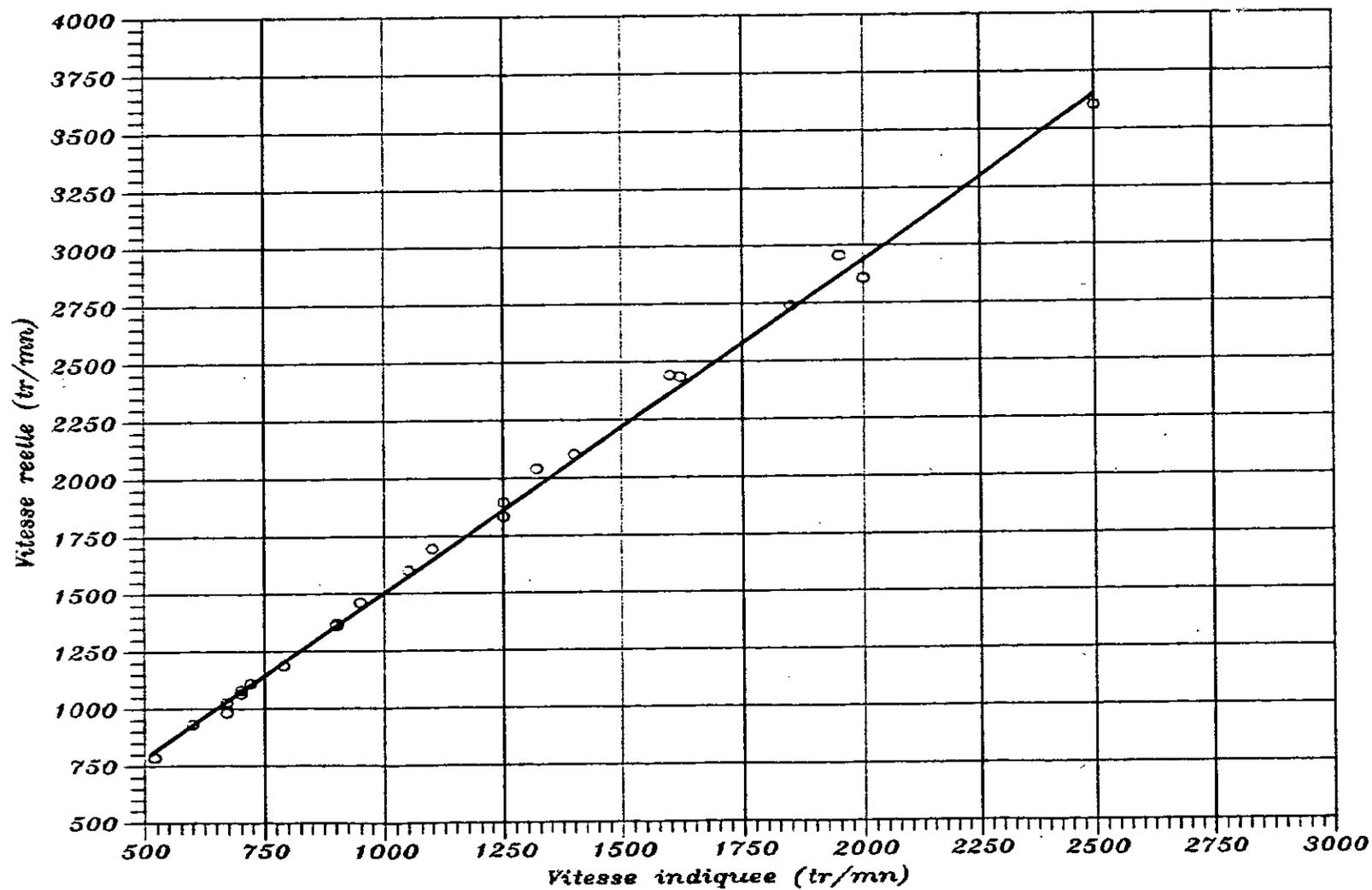


Fig. IV.C.2 - Courbe d'étalonnage du tachymètre

#### B.4. Etalonnage du débitmètre à gaz : [3]

Le débitmètre à gaz (étalonné préalablement [3] sur rotamètre et dont une partie des résultats est donnée par le tableau et la courbe (fig IV.B4) qui suivent donne la variation de pression DPg en mmce. Cette variation est égale à la somme des deux variations en dessous et en dessus du zéro.

La courbe fig IV 91 nous donne le débit à l'état standard (288°K ; 1,013 bars).

DP (mmce) sur débitmètre à étalonné	6	10	18	26	34	46	56	70
Débit réel de GN à 15°C 760 mm	0,333	0,434	0,545	0,656	0,767	0,878	0,989	1,1

Dp (mmce) sur débitmètre à étalonné	88	104	122	142	164	188	208	232	270	298
Débit réel de GN à 15° C 760 mm	1,211	1,312	1,424	1,535	1,646	1,757	1,888	1,979	2,09	2,19

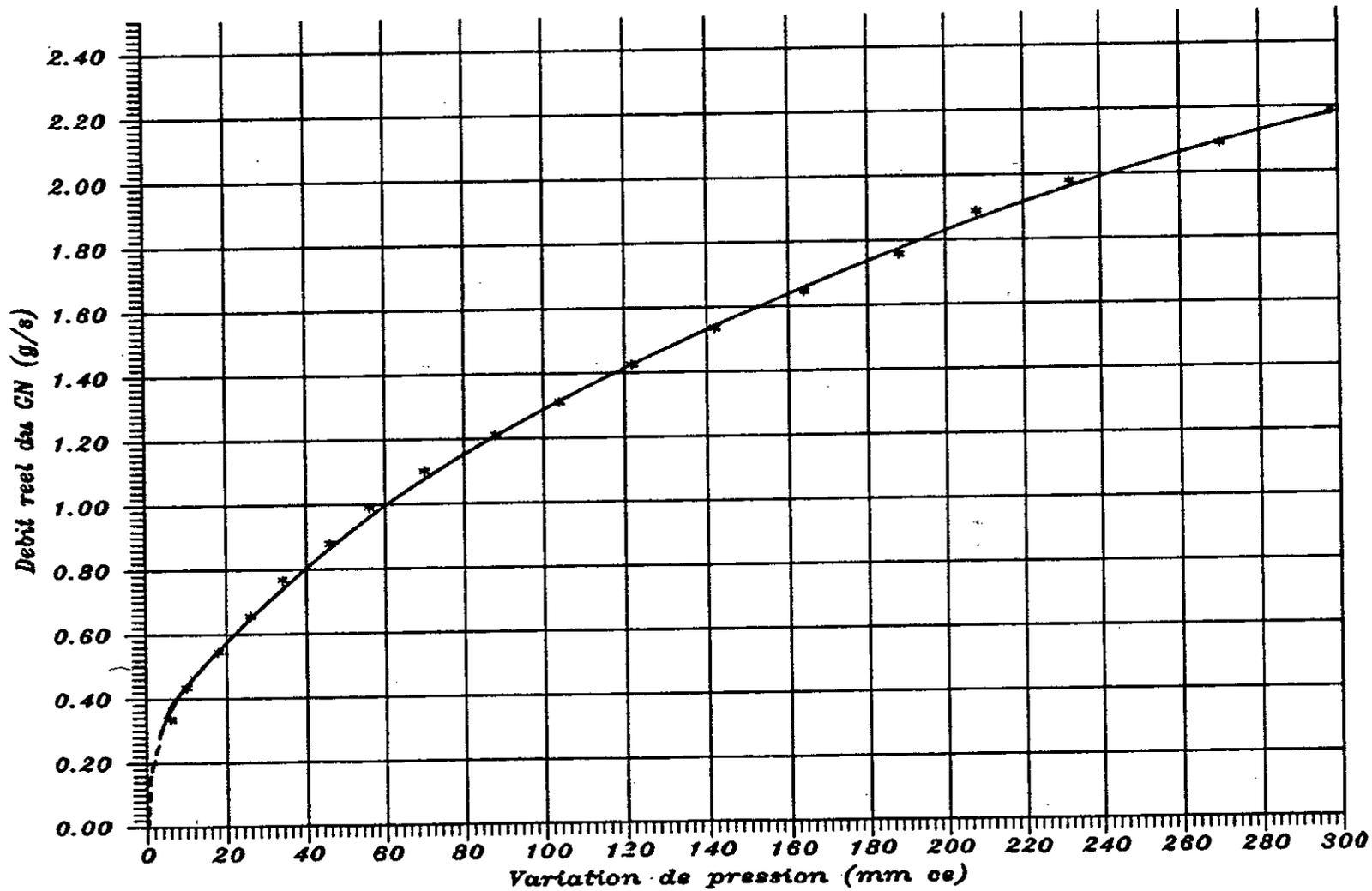


Fig. IV.g.1 - Courbe d'etalonnage du debitmetre  
a gaz

## CHAPITRE V

### DETERMINATION ET INTERPRETATION DES CARACTERISTIQUES EXPERIMENTALES DU MOTEUR

L'une des principales étapes de la construction d'un moteur est la détermination d'un moteur, et l'étude de ses caractéristiques.

Dépendant dans ce qui suit nous déterminerons un certain nombre de paramètres du moteur Renault 1150 (Type R16), et moyennant certaines relations nous déterminerons et essayerons de commenter ses performances.

## V.1. Détermination des Paramètres du moteur

Certains paramètres variant en fonction du régime ou de la force résistante peuvent être lus directement dans la cellule de commande.

Ceux-ci étant généralement :

- la température ambiante.....Ta (°C)
- la pression ambiante.....Pa (bar)
- la force F indiquée par le frein.....F (kgf)
- la température des gaz d'échappement.....Tg (°C)
- la vitesse de rotation du moteur en  
tours par minute.....N (Tr/mn)
- la température de l'huile dans le moteur.....Tn (°C)
- la pression de l'huile dans le carter.....Pn (Kg/cm<sup>2</sup>)
- la température d'entrée dans d'eau le carter.....Te (°C)
- la température de sortie d'eau  
de refroidissement.....Ts (°C)
- le régime ou ouverture du papillon du gaz  
exprimé par un nombre se trouvant dans  
le même prolongement que le repère mobile  
de la rondelle
- le débit du combustible.....Qc (g/s)

## V.2. Détermination des fonctions caractéristiques :

Les courbes caractéristiques représentent les fonctions caractéristiques des performances du moteur.

Elles se résument en :

- couple moteur  $C$  (kg.m)
- puissance  $P_{eff}$  (cv)
- consommation spécifique (g/ch.h)
- rendement global ou effectif  $\eta$ .

### a. Couple moteur :

Sa valeur est donnée par

$$C = F \times 0,716 \quad (\text{Kg.m}) \quad (5-1)$$

où  $F$  est la force appliquée au frein (kgf) et 0,716 m la longueur du bras de leviers de la balance du frein.

### b. La puissance effective :

La puissance étant égale au produit de la force par la vitesse  $v$ , on obtient :

$$P = f.v = f.r.N \quad (\text{kgm/s}) \quad (5-2)$$

$P$  : puissance du moteur à essayer

$f$  : force en kg à la vitesse circonférentielle  $v$  (m/s)  
appliquée au rayon de l'anneau d'eau  $r$  en m

$N$  : vitesse en tr/mn

Par la rotation, le couple  $F.r$  est appliqué au stator double, qui agit de son côté sur la balance au moyen du levier R par une force F.

On doit toujours avoir :

$$F.R = f . r \quad (5-3)$$

Alors

$$P = F.R. \frac{2\pi}{60} \cdot \frac{1}{75} . N \quad (\text{cv}) \quad (5-4)$$

ou F (kgf) donné par la lecture de la balance.

R = 0,716 m longueur du bras de levier.

$$\text{d'où } P = \frac{F.N}{1000} = P_e \quad (\text{CV}) \quad (5-5)$$

Où P est puissance mesurée, effectivement développée par le moteur.

P : puissance effective (cv)

F : force indiquée (kgf)

N : vitesse de rotation du moteur (tr/mn)

c. Consommation spécifique :

C'est le poids en grammes de combustible consommé par cheval-heure.

### c.1 Pour l'essence :

On mesure la variation de temps  $\Delta t$ , mise par le moteur pour consommer une quantité déterminée de carburant pour un régime donné.

par exemple si pour une durée  $\Delta t$  secondes le moteur a consommé  $v$  (ml) d'essence de masse volumique  $\rho_e$  à un régime où la puissance développée est  $P$  chevaux, la consommation spécifique sera :

$$C_s = \frac{3600 \text{ gc}}{P} \quad (\text{g/cv.h}) \quad (5-6)$$

où

$$gc = \frac{v \cdot \rho_e}{\Delta t} \quad (\text{g/s}) \quad (5-7)$$

### c.2 Pour le gaz naturel comprimé (GNC) :

$P_g$  étant connue on se rapporte à la courbe (fig IV-g-4) qui nous donne le débit de gaz naturel comprimée GNC à l'état standard (288K, 1,013 bars).

Pour la détermination du débit de GNC à la température et pression de fonctionnement on doit procéder à une correction, nous ramenons de l'état standard à l'état réel à l'aide de la formule suivante :

$$K = \frac{H'}{760} \sqrt{\frac{273 + t'}{273 + 15}} \quad (5-8)$$

où K étant le facteur multiplicatif affectant les résultats relevés au cours de l'essai.

H' et t' représentent respectivement, la pression et la température ambiante, relevées au cours de l'essai,

soit l'état standard  $H = 760 \text{ mmHg}$

$t = 15^\circ\text{C}$

une fois le débit de gaz connu nous déterminerons la consommation spécifiques du GNC de la même manière que l'essence.

d : Rendement Global :

Il est donné pratiquement par la formule :

$$\eta_g = \frac{432 \times 10^3}{C_s \times PCi} \quad (5.8)$$

avec

PCi étant le pouvoir calorifique inférieur du carburant considéré.

### V.3. Essais et mesures :

L'état du moteur à essayer nous a contraint de travailler à des régimes assez bas.

- Pour le supercarburant :

au régime 3 correspondant à 30% de l'ouverture totale du papillon des gaz, et au 5 correspondants à la moitié de l'ouverture globale de ce papillon.

- Pour le GNC :

au régime 4 correspondant à 40% de l'ouverture du papillon des gaz et au 5 toujours 50% de l'ouverture globale.

#### A. Cas de l'essence :

Essai du 15.05.90

Carburant : essence super  $l_e = 0,745$   
 $PCI = 10400 \text{ Kcal/Kg}$

Gicteurs essence 145  
air 40

Patin = 1,018 atm

Tab = 21,5°C

Thum = 18,5°C

air = 44 mm

Humidité absolue H = 78 K

PARAMETRES DU MOTEUR

Régime 3

N(tr/mn)	F(Kgf)	Ph(Kg/cm <sup>2</sup> )	Th(°c)	Tc(°c)	Ts(°c)	Tg(°c)	T(s)	qc(q/s)
1575	0,87	1,7	50	39	45,5	300	130,66	0,57018
1370	1,95	1,4	53,5	39,5	47,5	310	129,17	0,576759
1200	2,90	1,2	57	40	49	315	122	0,61065
1100	3,40	1,05	58	40	50	310	108,85	0,6844
1050	3,75	1	60	40	50	310	104,5	0,71292
950	4,1	0,85	60	39	50	310	127,97	0,58217

Régime 5

N(tr/mn)	F(Kgf)	Ph(Kg/cm <sup>2</sup> )	Th(°c)	Tc(°c)	Ts(°c)	Tg(°c)	T(s)	qc(g/s)
2730	2,05	2,3	56	42	48	320	41,75	1,7844
2100	4	1,8	60	43,5	50	350	46,72	1,5946
1870	6	1,50	65	45	53	555	49,10	1,5173
1450	7,5	1,18	67,5	45,5	55	360	55,68	1,338
800	5,95	0,62	66	37	56	355	65,25	1,14176

CARACTERISTIQUE DU MOTEUR FONCTIONNANT AU SUPERCARBURANT

Régime 3

N (fr/mn)	Ce (kg.m)	Peff (cv)	Cs (g/cv.h)	$\eta_g$
1575	0,62292	1,37025	1498,01	0,040756
1370	1,3962	2,6715	777,2163	0,07855
1200	2,0764	3,48	631,71	0,09665
1100	2,4344	3,74	658,8078	0,09268
1050	2,685	3,9374	651,811	0,09367
950	2,9356	3,895	538,0754	0,11347

## Régime 5

N(fr/mn	Ce (Kg.m)	Peff (cv)	Cs (g/cv.h)	$\eta_g$
2730	1,468	5,5965	1147,85	0,05319
2100	2,864	8,4	683,4	0,08934
1870	4,296	11,22	486,837	0,1254
1450	5,37	10,875	442,925	0,13785
800	4,2602	4,76	863,51	0,07071

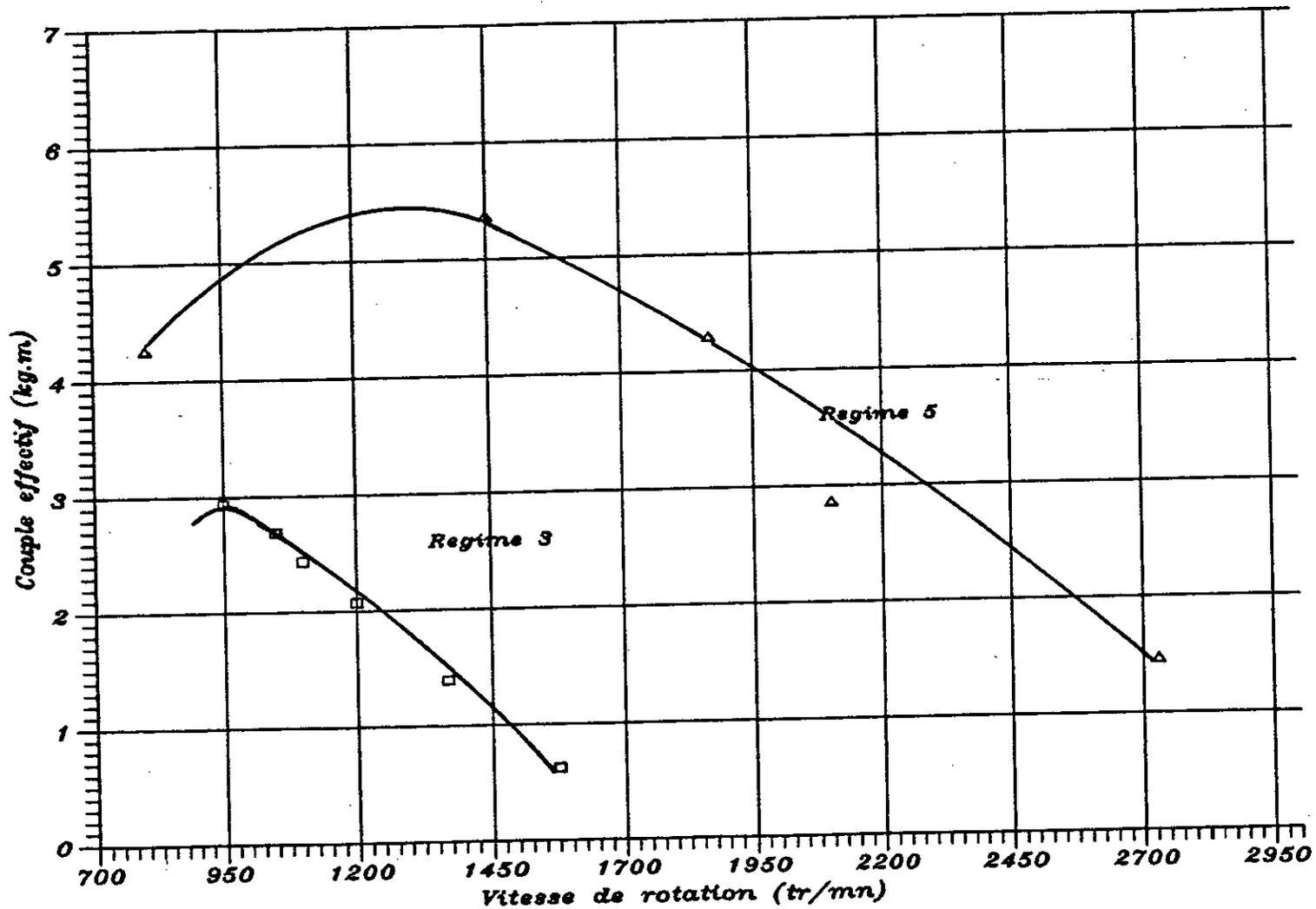


Fig. V.A.1 - Courbes de variation du couples moteur  
(version essence)

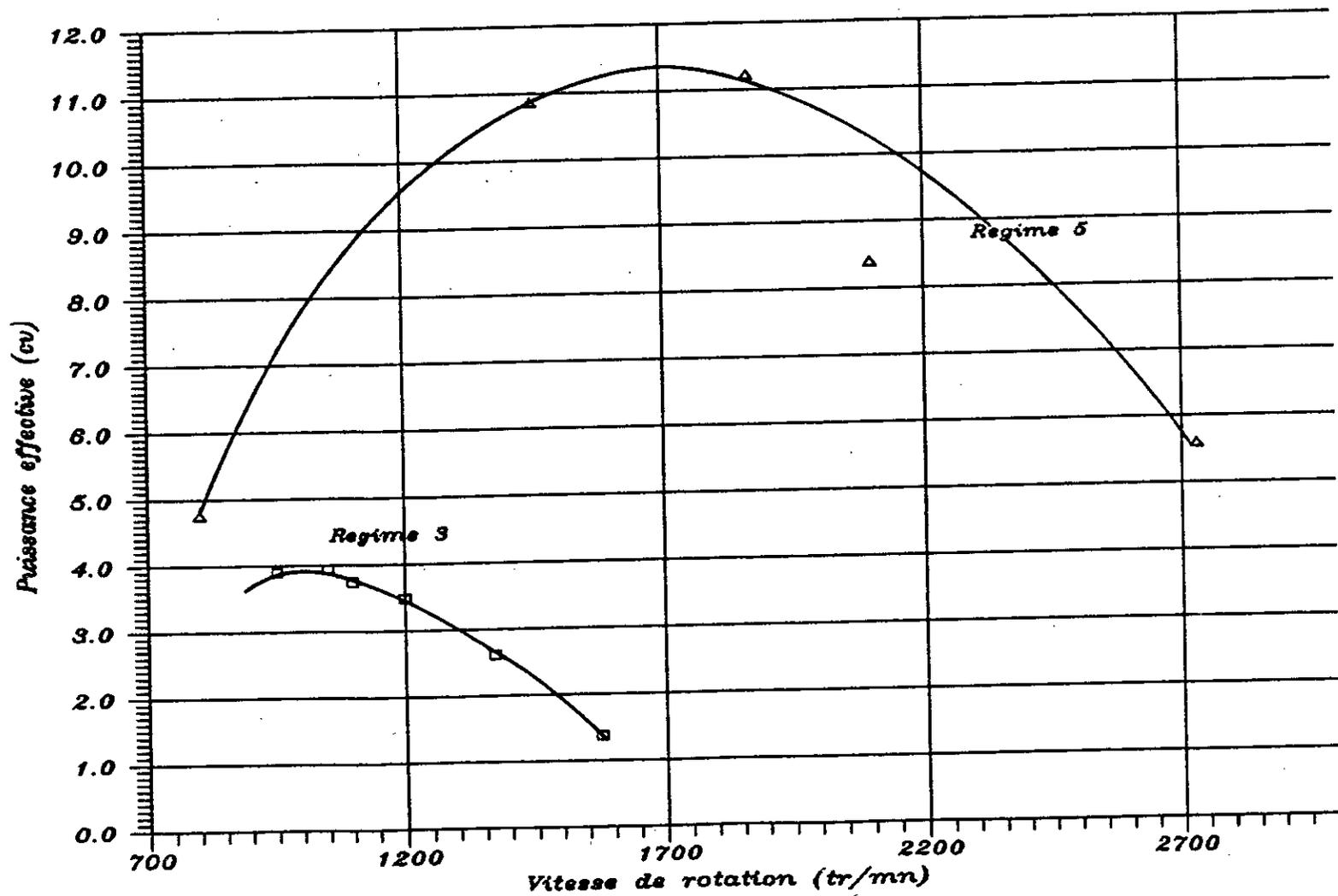


Fig. V.A.2 - Courbes de variation de la puissance effective (versinn essence)

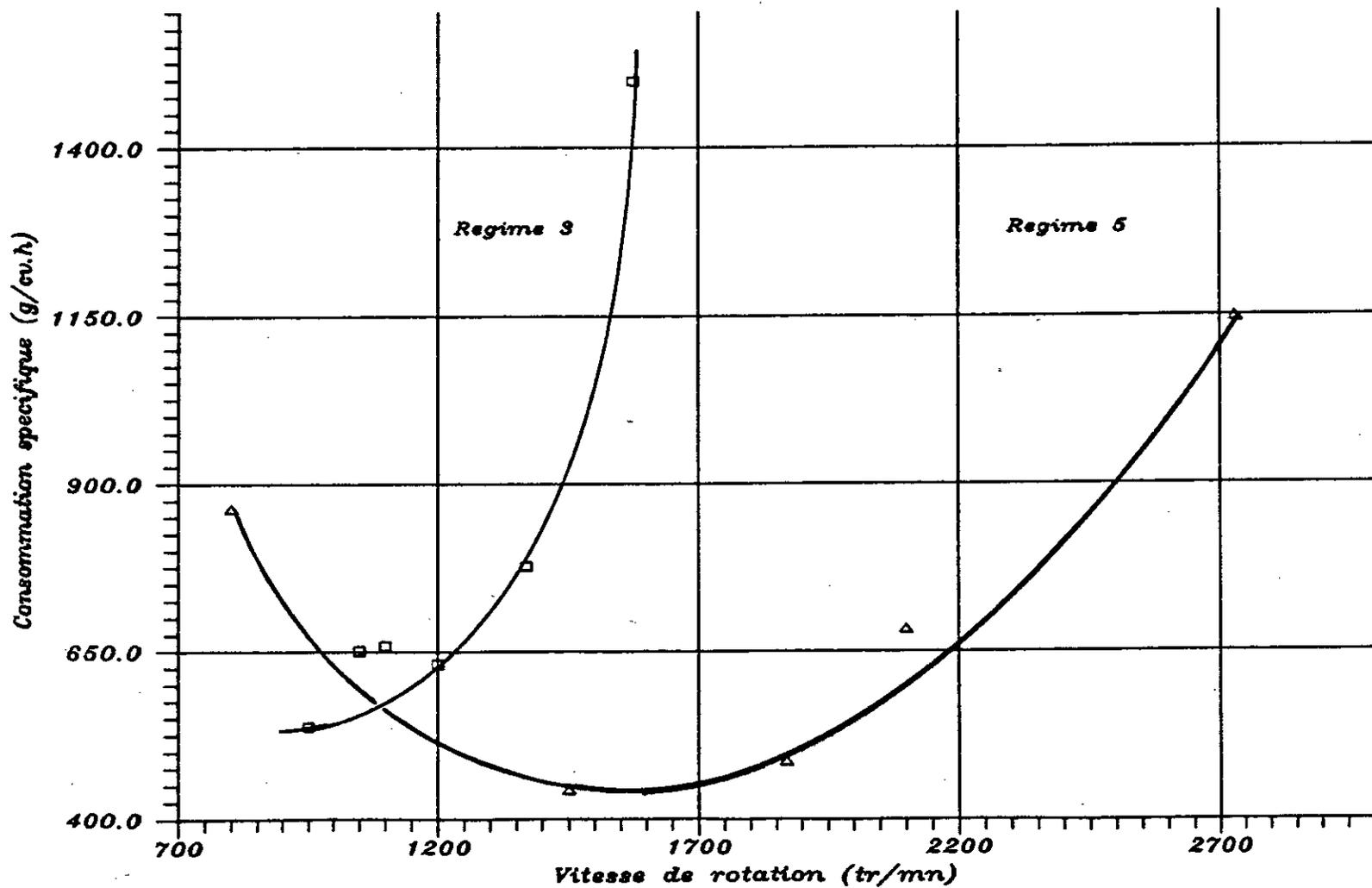


Fig. V.A.3 - Courbes de variations de la consommation spécifique (version essence)

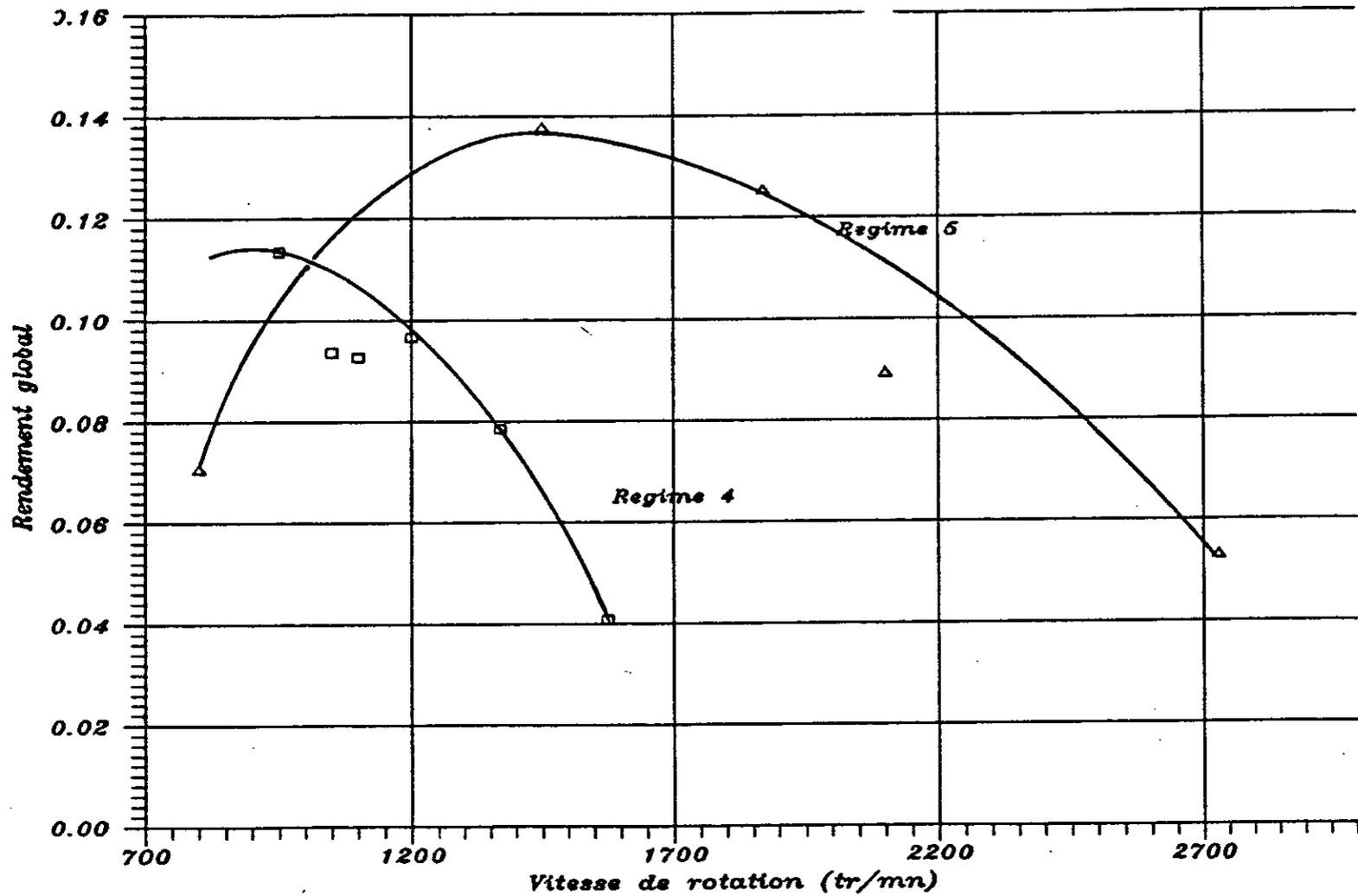


Fig. V.A.4 - Courbes de variation du rendement global (version essence)

Cas du GNC

Essai du : 16.05.90

Carburant : GNC

$\epsilon = 0,83$  à 273 k

or air = 44 mm

$c_i = 10688$  Kcal/Kg

guleurs gaz 57

air 40

$P_{atm} = 1,080$  bars

$T_{amb} = 20^{\circ}C$

$T_n = 19^{\circ}C$

Humidité absolue = 70%

Régime 4

N(tr/mn)	F(Kgf)	$P_n$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$T_n$ (°C)	$T_c$ °C	$T_s$ °C	$t_g$ (°C)	P(mmce)	$Q_c$ (g/s)
2900	0,62	2,8	56	41	48	325	+56,5 -147	1,8375
2425	1,7	2,2	60	43,5	48,5	330	+130 -121	2,025
1990	3	1,7	61	44	51	330	+100 -87	1,7625
1670	3,75	1,4	61	44	52	340	+60 -57	1,4
1370	5,75	1,2	62	44	53	350	+57 -52	1,35
1220	5,5	0,95	62,5	43,5	53	350	+34 -18	0,925

## Régime 5

N/(tr/mn)	F(Kgf)	Pn(Kg/cm <sup>2</sup> )	Tn(°C)	Tc(°C)	Ts(°C)	Tg(°C)	P(mmce)	Sc(g/s)
3650	1	2,6	69	42	46	385	+62 -143	1,85
2950	1,4	1,8	75	48	56	355	+137 -100	1,96875
2375	4,7	1,3	80	50	59	360	+106 -75	1,7375
1875	5,65	1	83	52	62	415	+75 -45	1,408
1450	5,9	0,8	85	52	63	400	+53 -21	1,1
1080	5,7	0,6	85	50	63,5	385	+35 -3	0,72

CARACTERISTIQUES DU MOTEUR

Regime 4

N(tr/mn)	(Kg.m)	Peff(cv)	Cs(g/cv.h)	$\eta_g$
2900	0,44392	1,798	3679,0879	0,016149
2425	1,2172	4,1225	1768,3444	0,033598
1990	2,148	5,97	1062,81407	0,055901
1670	2,685	6,2625	804,7904192	0,07382
1370	4,117	7,8775	616,947	0,0963
1220	3,938	6,71	496,274	0,11971

## Régime 5

N (tr/mn)	(Kg.m)	Peff (cv)	Cs (g/cv.h)	$\eta^g$
3650	0,716	3,65	1824,6575	0,0325
2950	1,7184	7,08	1001,059	0,059
2375	3,3652	11,1625	560,3583	0,106
1875	4,0454	10,59375	478,4708	0,12417
1450	4,224	8,555	462,8872	0,12835
1080	4,0812	6,156	421,0526	0,1411

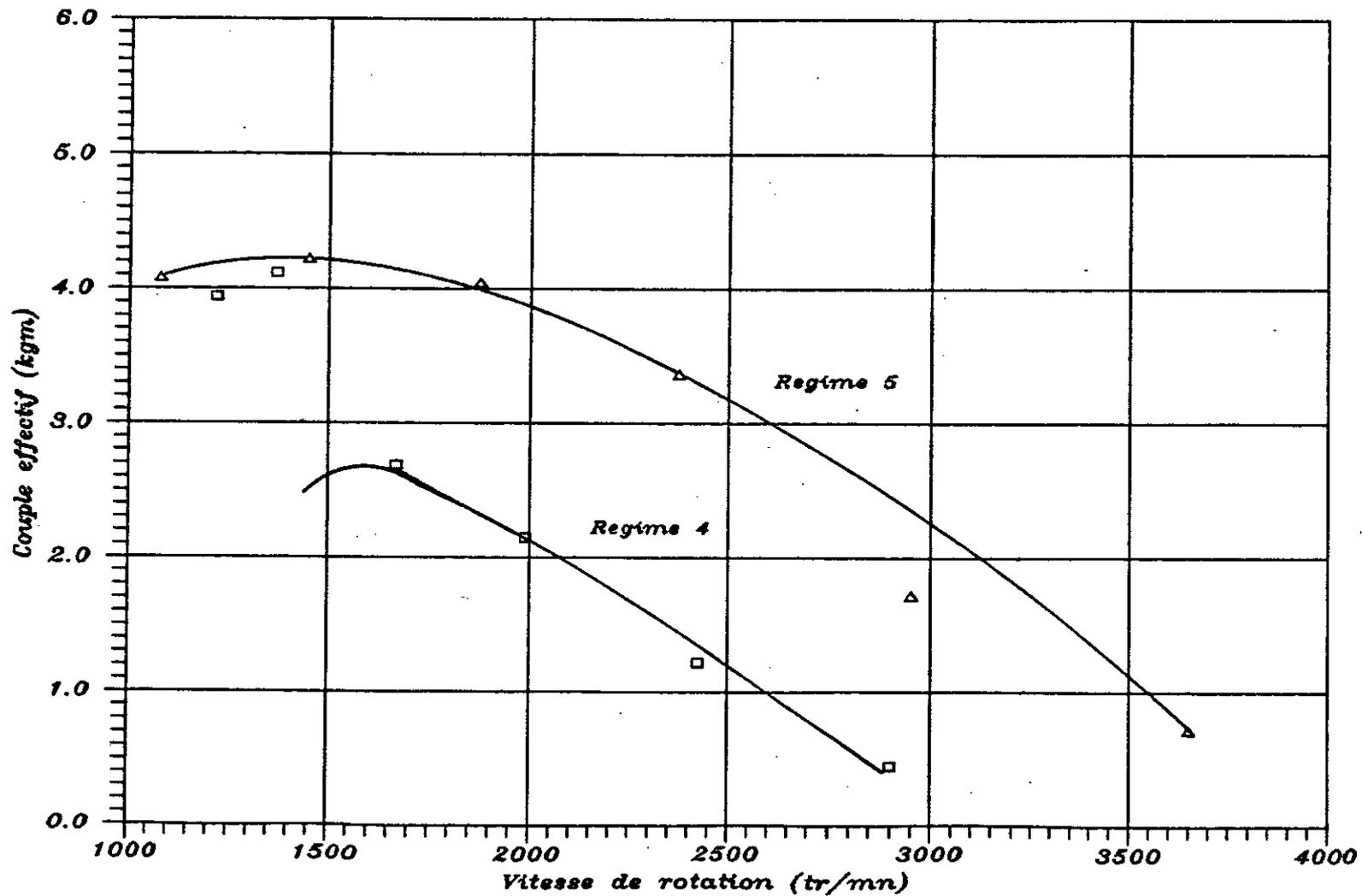


Fig B. 1 - Courbes de variations du couple moteur (version gaz)

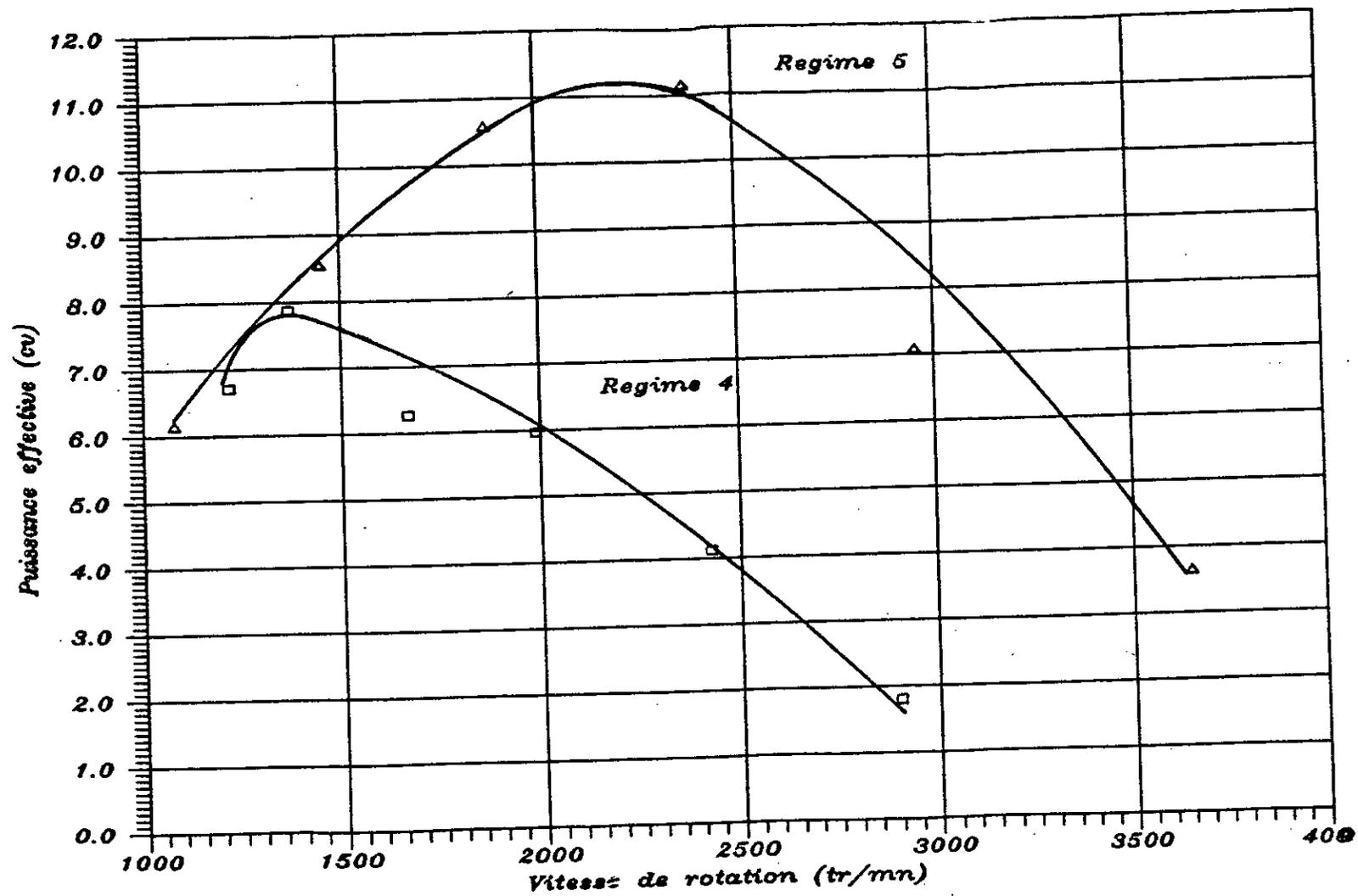


Fig. V.B.2 - Courbes de la variation de la puissance effective (version gaz)

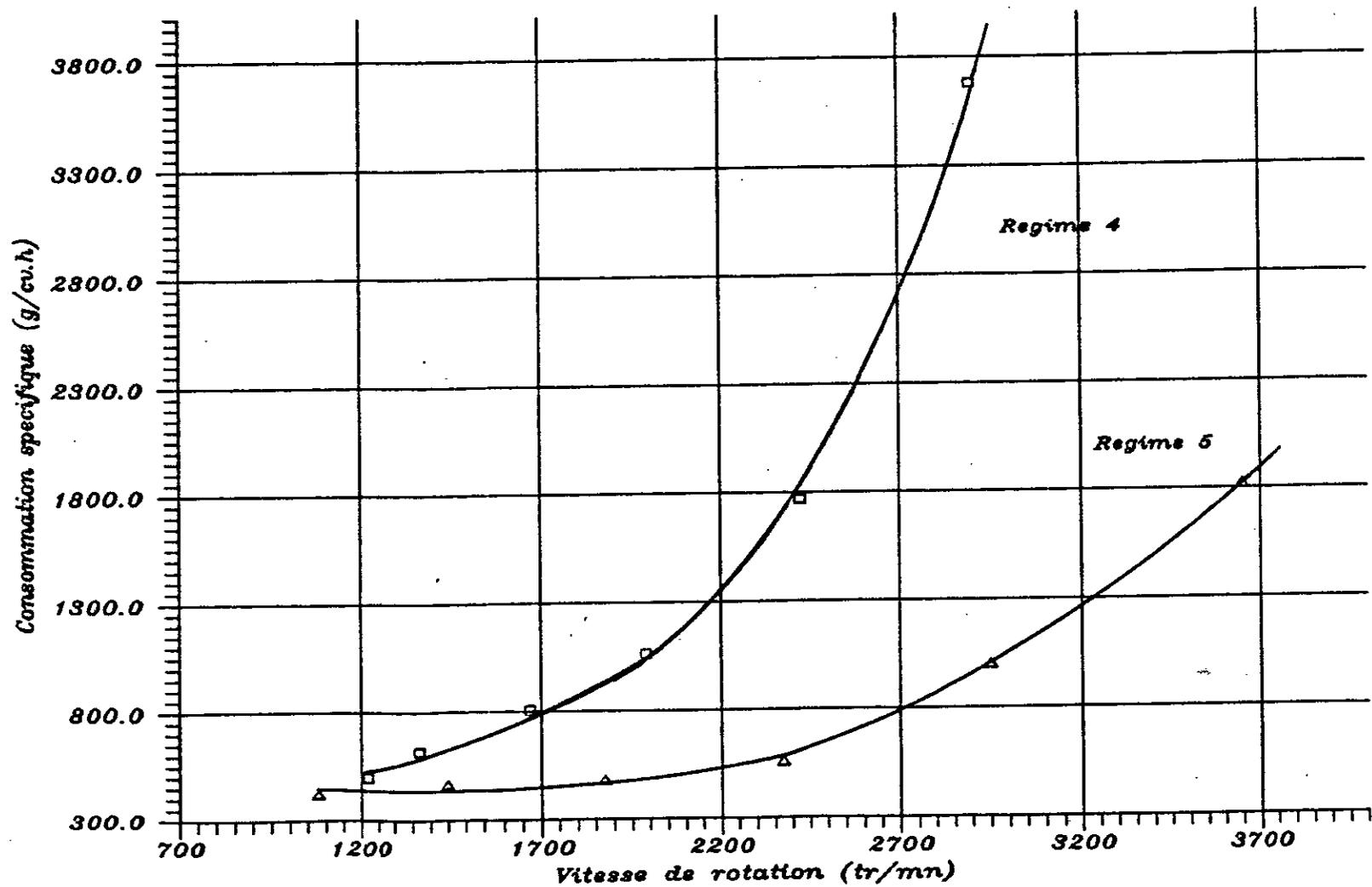


Fig. V.B.3 - Courbes de variation de la consommation spécifique (version gaz)

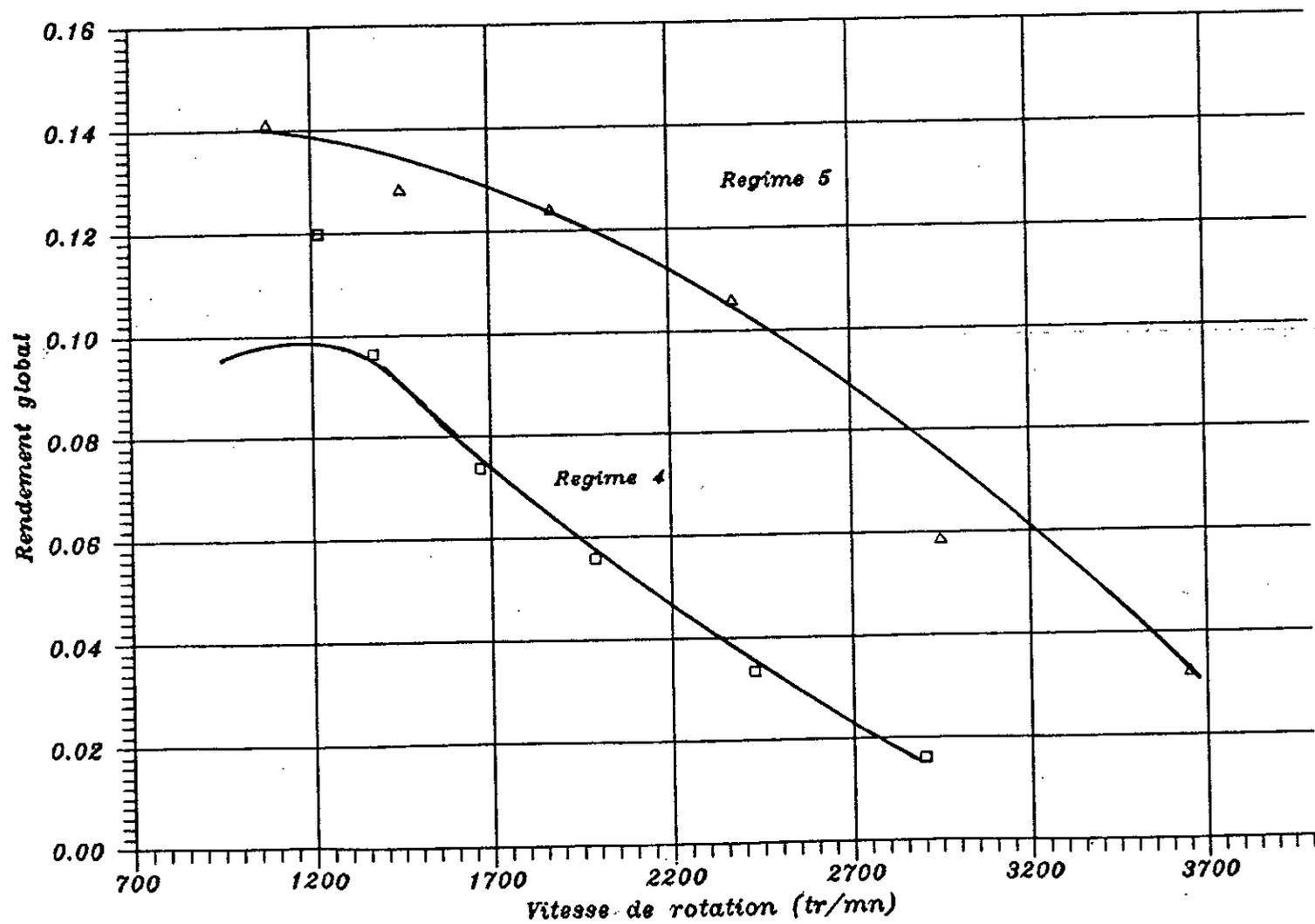


Fig. V.B.4 - Courbe de variation du rendement global  
( version gaz )

## V.4. Commentaires :

### V.4.1 Constatations :

Couple : Le couple moteur est proportionnel au régime de fonctionnement du moteur.

Il présente en général 3 phases :

- phase d'accroissement jusqu'à une valeur maximale,
- phase de décroissement,
- phase de chute rapide.

En utilisant le supercarburant le couple maximum est atteint pour une vitesse voisine de 1300 tours/mn, alors que dans le cas du gaz naturel comprimé elle est voisine de 1450tr/mn.

Cette valeur maximale est toujours supérieure dans le cas d'utilisation du supercarburant.

Puissance : La puissance augmente, elle aussi en fonction du régime du moteur.

La puissance croît avec l'augmentation de la vitesse de rotation du moteur, atteint un maximum, et décroît pour des vitesses plus élevées, pour le cas du supercarburant elle atteint son maximum aux environs de 1700 tr/mn alors que pour le GNC elle présente son maximum à des vitesses proches de 2225 tr/mn. En général ce maximum pour le cas du gaz est atteint pour des vitesses plus grandes que celles de l'essence et ce dans tous les cas de régimes. Par contre, les valeurs maximales de puissance sont toujours légèrement plus petites dans le cas du gaz.

### Consommation spécifique :

Pour les deux cas de carburant les courbes de consommation à des régimes moyens et élevés, présentent une phase de diminution jusqu'à atteindre un minimum de consommation après quoi nous avons une phase d'accroissement avec l'augmentation de la vitesse de rotation du moteur.

Pour le cas du supercarburant le minimum de consommation est atteint pour une vitesse comprise entre 1550 et 1660 tr/mn par contre pour celui du GNC le minimum est atteint pour une vitesse voisine de 1450 tr/mn. Pour les régimes bas, l'allure est une branche parabolique de direction asymptotique indiquant une augmentation rapide de la consommation avec l'augmentation de la vitesse.

Pour une vitesse plus inférieure dans le cas du GNC que dans le cas du supercarburant nous remarquons un minimum de consommation de GNC plus inférieure que celui du supercarburant.

### Rendement global :

Le rendement augmente avec l'augmentation de la vitesse, en atteignant une valeur maximale il décroît rapidement aux vitesses élevées. Pour le cas du supercarburant le rendement atteint son maximum au voisinage de 1450 tr/mn alors que pour le GNC le maximum est aux environs de 1000 tr/mn la valeur maximale dans le cas du GNC est nettement supérieure à celle du cas du supercarburant.

Le rendement dépend aussi du régime de fonctionnement du moteur.

#### V.4.2 Interpretation :

Avant d'entamer le paragraphe nous tenons à signaler la présence d'un bruit anormal lors du fonctionnement du moteur, la raison pour laquelle nous avons procédé à des vérifications des cylindres.

Ce contrôle nous a permis de supposer une déformation de la bielle, qui a entraîné l'usure des segments du piston du cylindre N°1. En effet la fumée et l'odeur de l'huile brûlée à l'échappement des gaz ont confirmé cette hypothèse, et nous avons ainsi été contraint d'essayer notre moteur à des régimes de charge assez bas pour ne pas le forcé.

Néanmoins les résultats obtenus présentent une certaine différences avec ceux obtenus le jour de l'installation du moteur [3] voir planche dans l'annexe.

Cette différence réside dans :

- la diminution de la valeur maximale des caractéristiques du moteur,

- la diminution de la vitesse correspondante à ces maximums. Cet écart est remarqué pour les 2 cas carburants.

Ceci dit nous essayerons par la suite d'interpréter nos résultats.

- toute augmentation de la vitesse de rotation du moteur entraîne une augmentation à peu près proportionnelle de la vitesse des gaz dans les différentes canalisations et, une augmentation des pertes de charge proportionnelles au carré de la vitesse.

Cependant, les pertes de charge ont pour effet de réduire la pression effective de remplissage, et par conséquent une quantité de gaz frais à chaque cycle. Il est donc inévitable que le couple moteur diminue rapidement aux grandes vitesses pour lesquelles les pertes de charges prennent une valeur d'autant plus importante que la vitesse augmente,

- pour des positions de plus en plus fermées du papillon du carburateur, le remplissage du moteur décroît d'autant plus que la vitesse de rotation est plus élevée et le maximum de puissance est obtenu pour des vitesses de plus en plus faibles,

- aux bas régimes les pertes thermiques augmentent en valeur relative car le temps de contact des gaz chauds avec les parois du cylindre est plus élevée et entraînent ainsi une diminution de la densité de l'air qui à son tour entraîne une diminution de la pression d'admission obligeant en conséquence la réduction du couple moteur,

- la diminution de la puissance effective provient du fait qu'aux allures rapides du moteur les pertes par frictions prennent de l'importance ceci apparait clairement dans les courbes du rendement global qui diminue au fur et à mesure que la vitesse augmente,

- pour le cas de l'essence nous remarquons la zone d'économie (zone où la consommation est minimale) correspond à la zone de puissance maximale dans les deux régimes étudiés. Nous pouvons ainsi définir une zone d'utilisabilité de notre moteur fonctionnant au supercarburant ; Cette zone correspond au domaine inférieur à la vitesse 2200 tr/mn. Alors que pour le cas du moteur fonctionnant au GNC la zone d'économie correspond à la zone de couple maximal, qu'elle aussi est légèrement décalée par rapport à celle de la puissance maximale, dans ce cas le domaine d'utilisabilité est compris entre 0 et 2500 tr/mn,

- la comparaison du fonctionnement du moteur au gaz naturel a montré par rapport à son fonctionnement au supercarburant :

- une légère diminution du couple et de la puissance,
- un meilleur rendement global,
- une consommation beaucoup plus réduite,
- un domaine d'utilisabilité plus important,

ainsi en faisant un rapport qualité prix nous pensons que l'utilisation du GNC pour l'alimentation du moteur est une idée qu'il faut retenir et à laquelle il est temps d'y penser.

PROCEDURE DE TRAVAUX PRATIQUES

---

Au cours de notre ~~présent~~ travail, nos efforts convergeaient vers une préoccupation première consistant en la remise en marche du banc d'essai afin de permettre aux générations à venir de l'utiliser comme matériel de travaux pratiques.

- But de manipulation :

La manipulation consiste à trouver et suivre l'évolution des caractéristiques (couple, puissance, consommation, rendement) du moteur (R.1150, type R16) en faisant varier à l'aide d'un accélérateur, le régime du moteur et le couple de freinage par l'intermédiaire de la charge de freinage.

En utilisant en premier l'essence super carburant et en second le gaz naturel comprimé.

### VI.1.1 Présentation du banc d'essai :

Nous disposons d'un banc d'essai constitué de :

a. un moteur Renault 1150 (type R16) :

- moteur 4 temps, 4 cylindres,
  - bloc cylindres en alliage d'aluminium coulé sous pression,
  - culasse en alliage d'aluminium,
  - chemise en fonte,
  - vilebrequin à 5 paliers,
  - arbre à cames latéral entraîné par chaîne à rouleaux,
  - pompe à huile à excentrique,
  - chambre de combustion en toit,
  - refroidissement à eau.
- 
- Alesage 76 mm
  - Course 81 mm
  - Cylindrée 1470 cm<sup>3</sup>
  - rapport volumétrique 8,6/1
  - puissance effective : 58,5 cv DIN à 5000tr/mn  
62,6 cv SAE
- 
- couple maximum : 10,75 m.kg DIN à 2800tr/mn  
10,8 m.kg SAE

b. un frein hydraulique U1.15 :

Cet organe est un convertisseur d'énergie dont les dispositifs de mesure rendent possible la détermination de la puissance fournie.

Vitesse maximale	7500 tr/mn
Poids maximum admissible	3,7 kg
Puissance maximal	120 cv
Longueur du bras de levier	0,716 m

c. une console de commande comportant :

\* 6 indicateurs de :

- nombre de tours du vilebrequin en (tr/mn)
- pression d'huile du moteur
- température des gaz d'échappement
- température de l'huile du moteur
- température d'entrée de l'eau du moteur
- température de sortie de l'eau du moteur

\* Equipement de commande :

- contacteur de mise en marche du moteur
- consigne de charge du frein hydraulique
- consigne de chargement de régime du moteur

d. des réservoirs de carburant :

d.1. Pour le cas de l'essence un réservoir lié à un débitmètre nous permettant de visualiser l'écoulement de 100, 200 et donc de mesurer le débit consommé.

d.2. Pour le cas du gaz naturel deux bouteilles sont reliées à un tube en U qui nous permet de mesurer la depression et donc de déterminer le débit de gaz naturel comprimé.

VI.1.2. Rappels théorique des formules donnant les performances du moteur :

a. Le couple :

On détermine évidemment le couple moteur à un instant donné par une vitesse donnée indiquée par le tachymètre, en multipliant l'indication de la balance par le bras de levier.

$$C(\text{kg.m}) = 0,716 (m) \times F(\text{kgf}) \quad (\text{VII.1})$$

b. La puissance effective :

C'est la puissance effectivement disponible au vilebrequin. Elle est donnée par :

$$P_{\text{eff}} = \frac{F \cdot N}{1000} \quad (\text{cv}) \quad (\text{VII.2})$$

où F est la force indiquée par la balance du frein.

N est la vitesse de rotation du moteur (vilebrequin).

c. La consommation spécifique :

Ce paramètre constitue un critère utile pour une appréciation économique de l'énergie fournie au moteur.

$$C_s = \frac{3600 \cdot Q_c}{P_{eff}} \quad (\text{g/cv.h}) \quad (\text{VII.3})$$

où  $Q_c$  est le débit du carburant (g/s)

d. Le rendement global :

Le rendement global est déduit à partir de l'expression suivante :

$$M_g = \frac{635 \cdot 10^3}{C_s \cdot P_{ci}} \quad (\text{VII.4})$$

où  $C_s$  étant définie dans c

$P_{ci}$  étant le pouvoir calorifique inférieur du carburant considéré

- Précautions importantes à observer avant la mise en marche du banc d'essai.

Avant d'entamer toute manipulation l'expérimentateur doit :

- aérer le laboratoire
- vérifier le niveau d'huile du moteur à l'aide de la jauge
- vérifier le niveau d'eau dans le radiateur
- vérifier le niveau du carburant et ouvrir les robinets
- mettre en marche la pompe d'alimentation en eau
- vérifier le bon fonctionnement de l'échangeur de chaleur
- décharger complètement le frein
- vérifier si l'aiguille du cadran de la balance du frein est bien sur le trait indiquant le zéro.

Mise en marche du moteur :

La mise en marche nécessite de :

- mettre le starter
- ouvrir le robinet d'alimentation du frein en eau, quelques secondes avant de démarrer le moteur
- fermer le circuit électrique et mettre le contact à l'aide de la clé
- mettre en marche le moteur à un régime moyen pendant une certaine durée (10mn)
- remettre le starter à sa position initiale après que le moteur se soit stabilisé.

#### VI.4. Manipulation :

En utilisant le supercarburant établir les courbes caractéristiques du moteur après avoir regroupé les paramètres et résultat dans des tableaux.

La mise en marche du moteur au GNC nécessite.

- l'ouverture du robinet du réservoir de GN
- la purge du système d'air (ouvrir le bouchon du détendeur jusqu'à sentir du gaz) (voir fig.)
- l'ouverture de la vis de réglage du mélangeur
- le réglage du débit gaz
- le démarrage du moteur avec l'essence restante dans le carburateur
- dès que le moteur commence à toussoter et juste avant qu'il ne s'arrête pousser la manette du selecteur du carburant ouvrant le mélangeur au GNC.

Pour les mêmes régimes que ceux de l'essence, regrouper les résultats dans un tableau et ce pour chaque cas, représenter enfin les courbes caractéristiques du comportement du moteur avec le GNC comme carburant.

#### VII.5. Interprétation de ces résultats :

#### VII.6. Conclusion :

## CHAPITRE VII

### CONCLUSION

L'examen des résultats obtenus par les expériences sur le banc d'essais R.16 nous a permis de constater l'influence des paramètres fondamentaux sur les performances du moteur.

Les qualités de la combustion au gaz naturel comprimé sont telles que, la diminution de la puissance et du couple, moteur s'accompagne d'une part d'un gain de consommation spécifique et d'autre part d'un meilleur rendement à puissance égale au profit du GNC.

Notre modeste contribution à la réparation et l'étalonnage des appareils de mesures ne se limite pas à cette étude. Elle vise aussi à apporter une participation et une aide aux expérimentateurs dans leurs travaux pratiques, en mettant à leur disposition un manuel.

Enfin, nous formulons le souhait de voir se réaliser ce même travail en remplaçant le moteur actuel par un autre plus récent qui permettrait une meilleure étude de la carburation du GNC. Surtout que cette même carburation paraît être d'un avenir prometteur, ne serait ce que pour :

- le coût plus intéressant vu l'abondance des ressources en gaz naturel,
- la production de gaz d'échappement non toxiques,
- pallier la saturation de la capacité de production d'essence dans les années à venir.

## ANNEXE

### 1. Précautions à prendre pour l'utilisation du frein :

Pour éviter toute détérioration de l'installation et tout incident, l'utilisateur doit observer les instructions suivantes :

- la vitesse maximale du frein 7500 tr/mn ne doit pas être dépassée,
- avant chaque démarrage, décharger le frein (écope sur 0),
- l'échangeur doit être alimenté par l'eau du réseau,
- ouvrir le robinet d'alimentation en eau du banc juste avant le démarrage afin d'éviter le grippage.
- l'eau évacuée du banc ne doit pas dépasser la température 70° (risque d'entartrage plus important),
- arrêter l'alimentation en eau du frein avant d'arrêter le moteur afin d'éviter la corrosion du rotor et du stator,
- avant l'arrêt du moteur, remettre le levier d'écope sur 0 et la vitesse du moteur au ralenti.
- après un mois de travail procéder au nettoyage du frein hydraulique.

### 2. Nettoyages du frein hydraulique :

Le produit de nettoyage, du frein hydraulique, "Lithax" enlève les dépôts et incrustations de calcaire, sans endommager l'intérieur du frein, ni attaquer l'acier, le cuivre, le laiton; le plomb et le caoutchouc.

Pour obtenir un nettoyage rapide il est à employer non dilué mais le port de lunettes de protection et des gants est nécessaire.

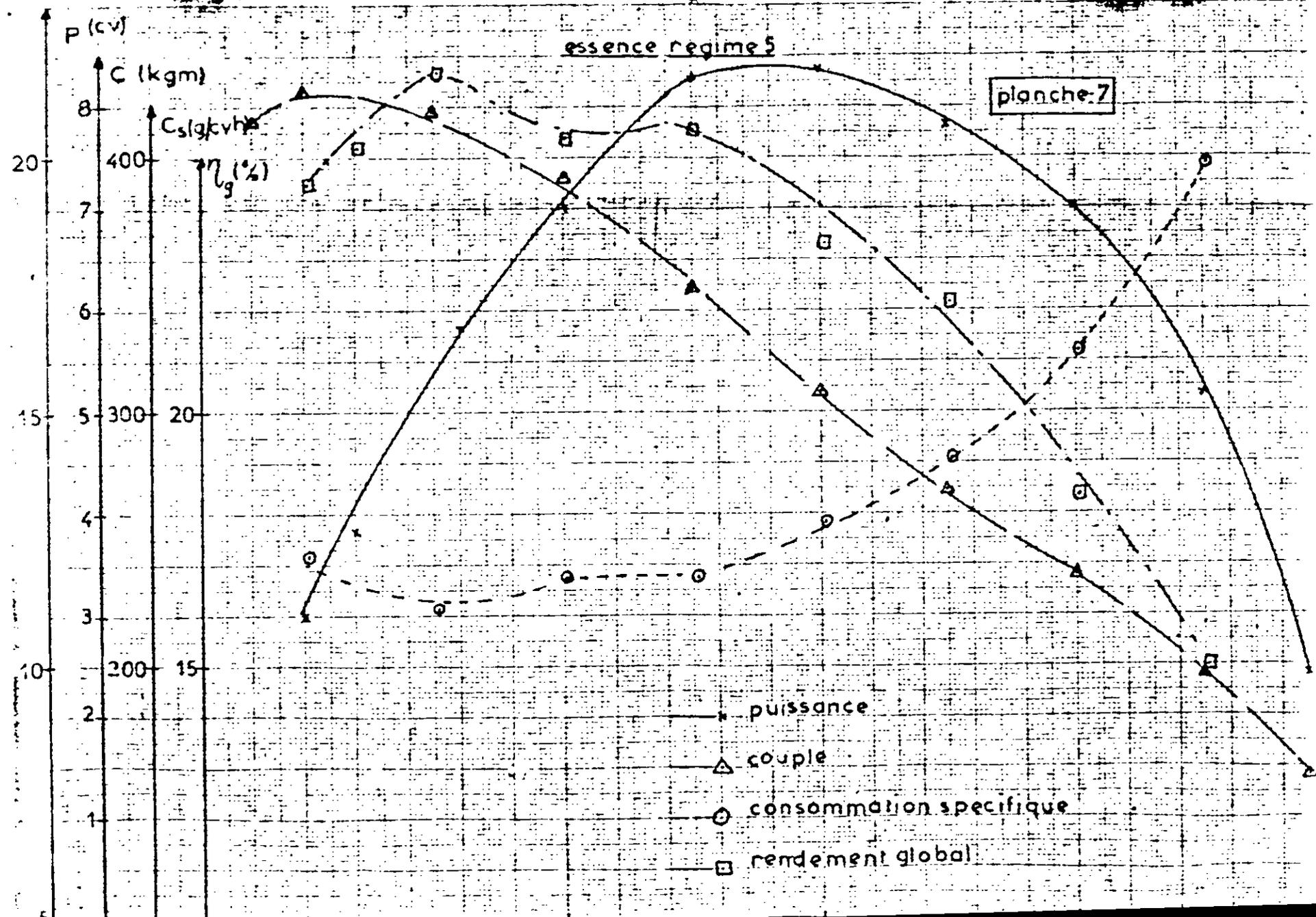
Ainsi pour procéder au nettoyage du frein hydraulique, il faut:

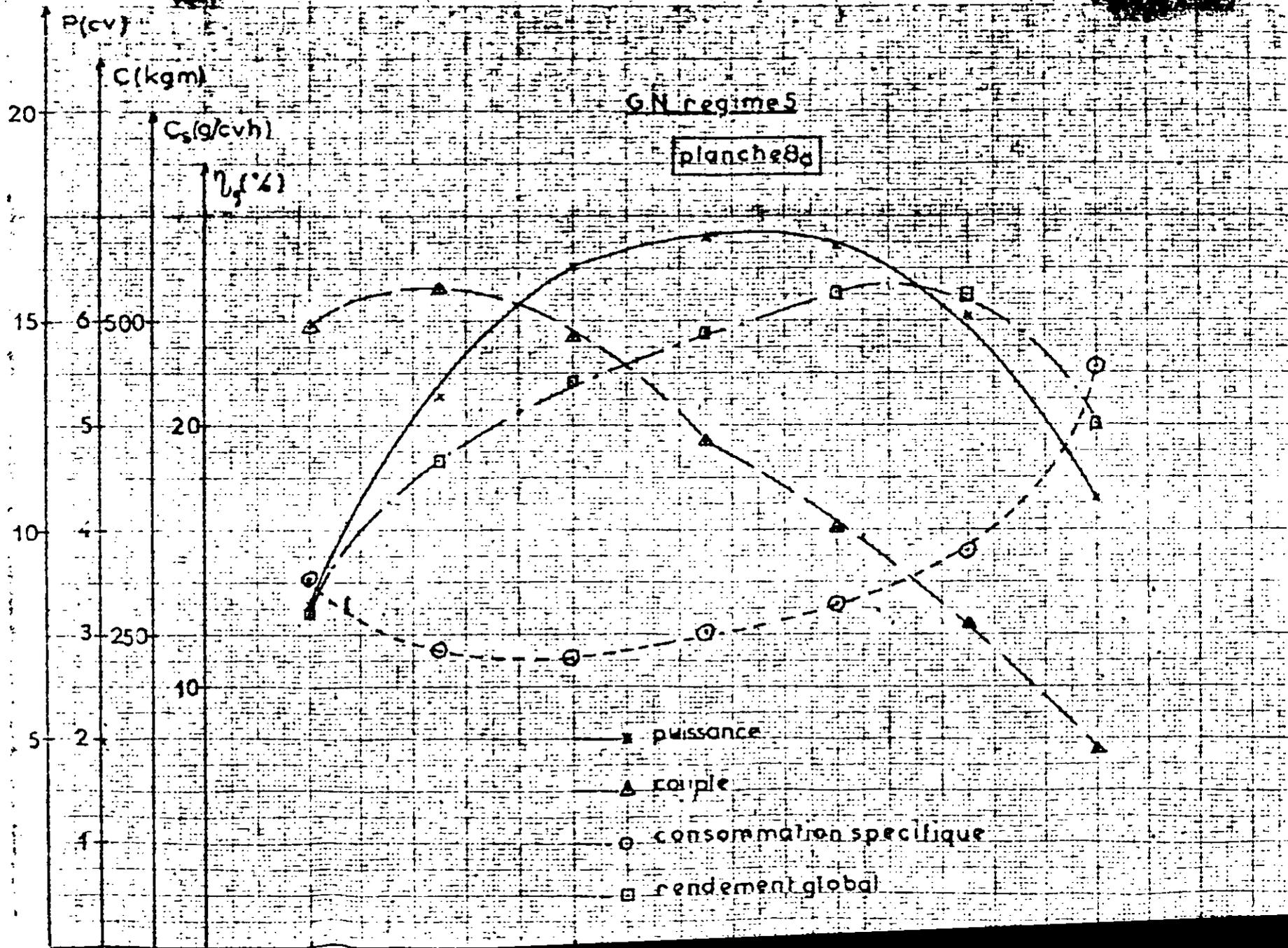
- 1 - veiller à une bonne aération du laboratoire durant toute l'opération,
- 2 - enlever l'arrivée d'eau au frein, mettre le frein en fonction complètement déchargé (position de l'écope sur 0) avec vitesse modérée et l'arrêter aussitôt que l'eau n'en sort plus,
- 3 - Remplir le frein jusqu'au trop plein avec du "Lithax" (position de l'écope sur 0) versé dans l'entrée d'eau,
- 4 - toute les 20 minutes tourner d'un quart de tout les rotor, de sorte que l'opération de dissolution soit effectuée après 50 minutes. Remplir chaque fois jusqu'au trop plein avec "Lithax",
- 5 - tourner le frein à la main pendant environ 5 minutes avec position de l'écope sur 10. Si cela est possible le frein peut être mis en service avec vitesse minimale. Veiller à ce que la température du "Lithax" ne dépasse pas 40°C, et qu'à aucun cas il n'arrive à l'ébullition,
- 6 - remettre l'arrivée d'eau, l'ouvrir et laisser fonctionner le frein (si possible avec position alternées de l'écope) jusqu'à ce que l'eau ressortant du frein soit claire,
- 7 - retirer l'arrivée d'eau, laisser tourner le frein sans aucune charge, jusqu'au vidage complet,

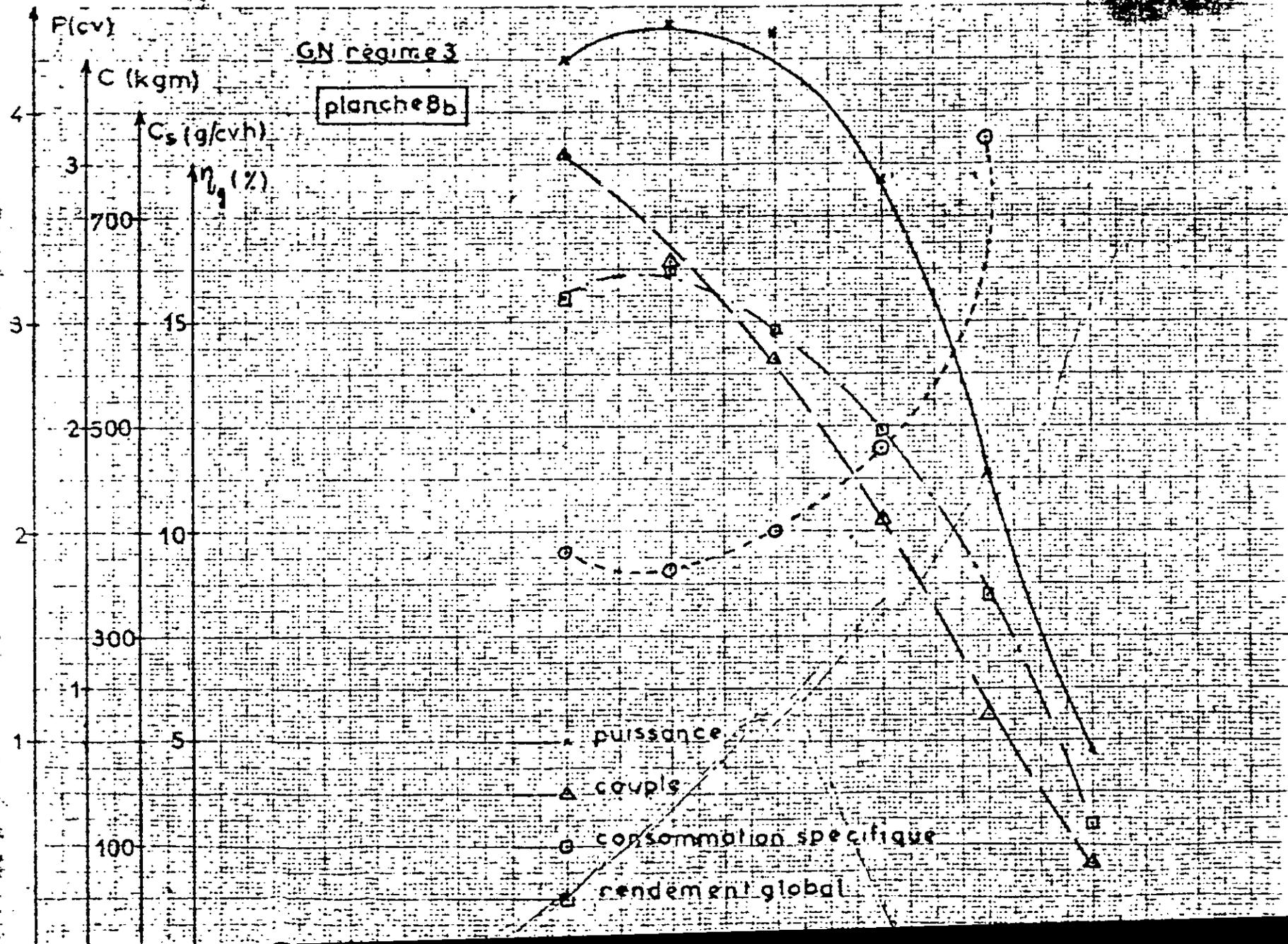
- 8 - faire dissoudre environ 0,5 kg de soude calcinée, pure, dans 10 litres d'eau chaude et remplir le frein jusqu'au trop plein,
- 9 - tourner les rotors d'un quart de rotation toutes les 20 minutes, de sorte que la neutralisation soit effectuée en 80 minutes,
- 10 - contrôler l'étanchéité du frein hydraulique en service normal,
- 11 - laver et graisser les roulements rotatifs après 5000 heures de fonctionnement.

essence regime 5

planche 7







## BIBLIOGRAPHIE

- 1 J.Weissman -Carburants et combustibles-
- 2 -Encyclopédie des sciences industrielles- (Quillet)
- 3 PFE "performances d'un moteur fonctionnant à l'essence  
et au gaz de Hassi R'mel" (juin 78)
- 4 Manuel d'emploi pour frein dynamométrique hydraulique (Schenk)

