

UNIVERSITE D'ALGER  
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

3/71

G. Mécanique

1er

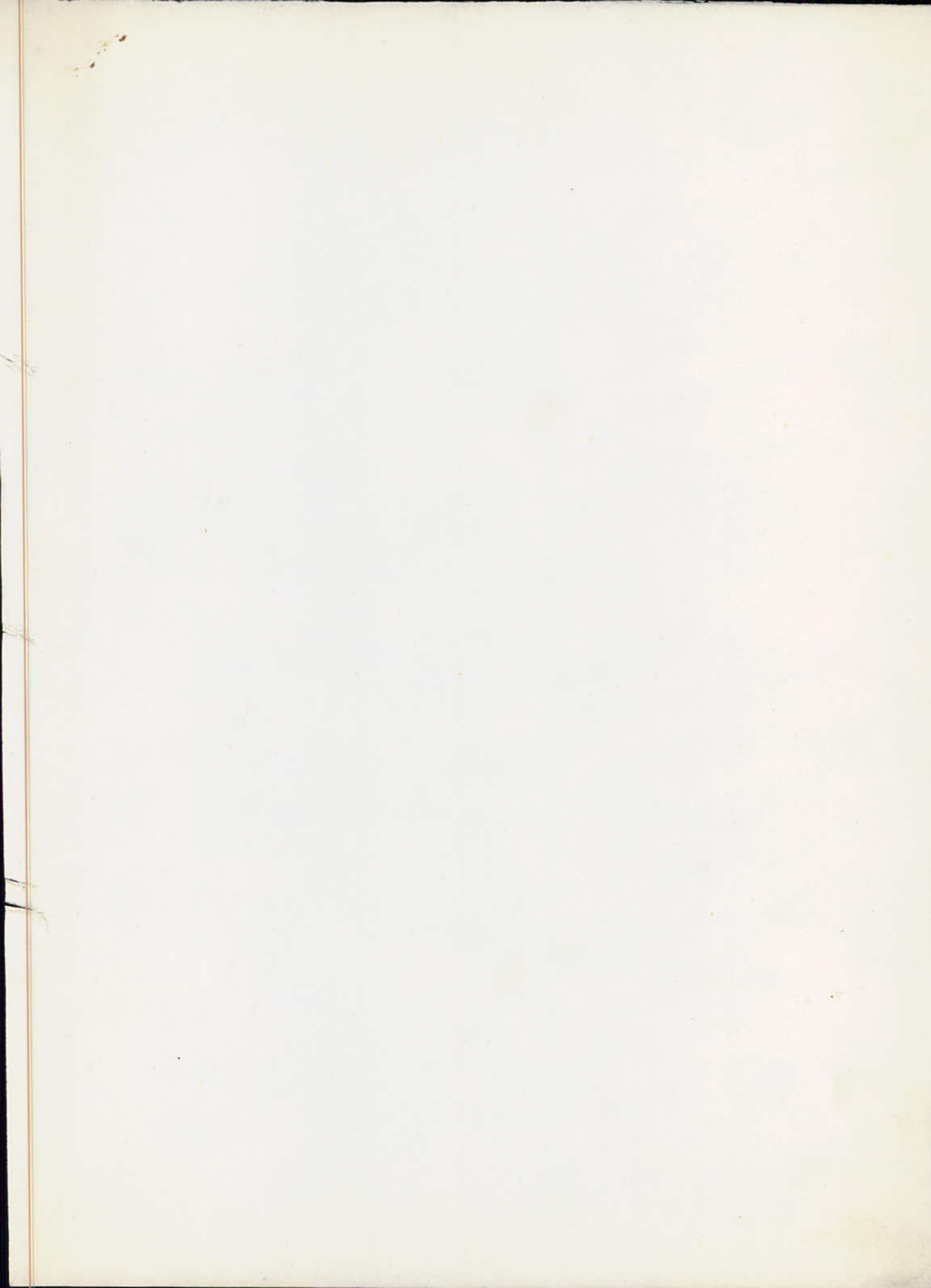
# THESE DE FIN D'ETUDES

المدرسة الوطنية للتكنولوجيا  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

ADAPTATION, ESSAIS ET MESURES  
SUR UN MOTEUR A COMBUSTION A  
ALLUMAGE COMMANDE ALIMENTÉ AU  
GAZ NATUREL

Etudié et présenté  
par  
A. NOUREDDINE et E. SETTI

DIRIGÉ PAR G. MATTON  
DOCTEUR ÈS SCIENCES  
EXPERT DE L'UNESCO



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

UNIVERSITE D'ALGER.

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-

THESE DE FIN D'ETUDES

-o-o-o-

ADAPTATION ,ESSAIS ET MESURES SUR UN MOTEUR  
A COMBUSTION A ALLUMAGE COMMANDE ALIMENTE  
AU GAZ NATURAL.

-o-

Etudié et présenté

par

A. NOUREDDINE et E. SETTI

-o-o-o-o-

PROMOTION 1971

DIRIGE par G. MATTON  
Docteur ès Sciences  
Expert de l'UNESCO

Nous nous permettons d'exprimer toute la reconnaissance et le respect à Monsieur G.MATTON Docteur és Sciences, expert de l'UNESCO, qui nous a chargé de cette étude et l'a suivie avec une bienveillante attention.

Nous remercions Monsieur BOFFA qui nous a apporté une aide dans nos réalisations matérielles et de mise au point.

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
المكتبة — BIBLIOTHEQUE  
Ecole Nationale Polytechnique

S O M M A I R E

-o-o-o-o-o-o-o-o-o-

|  |        |
|--|--------|
| Introduction.....                                | page I |
| Caracteristiques du moteur et de l'essence.....  | 3      |
| Calcul théorique du moteur (essence).....        | 4      |
| Caracteristiques du G.M.....                     | 8      |
| Etude du G.M.....                                | 9      |
| Calcul théorique du moteur (G.M.).....           | II     |
| Conclusion.....                                  | I3     |
| Equipement et instrumentation.....               | I4     |
| Difficultés d'équipement et d'essais.....        | I6     |
| Essais et mesures.....                           | 2I     |
| Comparaison et interpretation des résultats..... | 23     |
| Conclusion.....                                  | 26     |
| Etude économique comparative.....                | 27     |
| Conclusion générale.....                         | 29     |

-o-o-o-o-o-

o-o-o

o

INTRODUCTION



Le gaz naturel est devenu une source d'énergie présente à tous les niveaux de l'activité économique d'un pays moderne. L'adaptation progressive de cette source d'énergie dans les machines tournantes ne cesse de préoccuper nombre important de chercheurs notamment européens et plus spécialement américains. Le développement de l'industrie gazière à la veille et au lendemain de la deuxième guerre mondiale se traduit par l'emploi de nouvelles ressources telles que le butane, propane.

Cependant, la situation de l'industrie du gaz fut bouleversée ces dernières années par l'apparition de nombreux et riches gisements de gaz naturel et les progrès enregistrés en matière de transport à longue distance tant par gazoducs que par navire méthaniers. On peut caractériser l'importance du gaz naturel qu'en citant comme exemple la production de plastique qui va bientôt quadrupler, la construction automobile qui travaille beaucoup pour la réalisation de carrosserie; ailleurs certaines matières plastiques surclassent certains métaux grâce à leur qualité et leur légèreté.

Par ailleurs, on estime que 0,60 à 0,80 de l'ensemble de la pollution atmosphérique créé par l'homme a pour origine l'emploi de combustibles fossiles (D'après OCDE).

La nécessité de plus en plus évidente de combattre la pollution aura donc une influence sur les politiques énergétiques. Inversement le choix entre les différents types d'énergie déterminera en partie des mesures qui s'imposeront pour combattre la

pollution. Pour cela, en Algérie on brûle déjà du gaz naturel dans les centrales thermiques en remplacement du charbon et du fuel-oil et on peut faire remarquer que des mesures ont été prises par certains pays européens ainsi que les U.S.A. pour limiter la pollution du moins dans les grands centres urbains, mesures parmi lesquelles figurent la future adaptation et peut être dans l'avenir la conception radicale de moteurs fonctionnant au gaz naturel.

Prenant ces perspectives intéressantes en considération et tenant compte du fait que l'Algérie est un gros producteur de gaz naturel ( Hassi-Rmel ), Monsieur MATTON nous a chargé de mener à bien une étude qui nécessitera d'être continuée, qui porterait sur les possibilités d'adaptation, de conception de moteurs plus spécialement moteurs à allumage commandé au fonctionnement au gaz naturel.

CARACTERISTIQUES DU MOTEUR

TYPE 662- 2 ( ESSENCE )

|  |      |
|--|------|
| Puissance effective -cv -.....             | 26,5 |
| Taux de compression volumétrique.....      | 8,5  |
| Alésage - mm .....                         | 54,5 |
| Course -mm .....                           | 80   |
| Vitesse linéaire du piston- m/s .....      | 12   |
| Cylindrée totale - cm <sup>3</sup> .....   | 747  |
| Indice d'octane .....                      | 86   |
| Cylindrée unitaire - cm <sup>3</sup> ..... | 187  |
| Volume mort - cm <sup>3</sup> .....        | 25   |
| Nombre de tours par minute .....           | 3000 |

CARACTERISTIQUES DE L'ESSENCE

|  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| Carbone .....                                | 85                                |
| Hydrogène .....                              | 15                                |
| Pouvoir calorifique - Pci - kcal/kg;17°C1bar | 10550                             |
| Masse volumique - g/cm <sup>3</sup> .....    | 0,71                              |
| A/Cstoechimétrique - kg/kg .....             | 14,5                              |
| Formule fictive ( Produits combustibles ) .  | C <sub>7,07</sub> H <sub>15</sub> |



CALCUL THEORIQUE (ESSENCE)

-o-

QUANTITE D'AIR THEORIQUE.

$$L_0 = \frac{I}{0,23} \left( \frac{C}{3} + 8H \right) = \frac{I}{0,23} \left( \frac{8}{3} \cdot 0,85 + 8 \cdot 0,15 \right)$$

$$L_0 = 15,1 \text{ kg/kg.}$$

QUANTITE D'AIR EN MOLES.

$$L_0' = \frac{L_0}{M_0} = \frac{15,1}{28,95} ; L_0' = 0,505 \text{ Moles/kg}$$

On se fixe l'excès d'air,  $a = 1$

COMPOSITION DES PRODUITS DE COMBUSTION.

$$CO_2 = \frac{I \cdot C}{3} = \frac{I \cdot 8}{3} \cdot 0,85 = 3,12 \text{ kg}$$

$$H_2O = \frac{9H}{I} = 9 \cdot 0,15 = 1,35 \text{ kg}$$

$$N_2 = 0,77L_0 = 0,77 \cdot 15,1 = 11,63 \text{ kg}$$

$$O_2 = 0,23(a - 1)L_0 = 0$$

Composition totale :  $G = 16,1 \text{ kg.}$

Vérification :  $G = I + aL_0 = 16,1 \text{ kg.}$

COMPOSITION DES PRODUITS DE COMBUSTION (En moles).

$$CO_2' = \frac{C}{I_2} = \frac{0,85}{I_2} = 0,0708.$$

$$H_2O' = H/2 = 0,15/2 = 0,075.$$

$$N_2 = 0,77L_0' = 0,77 \cdot 0,505 = 0,3985.$$

Composition totale :  $G' = 0,5448.$

Vérification :  $G' = L_0' + H/4 = 0,5425.$

COEFFICIENT DE CHANGEMENT MOLECULAIRE.

$$\beta_0 = \frac{G'}{L_0'} = 0,544/0,505 = 1,075 \text{ mole/mole.}$$

PROCESSUS D'ASPIRATION.

Les pression et température d'admission sont fixées

comme suit :  $T_a = 297^\circ\text{K}$  ;  $P_a = 0,90$  bar.

Les pression et température des gaz résiduels  
sont fixées à :  $P_{gr} = 1,20$  bar ;  $T_{gr} = 1000^\circ\text{K}$

CORRECTION DE LA TEMPERATURE  $T_a$  .

$$T_d = \xi \cdot P_a \cdot T_o / (\xi \cdot P_a - P_{gr}(T_{gr} - T_o) / T_{gr})$$

$$T_d = 310^\circ\text{K} . \text{ On fixe } dT \text{ à } 20^\circ .$$

$$\text{Température corrigée : } T_a = T_d + dT = 330^\circ\text{K} .$$

COEFFICIENT DE REMPLISSAGE.

$$\eta_v = (P_a / T_a) \cdot (P_{gr} / T_{gr}) \cdot T_o / P_o (\xi - 1) .$$

$$\eta_v = 0,8008 .$$

COEFFICIENT DE GAZ RESIDUELS.

$$\delta_{gr} = P_{gr} \cdot T_o / \eta_v (\xi - 1) T_{gr} \cdot P_o =$$

$$\delta_{gr} = 0,0547 .$$

PROCESSUS DE COMPRESSION.

Le coefficient polytropique est fixé  $n_I = 1,35$ .

$$P_c = P_a \cdot \xi^{n_I} = 0,9 \cdot 0,5^{1,35} = 16,2 \text{ bar} .$$

$$T_c = T_a \cdot \xi^{n_I - 1} = 330 \cdot 0,5^{0,35} = 697^\circ\text{K}$$

PROCESSUS DE COMBUSTION.

$$(1) \xi P_{ci} + \delta_{gr} (mcp)_{pc} t_z + (mcp)_{air} t_z = (\beta_o + \delta_{gr}) (mcp)_{pc} t_z$$

$$\text{avec } P_{ci}(\text{essence}) = 10550 \text{ kcal/kg. ; } \xi = 0,90 .$$

$\xi$  étant les pertes en combustion.

CHALEURS SPECIFIQUES MOLAIRES.

$$N_2 = 6,92 + 0,000613 t_z$$

$$H_2 = 6,875 + 0,0002667 t_z$$

$$CO = 6,94 + 0,000673 t_z$$

$$H_2O = 7,855 + 0,0013 t_z$$

$$AIR = 6,949 + 0,000576 t_z$$

$$CO_2 = 8,61 + 0,004848 t_z$$

$$(mcp)_{pc} = R_{CO_2} (mcp)_{CO_2} + R_{H_2O} (mcp)_{H_2O} + R_{N_2} (mcp)_{N_2}$$

Ou  $R_i = m_i/m_{pc}$ . En remplaçant on obtient :

$$(mcp)_{pc} = 7,273 + 0,001307 t_z ; \text{ en remplaçant dans (I)}$$

$$\begin{aligned} \text{il vient: } 18900 + 0,054(7,273 + 0,0013t_z) + (mcp)_{air} t_z &= \\ &= 1,129(7,27 + 0,0013t_z) t_z. \end{aligned}$$

$$\text{On obtient: } t_z = 2266^\circ C ; \text{ ou } T_z = 2540^\circ K.$$

$$P_z/P_c = T_z/T_c ; P_c = 16,2.2540/697 = 59 \text{ bars.}$$

#### PROCESSUS DE DETENTE.

On fixe le coefficient polytropique à  $n_2 = 1,27$  .

$$P_b = P_z/\epsilon^{n_2} = 59/8,5^{1,27} = 3,905 \text{ bars .}$$

$$T_b = T_z + 1/\epsilon^{n_2-1} = 1425^\circ K .$$

#### MASSE D'AIR PAR CYCLE .

Masse volumique de l'air ( $17^\circ C$ ;  $1,013 \text{ bar}$ ) =  $1,22 \text{ g/l}$

$$V = 0,747 = m.1,013.330/1,22; 1,273 ; m = 0,744 \text{ g/cycle}$$

#### MASSE DE COMBUSTIBLE PAR CYCLE.

1 g de combustible est brûlé par 14,5g d'air.

$$m_c = 0,744/14,5 = 0,0512 \text{ g/cycle.}$$

#### CONSOMMATION HORAIRE.

$$C_h = 0,0512.60.3000/2 = 4615 \text{ g/heure.}$$

#### CONSOMMATION PAR KW.HEURE.

$$c' = c_h / P_{eff} \cdot 0,736 = 4,615 / 26,5 \cdot 0,736 = 0,237 \text{ kg/kw.h}$$

QUANTITE DE CHALEUR NECESSAIRE PAR CYCLE.

$$Q = 4,18 \cdot m_c \cdot P_{ci} = 0,0512 \cdot 10^{-3} \cdot 4,18 \cdot 10550 = 2260 \text{ kj/cycle}$$

RENDEMENT.

On a l'expression du rendement global:

$$n_G = P_{eff} \cdot 60 \cdot 2 / Q \cdot N ; \quad N; \text{étant le nombre de tr/mn.}$$

$$n_G = (26,5 \cdot 120 / 2260 \cdot 3000) \cdot 0,736 = 0,345.$$

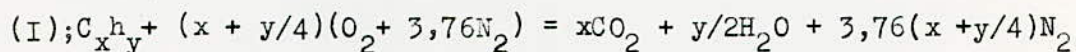


ETUDE DU GAZ NATUREL.

Avant d'entreprendre l'étude expérimentale de la combustion à l'aide de l'analyse des gaz brûlés, il est nécessaire de connaître théoriquement les équations chimiques de combustion.

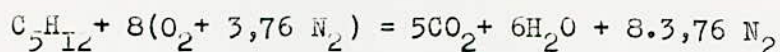
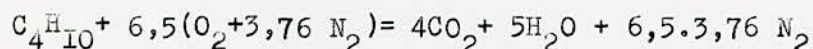
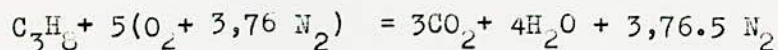
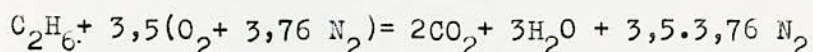
Un combustible comme le gaz naturel de Hassi-R'Mel contient du carbone, de l'hydrogène et de l'azote. Ce dernier ne participe pas à la combustion, il se retrouve dans les gaz d'échappement. Le comburant nécessaire est fourni par l'oxygène de l'air.

Nous avons:



Nous n'avons fait intervenir dans cette équation que les produits combustibles. La teneur en oxygène de l'air est telle que 1 molécule d'O<sub>2</sub> corresponde à (100/21) - 1 = 3,76 molécules N<sub>2</sub>

COMBUSTION DES DIVERS CONSTITUANTS DU G.N.



DETERMINATION DE LA FORMULE FICTIVE.

A partir des équations chimiques de combustion précédentes et

de l'équation générale(I) et de la composition du G.N., on calcule x le nombre de molécules de carbone et également y pour l'hydrogène. Pour cela on fait le bilan carbone et le bilan oxygène; on a obtenu :  $x = 1,0828$  ;  $y = 4,0324$  .

Soit :  $C_{1,0828} H_{4,0324}$

POUVOIR CALORIFIQUE DU G.N.  
+++++

Il est égal à la somme des pouvoirs calorifiques des composants, dans les proportions du G.N..

On obtient :  $P_{GN} = 8985,6 \text{ th/m}^3$

$P_{GN} = 11250 \text{ kcal/kg} . (17^\circ\text{C} ; 1,013 \text{ bar.})$

CORRECTION DE LA MASSE VOLUMIQUE. (G.N.)  
+++++

Les conditions de service sont:  $t^\circ\text{C} = 17$  ;  $P_a = 1,013 \text{ bar.}$

La masse volumique du G.N. à  $0^\circ\text{C}$  et  $1,013 \text{ bar} = 0,847 \text{ kg/m}^3$

On trouve pour les conditions de service:

$$= 0,847 \cdot 273/290 = 0,796 \text{ kg/m}^3$$

CALCUL DU A/C STOECHIMETRIQUE.  
+++++

La masse d'une molécule-gramme de G.N. a une masse égale à la somme des masses moléculaires des composants dans les proportions du G.N.. Cette masse(C) a été déterminée:  $C = 19,01 \text{ g}$

La masse d'air qu'il faudrait pour brûler une molécule de G.N.:  $(x + y/4)(O_2 + 3,76 N_2) = 287 \text{ g.}$

Ce qui donne un A/C stoechiométrique = 15,1.

CALCUL THEORIQUE (G.N.).

-o-

COMPOSITION CENTESIMALE. : C = 68,40% ; H = 21,18%.

QUANTITE D'AIR THEORIQUE.

$$L_0 = (1/0,23)((8/3).0,68 + 8.0,22) = 15,3 \text{ kg/kg.}$$

QUANTITE D'AIR EN MOLES.

$$L_0' = 15,3/28,95 = 0,529 \text{ moles/kg}$$

On se fixe l'excès d'air  $a = 1$

COMPOSITION DES PRODUITS DE COMBUSTION.

$$\text{CO}_2 = 2,51 \text{ kg} ; \text{H}_2\text{O} = 1,915 \text{ kg} ; \text{N}_2 = 11,79 \text{ kg} ; \text{O}_2 = 0$$

Composition totale : G = 16,315 kg.

$$\text{Vérification : } G = 1 + aL_0 = 16,3 \text{ kg.}$$

COMPOSITION DES PRODUITS DE COMBUSTION (En moles).

$$\text{CO}_2' = 0,0570 ; \text{H}_2\text{O}' = 0,1057 ; \text{N}_2' = 0,408 .$$

Composition totale : G' = 0,5707

$$\text{Vérification : } G' = L_0' + H/4 = 0,5793$$

COEFFICIENT DE CHANGEMENT MOLECULAIRE.

$$\beta_0 = G'/L_0' = 0,5793/0,529 = 1,095$$

PROCESSUS D'ADMISSION.

Les pression et température d'admission sont fixées comme suit :  $T_a = 297^\circ\text{K}$  ;  $P_a = 0,90 \text{ bar.}$

Les pression et température des gaz résiduels ont été fixées à :  $T_{gr} = 1000^\circ\text{K}$  ;  $P_{gr} = 1,20 \text{ bar.}$



CORRECTION DE LA TEMPERATURE Ta.

En fixant  $\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$ , on obtient  $T_a = 330^{\circ}\text{K}$

COEFFICIENT DE REMPLISSAGE.  $\eta_v = 0,8008.$

COEFFICIENT DE GAZ RESIDUELS.  $\delta_{gr} = 0,0547.$

PROCESSUS DE COMPRESSION.

Le coefficient polytropique est fixé :  $n_1 = 1,35$

$P_c = 16,2 \text{ bar}$  ;  $T_c = 697^{\circ}\text{K}.$

PROCESSUS DE COMBUSTION.

En employant la même forme de calcul que pour l'essence on aboutit aux résultats suivants.

$T_z = 2383^{\circ}\text{K}$  ;  $P_z = 55,5 \text{ bar}.$

DETENTE.

On fixe le coefficient polytropique à  $n_2 = 1,27.$

$P_b = 3,68 \text{ bar}$  ;  $T_b = 1340^{\circ}\text{K}.$

MASSE D'AIR PAR CYCLE. /  $m = 0,744 \text{ g}.$

MASSE DE COMBUSTIBLE PAR CYCLE :  $m_c = 0,0494 \text{ g/cycle}.$

CONSOMMATION HORAIRE :  $C_h = 4440 \text{ g/heure}.$

CONSOMMATION PAR KW.HEURE.  $C' = 0,2275 \text{ kg/kw.h}.$

QUANTITE DE CHALEUR NECESSAIRE PAR CYCLE.  $Q = 2,320 \text{ kj/cycle}.$

RENDEMENT .  $\eta_G = 0,335.$

CONCLUSION.

En faisant une comparaison de ces deux études théoriques pour un moteur de caractéristiques identiques, seulement que ce moteur une fois est considéré alimenté au G.N. et une autre fois considéré alimenté à l'essence, on peut s'attendre déjà lors des essais à des puissances et consommations (G.N.) inférieures à celles fournies par l'essence dans les mêmes unités.

EQUIPEMENT ET INSTRUMENTATION (BANC).

-o-

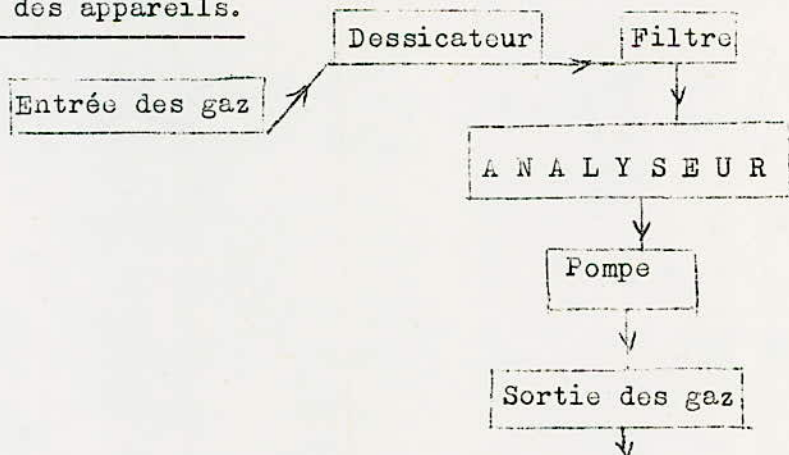
ANALYSEUR A INFR.-ROUGE (I.F.)

Principe de fonctionnement:

Lorsque un faisceau de rayon I.F. traverse un mélange contenant un gaz G, certaines radiations sont affaiblies d'autant plus que la concentration de G dans le mélange est grande. Pour faire le dosage de ce gaz, il suffit de mesurer l'absorption des rayons I.F. de longueur d'onde différente. Le récepteur contient une masse de gaz G pur pour absorber complètement les restes des radiations. L'absorption de G chauffe le récepteur; la mesure se ramène à une mesure de cet échauffement.

On a recours à un amplificateur, vu que la puissance des radiations I.F. mise en jeu dans l'appareil est très faible.

Disposition des appareils.



(Voir notice SCHLUMBERGER)

On a prévu pour l'élimination des vapeurs condensables existantes dans les gaz à analyser ou dans l'air, un dessiccateur ( $\text{Cl}_2\text{Ca}$ ) suivi d'un filtre en ouate pour éliminer les particules solides.

PRELEVEMENT DE TEMPERATURES.  
+++++

L'étude d'un moteur au banc nécessite des prélèvements de températures. Celles-ci sont données par deux thermomètres placés, l'un à l'entrée de l'eau de refroidissement au moteur, l'autre à la sortie de cette eau vers le radiateur et l'échangeur de chaleur. Ces deux températures nous permettent de connaître la chaleur dissipée pour le refroidissement du moteur.

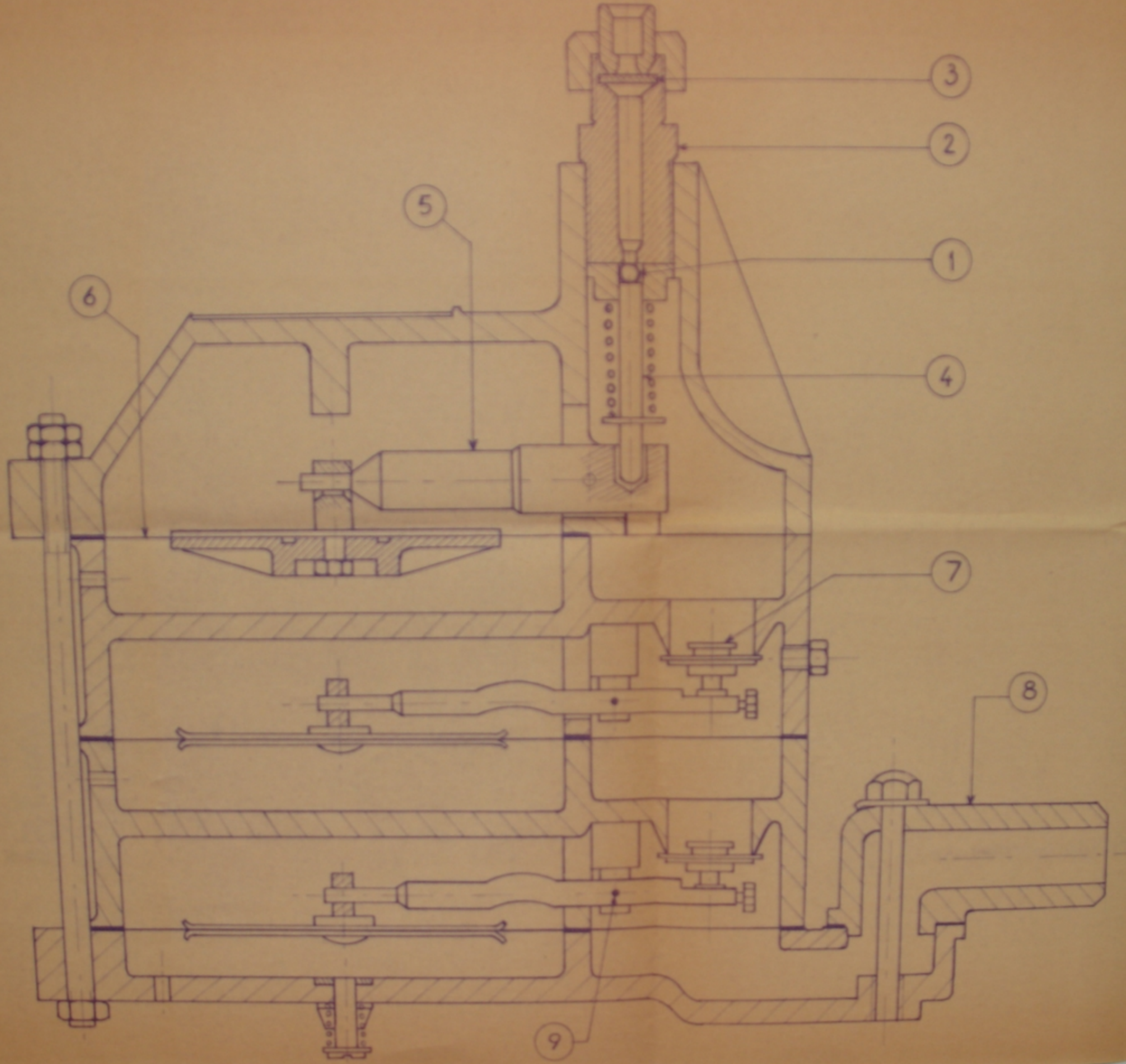
DETENDEUR (voir DESSIN planche I)  
+++++

Cet appareil est composé de 3 étages. Il doit fournir du gaz à une pression constante approchant la pression atmosphérique. La pression à l'entrée du détendeur est de l'ordre de 150 bars. Si la pression augmente dans les étages H.P. et M.P. la membrane se déplace et ferme le clapet par l'intermédiaire du levier (5). Dans l'étage B.P. le clapet est maintenu fermé par contre-poids extérieur sur le levier articulé en (9) et s'ouvre par dépression de  $50 \text{ N/m}^2$  sur sollicitation du carburateur-mélangeur.

MELANGEUR (voir DESSIN planche 2).  
+++++

Il est dérivé du carburateur habituel avec adjonction de dispositifs appropriés pour l'alimentation en gaz: une pipe com-

AM00371  
A.P.M. p.15  
(1)

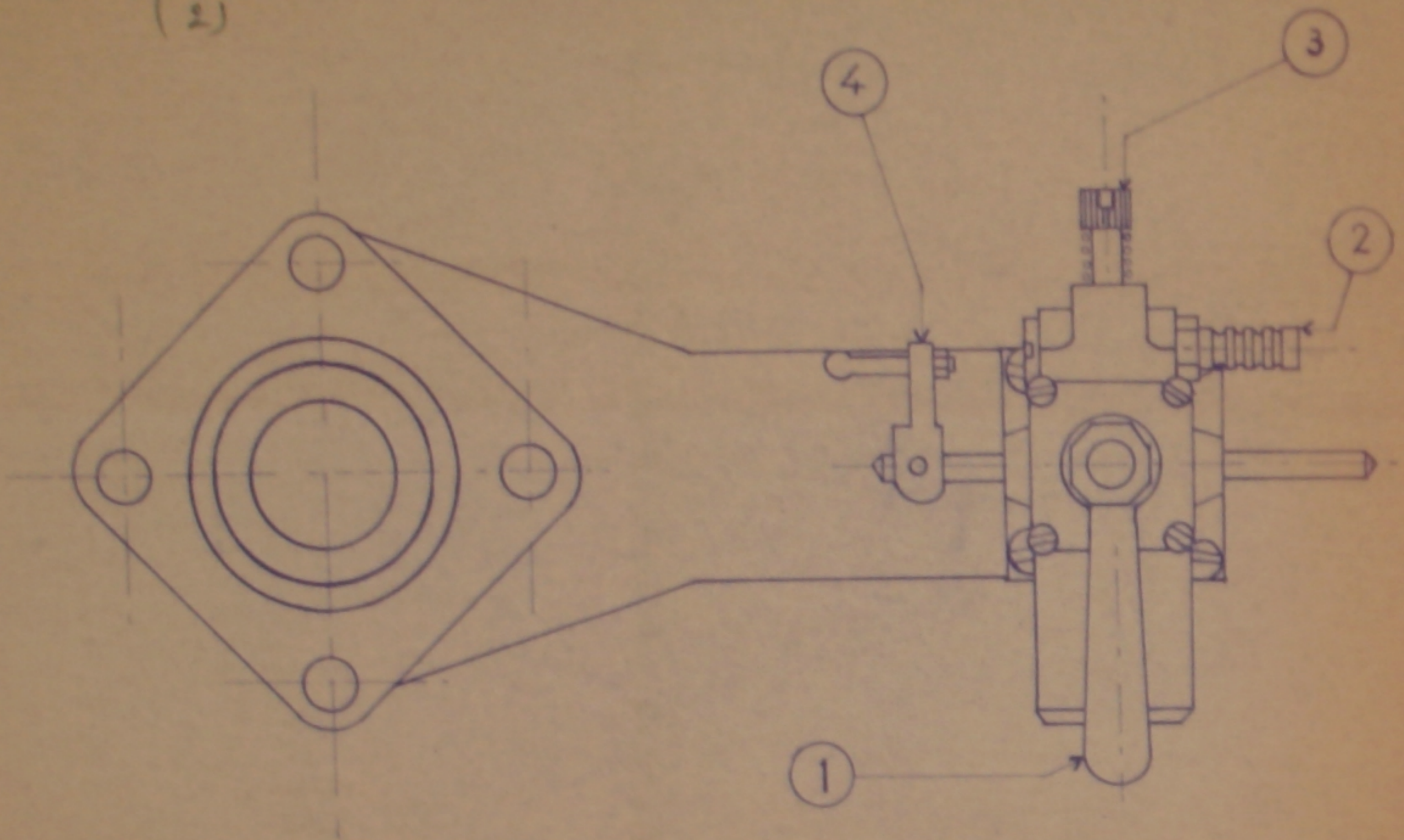


|                               |  |
|-------------------------------|--|
| 1                             | Clapet à bille HP                              |
| 2                             | Siège HP                                       |
| 3                             | Filtre   |
| 4                             | Pointeau                                       |
| 5                             | Levier   |
| 6                             | Membrane des étages HP, MP, 13P                |
| 7                             | Clapet en matière plastique des étages MP, 13P |
| 8                             | Pipe reliée au carburateur-mélangeur           |
| 9                             | Axe d'articulation du levier 5                 |
| Echelle : 1                   |  |
| École Nationale Polytechnique |  |
| Noureddine et Setti           |  |

DETENDEUR - ETNA

PM00371 Après P15

(2)

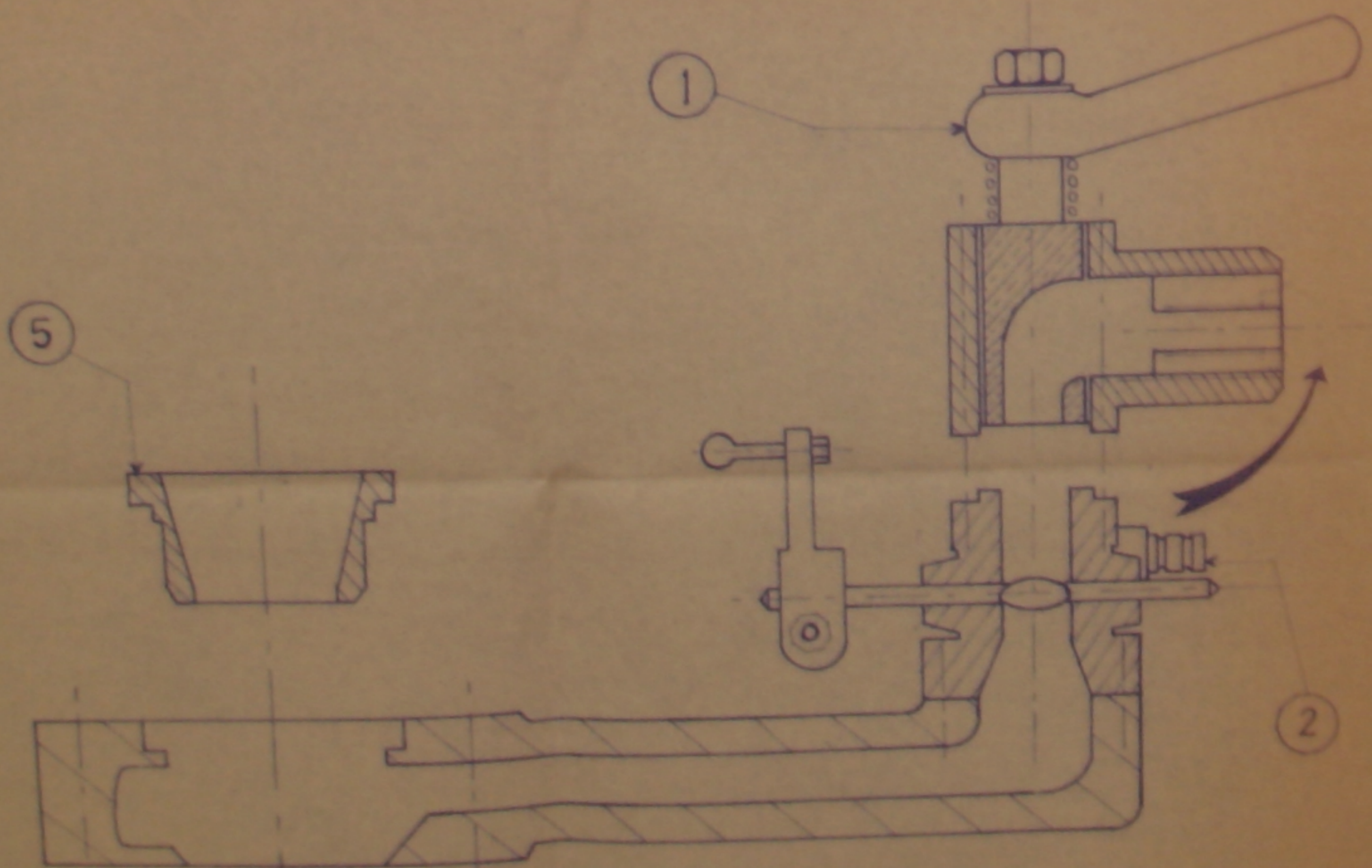


- |   |                       |
|---|-----------------------|
| 1 | obturateur gaz        |
| 2 | Prise d'air           |
| 3 | Vis-pointot           |
| 4 | flapillon d'ouverture |
| 5 | cône interchangeable  |

## MELANGEUR - GAZ

Echelle : 1 École Nationale Polytechnique d'Alger

Noureddine et Setti



prenant un papillon solidaire de celui du carburateur, une prise de gaz pour le ralenti, une prise d'air et deux vis pointôt pour le réglage des prises. les dispositifs de marche à l'essence sont conservés.

FREIN "LEBINAL"  
+++++

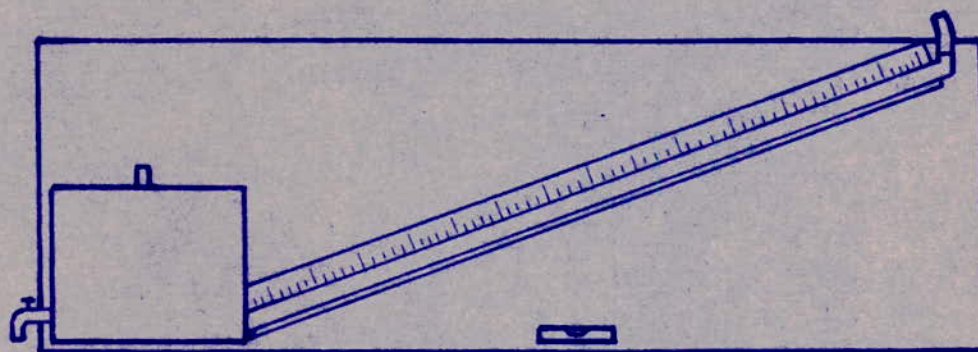
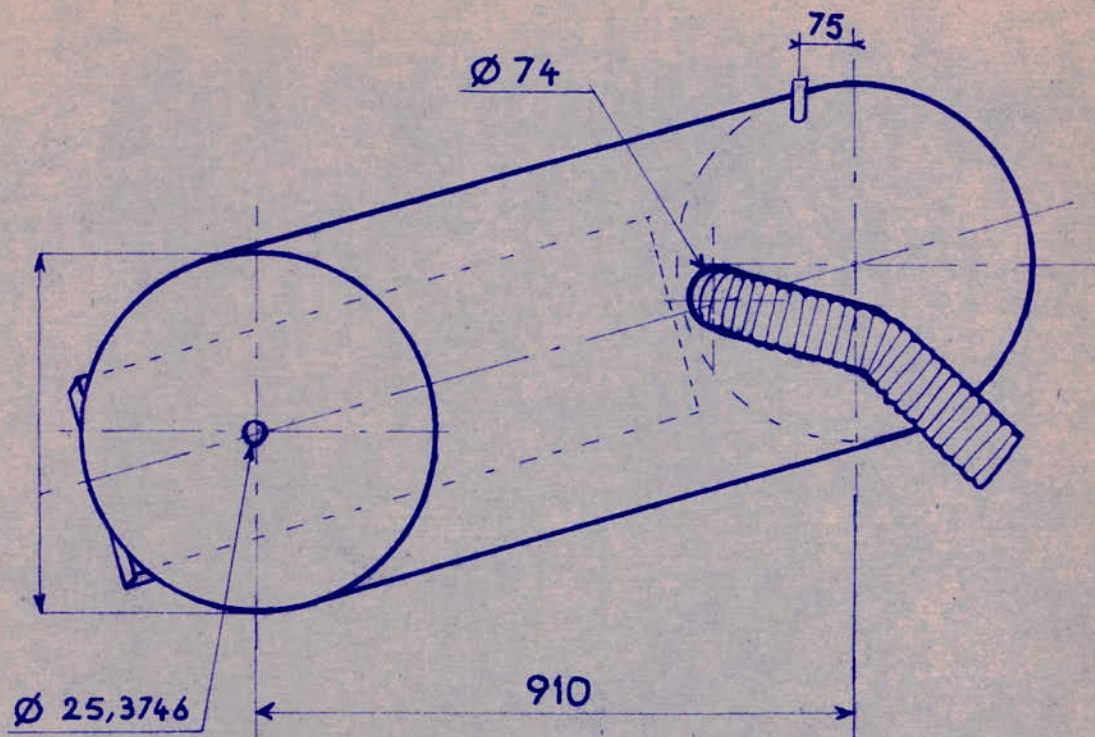
Il est composé essentiellement d'un banc dynamométrique formé d'un frein TELMA, d'un alternateur tachymétrique JAEGER et d'un peson électrique. Le rotor du frein est constitué de deux disques qui sont le siège de courants de Foucault, engendrés par le passage devant les bobines alternativement nord et sud du stator. Le freinage est donc assuré sans frottements mécaniques ce qui assure une très grande robustesse de l'appareil; des ailettes placées sur le disque assurent le refroidissement.

Le peson est une balance munie de deux crochets montés sur couteaux permettant de vérifier l'équilibre de l'ensemble réalisé à de masses réglables fixées au stator.

METHODE DE MESURE DE LA CONSOMMATION D AIR PAR LA BOITE A AIR. (DESS5)  
+++++

La méthode de mesure de la consommation d'air par la boite à air, pour les moteurs à combustion interne est fondée sur deux hypothèses:

I/ Que ~~de~~ la boite à air est suffisamment importante par rapport à l'intensité et à la fréquence des irrégularités du débit d'air, pour assurer que le débit à travers l'orifice de mesure



Echelle : 0,1

Ecole Nationale Polytechnique

Noureddine et Setti

Boite à Air

Planche 5



est constant.

2/ Que la chute de pression à travers l'orifice est suffisamment petite par rapport à la pression principale pour que la compressibilité de l'air puisse être négligée.

Les calculs de la consommation qui donnent le volume et le poids par unité de temps sont les suivants:

P.....pression(kg/cm<sup>2</sup>).

B.....lecture du baromètre en cm de mercure.

t.....température de l'atmosphère(°C).

d.....diamètre de l'orifice(cm).

W.....poids d'air consommé(g/s).

$$W = \frac{1,43 \cdot d^2 \cdot (h \cdot B / (273 + t))^{1/2}}{}$$

h désignera la chute de pression à travers l'orifice mesurée au manomètre.

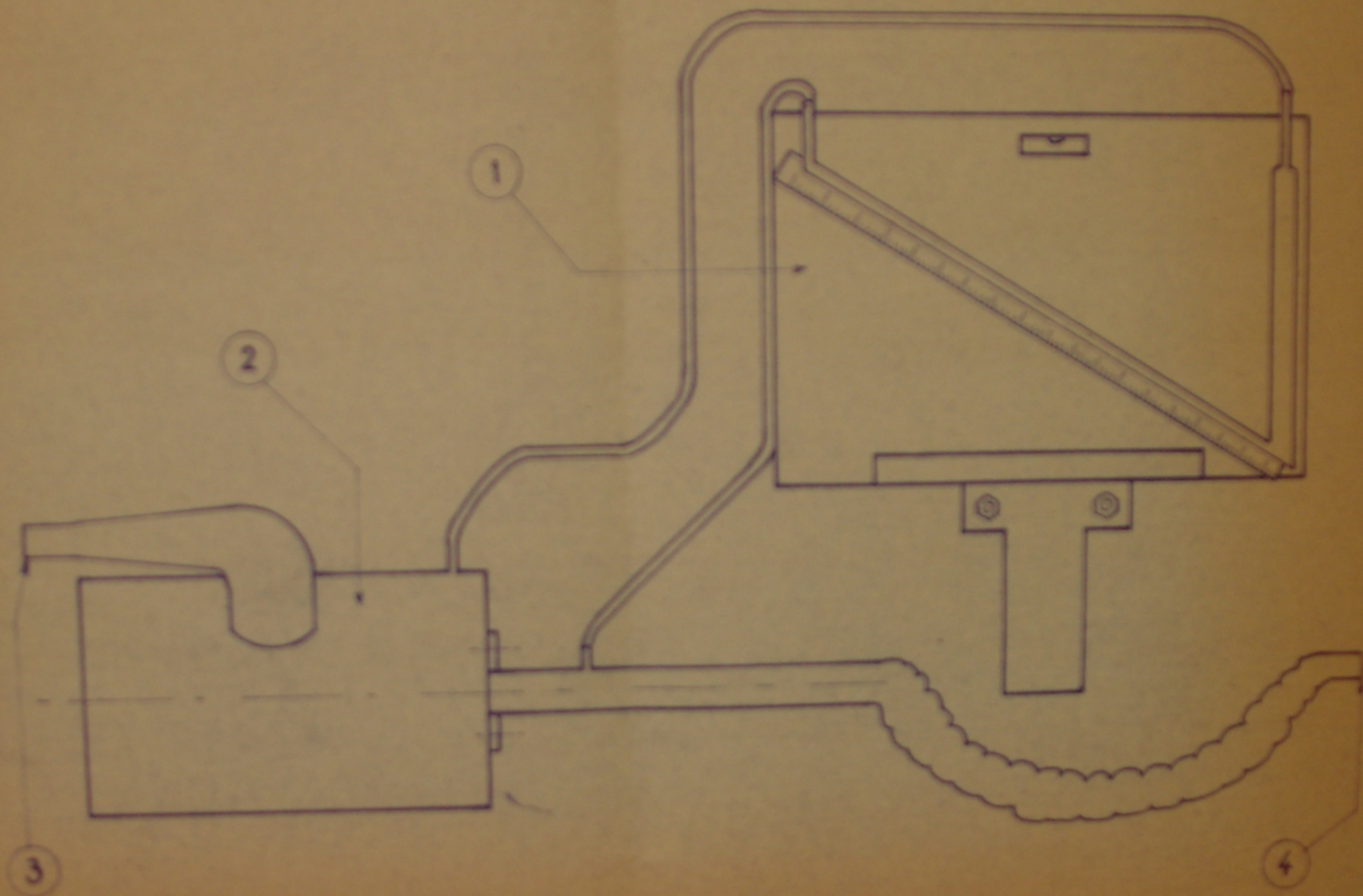
Pour réduire les effets de vibrations de l'air dans le tuyau d'alimentation, on devra donner à celui-ci le diamètre le plus large et la longueur la plus petite, compatible avec les conditions d'installation.

CONCEPTION ET UTILISATION DE LA BOITE A GAZ (voir DESSIN planche 3.4)

La conception de la boîte à gaz a été d'une part un moyen de stabilisation du régime du moteur et d'autre part un débitmètre. Cette conception a été inspiré sur celle des boites à air. Les hypothèses émises en ce qui concerne la boîte à air restent valables pour la boîte à gaz; seulement il nous faut déterminer

PM0037A

Après P. 17



1 Dépressionmètre

2 Boite de stabilisation

3 Vers le mélangeur

4

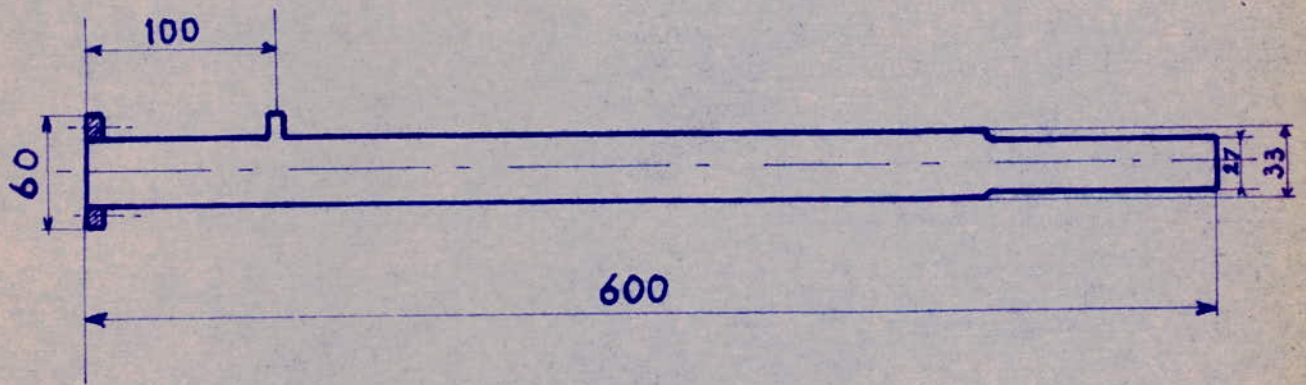
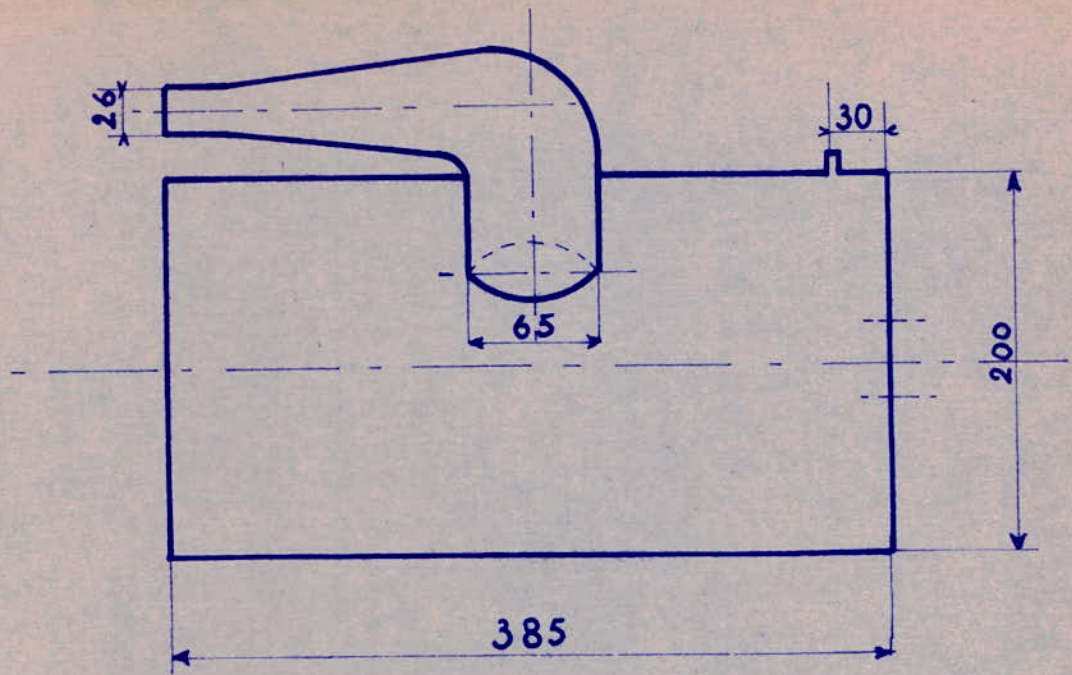
Arrivée du détendeur

Noureddine et Setti

Ecole Nationale Polytechnique d'Alger

Débimètre et Boite de Stabilisation

Planche 4



Échelle :  $\frac{1}{4}$  | Ecole Nationale Polytechnique | Noureddine et Setti

# Boite de Stabilisation

le coefficient de correction de débit de gaz(a).

Détermination du coefficient (a) de correction.

On a : Pa = 1,013 bar ; T = 290°K

La chute de pression à travers l'orifice en cm de liquide rouge (d= 0,8)est équivalente à une pression h g/cm<sup>2</sup>

$$H = \rho_1 / \rho_2 . h \quad ; \quad \rho_1 = 0,80 \text{ g/cm}^3 \quad ; \quad \rho_2 = 0,796 \text{ g/l}$$

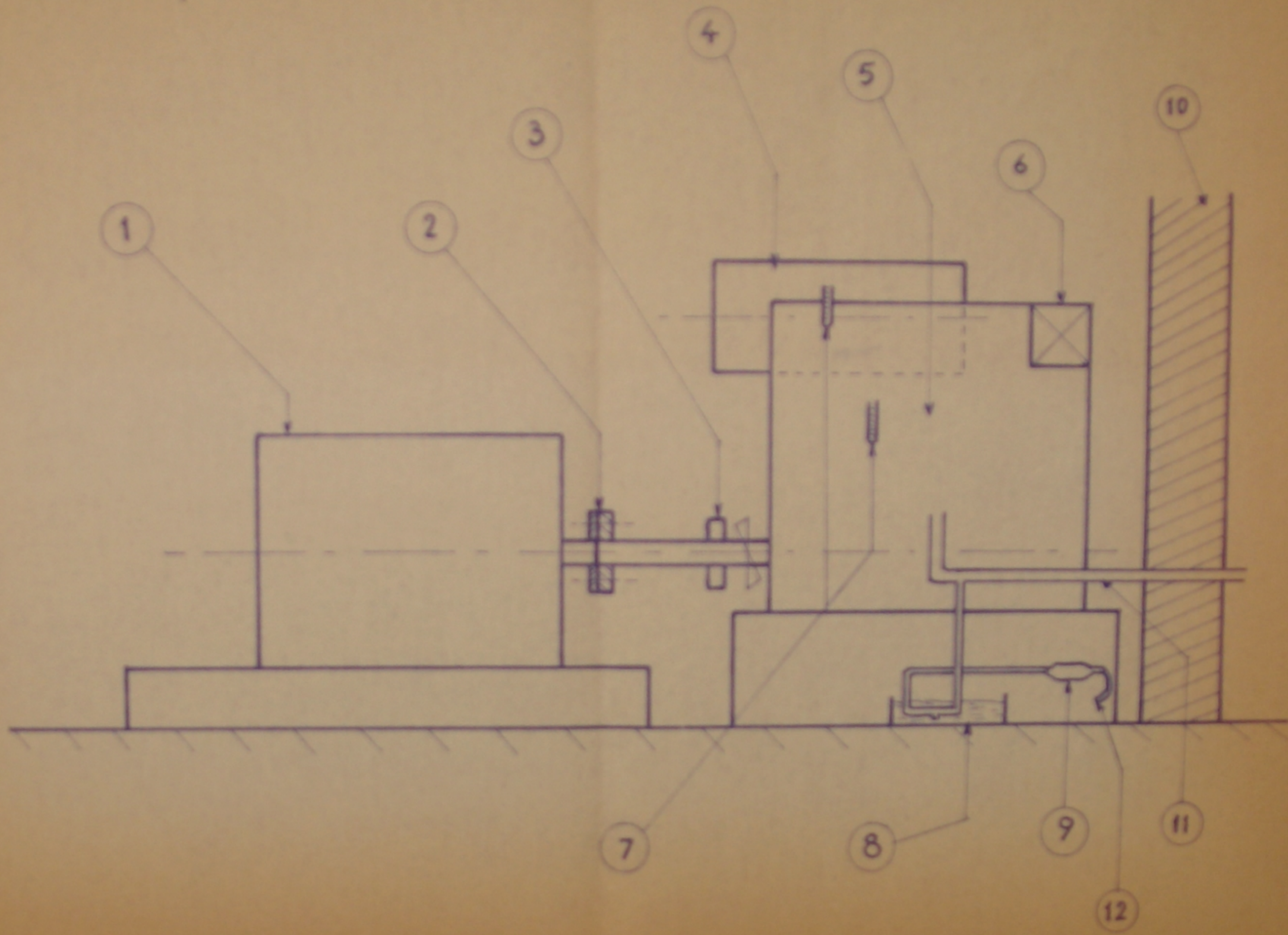
En employant un débit-mètre étalonné, on a contrôlé le débit donné par la boîte à gaz; et ceci à différentes consommations du moteur, on obtient une valeur moyenne du coefficient : a= 0,415  
Donc la formule qui donnera le débit-gaz sera:

$$\underline{Wg/s = 0,415 (h)^{1/2}}$$

On peut voir sur le DESSIN planche 6 le schéma général du banc moteur.

PM00371

Avant p. 19



|   |                                   |    |                    |
|---|-----------------------------------|----|--------------------|
| 1 | Frein Electromagnetique (LABINAL) | 10 | Mur du laboratoire |
| 2 | Acouplement                       | 11 | Échappement        |
| 3 | Flector                           | 12 | Vers l'analyseur   |
| 4 | Boite à air                       |    |                    |
| 5 | Moteur                            |    |                    |
| 6 | Pempe à eau                       |    |                    |
| 7 | Prises de température             |    |                    |
| 8 | Système de refroidissement        |    |                    |
| 9 | Condenseur                        |    |                    |

École Nationale Polytechnique d'Alger

Noureddine et Setti

BANC - MOTEUR

Planches 6

DIFFICULTES RENCONTREES LORS DE L'EQUIPEMENT  
+++++

ET ESSAIS SUR LE BANC MOTEUR.  
+++++

Tout d'abord, la mise au point du moteur a nécessité plusieurs semaines de travail; entr'autre, démontage, rodage de soupape, etc.. Dès le départ, le refroidissement du moteur s'opposait au bon déroulement des essais. Le moteur chauffait énormément et l'eau chauffait à des températures allant jusqu'à 100°C, malgré l'adjonction d'une pompe supplémentaire. Ceci, parce que le débit de la pompe est très important et aspirait toute l'eau refroidissant les chemises avant que l'eau froide n'y arrivait (cavitation). La solution à apporter à ce problème, c'est soit de prévoir un échangeur de chaleur en plus du radiateur, soit de prévoir une soufflante remplaçant le ventilateur qui s'est avéré inefficace.

La liaison entre le collecteur d'échappement et l'analyseur de gaz est faite par un tube en caoutchouc. Sous l'influence de la haute température du collecteur, le tube se <sup>de</sup>composait et donnait des gaz parasites qui faussaient complètement nos mesures. Cette liaison est maintenant, assurée par un tube en cuivre muni d'une purge, soudé au collecteur et baignant dans un bac à eau où il est refroidi ainsi que les gaz qui y circulent.

A ces problèmes s'ajoutait celui des vapeurs d'eau condensables comprises dans les gaz à analyser et même dans l'air. L'obtention de bonnes mesures exige pour l'analyseur des gaz secs Pour cela on a prévu un système à serpentin qui condense les

vapeurs d'eau. Mais ce système s'est révélé inefficace vu la grande inertie qu'il crée. On a alors interposé entre le tube en cuivre et l'analyseur une pipette avec élargissement qui a résolu en partie le problème.

D'autre part, l'utilisation d'un appareil quelconque exige une notice; ce qui n'est pas <sup>le cas</sup> pour nous en ce qui concerne le mélangeur, qui nous causa de nombreuses difficultés de mise au point dès qu'en a tenté de faire varier la richesse du mélange.

Enfin les difficultés d'ordre matérielles sont nombreuses sans compter le manque de matière et l'absence totale de techniciens s'occupant du banc.

ESSAIS ET MESURES

Après avoir surmonté toutes les difficultés rencontrées dans l'adaptation du moteur; on a procédé à des essais sur ce dernier : alimenté tantôt à l'essence, tantôt au G.N. afin d'obtenir ses caractéristiques: puissance, couple, consommation, rendement; et tous ceux-là pour différents régimes du moteur.

CONDUITE DE L'ESSAI.  
+++++

Il faut d'abord faire l'étalonnage de l'analyseur infra-rouge à l'aide de gaz pour lesquels on connaît exactement les teneurs en CO et CO<sub>2</sub>. Un modèle de courbes d'étalonnage est ci-joint (courbe planche I3 ).

On a procédé à 4 richesses différentes et pour chaque richesse 3 régimes différents (Ouverture du papillon: 1/3, 2/3, 3/3.) Pour chaque essai on a fait varier la vitesse de rotation du moteur entre environ 900 et 3400 tr/mn par action de la charge (action sur le frein électromagnétique.)

On note pour chaque vitesse de rotation:

- Le régime.
- Le nombre de tours par minute.
- La température de sortie de l'eau.
- La température de l'eau à l'entrée.
- Le débit eau.
- Le débit air.
- Le débit gaz ou essence.
- Le couple.
- Le CO (mv).
- Le CO<sub>2</sub> (mv).

Il est à noter que pour le fonctionnement du moteur au G.N.



on a avancé l'allumage par rapport à celui du moteur fonctionnant à l'essence. On a remarqué aussi que le démarrage est difficile lorsque le moteur est froid.

EXPLOITATION DES RESULTATS.  
+++++

A partir des valeurs relevées on peut procéder à un certain nombre de calculs.

-A partir du couple et du nombre de tr/mn on déduit la puissance:  $P = C \cdot W$

-A partir de la consommation d'air et de combustible on détermine la richesse:  $\text{Richesse} = (A/C)_{\text{stoech.}} / (A/C)_{\text{réel}}$

-A partir des courbes d'étalonnage on a les pourcentages de CO et de CO<sub>2</sub>.

-A partir de la consommation de combustible et de la puissance on déduit la consommation spécifique:  $C_{sp} = (C_g / s.3600) / P$ .  
et le rendement:  $\eta_c = (\text{Energie fournie}) / (\text{Energie dépensée})$ .

A la fin on fait la représentation graphique de la variation de puissance, couple, consommation, rendement (ouverture: 1/3, 2/3, 3/3; essence; G.N.) en fonction de la vitesse de rotation.

REMARQUE:  
+++++

Tous les résultats calculés, relevés lors des essais sont tous disposés dans des tableaux à la fin du projet.

COMPARAISON ET INTERPRETATION DES RESULTATS.

PUISSANCES;COUPLES.  
+++++

On remarque que le régime 3/3 (pleine ouverture) assure le maximum du remplissage de cylindre du moteur; ce qui correspond à la pleine charge. Pour cela (COURBE planche 3 et 9) on obtient des puissances G.N. qui sont 80% de celles réalisées à l'essence pour la pleine charge; il est de même pour les couples. Ce pourcentage devient 86% pour les régimes 2/3 et 1/3.

On peut expliquer cette diminution de puissance par le fait qu'elle provient de ce que le combustible G.N. occupe un gros volume par rapport à celui de l'essence pour un même volume de mélange (ex: 0,747 l pour le moteur étudié) et du fait de la différence de richesse des mélanges utilisés (G.N.=0,9,  $Ri_{ess} = 1,1$ ).

CALCUL COMPARATIF.  
+++++

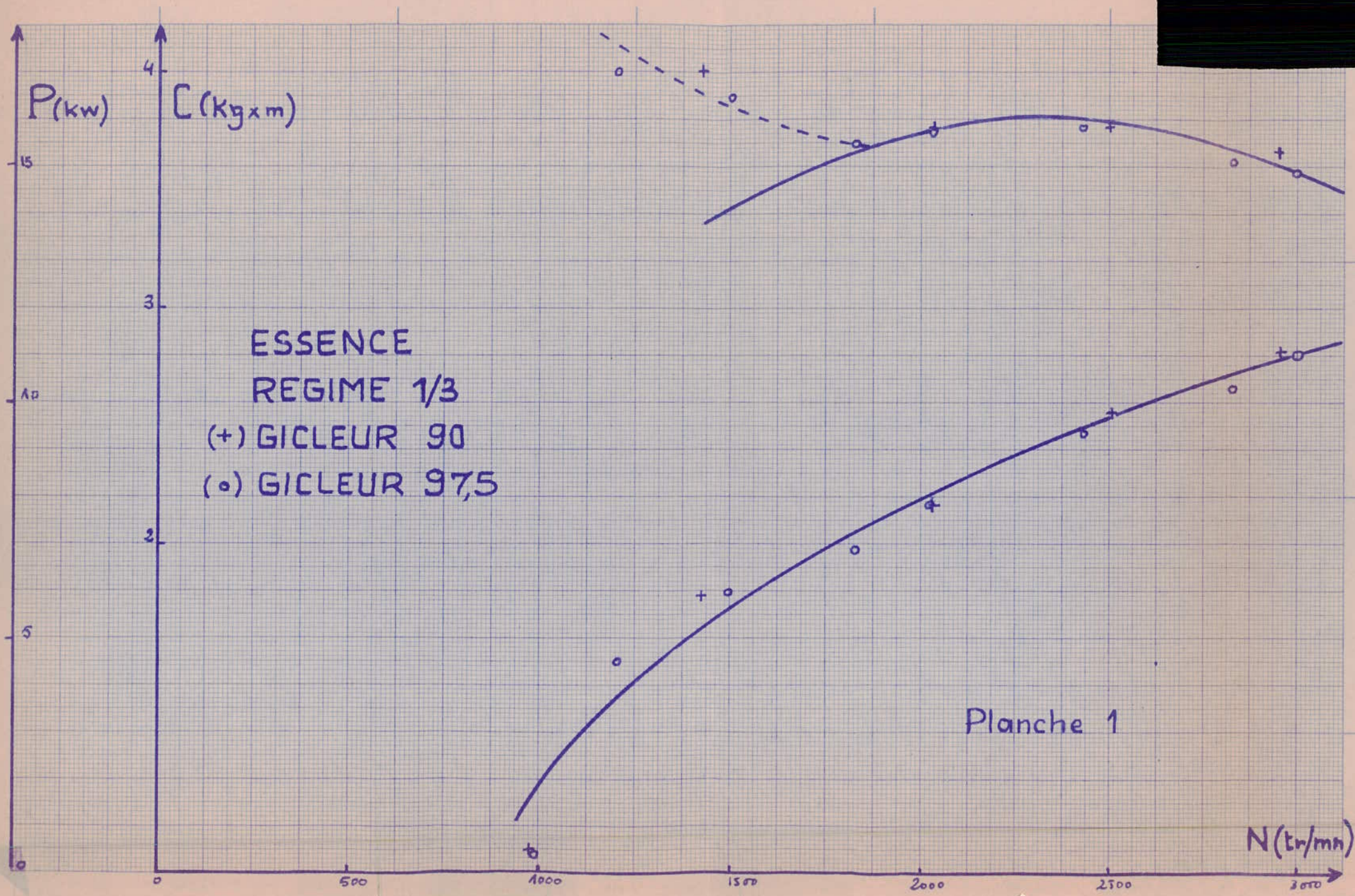
On procède à un tel calcul, seulement pour avoir une idée de la différence de volume occupé par le G.N. et l'essence, dans une cylindrée de mélange air-carburant; toutefois en faisant intervenir les richesses correspondantes et par conséquent voir la diminution de puissance.

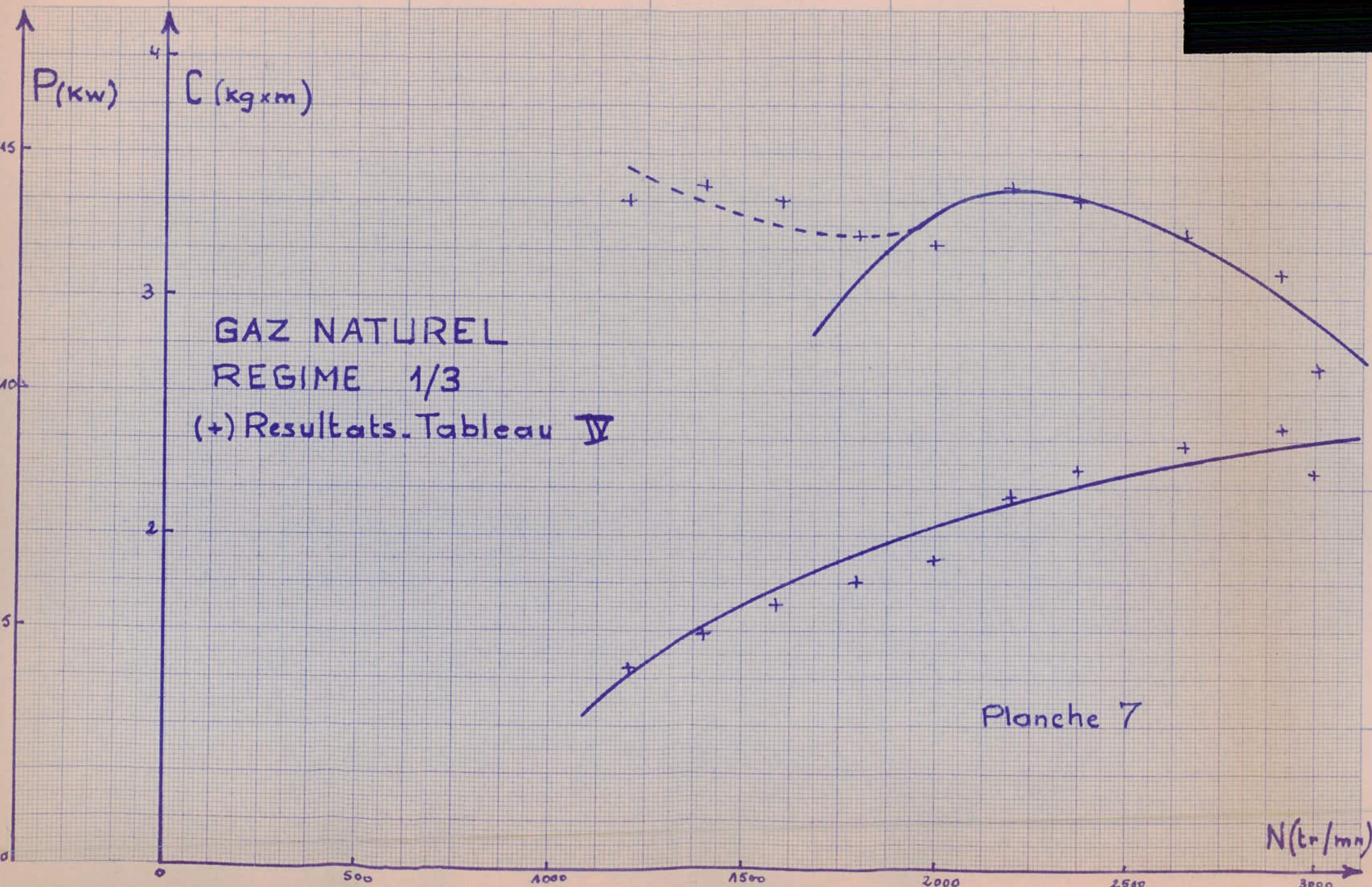
Pour une richesse G.N. on a  $A/C(G.N.) = 16,78$ .

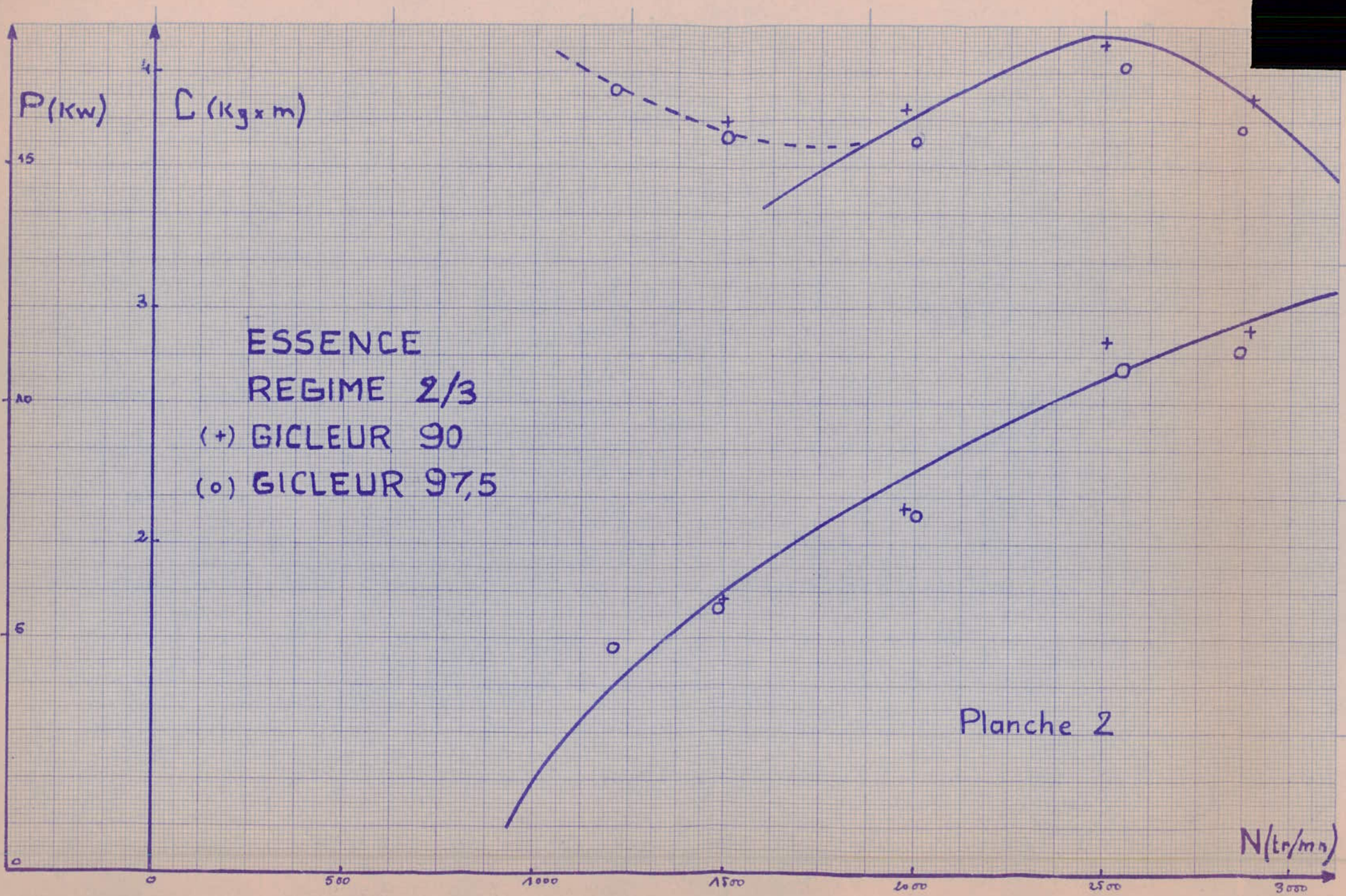
Pour une richesse essence on a  $A/C(ess.) = 13,2$ .

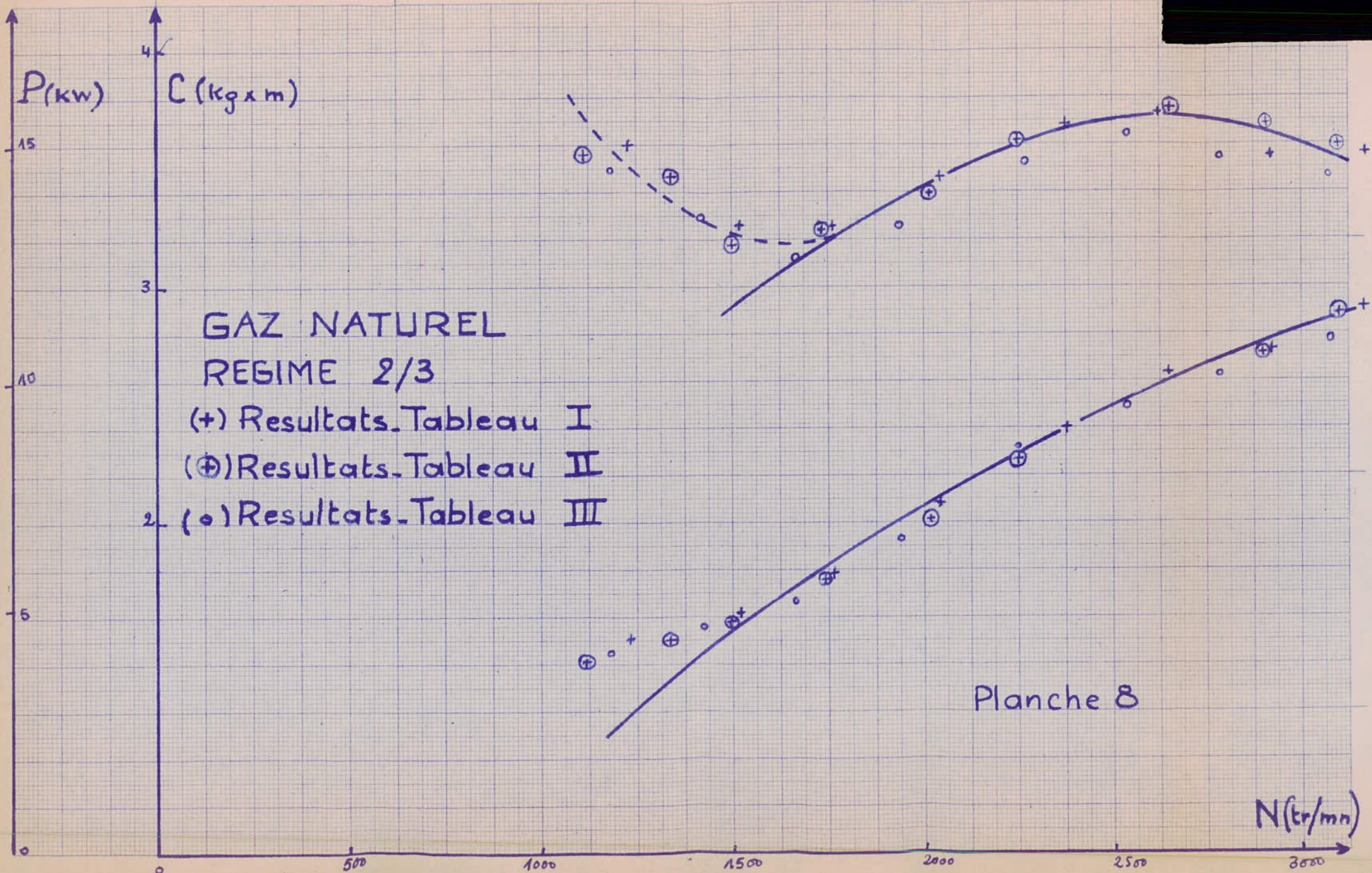
Mais  $0,747 \text{ l} = A_v + C_v$  ;  $A_v$ : vol. d'air dans une cylindrée.

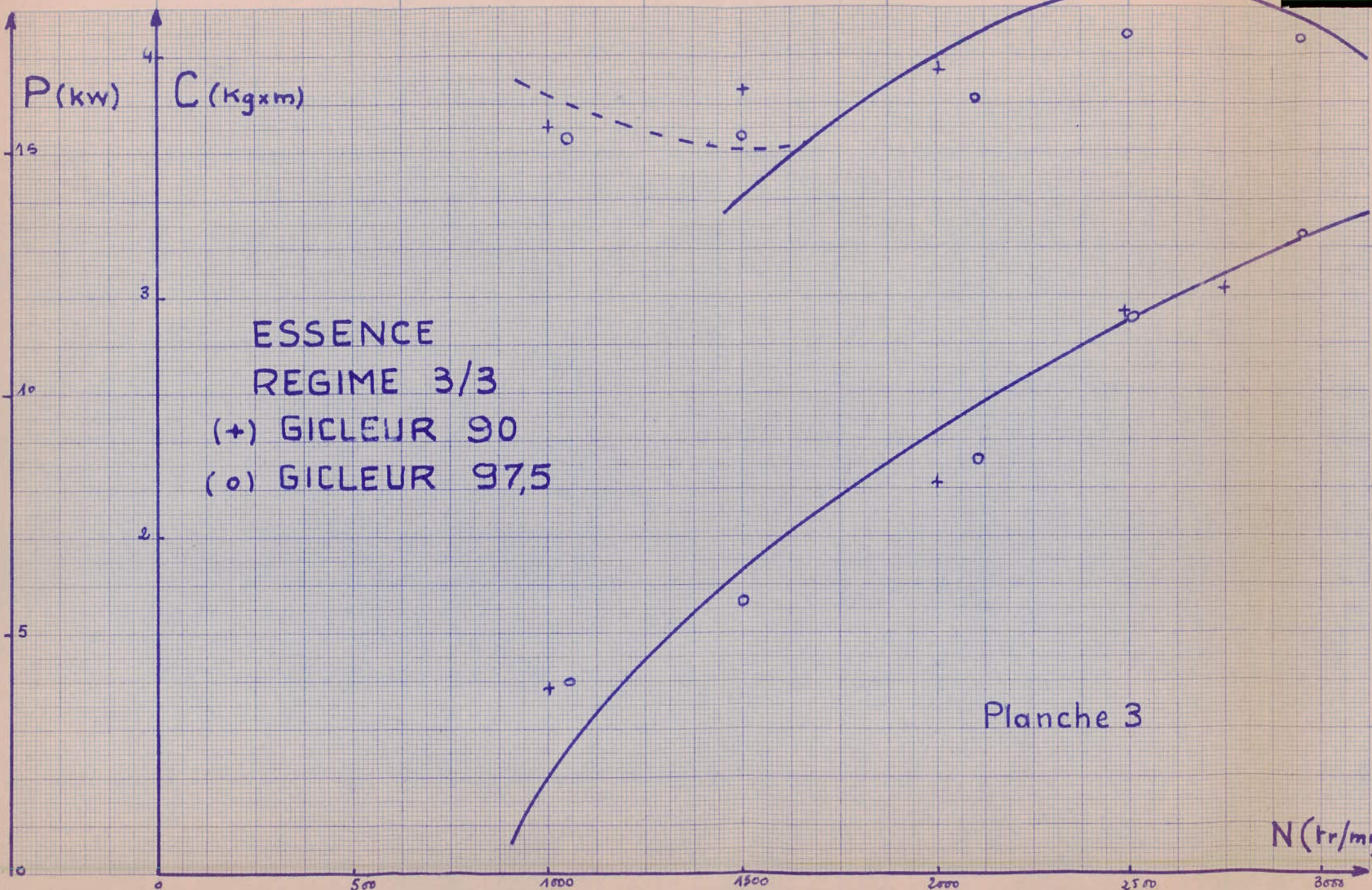
$C_v$ : vol. de combustible dans une cylindrée.

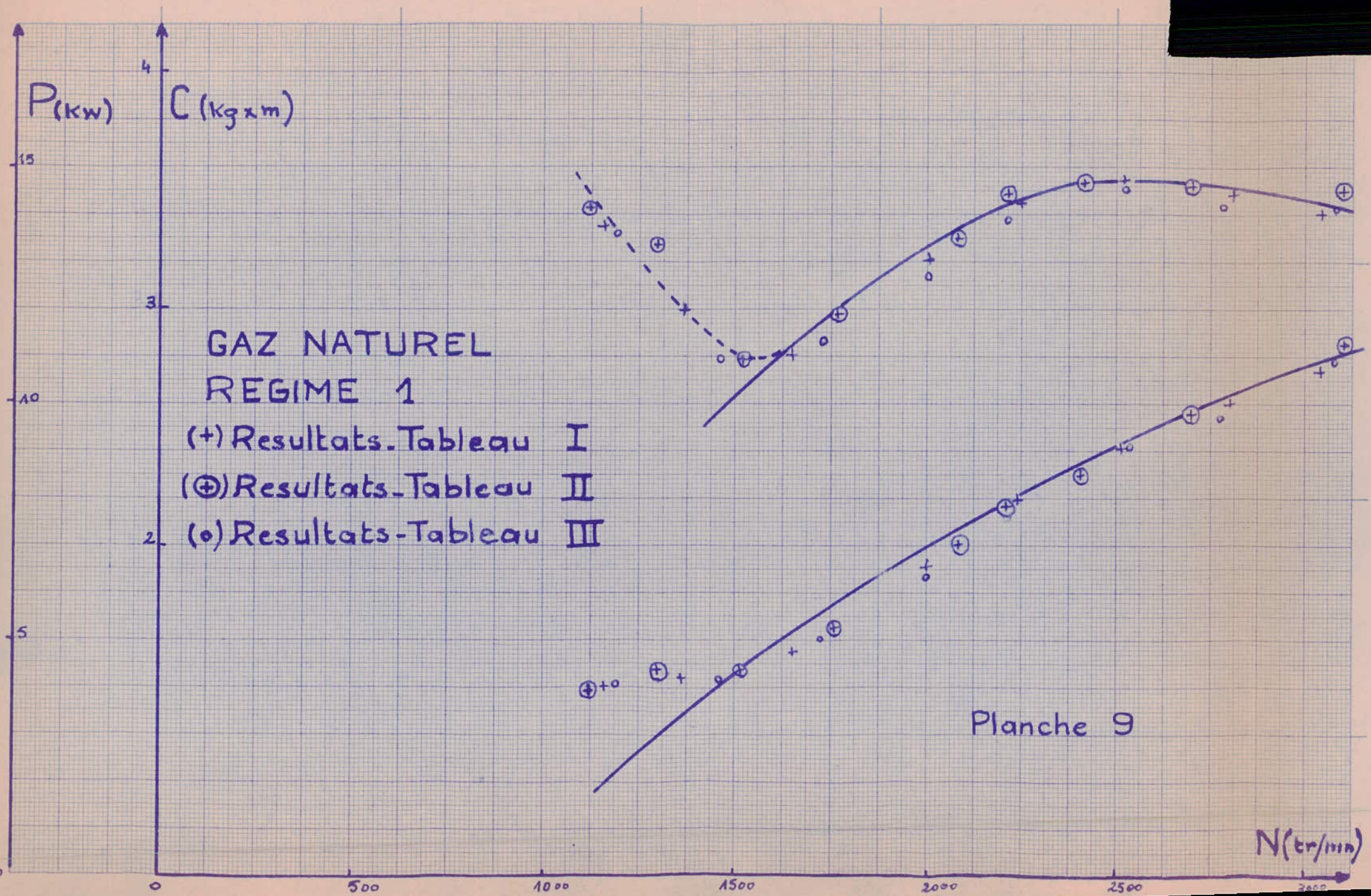














$(A/C)_v =$  rapport air-combustible en volume.

On aura par suite de ceci:

$$C_v = 0,747 / ((A/C)_v + 1).$$

En definitive:  $C_v(G.N.) = 0,0626$  l ou  $0,0498$  g

$C_v(ess.) = 0,0974$  l ou  $0,0691$  g

Alors on obtient des puissances:  $P_{eff} = (trs/mn) / I20) . P_{ci} . n_G . 4, I8$

on prend  $n_G = 0,25$  ;  $trs/mn = 2700$ .

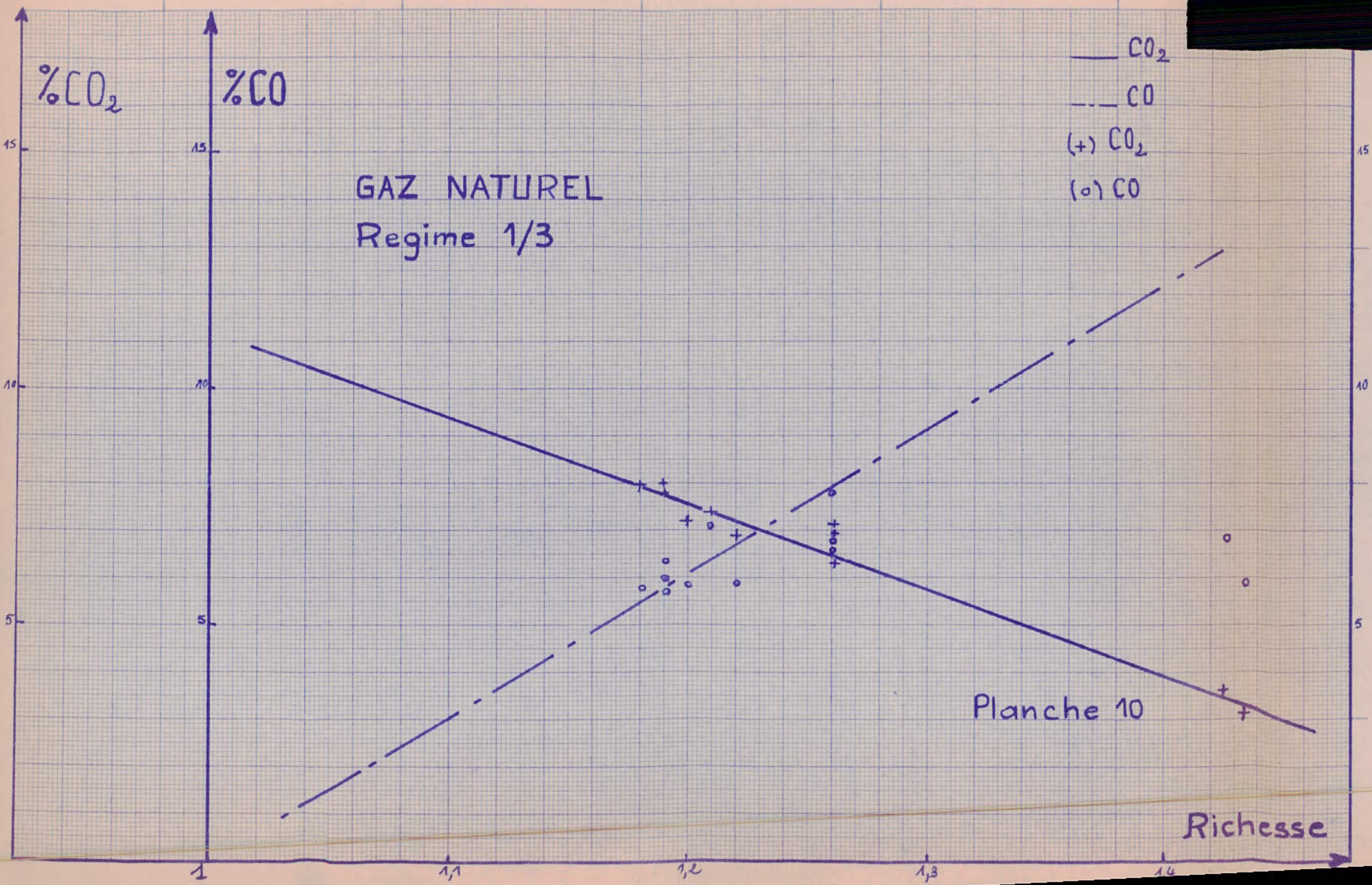
|                           |   |                         |
|---------------------------|---|-------------------------|
| $P_{eff}(G.N.) = 13,2$ kw | } | Dont le rapport = 0,78. |
| $P_{eff}(ess.) = 17,1$ kw |   |                         |

De là comme on peut le remarquer, résulte la diminution de puissance. On conclue que pour remonter la puissance du moteur alimenté au G.N.; il va falloir dans la conception de moteur, augmenter le taux de compression et augmenter la cylindrée.

COURBES(CO, CO<sub>2</sub> ET RICHESSE).

On note que dans l'utilisation de l'essence(gicleur 90;97,5 pour lesquels la richesse approche le stoechiométrique du côté supérieur) on obtient du CO. Il est de même pour l'utilisation du G.N.. Donc on peut dire que le G.N., utilisé à une richesse supérieur à l'unité n'offre aucun avantage par rapport à l'essence, au point de vue pollution(COURBES planche 4 et IO ).

C'est en passant aux mélanges pauvres(G.N.) que ce dernier se résoud en obtenant pratiquement un pourcentage de CO égal à zéro. Mais on voit apparaître certains points de CO sur les diagrammes (COURBES planche II, I2) qui ne sont dus qu'à un défaut d'appareil (emetteur, cellule peu sensible; on peut d'ailleurs contrôler cela



%CO<sub>2</sub>

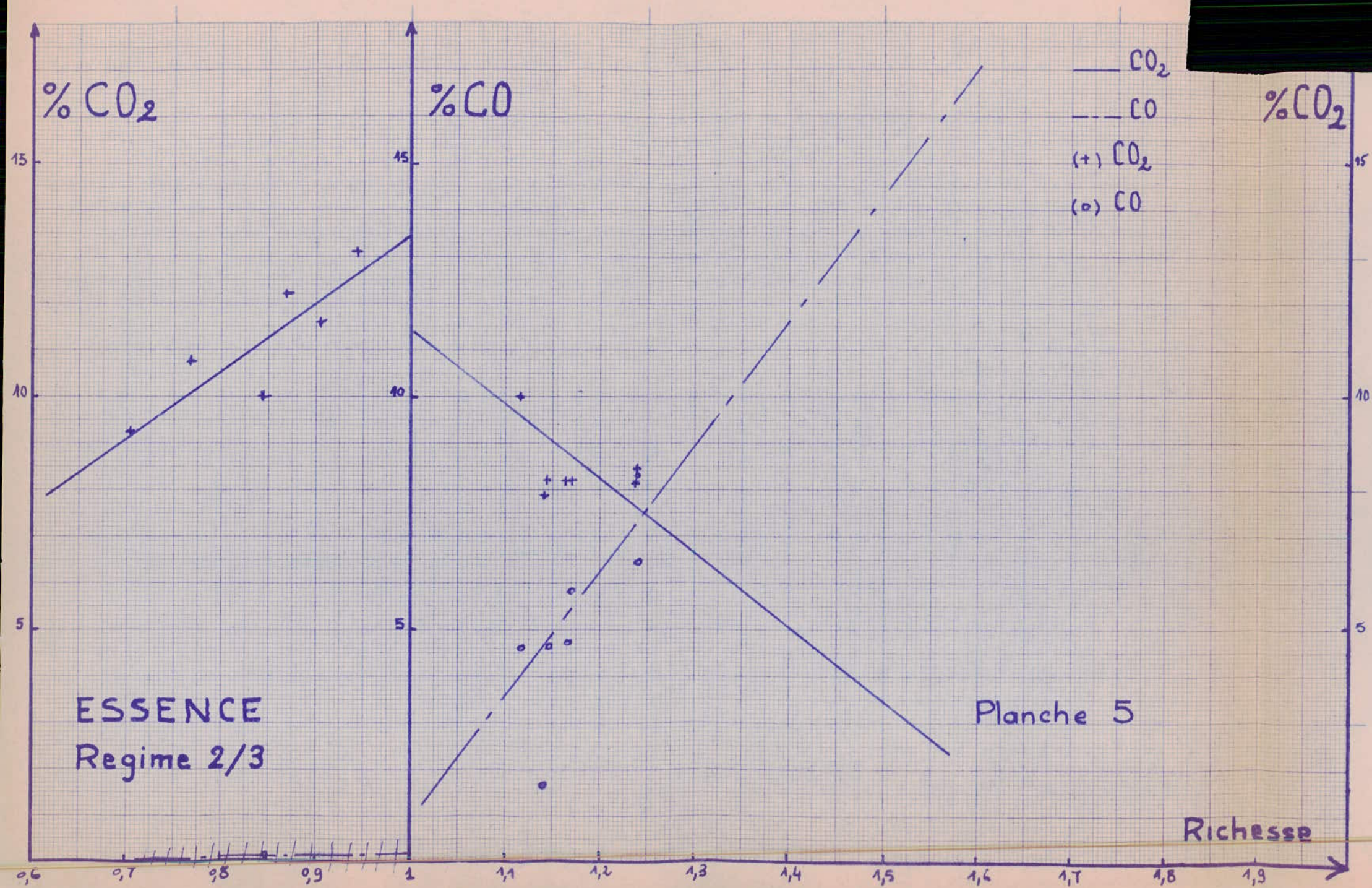
%CO

GAZ NATUREL  
Regime 1/3

- CO<sub>2</sub>
- - - CO
- (+) CO<sub>2</sub>
- (o) CO

Planche 10

Richesse



%CO<sub>2</sub>

%CO

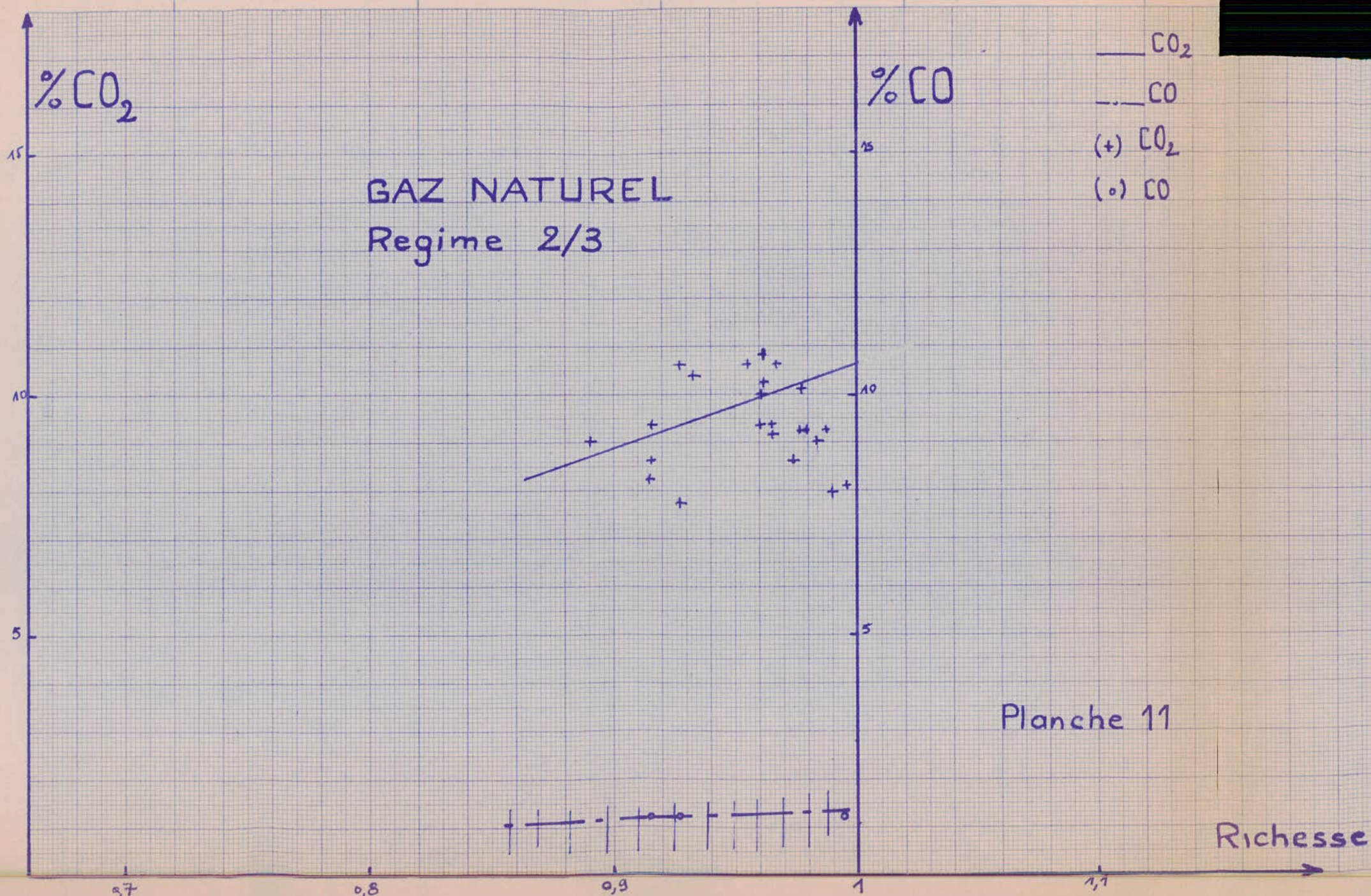
— CO<sub>2</sub>  
 - - - CO  
 (+) CO<sub>2</sub>  
 (o) CO

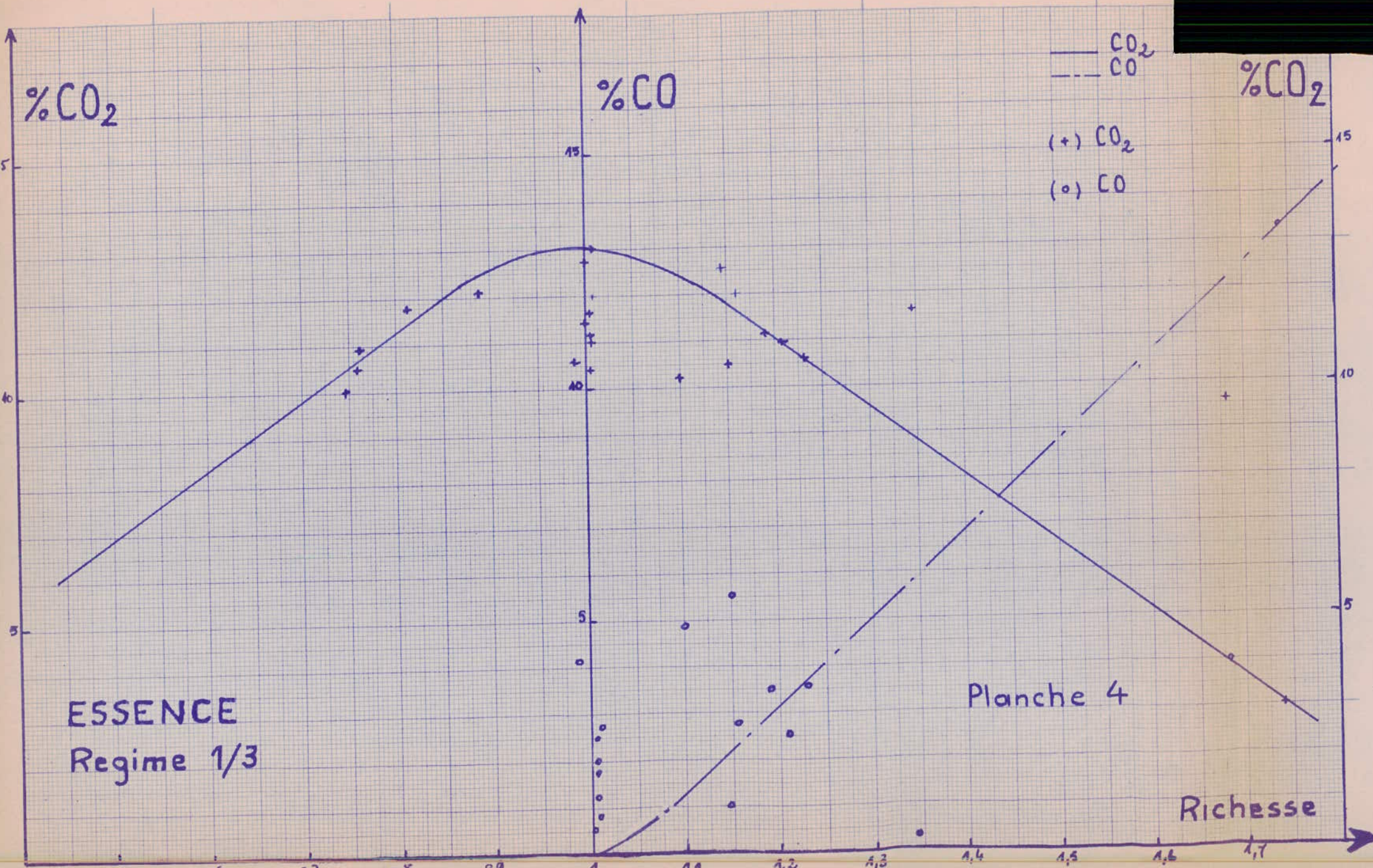
%CO<sub>2</sub>

ESSENCE  
 Regime 2/3

Planche 5

Richesse

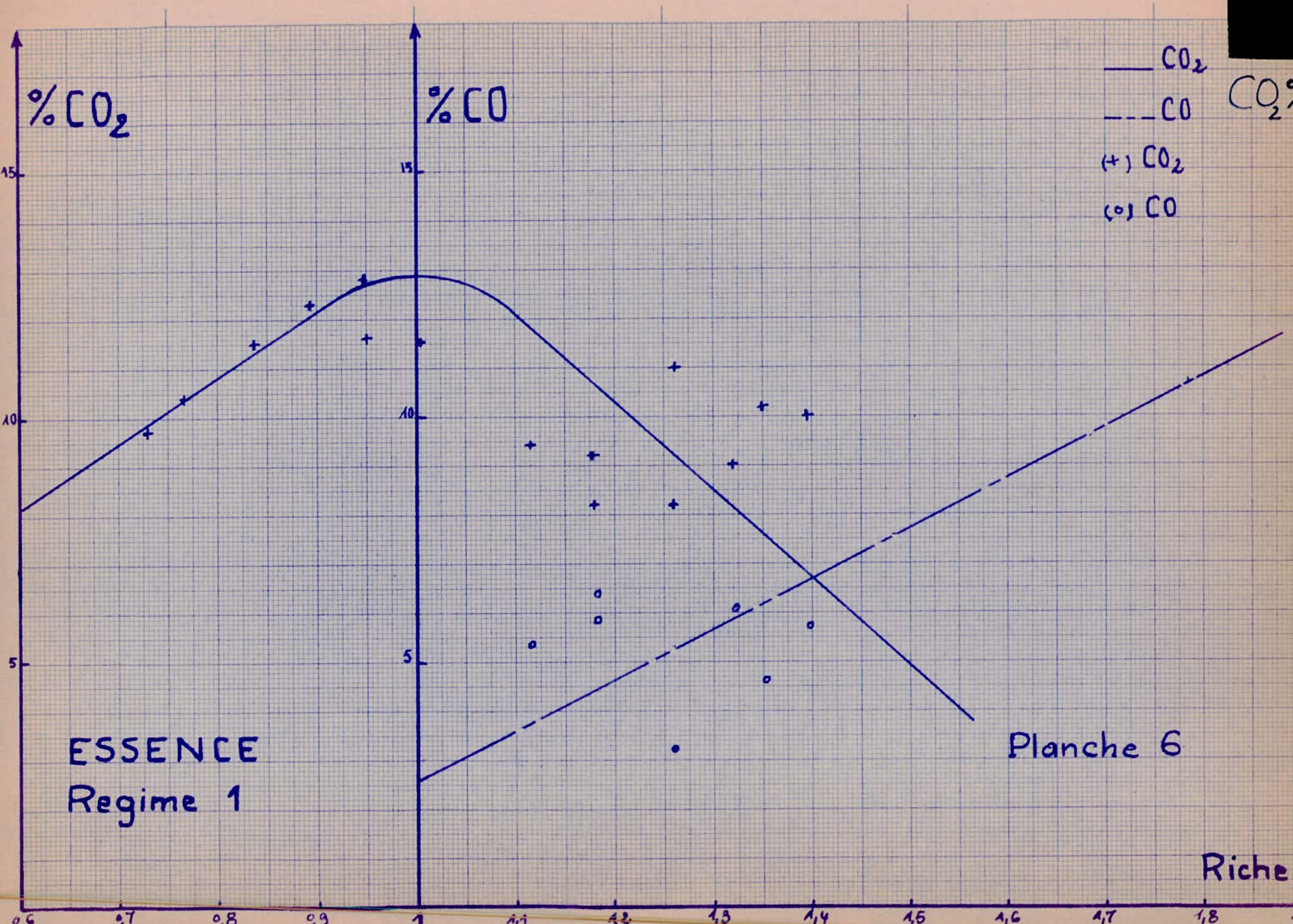




ESSENCE  
Regime 1/3

Planche 4

Richesse



%CO<sub>2</sub>

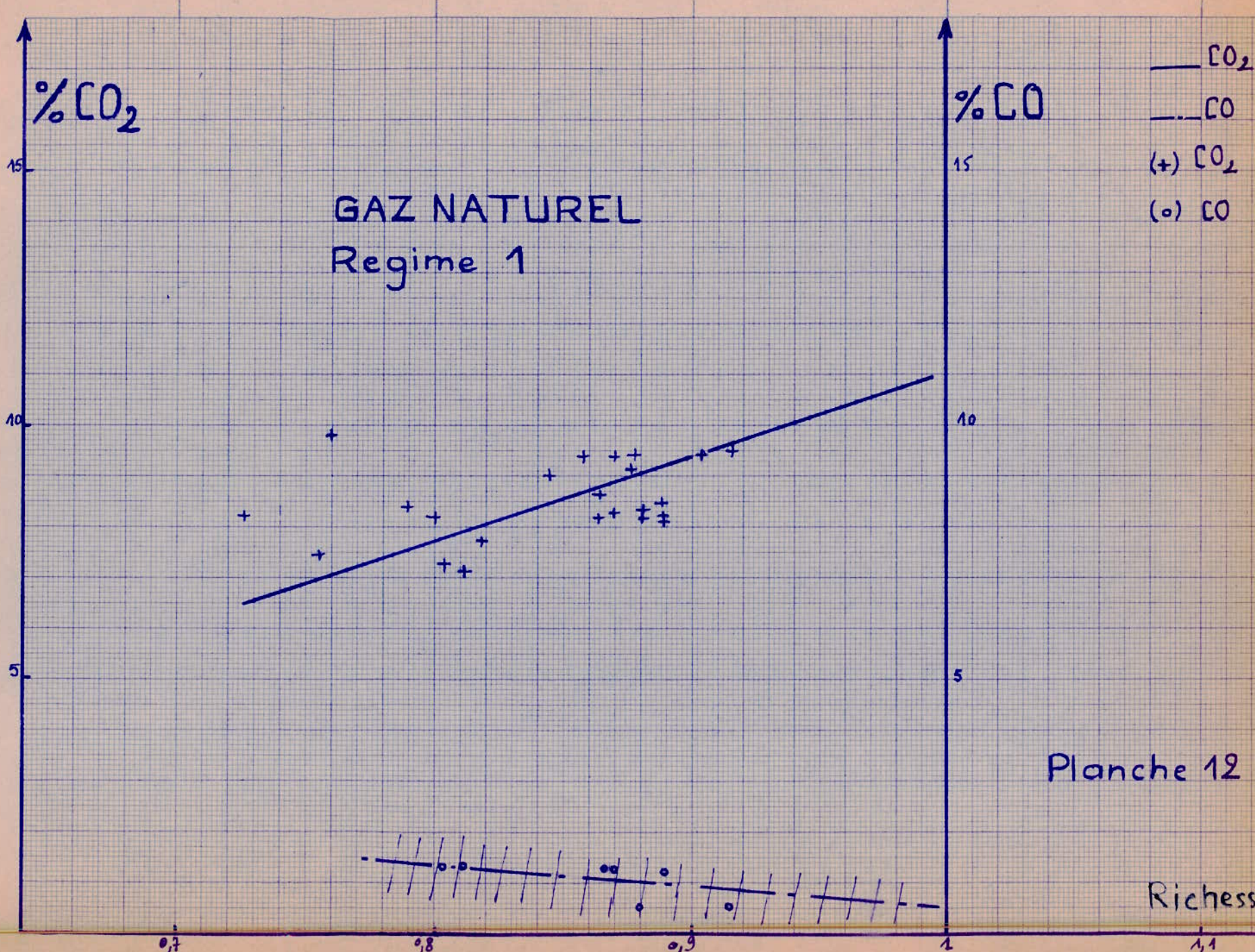
%CO

— CO<sub>2</sub>  
 - - - CO  
 (+) CO<sub>2</sub>  
 (o) CO

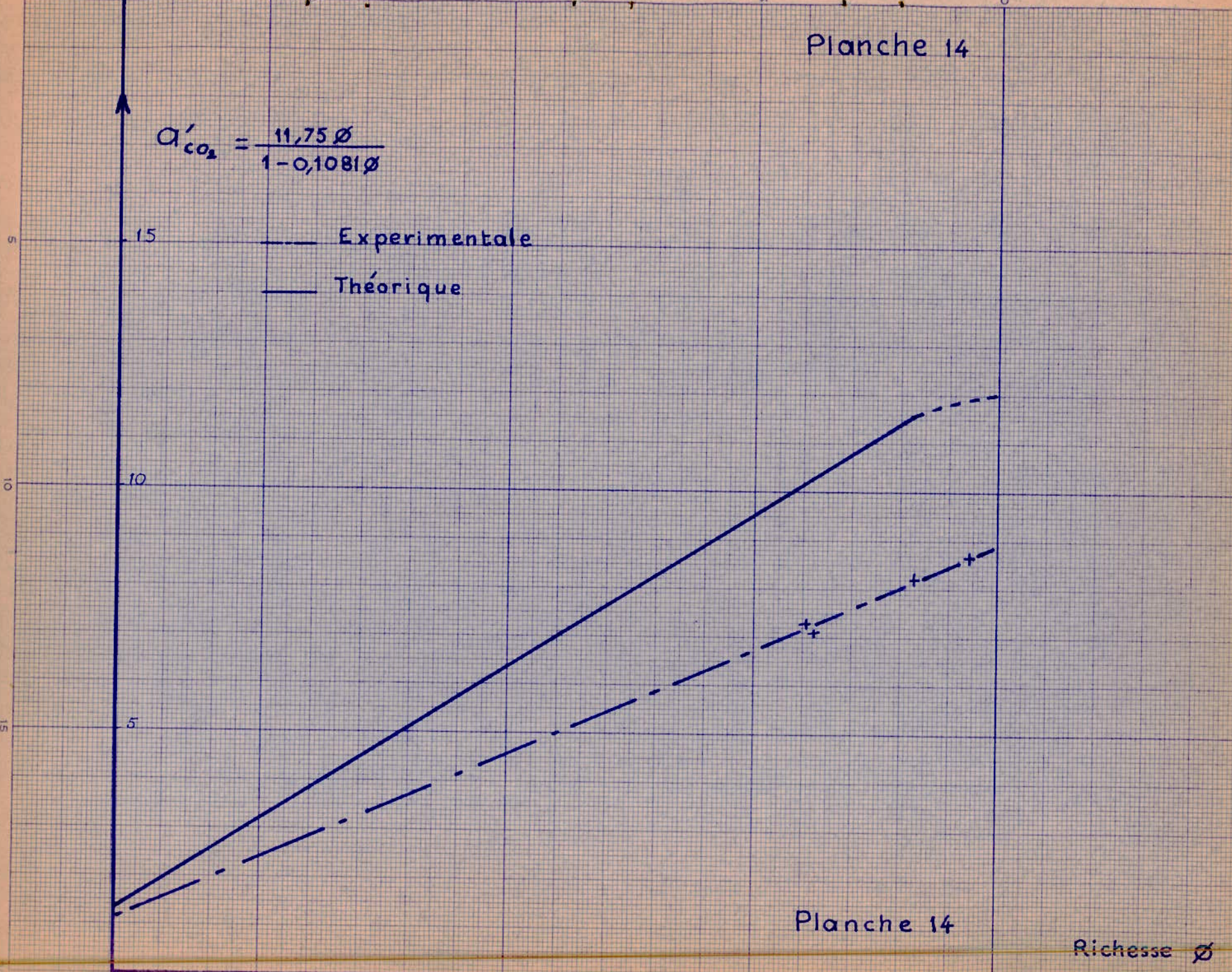
ESSENCE  
 Regime 1

Planche 6

Richesse



$$\alpha'_{CO_2} = \frac{11,75 \phi}{1 - 0,1081 \phi}$$

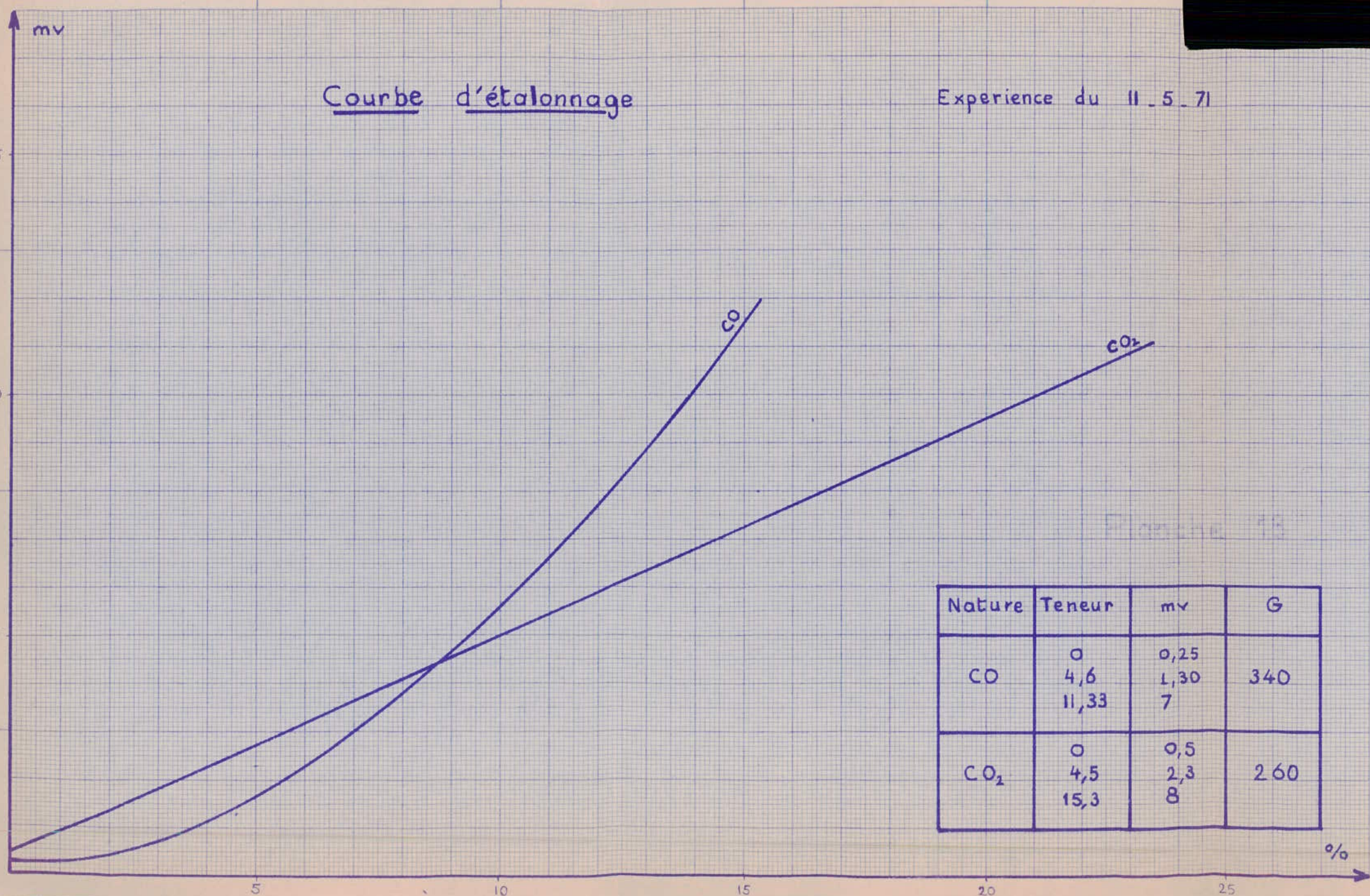




PM00371  
Avant p 25

Courbe d'étalonnage

Expérience du 11.5.71



| Nature          | Teneur | mv   | G   |
|-----------------|--------|------|-----|
| CO              | 0      | 0,25 |     |
|                 | 4,6    | 1,30 | 340 |
|                 | 11,33  | 7    |     |
| CO <sub>2</sub> | 0      | 0,5  |     |
|                 | 4,5    | 2,3  | 260 |
|                 | 15,3   | 8    |     |

sur la courbe d'étalonnage CO; planche I3; courbe aplatie au début.)  
On peut aussi expliquer ces points de CO par le fait que les gaz analysés proviennent de quatre différents cylindres du moteur; il suffit qu'un seul fasse de ces derniers une mauvaise combustion due à un quelconque facteur (par exemple: le A/C d'un cylindre peut être différent du A/C des autres dans les moteurs à mélange préalable; la cause peut provenir de la forme de la tubulure d'admission, et même parfois de l'inefficacité du mélangeur. Il faut signaler qu'une étincelle non appropriée au mélange due à un défaut de bougie peut par conséquent perturber la combustion dans un cylindre). Donc la mesure de CO peut être altérée.

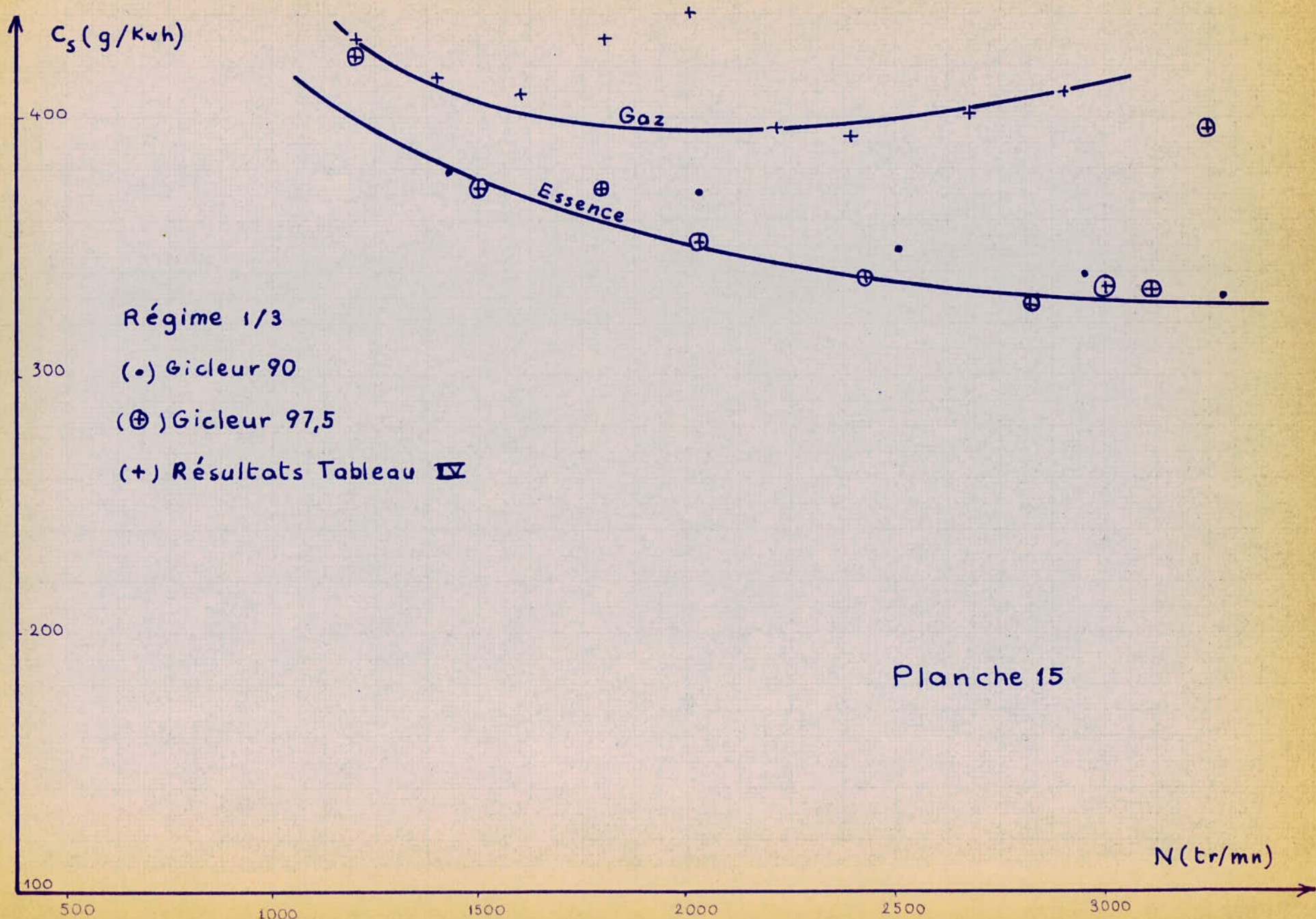
On conseille si par la suite les travaux de recherche se poursuivront de procéder à des prélèvements de gaz à analyser par cylindre individuel.

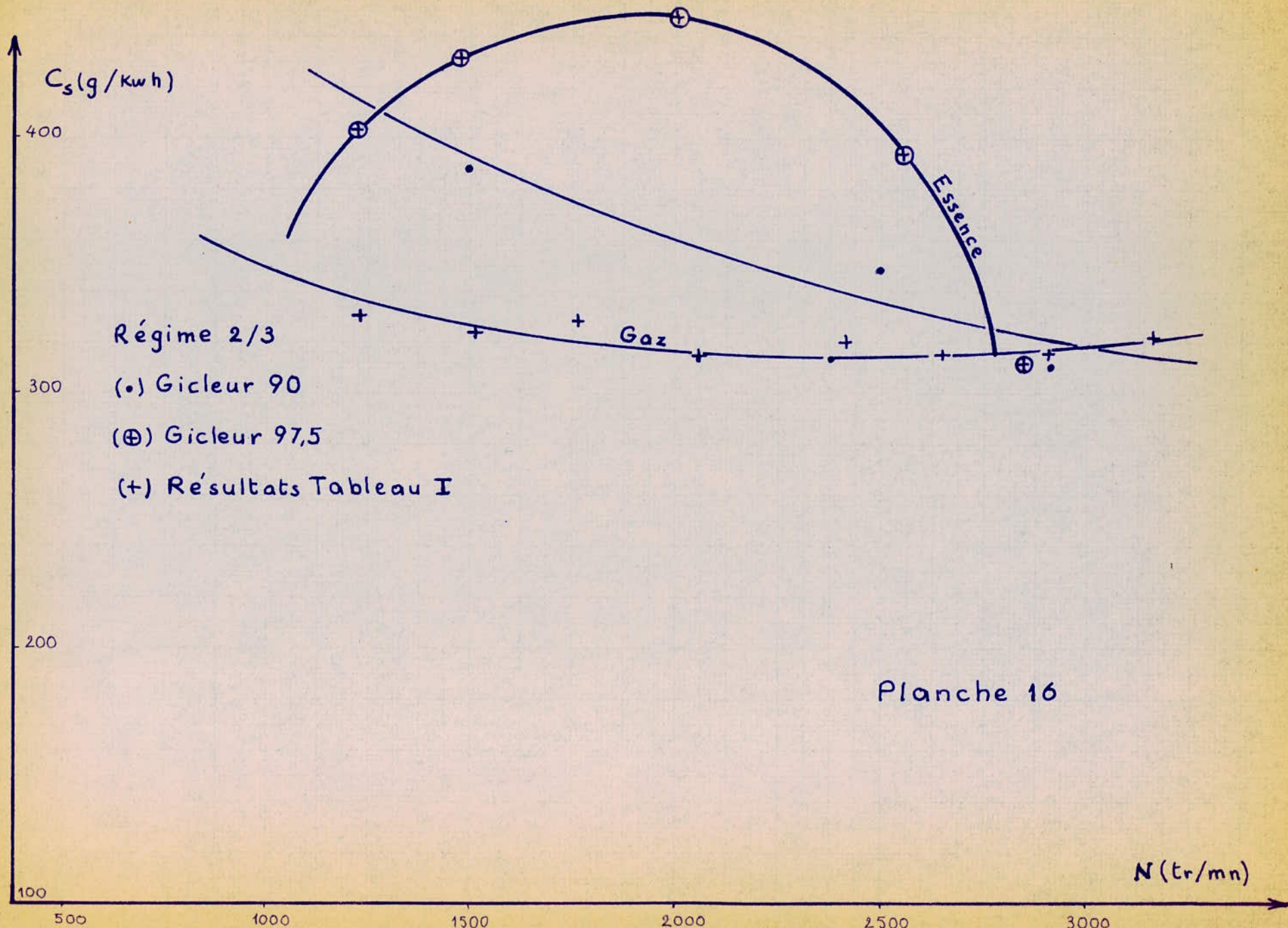
COURBES DE CONSOMMATION (planche I5, I6, I7)  
+++++

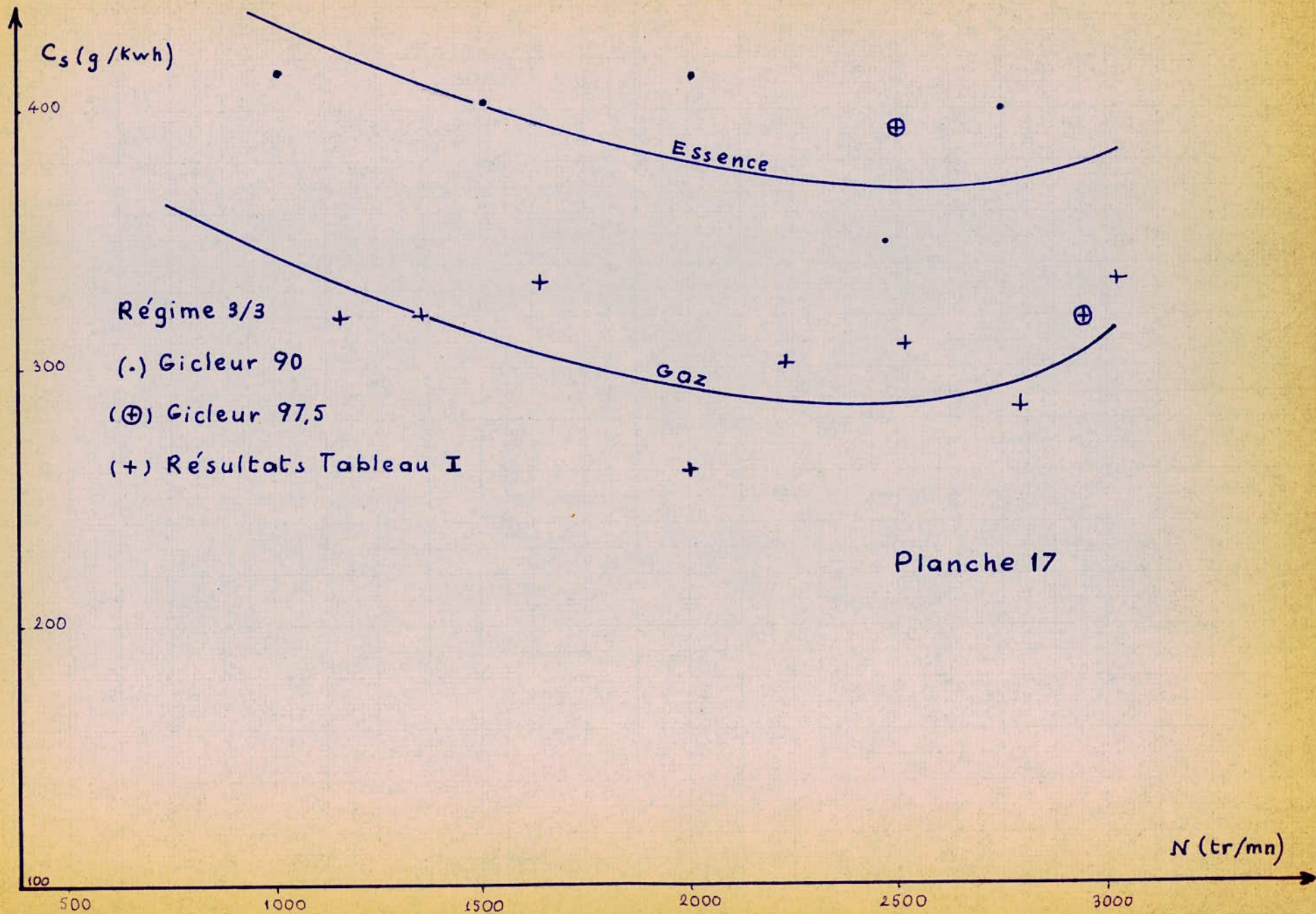
ET DE RENDEMENT (planche I8, I9, 20, 21)  
+++++

On remarque que malgré une diminution de puissance et de couple (développée plus haut), les consommations spécifiques en G.N. sont inférieures à celles d'essence, et d'ailleurs mieux distribuées du fait que le G.N. est un combustible gazeux alors que l'essence est un combustible liquide. On décèle que, malgré que ce dernier soit pulvérisé, une consommation abusive et un mauvais rendement.

De ces faits on peut conclure que le G.N. s'apprête mieux au bon fonctionnement des moteurs. Tous les facteurs comme la







Régime 3/3  
 (-) Gicleur 90  
 (⊕) Gicleur 97,5  
 (+) Résultats Tableau I

Planche 17

$\eta$   
16.

Régime 1/3

Résultats Tableau IV (+)

GAZ.

0,19

0,18

0,17

Planche 18

N (tr/mn)

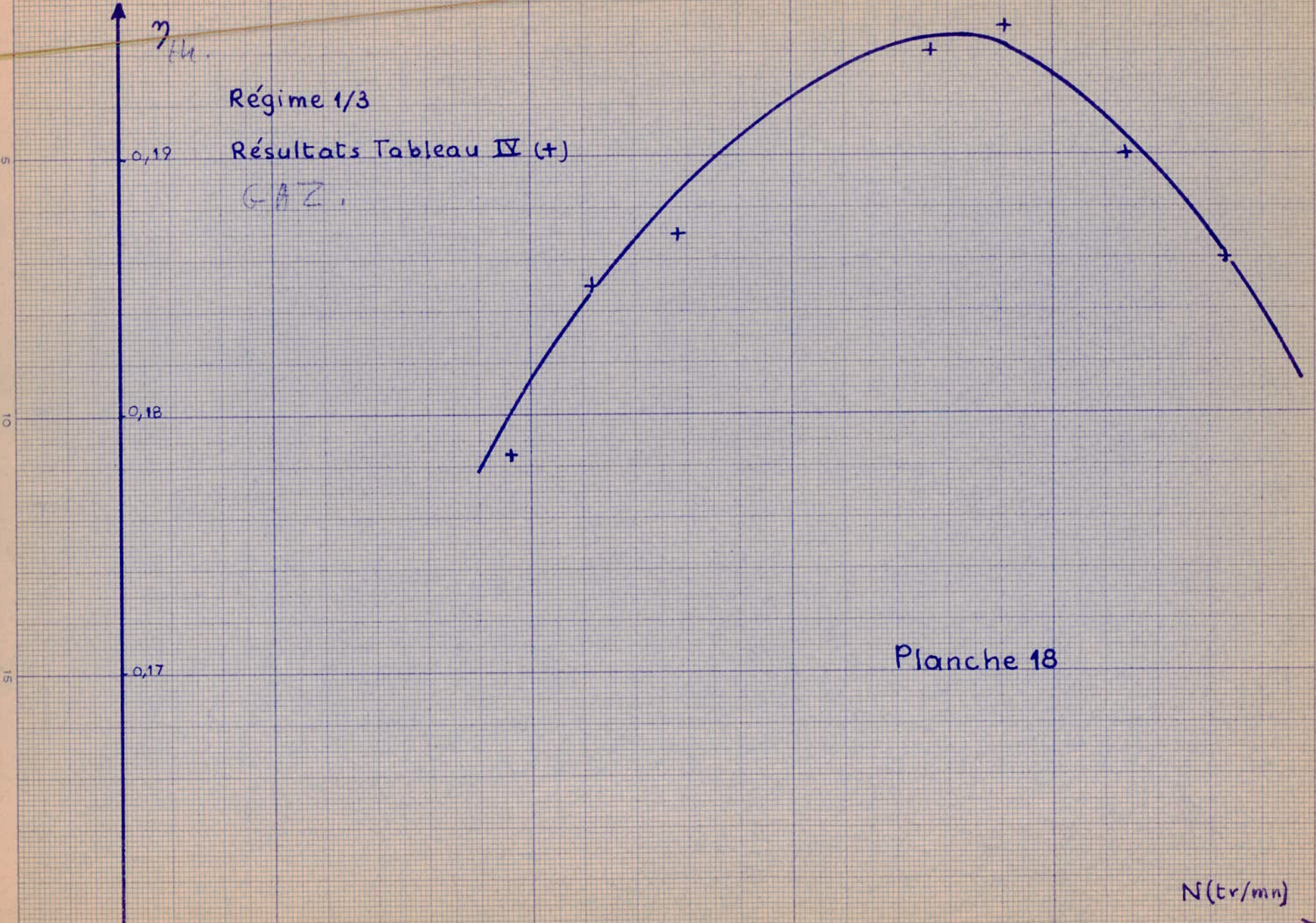
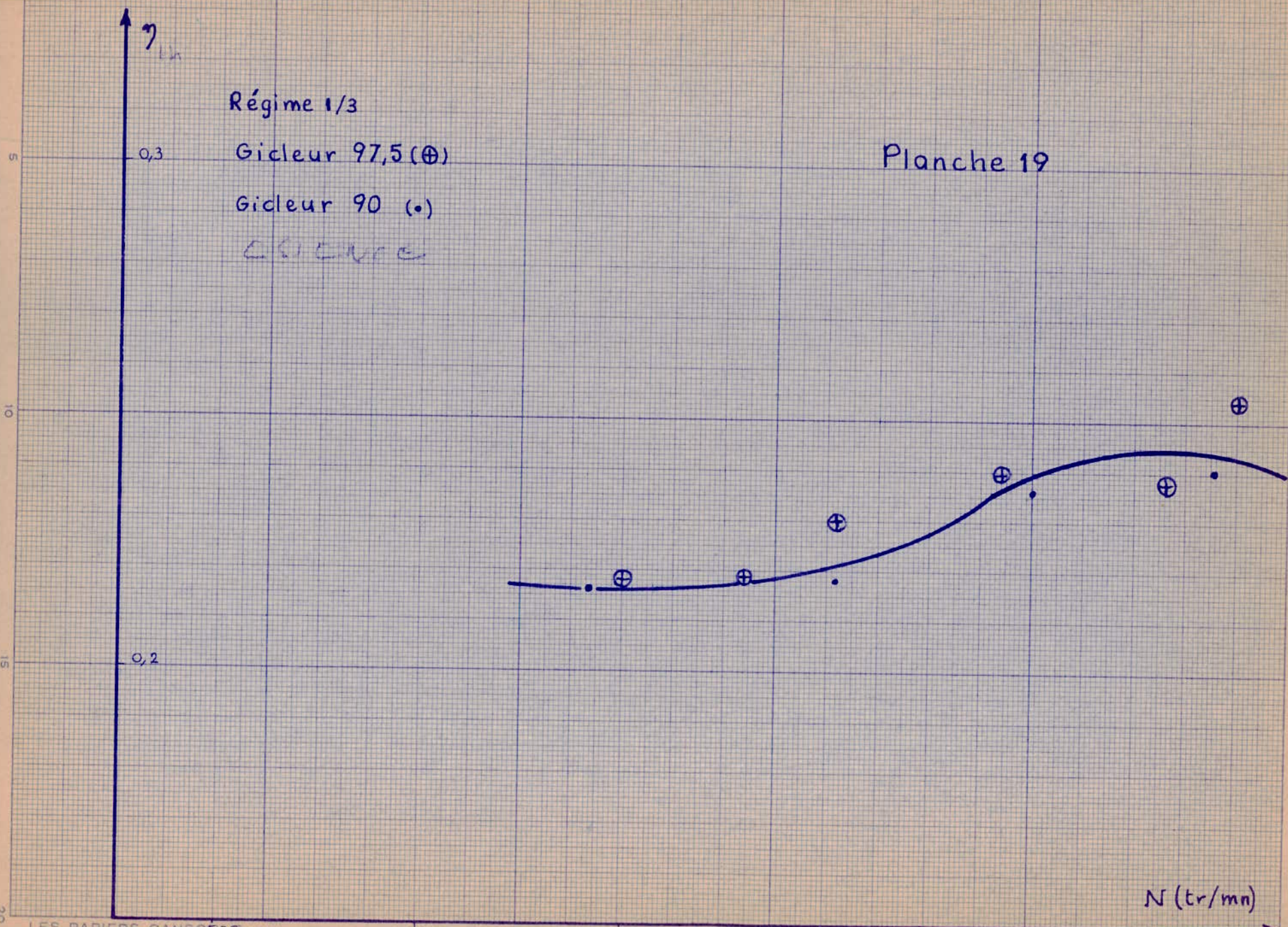


Planche 19

Régime 1/3  
Gicleur 97,5 (⊕)  
Gicleur 90 (•)  
L90000



# Planche 20

$\eta_{Lin}$

0,3

Régime 2/3

Gicleur 97,5 (⊕)

Gicleur 90 (•)

Résultats Tableau I (+)

Résultats Tableau II (x)

5

10

15

0,2



$N$  (tr/mn)

3000

2000

1500

1000

2



Planche 21

$\eta_{th}$

0,3

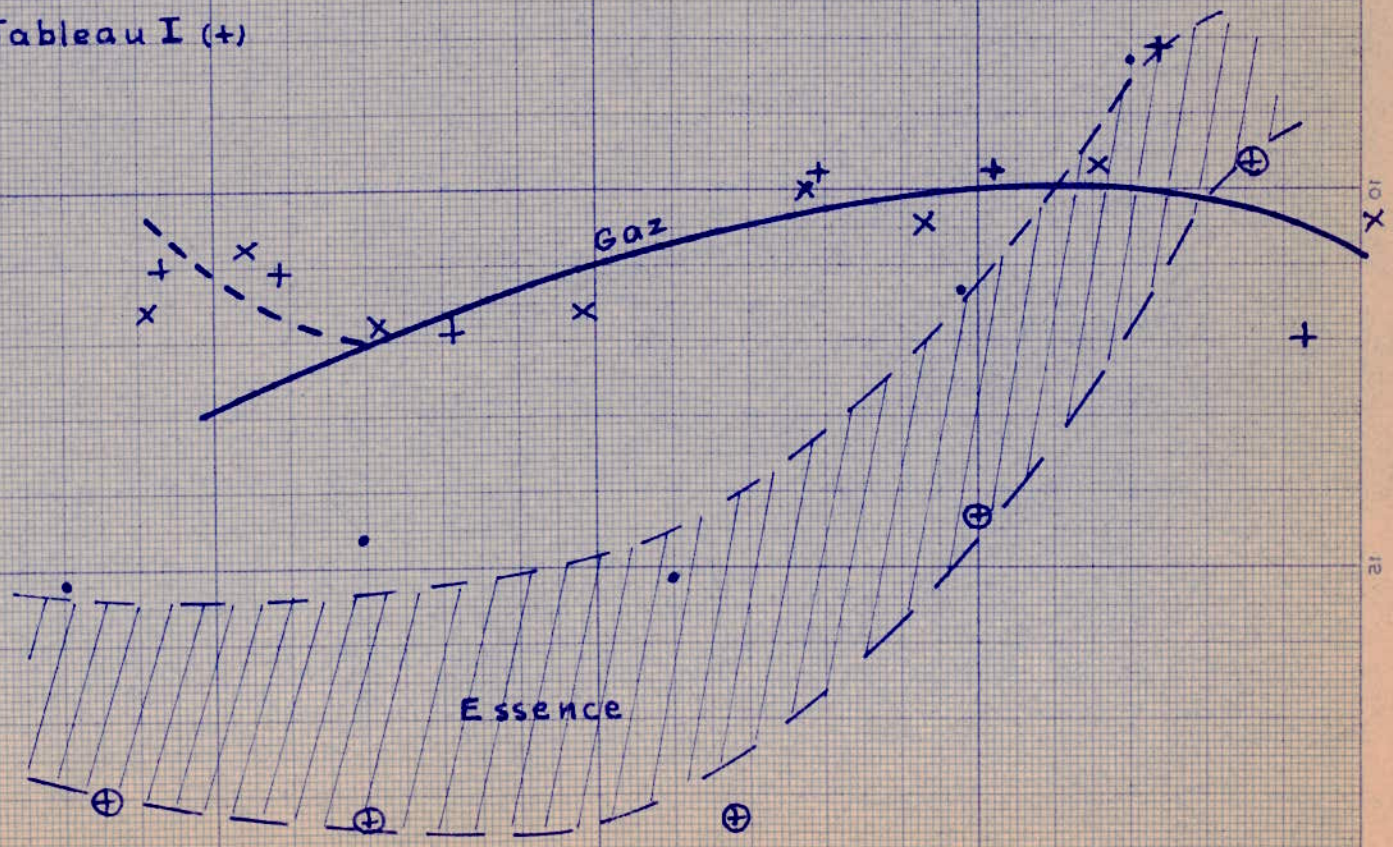
Régime 3/3

Gicleur : 90 (.)

Gicleur : 97,5 (⊕)

Résultats Tableau I (+)

0,2



$N$  (tr/mn)

BOEPPAPIERS CANSON 0052e

bonne pulvérisation, l'évaporation, le mélange homogène, la non-dilution du lubrifiant (chemise-piston) ne sont pas toujours réalisés dans un moteur à essence. La non réalisation de ces facteurs est généralement propice à l'usure et au mauvais fonctionnement du moteur.

On fait remarquer en ce qui concerne les rendements globaux que l'on a une distribution de rendements plus régulière au G.N. qu'à l'essence.

**CONCLUSION.**  
+++++

Vu toutes les courbes comparatives: puissances, couple, consommation, rendement; on peut conclure en définitive que l'adaptation est possible avec l'adjonction d'un mélangeur tout en pouvant conserver les dispositifs de marche à l'essence; mais avec certains réglages de l'avance à l'allumage, peut-être même de l'écart des électrodes de bougie et avec une diminution de puissance et de couple pour des raisons citées plus haut. Donc la conception dans l'avenir de moteur fonctionnant au G.N. peut être envisagée avec des études plus profondes, sera une solution première à la pollution atmosphérique qui sevit dans les grands centres urbains (avec un taux de compression plus grand et une cylindrée plus grande). Aussi le G.N. possède un taux d'octane élevé, il est égal à 125 environ. Par conséquent l'emploi du G.N. élimine tous les additifs (chrome, tétraéthyle de plomb), éléments nuisibles au moteur, qui existe dans l'essence. On peut ajouter que la simplicité du mélangeur dépasse de loin celle du carburateur.

ETUDE ECONOMIQUE COMPARATIVE ENTRE UNE VOITURE ALIMENTEE  
AU G.N. ET UNE AUTRE ALIMENTEE A L'ESSENCE.

FACTEUR ECONOMIQUE.

-0-

+++++

Le facteur déterminant dans une exploitation, est non pas la puissance obtenue c'est son prix de revient, c'est à dire le coût du cheval-heure, fonction du prix du carburant et de la consommation spécifique. On va voir que sous cet angle les choses se présentent tout à fait différemment.

Déterminons d'abord les consommations spécifiques pour un moteur développant une puissance de 58,5 cv DIN., à 5000 trs/mn, et ayant une cylindrée totale de 1470 cm<sup>3</sup> en régime stoechiométrique.

Csp = consommation horaire/ Peff.

On obtient : Csp(G.N.) = 0,383 m<sup>3</sup>/cv.h.

Ou Csp(G.N.) = 0,479 m<sup>3</sup>/cv.h. (à puissance qu'à l'ess.)

et Csp(ess.) = 0,446 l/cv.h.

Prix du cheval-heure(G.N.) = 0,479.0,213 = 0,102 DA.

Prix du cheval-heure(ess.) = 0,446.0,980 = 0,437 DA.

Donc le cheval-heure développé à l'aide du G.N. revient

+++++  
4,29 fois moins cher que celui développé par l'essence.  
+++++

Le calcul a été fait pour un prix moyen du G.N. (Prix fourni par la 2<sup>ème</sup> tranche des prix SONEGAZ).

En conclusion, pour une grande exploitation où la consommation devient importante, le coût du cheval-heure devient à un prix insignifiant comparé à celui obtenu à l'essence.

FACTEURS POIDS ET AUTONOMIE DU VEHICULE.  
+++++

POIDS DES BOUTEILLES:  
+++++

- Capacité.....10 m<sup>3</sup>
- Poids du gaz seul.....7,96 kg
- Poids de la bouteille vide 47 kg
- Poids totale d'une bouteille vide: 54,96 kg.

Donc pour ainsi dire l'équivalent d'une capacité de 10 m<sup>3</sup>  
de G.N. sera en essence de :

$$(0,446 \cdot 10) / 0,479 = 9,32 \text{ l (ess.)}$$

Donc pour le véhicule choisi ci-dessus, en supposant uti-  
liser une batterie de trois bouteilles de G.N. on peut dresser le  
tableau récapitulatif suivant:

TABLEAU  
+++++

|                                 | Véhicule G.N.                            | Véhicule Essence                      |
|---------------------------------|--|---------------------------------------|
| Poids bouteilles<br>réservoir   | 164 kg                                   | 55 litres<br>41 kg                    |
| Puissance maxi. (cv)            | 58,5                                     | 58,5                                  |
| Poids total.                    | Poids du véhicule<br>+ 123 kg            | Poids du véhicule<br>(avec réservoir) |
| Rayon d'action<br>sans recharge | 51% du rayon d'ac-<br>tion du véhi. ess. | Rayon d'action<br>considéré.          |

VEHICULE ELECTRIQUE.  
+++++

Il existe également une tendance, à la construction des véhicules utilisant l'énergie électrique desservie par accumulateurs. On peut à titre de comparaison les caractéristiques d'un véhicule électrique, relevées dans une publication, ayant une puissance de 59,7 cv ; voisine de celui comparé précédemment.

Donc:

Puissance.....59,7 cv  
Poids des batteries.....870 kg  
Vitesse maximum.....80 km/h  
Rayon d'action sans recharge.....60 à 105 km

Le véhicule électrique a des avantages:

- Élimination de tous les polluants.
- Suppression du bruit.

Si un jour les techniques démontreront que l'on peut stocker l'énergie électrique, l'avenir des véhicules électriques sera très grand.

C O N C L U S I O N

=====

-o-

Les résultats des nombreuses expériences sur banc nous incite, à conclure que le gaz naturel, peut être considéré comme l'un des meilleurs carburants d'avenir; car il présente plusieurs caractéristiques intéressantes:

- Un indice d'octane élevé ( I25 ); propriété anti-détonnante  
Donc seront exclues toutes les substances (chrome, tétra-éthyle de plomb) additionnées à l'essence comme produits anti-détonnants.
- Un pouvoir calorifique élevé (kcal/kg) par rapport à celui de l'essence.
- Absence de produits sulfureux, et de produits polluants.
- Produits encrassants réduits; la molécule de G.N. comprend moins de carbone que celle de l'essence. Les vidanges seront plus espacées.
- Le problème de pulvérisation, évaporation, non-dilution du lubrifiant dans les chemises-pistons, sera supprimé, avec un carburant comme le G.N.

En définitive, on peut conclure, vu toutes les caractéristiques du moteur alimenté au G.N. comparées à celles du moteur alimenté à l'essence, que l'adaptation et ~~de~~ la conception <sup>sont</sup> très possible; mais avec d'autres études comme celle de l'avance à l'allumage, de l'écartement des électrodes de bougies, d'un mélangeur bien approprié, du stockage du G.N. dans les véhicules et d'un réseau

de distribution; car le G.N. est un carburant économique et un carburant national.

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
المكتبة — BIBLIOTHEQUE  
Ecole Nationale Polytechnique

A B R E V I A T I O N S

-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-o-

-o-o-o-

- Nombre de tours par minute.....N (trs/mn)
- Température de l'eau à la sortie du moteur.....Ts(°C)
- Température de l'eau à l'entrée du moteur.....Te(°C)
- Débit eau.....Qe(cm)
- Débit air.....Qa(cm)
- Temps de consommation de 50 cm<sup>3</sup> d'essence.....t.c.e.(s)
- Couple.....C(kg.m)
- Consommation d'essence par seconde.....Ce(g/s)
- Consommation d'air par seconde.....A(g/s)
- Consommation de G.N.par seconde.....Cg(g/s)
- Puissance.....P(kw)
- Richesse.....R

--o--



المعهد الوطني للتكنولوجيا  
 BIBLIOTHÈQUE - المكتبة  
 Ecole Nationale Polytechnique

GICLÉUR N° 80

ESSENCE

| Régime | N (tr/min) | T <sub>s</sub> (°C) | T <sub>e</sub> (°C) | Q <sub>e</sub> (cm) | Q <sub>a</sub> (cm) | t <sub>cc</sub> (s) | C (kg/m) | % CO | % CO <sub>2</sub> | C <sub>e</sub> (g/h) | A (g/h) | P (kW) | R     |
|--------|------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------|------|-------------------|----------------------|---------|--------|-------|
| Relevé | 1100       | 64                  | 33                  | 3,2                 | 0,31                | 225                 | 0,45     | 2    | 40,4              | 0,150                | 2,62    | 0,27   | 0,950 |
| 1/3    | 1100       | 74                  | 35                  | 3,2                 | 1,65                | 95                  | 3,60     | 0,25 | 41,6              | 0,555                | 6,03    | 0,82   | 0,942 |
| 1/3    | 1500       | 8                   | 38                  | 3,9                 | 3,20                | 72                  | 2,90     | 0    | 41,4              | 0,580                | 8,40    | 4,47   | 1     |
| 1/3    | 1800       | 73                  | 43                  | 14,6                | 4,20                | 66                  | 3,40     | 0    | 42,1              | 0,587                | 9,63    | 5,73   | 0,955 |
| 1/3    | 2000       | 74                  | 44                  | 14,6                | 5,10                | 60                  | 3,92     | 0    | 41,8              | 0,592                | 10,62   | 6,03   | 0,900 |
| 1/3    | 2425       | 74                  | 42                  | 15,0                | 7,25                | 51,6                | 2,78     | 0    | 40,9              | 0,662                | 12,61   | 6,92   | 0,783 |
| 1/3    | 2830       | 76                  | 45                  | 16,4                | 9,62                | 46,5                | 2,50     | 0    | 40,5              | 0,762                | 14,60   | 7,30   | 0,726 |
| 1/3    | 3000       | 79                  | 48                  | 17                  | 10,50               | 45,2                | 2,35     | 0    | 40                | 0,787                | 15,50   | 7,20   | 0,746 |
| 2/3    | 1650       | 62                  | 40                  | 17,5                | 3,6                 | 61                  | 3        | 0    | 43,1              | 0,583                | 1,85    | 4,75   | 0,942 |
| 2/3    | 2060       | 70                  | 45                  | 19,2                | 5,6                 | 54                  | 2,9      | 0    | 42,2              | 0,657                | 11      | 6,09   | 0,868 |
| 2/3    | 2500       | 73                  | 47                  | 20                  | 9,4                 | 46,4                | 2,5      | 0    | 40,75             | 0,760                | 14,59   | 6,44   | 0,767 |
| 2/3    | 2700       | 73                  | 45                  | 20                  | 11                  | 46,9                | 1,0      | 0    | 42                | 0,755                | 15,50   | 4,15   | 0,704 |
| 3/3    | 1750       | 67                  | 45                  | 10,5                | 3,9                 | 50,9                | 3,30     | 0    | 42,8              | 0,605                | 3,25    | 5,94   | 0,949 |
| 3/3    | 1980       | 72                  | 47                  | 19                  | 5,1                 | 54,5                | 3,15     | 0    | 42,3              | 0,650                | 10,52   | 6,40   | 0,892 |
| 3/3    | 2120       | 76                  | 49                  | 19,5                | 7,2                 | 49                  | 3,25     | 0    | 41,5              | 0,725                | 12,55   | 7,40   | 0,830 |
| 3/3    | 2500       | 77                  | 50                  | 20                  | 9,8                 | 45,7                | 2,85     | 0    | 40,4              | 0,775                | 14,62   | 7,36   | 0,767 |
| 3/3    | 2650       | 77                  | 50                  | 20                  | 11                  | 45,5                | 2,20     | 0    | 3,7               | 0,780                | 15,49   | 6,00   | 0,730 |

المركز الوطني لتسوية التقنيات  
BIBLIOTHEQUE - المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

ESSENCE

GICLEUR N° 90

| Regime  | N (tr/min) | T <sub>E</sub> (°C) | T <sub>E</sub> (°C) | Q <sub>E</sub> (cm) | Q <sub>A</sub> (cm) | ε (A) | C (kg-m) | %CO  | %CO <sub>2</sub> | C <sub>E</sub> (g/s) | A (g/s) | P (kw) | R     |
|---------|------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------|----------|------|------------------|----------------------|---------|--------|-------|
| Ralenti | 960        | 45                  | 33                  | 0,7                 | 0,3                 | 120   | 0,45     | 4    | 9,6              | 0,296                | 2,56    | 0,444  | 1,680 |
| 1/3     | 1420       | 67                  | 38                  | 10                  | 3                   | 58    | 4        | 4,9  | 10,2             | 0,612                | 8,10    | 5,820  | 1,100 |
| 1/3     | 2020       | 78                  | 44                  | 10                  | 5,1                 | 43,7  | 3,75     | 4,1  | 10,6             | 0,812                | 11,09   | 7,80   | 0,987 |
| 1/3     | 2500       | 81                  | 49                  | 15                  | 7,4                 | 37,8  | 3,80     | 2,5  | 11               | 0,936                | 12,78   | 9,76   | 1,062 |
| 1/3     | 2950       | 79                  | 44                  | 16,2                | 9,6                 | 34,1  | 3,65     | 1,2  | 11,6             | 1,040                | 14,5    | 11,05  | 1,042 |
| 1/3     | 3300       | 84                  | 50                  | 16,2                | 11,2                | 31,2  | 3,60     | 1,75 | 11,1             | 1,130                | 15,61   | 11,19  | 1,050 |
|         |            |                     |                     |                     |                     |       |          |      |                  |                      |         |        |       |
|         |            |                     |                     |                     |                     |       |          |      |                  |                      |         |        |       |
| 2/3     | 4500       | 76                  | 51                  | 16,5                | 2,8                 | 56,4  | 3,80     | 5,8  | 8,2              | 0,631                | 7,81    | 5,85   | 1,170 |
| 2/3     | 4970       | 76                  | 48                  | 17                  | 5                   | 39,5  | 3,85     | 8,3  | 8,4              | 0,899                | 10,42   | 7,78   | 1,240 |
| 2/3     | 2500       | 80                  | 50                  | 18                  | 9,3                 | 32,7  | 4,40     | 4,6  | 10               | 1,090                | 14,20   | 11,31  | 1,115 |
| 2/3     | 2880       | 85                  | 51                  | 18,6                | 11,6                | 35,7  | 3,90     | 0    | 11,6             | 0,995                | 15,90   | 11,55  | 0,907 |
|         |            |                     |                     |                     |                     |       |          |      |                  |                      |         |        |       |
|         |            |                     |                     |                     |                     |       |          |      |                  |                      |         |        |       |
| 3/3     | 4000       | 72                  | 49                  | 17                  | 13                  | 82    | 3,7      | 6,35 | 8,2              | 0,434                | 5,34    | 3,79   | 1,180 |
| 3/3     | 1500       | 71                  | 48                  | 16,5                | 3                   | 54    | 3,85     | 5,80 | 9,2              | 0,660                | 8,10    | 5,93   | 1,180 |
| 3/3     | 2000       | 75                  | 46                  | 17,3                | 5,3                 | 38,5  | 3,95     | 8,30 | 8,2              | 0,924                | 10,58   | 8,10   | 1,260 |
| 3/3     | 2480       | 80                  | 49                  | 18                  | 9,6                 | 31,9  | 4,56     | 5,30 | 9,4              | 1,115                | 14,50   | 11,63  | 1,115 |
| 3/3     | 2750       | 86                  | 51                  | 18,3                | 11,3                | 35    | 4,30     | 0    | 11,6             | 1,030                | 15,72   | 12,14  | 0,950 |

## GICLEUR N°975

| Regime   | N (tr/min) | T <sub>s</sub> (°C) | T <sub>e</sub> (°C) | Q <sub>e</sub> (cm) | Q <sub>n</sub> (cm) | t <sub>ce</sub> (s) | C (Kg-m) | %CO  | %CO <sub>2</sub> | C <sub>c</sub> (g/s) | A (g/s) | P (kW) | R     |
|----------|------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------|------|------------------|----------------------|---------|--------|-------|
| Ralentis | 980        | 65                  | 30                  | 1,3                 | 0,23                | 230,4               | 0,85     | 3,6  | 10,6             | 0,189                | 2,24    | 0,853  | 1,229 |
| 1/3      | 1200       | 63                  | 38                  | 10                  | 1,95                | 102                 | 4        | 5,55 | 10,5             | 0,530                | 6,68    | 4,50   | 1,151 |
| 1/3      | 1500       | 68                  | 39                  | 10                  | 3,05                | 57,5                | 3,85     | 2,75 | 12               | 0,617                | 8,20    | 5,95   | 1,090 |
| 1/3      | 1800       | 76                  | 43                  | 10                  | 3,50                | 50,3                | 3,70     | 2,75 | 12               | 0,706                | 8,00    | 6,84   | 1,160 |
| 1/3      | 2020       | 81                  | 46                  | 10                  | 4,18                | 46,6                | 3,75     | 1,50 | 12,5             | 0,762                | 9,63    | 7,80   | 1,141 |
| 1/3      | 2425       | 86                  | 47                  | 10                  | 5,74                | 40                  | 3,78     | 1    | 12,7             | 0,887                | 11,28   | 9,42   | 1,141 |
| 1/3      | 2830       | 8                   | 49                  | 21                  | 7,32                | 37                  | 3,62     | 0,8  | 13               | 0,960                | 12,70   | 10,55  | 1,094 |
| 1/3      | 3000       | 8                   | 50                  | 21                  | 9,90                | 35                  | 3,58     | 0,5  | 12,7             | 1,020                | 14,00   | 11,00  | 1     |
| 1/3      | 3280       |                     | 56                  | 7                   | 10,60               | 27,9                | 3,20     | 2,5  | 10,9             | 1,273                | 15,20   | 11,45  | 1,207 |
| 1/3      | 3500       | 92                  | 56                  | 14,5                | 10,90               | 25                  | 3,22     | 3,5  | 11,1             | 1,268                | 15,48   | 11,60  | 1,190 |
|          |            |                     |                     |                     |                     |                     |          |      |                  |                      |         |        |       |
|          |            |                     |                     |                     |                     |                     |          |      |                  |                      |         |        |       |
| 3/3      | 1200       | 67                  | 41                  | 10,5                | 2,1                 | 65,2                | 3,9      | 4,7  | 8,2              | 0,537                | 6,80    | 4,810  | 1,145 |
| 4/3      | 1480       | 64                  | 38                  | 10,5                | 3,2                 | 52                  | 3,72     | 4,7  | 8,2              | 0,674                | 8,38    | 5,650  | 1,165 |
| 2/3      | 2000       | 75                  | 42,5                | 11,2                | 5,5                 | 37                  | 3,70     | 6,4  | 9,2              | 0,945                | 11      | 7,600  | 1,240 |
| 2/3      | 2540       | 85                  | 45                  | 11,5                | 10                  | 30                  | 4,10     | 1,6  | 7,8              | 1,165                | 14,8    | 10,705 | 1,140 |
| 2/3      | 2860       | 80                  | 47                  | 21                  | 12                  | 36,8                | 3,75     | 0,1  | 10               | 0,950                | 16,25   | 11,020 | 0,846 |
|          |            |                     |                     |                     |                     |                     |          |      |                  |                      |         |        |       |
| 3/3      | 1060       | 70                  | 49                  | 20                  | 1,6                 | 66,5                | 3,65     | 6    | 9                | 0,53                 | 6,84    | 3,98   | 1,328 |
| 3/3      | 1500       | 65                  | 47                  | 21                  | 2,9                 | 46,5                | 3,67     | 5,7  | 10               | 0,764                | 7,95    | 5,65   | 1,395 |
| 3/3      | 2100       | 70                  | 49                  | 21                  | 6,7                 | 31,5                | 3,96     | 4,6  | 10,2             | 1,125                | 12,     | 8,32   | 1,350 |
| 3/3      | 2500       | 77                  | 52                  | 23                  | 9,7                 | 28                  | 4,50     | 3,2  | 11               | 1,27                 | 14,60   | 11,60  | 1,260 |
| 3/3      | 2950       | 92                  | 57                  | 23                  | 12,6                | 30                  | 4,40     | 3,0  | 11,5             | 1,19                 | 16,60   | 13,35  | 1,050 |

المدرسة الوطنية للتكنولوجيا  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

ESSENCE

GICLEUR N° 120

| Regime  | N (tr/min) | Ts (°C) | Te (°C) | Qc (cm) | Qn (cm) | tcc (s) | C (kg-m) | % CO  | % CO <sub>2</sub> | Cc (s/s) | A (s/s) | P (kw) | R     |
|---------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------|-------------------|----------|---------|--------|-------|
| Rolenti | 1240       | 64      | 32      | 1,2     | 2,4     | 39,7    | 0,85     | 15,3  | 3                 | 0,895    | 7,43    | 1,005  | 1,748 |
| 1/3     | 1650       | 7       | 32      | 1       | 4       | 27,4    | 0,80     | 13,6  | 3,3               | 1,330    | 9,40    | 1,360  | 2,055 |
| 2/3     | 1200       | 50      | 38      | 17,5    | 2,2     | 34,9    | 0,95     | 11,1  | 3,2               | 1,018    | 6,63    | 1,17   | 2,23  |
| 2/3     | 1440       | 50      | 39      | 17,5    | 3       | 29,9    | 0,95     | 11,1  | 3,2               | 1,189    | 8,10    | 1,40   | 2,13  |
| 2/3     | 1600       | 48      | 36      | 17,5    | 3,1     | 26,7    | 0,60     | 10,7  | 2,9               | 1,335    | 9,10    | 0,98   | 2,12  |
| 3/3     | 1600       | 47      | 34      | 17,5    | 3,8     | 26,4    | 0,6      | 11    | 3                 | 1,341    | 9,10    | 0,98   | 2,128 |
| 3/3     | 1360       | 51      | 34      | 8       | 3       | 30      | 0,9      | 11,35 | 3,3               | 1,181    | 8,10    | 1,267  | 2,12  |

TABLEAU I

| Regime | N (tr/min)                                | T <sub>s</sub> (°C) | T <sub>e</sub> (°C) | Q <sub>e</sub> (cm) | Q <sub>A</sub> (cm) | Q <sub>g</sub> (cm) | C (kg.m) | % CO | % CO <sub>2</sub> | C <sub>g</sub> (g/s) | A (g/s) | GAZ. NATUREL. |       |
|--------|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------|------|-------------------|----------------------|---------|---------------|-------|
|        |   |                     |                     |                     |                     |                     |          |      |                   |                      |         | P (kw)        | R     |
| Regime | 1260                                      | 54                  | 40                  | 19,4                | 0,7                 | 0,75                | 0,42     | 5,5  | 4                 | 0,359                | 3,92    | 0,54          | 1,38  |
| 1/3    | Marche anormale du moteur - Etouffement - |                     |                     |                     |                     |                     |          |      |                   |                      |         |               |       |
| 2/3    | 1230                                      | 57                  | 40                  | 19,6                | 1,85                | 1,02                | 3,6      | 1,2  | 8,1               | 0,418                | 6,34    | 4,55          | 0,996 |
| 2/3    | 1520                                      | 60                  | 41                  | 19,6                | 2,62                | 1,20                | 3,25     | 1,2  | 8,25              | 0,455                | 7,55    | 5,08          | 0,915 |
| 2/3    | 1760                                      | 63                  | 42                  | 20,2                | 3,38                | 1,67                | 3,28     | 1,2  | 7,75              | 0,536                | 8,57    | 5,90          | 0,927 |
| 2/3    | 2040                                      | 68                  | 44                  | 20,8                | 4,7                 | 2,45                | 3,46     | 0    | 9,15              | 0,650                | 10,12   | 7,42          | 0,967 |
| 2/3    | 2380                                      | 72                  | 45                  | 21,6                | 6,9                 | 3,70                | 3,68     | 0    | 9                 | 0,798                | 12,25   | 8,97          | 0,984 |
| 2/3    | 2650                                      | 71                  | 47                  | 22                  | 8,75                | 4,45                | 3,73     | 0    | 9,25              | 0,892                | 13,80   | 10,18         | 0,977 |
| 2/3    | 2920                                      | 79                  | 49                  | 22,6                | 10,30               | 4,90                | 3,55     | 0    | 9,25              | 0,925                | 15,05   | 10,65         | 0,978 |
| 2/3    | 3160                                      | 82                  | 51                  | 23,2                | 11,40               | 6,30                | 3,58     | 0    | 7,95              | 1,04                 | 15,80   | 11,50         | 0,990 |
| 3/3    | 1160                                      | 71                  | 51                  | 20,5                | 1,65                | 0,72                | 3,34     | 1,2  | 8,20              | 0,352                | 5,98    | 3,97          | 0,889 |
| 3/3    | 1360                                      | 69                  | 50                  | 20,1                | 2,25                | 0,80                | 3        | 1,3  | 7,25              | 0,372                | 7       | 4,18          | 0,804 |
| 3/3    | 1650                                      | 68,5                | 49                  | 20,3                | 3,03                | 1,10                | 2,8      | 1,3  | 7,15              | 0,436                | 8,12    | 4,73          | 0,811 |
| 3/3    | 2000                                      | 71                  | 48                  | 20,4                | 4,57                | 1,90                | 3,2      | 1,3  | 8,20              | 0,473                | 9,99    | 6,55          | 0,716 |
| 3/3    | 2240                                      | 72,5                | 48                  | 20,5                | 6                   | 2,60                | 3,44     | 1,3  | 8,20              | 0,668                | 11,42   | 7,93          | 0,880 |
| 3/3    | 2520                                      | 75                  | 49                  | 22                  | 8,3                 | 3,45                | 3,54     | 1,3  | 8,20              | 0,770                | 13,42   | 9,15          | 0,863 |
| 3/3    | 2800                                      | 77                  | 49,5                | 22,4                | 10,2                | 3,65                | 3,49     | 0    | 8,20              | 0,793                | 14,92   | 10,05         | 0,800 |
| 3/3    | 3040                                      | 80                  | 51                  | 23,5                | 11,4                | 5,00                | 3,40     | 1,3  | 8,1               | 0,980                | 15,80   | 10,07         | 0,889 |

TABLEAU II

GAZ NATUREL

| Regime | N (tr/mn) | T <sub>s</sub> (°C)                          | T <sub>E</sub> (°C) | Q <sub>E</sub> (cm) | Q <sub>A</sub> (cm) | Q <sub>g</sub> (cm) | L (kg·m) | % CO | % CO <sub>2</sub> | C <sub>g</sub> (g/s) | A (g/s) | P (kw) | R     |
|--------|-----------|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------|------|-------------------|----------------------|---------|--------|-------|
| Ralent | 1300      | 54   | 39                  | 16,5                | 0,50                | 0,25                | 0,45     | 0    | 8,4               | 0,2075               | 3,3     | 0,6    | 0,95  |
| 1/3    | 1200      | 52   | 39                  | 16,5                | 1,65                | 1,95                | 0,40     | 5,4  | 3                 | 0,579                | 6       | 0,494  | 1,45  |
|        |           | Marche irrégulière du moteur - Etouffement - |                     |                     |                     |                     |          |      |                   |                      |         |        |       |
| 2/3    | 1140      | 58   | 40                  | 17                  | 1,60                | 0,85                | 3,55     | 0    | 10,1              | 0,382                | 5,92    | 4,08   | 0,977 |
| 2/3    | 1310      | 62   | 43                  | 17                  | 2,05                | 1,05                | 3,46     | 0    | 10                | 0,425                | 6,67    | 4,54   | 0,961 |
| 2/3    | 1500      | 64   | 44                  | 17                  | 2,60                | 1,18                | 3,18     | 0    | 9,9               | 0,450                | 7,52    | 4,88   | 0,961 |
| 2/3    | 1760      | 68   | 45                  | 17,4                | 3,35                | 1,80                | 3,24     | 0    | 10,4              | 0,525                | 8,52    | 5,86   | 0,933 |
| 2/3    | 2020      | 72   | 47                  | 18                  | 4,40                | 2,26                | 3,40     | 0    | 10,8              | 0,625                | 9,80    | 7,07   | 0,962 |
| 2/3    | 2250      | 76,5   | 49                  | 19                  | 6,00                | 3,12                | 3,62     | 0    | 10,6              | 0,732                | 11,43   | 8,37   | 0,967 |
| 2/3    | 2480      | 82   | 51                  | 19                  | 7,60                | 3,90                | 3,75     | 0    | 10,6              | 0,820                | 12,88   | 9,57   | 0,962 |
| 2/3    | 2800      | 85   | 53                  | 19,5                | 9,60                | 4,60                | 3,68     | 0    | 10,7              | 0,889                | 14,48   | 10,55  | 0,927 |
| 2/3    | 3100      | 89   | 54                  | 20                  | 11,05               | 5,65                | 3,60     | 0    | 10,6              | 0,988                | 15,60   | 11,42  | 0,955 |
| 3/3    | 1130      | 63,5   |                     | 25                  | 1,60                | 0,75                | 3,42     | 0    | 9,5               | 0,359                | 5,92    | 3,96   | 0,915 |
| 3/3    | 1300      | 63   |                     | 25                  | 2,00                | 0,85                | 3,28     | 0    | 9,15              | 0,3825               | 6,60    | 4,38   | 0,876 |
| 3/3    | 1520      | 63   |                     | 25                  | 2,65                | 0,92                | 2,78     | 0    | 8,4               | 0,398                | 7,60    | 4,34   | 0,790 |
| 3/3    | 1760      | 63,5   |                     | 25                  | 3,45                | 1,37                | 2,95     | 0    | 9                 | 0,485                | 8,67    | 5,33   | 0,845 |
| 3/3    | 2070      | 66   |                     | 25,7                | 5,00                | 1,65                | 3,30     | 0    | 9,8               | 0,534                | 10,45   | 7,03   | 0,760 |
| 3/3    | 2220      | 68,5   |                     | 26,3                | 6,03                | 2,60                | 3,45     | 0    | 9,4               | 0,667                | 11,50   | 7,84   | 0,870 |
| 3/3    | 2410      | 71   |                     | 26,5                | 7,40                | 3,15                | 3,53     | 0    | 9,4               | 0,737                | 12,70   | 8,50   | 0,877 |
| 3/3    | 2700      | 73   |                     | 27,5                | 9,60                | 3,95                | 3,53     | 0    | 9,4               | 0,824                | 14,48   | 9,80   | 0,857 |
| 3/2    | 3150      | 77   |                     | 29                  | 11,90               | 5,65                | 3,50     | 0    | 9,4               | 0,979                | 16,10   | 11,34  | 0,915 |

TABLEAU II

GAZ NATUREL

| Regime | N (tr/mn) | T <sub>s</sub> (°C)                          | T <sub>E</sub> (°C) | Q <sub>E</sub> (cm) | Q <sub>A</sub> (cm) | Q <sub>g</sub> (cm) | L (kg·m) | % CO | % CO <sub>2</sub> | C <sub>g</sub> (g/s) | A (g/s) | P (kw) | R     |
|--------|-----------|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------|------|-------------------|----------------------|---------|--------|-------|
| Ralent | 1300      | 54   | 39                  | 16,5                | 0,50                | 0,25                | 0,45     | 0    | 8,4               | 0,2075               | 3,3     | 0,6    | 0,95  |
| 1/3    | 1200      | 52   | 39                  | 16,5                | 1,65                | 1,95                | 0,40     | 5,4  | 3                 | 0,579                | 6       | 0,494  | 1,45  |
|        |           | Marche irrégulière du moteur - Etouffement - |                     |                     |                     |                     |          |      |                   |                      |         |        |       |
| 2/3    | 1140      | 58   | 40                  | 17                  | 1,60                | 0,85                | 3,55     | 0    | 10,1              | 0,382                | 5,92    | 4,08   | 0,977 |
| 2/3    | 1310      | 62   | 43                  | 17                  | 2,05                | 1,05                | 3,46     | 0    | 10                | 0,425                | 6,67    | 4,54   | 0,961 |
| 2/3    | 1500      | 64   | 44                  | 17                  | 2,60                | 1,18                | 3,18     | 0    | 9,9               | 0,450                | 7,52    | 4,88   | 0,961 |
| 2/3    | 1760      | 68   | 45                  | 17,4                | 3,35                | 1,00                | 3,24     | 0    | 10,4              | 0,525                | 8,52    | 5,86   | 0,933 |
| 2/3    | 2020      | 72   | 47                  | 18                  | 4,40                | 2,26                | 3,40     | 0    | 10,8              | 0,625                | 9,80    | 7,07   | 0,962 |
| 2/3    | 2250      | 76,5   | 49                  | 19                  | 6,00                | 3,12                | 3,62     | 0    | 10,6              | 0,732                | 11,43   | 8,37   | 0,967 |
| 2/3    | 2480      | 82   | 51                  | 19                  | 7,60                | 3,90                | 3,75     | 0    | 10,6              | 0,820                | 12,88   | 9,57   | 0,962 |
| 2/3    | 2800      | 85   | 53                  | 19,5                | 9,60                | 4,60                | 3,68     | 0    | 10,7              | 0,889                | 14,48   | 10,55  | 0,927 |
| 2/3    | 3100      | 89   | 54                  | 20                  | 11,05               | 5,65                | 3,60     | 0    | 10,6              | 0,988                | 15,60   | 11,42  | 0,955 |
| 3/3    | 1130      | 63,5   |                     | 25                  | 1,60                | 0,75                | 3,42     | 0    | 9,5               | 0,359                | 5,92    | 3,96   | 0,915 |
| 3/3    | 1300      | 63   |                     | 25                  | 2,00                | 0,85                | 3,28     | 0    | 9,15              | 0,3825               | 6,60    | 4,38   | 0,876 |
| 3/3    | 1520      | 63   |                     | 25                  | 2,65                | 0,92                | 2,78     | 0    | 8,4               | 0,398                | 7,60    | 4,34   | 0,790 |
| 3/3    | 1760      | 63,5   |                     | 25                  | 3,45                | 1,37                | 2,95     | 0    | 9                 | 0,485                | 8,67    | 5,33   | 0,845 |
| 3/3    | 2070      | 66   |                     | 25,7                | 5,00                | 1,65                | 3,30     | 0    | 9,8               | 0,534                | 10,45   | 7,03   | 0,760 |
| 3/3    | 2220      | 68,5   |                     | 26,3                | 6,03                | 2,60                | 3,45     | 0    | 9,4               | 0,667                | 11,50   | 7,84   | 0,870 |
| 3/3    | 2410      | 71   |                     | 26,5                | 7,40                | 3,15                | 3,53     | 0    | 9,4               | 0,737                | 12,70   | 8,50   | 0,877 |
| 3/3    | 2700      | 73   |                     | 27,5                | 9,60                | 3,95                | 3,53     | 0    | 9,4               | 0,824                | 14,48   | 9,80   | 0,857 |
| 3/2    | 3150      | 77   |                     | 29                  | 11,90               | 5,65                | 3,50     | 0    | 9,4               | 0,979                | 16,10   | 11,34  | 0,915 |

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE - المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

TABLEAU III

GAZ NATUREL

| Regime  | N (tr/mn) | Ts. (°c) | TE (°c) | Q <sub>E</sub> (cm) | Q <sub>A</sub> (cm) | Q <sub>g</sub> (cm) | C (kg.m) | % CO | % CO <sub>2</sub> | C <sub>g</sub> (g/s) | A (g/s) | P (kw) | R     |
|---------|-----------|----------|---------|---------------------|---------------------|---------------------|----------|------|-------------------|----------------------|---------|--------|-------|
| Ralenti | 1250      | 58       | 44      | 20                  | 0,8                 | 0,2                 | 0,38     | 0    | 5,65              | 0,197                | 4,17    | 0,487  | 0,715 |
| 1/3     | 1260      | 55       | 41      | 20                  | 1,8                 | 2,02                | 0,92     | 6,7  | 3,55              | 0,590                | 6,26    | 1,850  | 1,425 |
| 1/3     | 1550      | 55       | 40      | 20,4                | 2,7                 | 3,1                 | 0,46     | 5,9  | 3,10              | 0,730                | 7,70    | 0,730  | 1,432 |
| 2/3     | 1180      | 57       | 40      | 20                  | 1,7                 | 0,9                 | 3,49     | 0    | 8,60              | 0,393                | 6,10    | 4,23   | 0,974 |
| 2/3     | 1420      | 60       | 41      | 20,3                | 2,4                 | 1,1                 | 3,30     | 0    | 8,65              | 0,436                | 7,23    | 4,77   | 0,915 |
| 2/3     | 1660      | 62       | 42      | 20,6                | 3,05                | 1,4                 | 3,12     | 0    | 9,00              | 0,482                | 8,17    | 5,32   | 0,890 |
| 2/3     | 1950      | 67       | 44      | 21                  | 4,02                | 2,1                 | 3,25     | 0    | 9,35              | 0,602                | 9,43    | 6,60   | 0,965 |
| 2/3     | 2270      | 72       | 46      | 22                  | 6,03                | 3,26                | 3,52     | 0    | 9,25              | 0,750                | 11,46   | 8,56   | 0,987 |
| 2/3     | 2530      | 75       | 48      | 22,5                | 7,9                 | 3,65                | 3,65     | 0    | 9,35              | 0,793                | 13,10   | 9,45   | 0,916 |
| 2/3     | 2780      | 78       | 49      | 22,8                | 9,5                 | 4,65                | 3,55     | 0    | 9,50              | 0,894                | 14,18   | 10,12  | 1,190 |
| 2/3     | 3070      | 81       | 50      | 24,2                | 11                  | 5,70                | 3,46     | 0    | 9,35              | 0,990                | 15,93   | 10,90  | 0,960 |
| 3/3     | 1200      | 68       | 39      | 20,6                | 1,78                | 0,75                | 3,32     | 0,5  | 8,30              | 0,359                | 6,23    | 4,08   | 0,880 |
| 3/3     | 1460      | 67       | 48      | 20                  | 2,7                 | 0,85                | 2,79     | 0,5  | 7,45              | 0,382                | 7,65    | 4,18   | 0,755 |
| 3/3     | 1720      | 67       | 48      | 20,5                | 3,24                | 1,20                | 2,86     | 0    | 7,70              | 0,455                | 8,40    | 5,04   | 0,818 |
| 3/3     | 2000      | 68       | 47      | 20,8                | 4,6                 | 1,90                | 3,15     | 1,3  | 8,60              | 0,574                | 10,00   | 6,47   | 0,865 |
| 3/3     | 2220      | 71       | 47      | 21,3                | 6,1                 | 2,55                | 3,38     | 1,3  | 8,45              | 0,664                | 11,50   | 7,68   | 0,880 |
| 3/3     | 2520      | 73,5     | 48      | 22,2                | 8,3                 | 3,45                | 3,50     | 1,3  | 8,30              | 0,772                | 13,42   | 9,06   | 0,867 |
| 3/3     | 2780      | 76       | 49      | 22,6                | 10,2                | 3,50                | 3,42     | 0,25 | 8,30              | 0,776                | 14,90   | 9,75   | 1,300 |
| 3/3     | 3070      | 78       | 50      | 24                  | 11,6                | 5,10                | 3,41     | 0,25 | 8,30              | 0,940                | 15,90   | 10,90  | 1,040 |



TABLEAU IV

| Regime | N (tr/min) | Ts (°C) | Te (°C) | Qe (cm) | Qa (cm) | Qg (cm) | C (kg-m) | % CO | % CO <sub>2</sub> | Cg (g/s) | A (g/s) | GAZ NATUREL |      |
|--------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|------|-------------------|----------|---------|-------------|------|
|        |            |         |         |         |         |         |          |      |                   |          |         | P (kw)      | R    |
| Relevé | 1150       | 50      | 37      | 15,2    | 0,35    | 1       | 0,40     | 0    | 9,1               | 0,415    | 2,76    | 0,638       | 2,27 |
| 1/3    | 1200       | 55      | 37      | 15,2    | 1,15    | 1,45    | 3,40     | 5,15 | 6,85              | 0,500    | 6,17    | 4,20        | 1,22 |
| 1/3    | 1400       | 59      | 39      | 16,3    | 2,30    | 1,85    | 3,43     | 5,85 | 7,15              | 0,565    | 7,10    | 4,92        | 1,20 |
| 1/3    | 1600       | 65      | 43      | 16,3    | 2,90    | 2,30    | 3,42     | 6,10 | 7,35              | 0,637    | 7,95    | 5,60        | 1,21 |
| 1/3    | 1800       | 67      | 45      | 16,5    | 3,40    | 3,00    | 3,25     | 6,60 | 6,85              | 0,720    | 8,63    | 6,02        | 1,26 |
| 1/3    | 2000       | 69      | 45      | 16,5    | 4,10    | 3,65    | 3,22     | 6,70 | 7,00              | 0,792    | 9,45    | 6,48        | 1,26 |
| 1/3    | 2200       | 65      | 40      | 16,5    | 5,40    | 4,25    | 3,45     | 6,30 | 7,10              | 0,855    | 10,84   | 7,80        | 1,19 |
| 1/3    | 2580       | 74      | 47      | 16,5    | 6,10    | 4,80    | 3,40     | 5,60 | 7,80              | 0,910    | 11,53   | 8,35        | 1,19 |
| 1/3    | 2650       | 78      | 50      | 16,5    | 7,30    | 5,70    | 3,26     | 5,85 | 7,90              | 0,993    | 12,60   | 8,90        | 1,19 |
| 1/3    | 2900       | 82      | 51      | 19      | 8,45    | 6,45    | 3,10     | 5,70 | 7,30              | 1,055    | 13,60   | 9,25        | 1,17 |
| 1/3    | 3000       | 79      | 46      | 19      | 9,50    | 8,40    | 3,70     | 7,10 | 6,25              | 1,205    | 14,40   | 8,32        | 1,26 |

