

UNIVERSITÉ D'ALGER
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Département Mécanique

4/73

1er



THÈSE DE FIN D'ÉTUDES

IMPLANTATION, ESSAIS ET MESURES D'UN ENSEMBLE FREIN FROUDE MOTEUR RENAULT R. 16

sujet proposé par :
G. MATTON, Docteur es-Sciences
Responsable de la recherche au
département mécanique.

étudié par les élèves :
D. BOUMAZA
A. LAMRAOUI

Parrain :
M. PERDU, Ingénieur.

Promotion 1973

Membres du Jury :

- M. PERDU — Ingénieur, Centrale de P.
- M. MATTON — Docteur es-Sciences.
- M. DALBON — Docteur, Ingénieur Thermicien, Ingénieur Electricien.

UNIVERSITÉ D'ALGER
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Département Mécanique

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

THÈSE DE FIN D'ÉTUDES

**IMPLANTATION, ESSAIS ET MESURES
D'UN ENSEMBLE FREIN FROUDE MOTEUR
RENAULT R. 16**

sujet proposé par :

G. MATTON, Docteur es-Sciences
Responsable de la recherche au
département mécanique.

étudié par les élèves :

D. BOUMAZA
A. LAMRAOUI

Parrain :

M. PERDU, Ingénieur.

Promotion 1973

Membres du Jury :

M. PERDU — Ingénieur, Centrale de Paris.
M. MATTON — Docteur es-Sciences.
M. DALBON — Docteur, Ingénieur Thermicien, Ingénieur Electricien.

Nous remercions vivement :

Monsieur G. MATTON Docteur es. Sciences, qui nous a chargé de cette étude et l'a suivie avec une bienveillante attention.

Messieurs les Professeurs qui ont contribué à notre formation.

Messieurs BOFFA, BROUSTAU, LOUALI et PERRIER, qui nous ont apporté une aide dans nos réalisations matérielles et de mise au point.

Monsieur PERDU, qui a bien voulu nous aider dans la mise au point du banc.

II CHAPITRE : 12

II II P II A II I II A II I II II II

II II II II I II I II R-R II II

2.1. CARACTERISTIQUES DU MOTEUR.

2.2. INSTALLATION AU BANC.

2.3. INSTALLATION DES ACCESSOIRES.

***. ANNEXE : ECHANGEUR-DESSINS.

2. IMPLANTATION DU MOTEUR R-16 :

2.1. Caractéristiques du moteur :

Le moteur à manipuler équipe les voitures R 1150 (RENAULT-16).

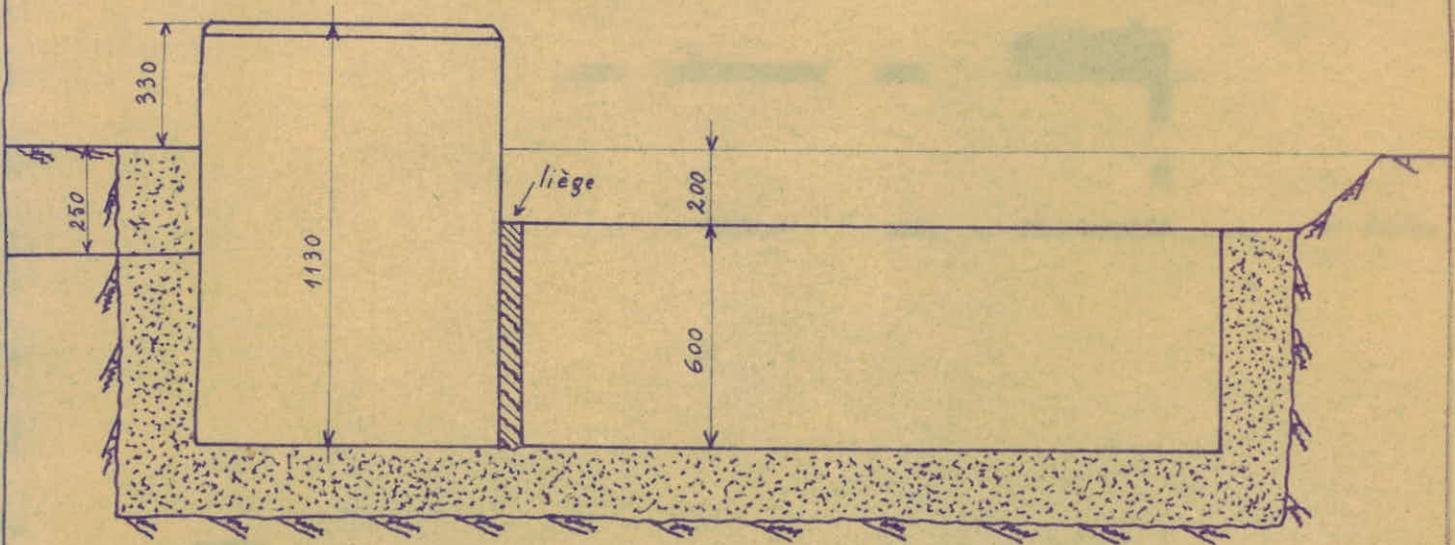
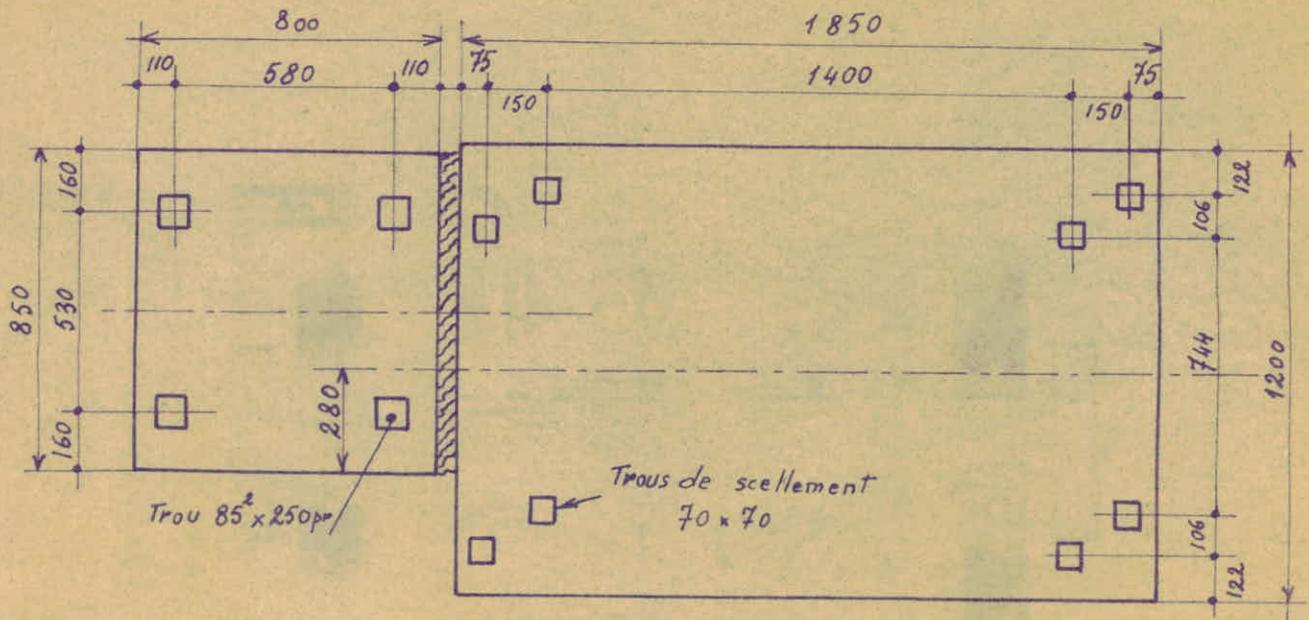
Il comporte quatre cylindres en ligne verticaux, et des soupapes en tête commandées par des culbuteurs. C'est un moteur à quatre temps avec un refroidissement par eau.

L'alimentation s'effectue par une pompe à essence mécanique (SOFABEX type 1002) à membrane commandée par un excentrique de l'arbre à cames et par un carburateur (ZENITH - 36 - IF) de type inversé à commande manuelle de volet de départ.

L'allumage est réalisé par un allumeur DUCELLIÉRIER à contact auto-nettoyant (type 4159).

La pompe à huile assurant le graissage est entraînée par un arbre vertical à partir de l'arbre à cames.

Le circuit de refroidissement est équipé d'un thermostat avec début d'ouverture à 73°C. et d'un purgeur (voir dessin n° 03).



ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE ALGER

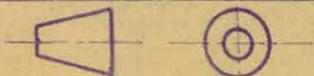
Echelle : 1/20

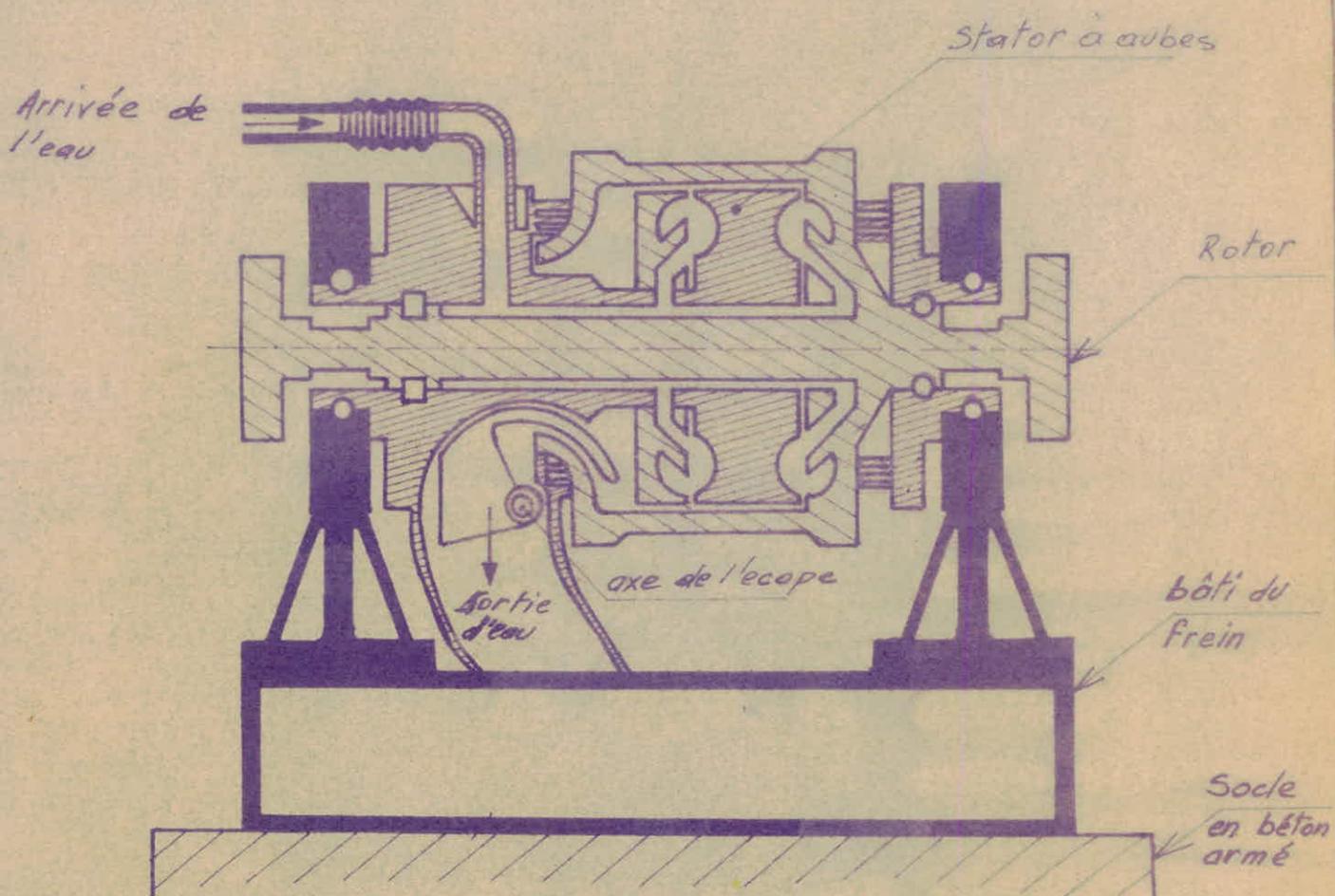
31.1.1973

SOCLE

BOUMAZA
LAMRAOUI

N°11.





-  pièces en rotation.
-  pièces montées en pendule.
-  pièces fixes.

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER

Echelle :

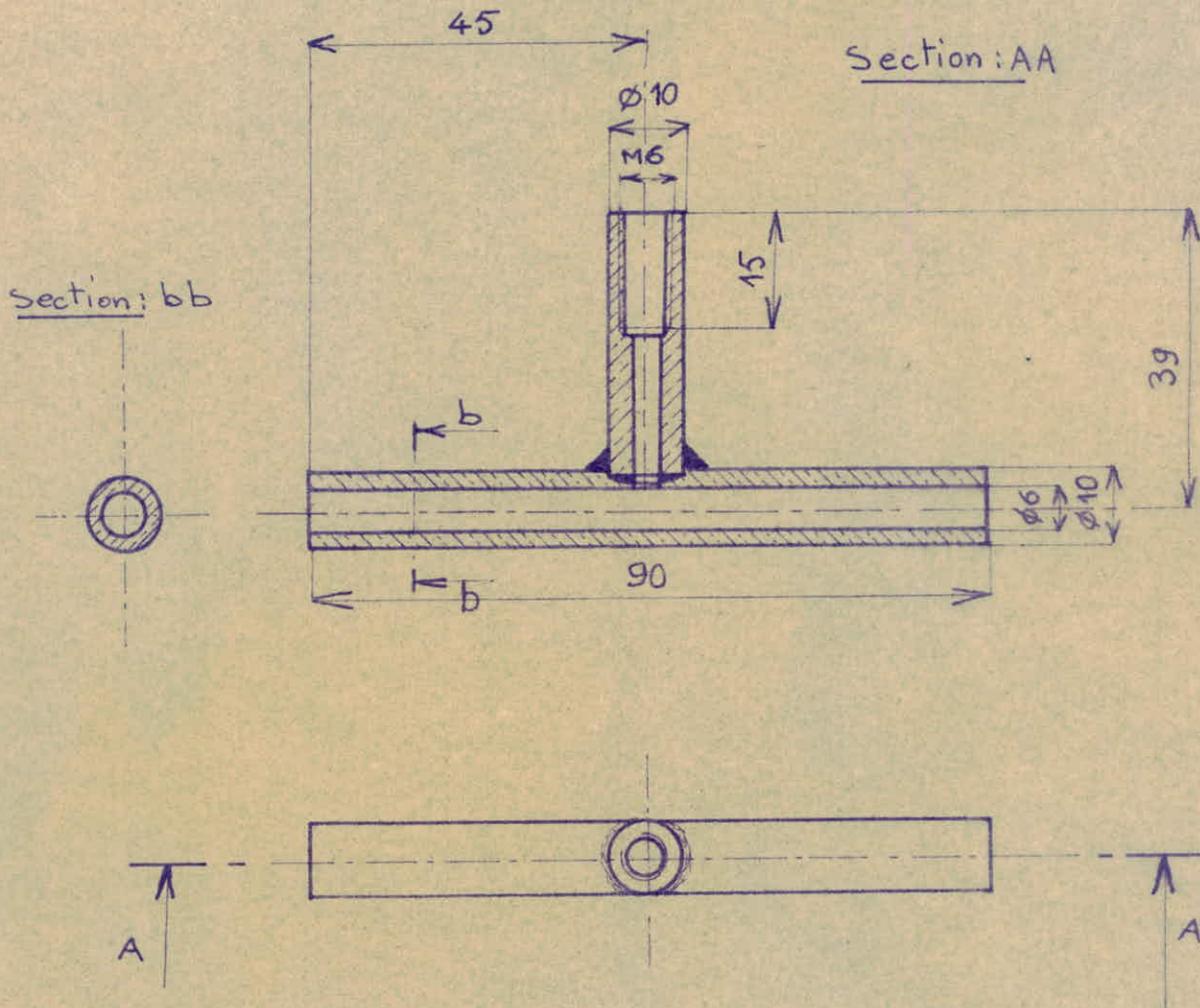
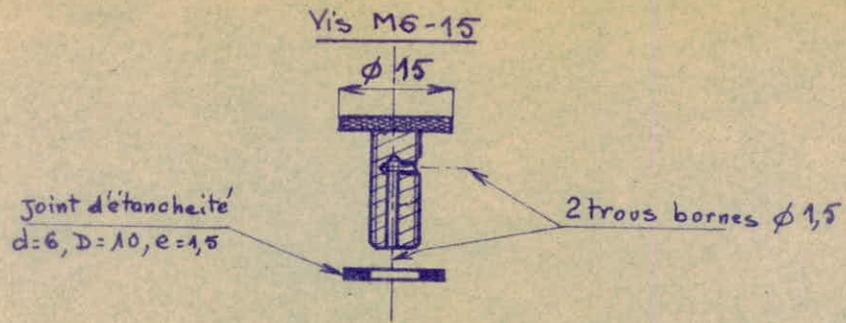
7 - 4 - 1973

Coupe schématique du frein
hydraulique SCHENCK -

BOUMAZA
LAMRAOUI

N°07





Matière: Laiton $\phi 10$

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER

Echelle : 1

7-3-1973

PURGEUR

(Moteur R16 sur banc d'essai)

BOUMAZA
LAMRAOUI

N° 03



CAA R A C T E R I S T I Q U E S - D U - M O T E U R :

TYPE 697 (ESSENCE)

Alésage. - .mm.....	76
Course. - .mm.....	81
Cylindrée - cm ³	1470
Rapport volumétrique.....	8,6 à 1
Puissance fiscale -CV.....	38
Puissance effective à 5000 tr/mn :	
CV - DIN.....	58,5
CV - SAE.....	62,6
Couple maximum à 2800 tr/mn :	
m.kg - DIN.....	10,8
m.kg - SAE.....	10,75

auxiliary = DIN

-o- A V A N T - P R O P O S -o-

L'implantation du banc d'essai SCHENCK entre dans le cadre de l'équipement du laboratoire des moteurs du département mécanique.

Ce banc d'essai sera mis à la disposition des élèves du D.E.S S.I. pour la recherche. Il pourrait servir éventuellement aux élèves ingénieurs mécaniciens et faire l'objet d'une manipulation en travaux pratiques.

Nous nous sommes efforcés donc de donner le maximum d'explication et de dessins de toutes les réalisations , quant à l'installation du banc et la mise en marche du moteur , afin que ce document puisse être utile et venir en aide à toute personne qui manipulera.

Aussi nous recommandons à toute personne utilisant le banc de se documenter sur la revue SCHENCK avant la mise en marche , pour éviter tout endommagement de l'installation.



-S O M M A I R E -

Introduction.....	4
Chapitre:1.....	5
implantation du banc.....	6
Chapitre:2	
Implantation du moteur R 16.....	8
Chapitre:3	
Accouplement du moteur au banc.....	14
Chapitre:4	
Installation des appareils de mesure.....	17
Chapitre:5	
Essais et mesures.....	20
Conclusion.....	26
Difficultés rencontrées.....	27
Bibliographie.....	28
Annexe: Etude et réalisation d'un échangeur.	

Par ailleurs, l'existence de riches gisements de gaz naturel dont sont dotés plusieurs pays (entre autres l'Algérie) est l'une des raisons qui poussent les chercheurs à perfectionner les méthodes et les résultats concernant l'alimentation des m.c.i. au gaz.

Tenant compte des réserves de gaz naturel dans notre pays, l'Algérie doit aussi s'intéresser à ce problème. C'est donc en vue de ces perspectives qu'il nous a été proposé de faire fonctionner le moteur (R16), au banc d'essai, au gaz naturel.

Indépendamment de toute notre bonne volonté, l'étude au gaz n'a pu être traitée. Toutefois notre travail s'est résumé à une préparation matérielle.

-INTRODUCTION-

Les Freins dynamométriques servent à déterminer la puissance des machines motrices, à les roder , à effectuer des études et essais de carburateurs, de dispositifs d'allumage, de pompes d'injection, et à procéder aux essais des carburants et lubrifiants.

Le frein implanté est un U1-16 avec pour caractéristiques:

- Vitesse minimale.....350 tr/mn
- " maximale.....7500 tr/mn
- Puissance minimale.....1 CV
- " maximale.....110 CV

Quant au moteur(R16), le travail se résume au rodage, et essai des carburants (essence et gaz naturel).

Les combustibles liquides tels que l'essence et le gaz oil ont le double avantage d'être facilement transportable et d'offrir sous un faible volume une énergie considérable : c'est ce que, jusqu'à présent, ont recherché les constructeurs. Mais les utilisations excessives, surtout dans les grands centres urbains, mettent à jour un nouveau problème : la pollution. Des réglemens et des exigences concernant la composition de ces combustibles (notamment sur la teneur en plomb tétréthyle) sont imposés dans des pays.

Or des essais avec alimentation au gaz ont été fait dans de nombreux pays et les résultats sont très satisfaisants surtout au point de vue pollution et maintenance (espacement des vidanges, réduction de l'usure,..)

CHAPITRE 8

INSTALLATION

BANC

- 1.1. IMPLANTATION DU BANC.
- 1.2. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT.
- 1.3. UTILISATION.

1. IMPLANTATION DU BANC :

1.1. Implantation du banc :

Le banc d'essai est fixé par 4 goujons de 250 mm de longueur, scellé à un socle.

Ce dernier est constitué par du béton armé (voir dessin n°11).

L'alimentation et l'évacuation du banc en eau est réalisée par une tuyauterie rigide, et en partie souple raccordée à une installation déjà existante.

La télécommande à partir du pupitre nécessite la connexion au réseau réalisée par un dispositif de sécurité qu'est le boîtier télémécanique.

La tension d'utilisation est 220 volts.

1.2. Principe de fonctionnement :

Les freins de puissance SCHENCK sont utilisés essentiellement pour le contrôle des performances des moteurs de tout genre ; que l'on soit dans le domaine de la production, de l'entretien ou de la recherche.

Le banc d'essai à installer se compose d'un frein dynamométrique hydraulique de type (U1-16) dont le principe de fonctionnement est décrit par ce qui suit.

Par l'intermédiaire d'un arbre de transmission, le moteur à essayer transmet sa puissance au rotor du frein, qui dans la conception SCHENCK-HACKER, tourne extérieurement (voir coupe schématique: dessin n°07)
Ce rotor tourne autour d'une roue à aubes fixe, montée en pendule et placée à l'intérieur du rotor (stator-double)
Ce stator est relié au dispositif de mesure du couple par un bras levier.

-o- S U J E T -o-

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Implantation, essais et mesures d'un ensemble Frein Froude-Moteur R 16 RENAULT.

Etude et réalisation d'un échangeur pour l'eau de refroidissement du moteur.

Implantation du banc et des appareillages de mesure.

(Température-échantillonnage de gaz - éventuellement capteur de pression)

Essais et mesures.

Mise en place du système dual-fuel (essence et G.N)

Essais préliminaires.

-o o o o o-

L'échelle de mesure est prévue pour une indication de la force en kgf.

La longueur du bras de levier est fixé pour permettre un calcul simple de la puissance en CV.

La charge désirée du moteur sera alors réglée avec précision par variation de l'épaisseur d'un anneau d'eau intérieur au frein, à l'aide d'une écope télécommandée à partir du pupitre. Ainsi le frein est insensible aux variations de pression de l'eau arrivant au banc.

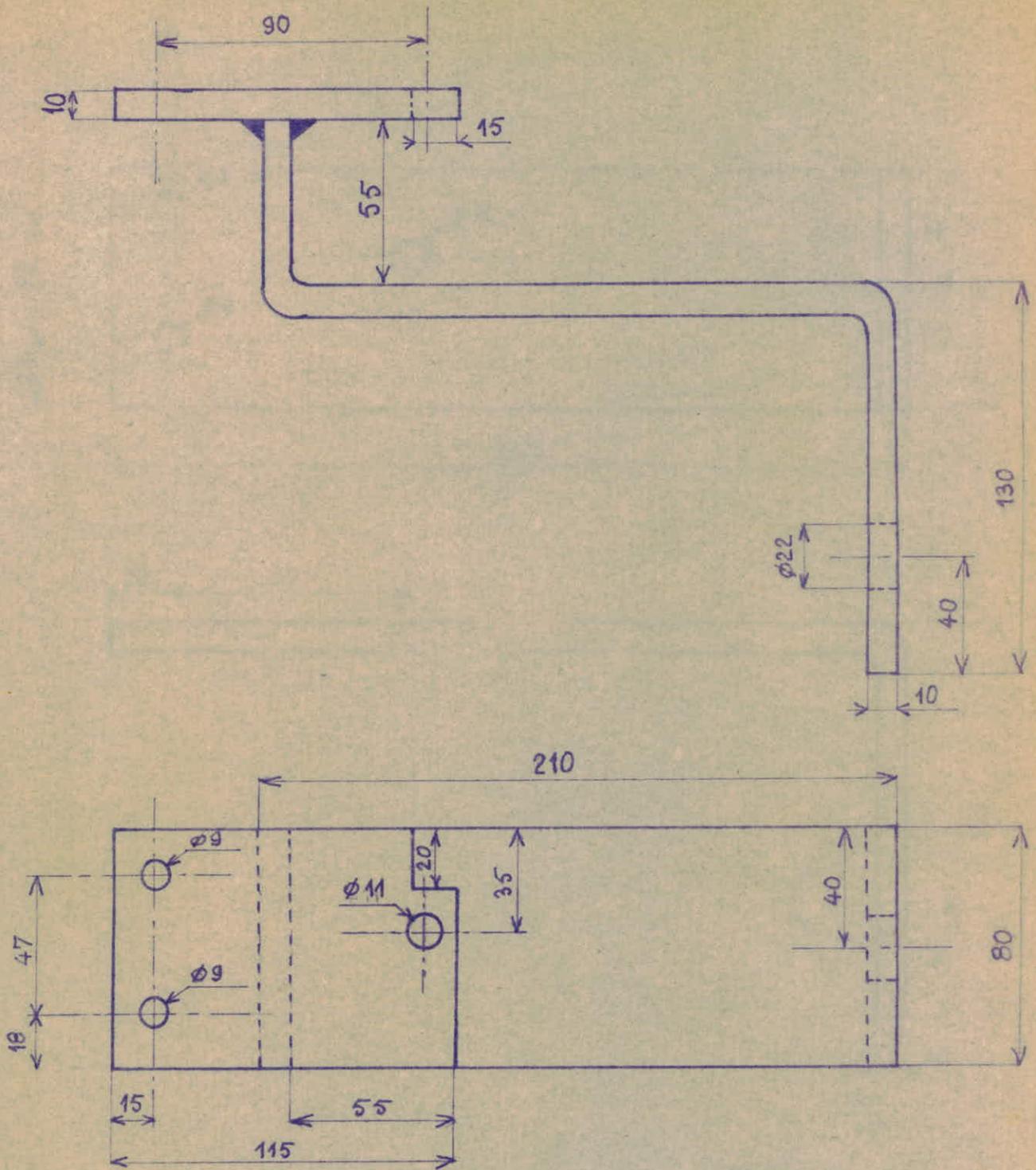
L'énergie freinée du moteur à essayer est transformée en chaleur et se dissipe dans l'eau de circulation.

1. Utilisation :

*** Sécurité de service :

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

- *La vitesse maxima du frein 7 500 tr/mn ne doit pas être dépassée.
- *Avant le démarrage, mettre le levier d'écope sur 0.
- *Alimenter l'échangeur 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°C. (risque d'entartage plus important).
- *Arrêter l'alimentation en eau du banc avant d'arrêter le moteur afin d'éviter la corrosion du rotor stator.
- *Avant l'arrêt du moteur à l'essai, remettre le levier d'écope sur 0 , et la vitesse du motor au ralenti.



Matière : acier . 80x10

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER

Echelle: 1/2

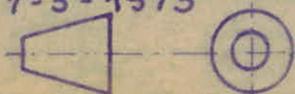
SUPPORT DE MOTEUR

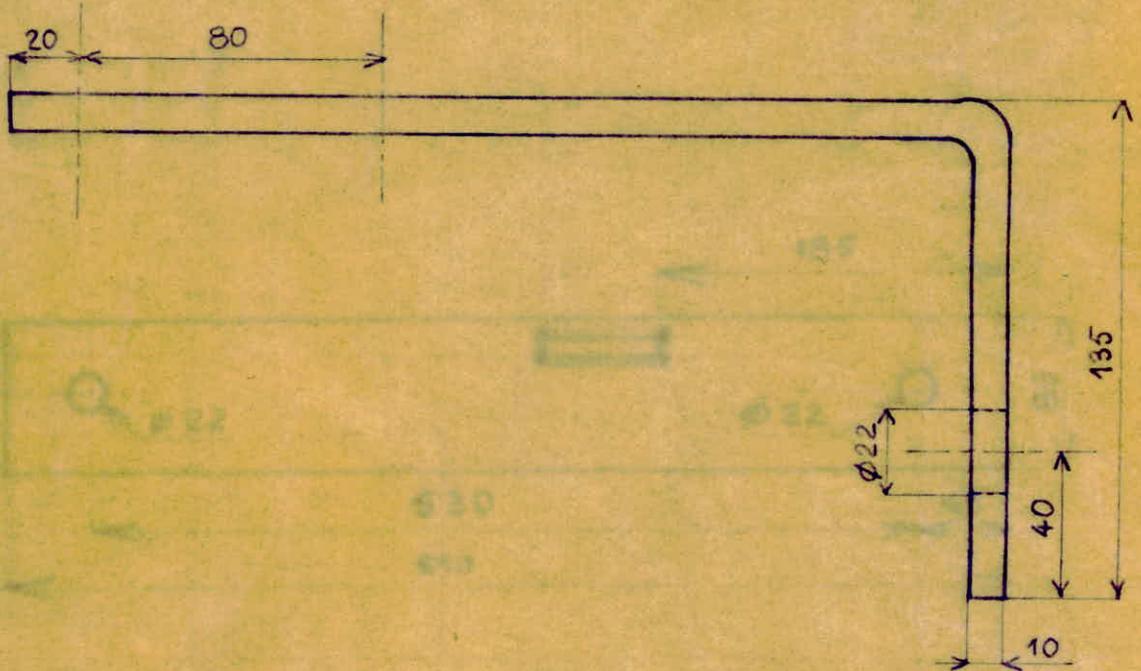
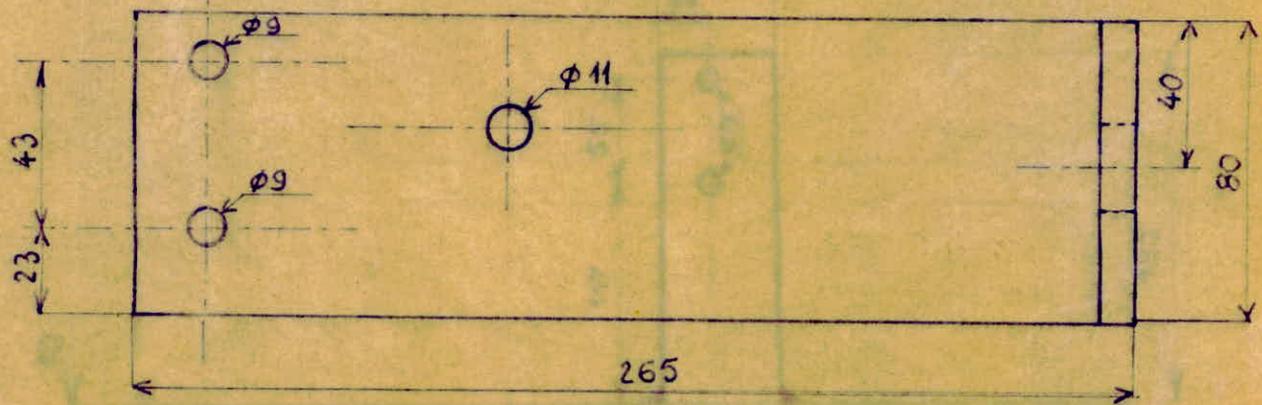
BOUMAZA
LAMRAOUI

7-3-1973

(Montage du moteur R16 sur banc d'essai)

N°02 -01





Matière : acier . 80x10

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER

Echelle : 1/2

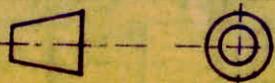
7-3-1973

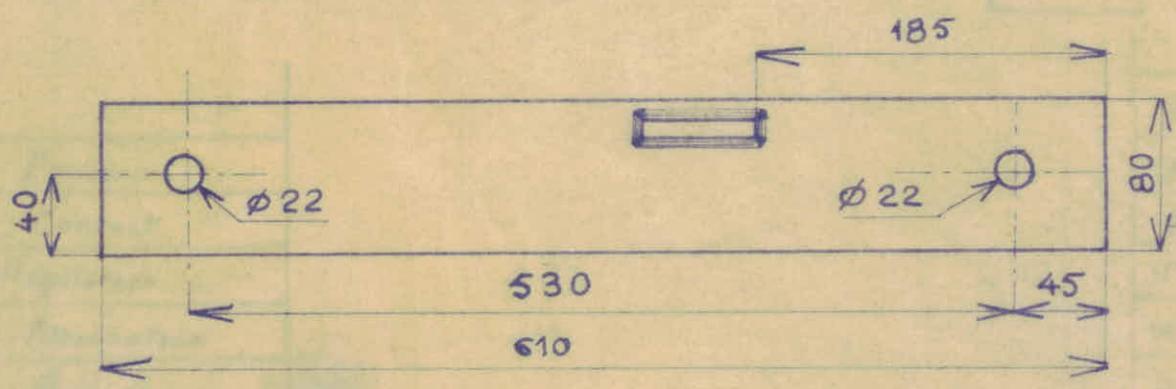
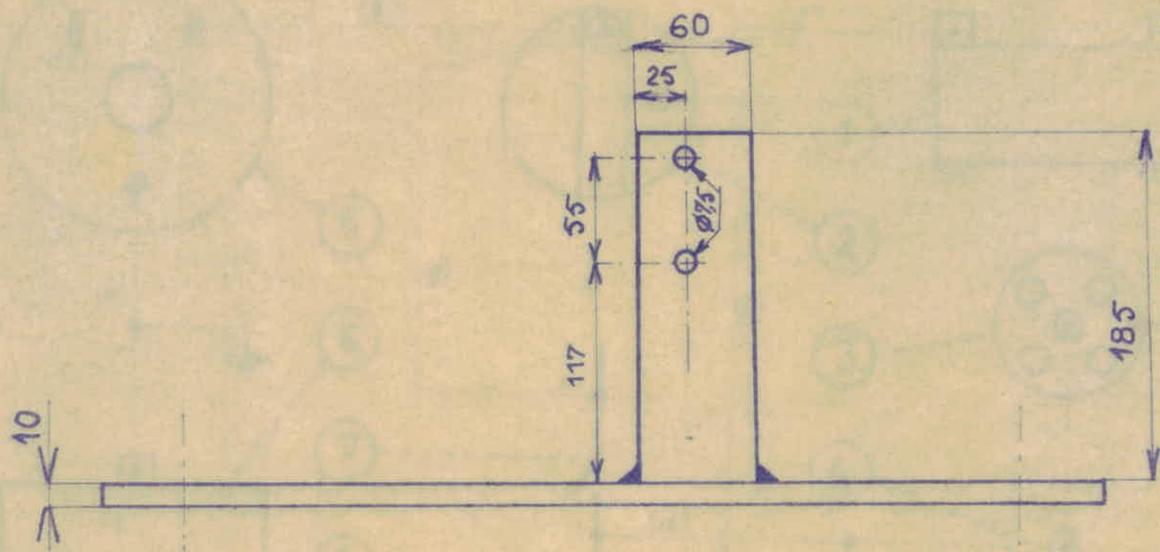
SUPPORT DE MOTEUR

(Montage du moteur R16 sur banc d'essai)

BOUMAZA
LAMRAOUI

N°02 -02





Matière: acier 80x10x610

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER

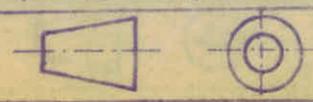
Echelle: 1/4
7 - 3 - 1973

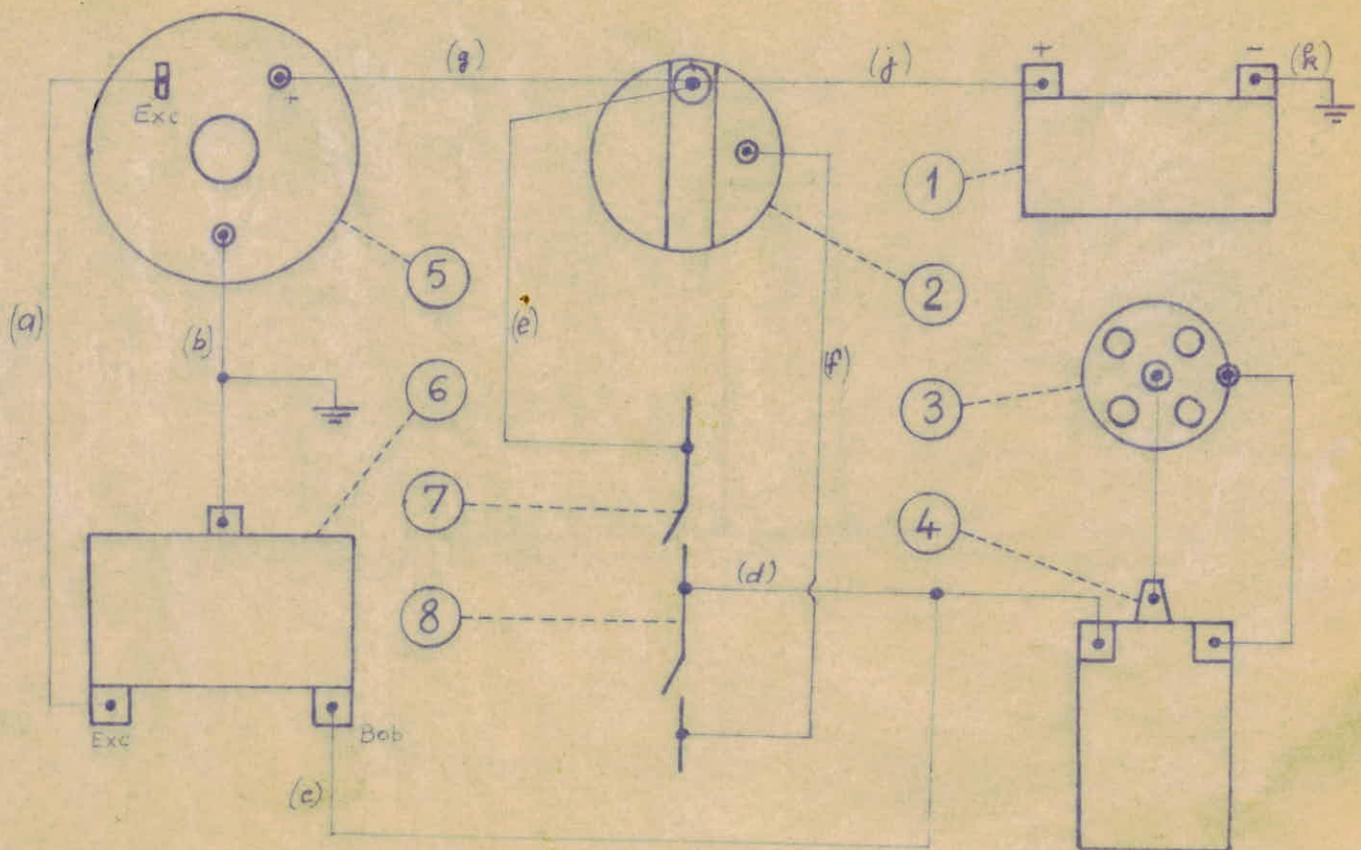
SUPPORT de MOTEUR

BOUMAZA
LAMRAOUI

(Montage du moteur sur banc d'essai)

N°02-03





8	Poussoir
7	Contact
6	Régulateur
5	Alternateur
4	Bobine
3	Allumeur
2	Démarreur
1	Batterie
Rep.	Désignation

(k)	60/10
(j)	60/10
(g)	30/10
(f)	20/10
(e)	20/10
(d)	12/10
(c)	16/10
(b)	16/10
(a)	16/10
Fils	épais. mm

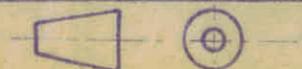
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE - ALGER

Echelle: /
10-4-1973

**SCHEMA
ELECTRIQUE**

BOUMAZA
LAMRAOUI

N°10-



2.2.Installation au banc :

Habituellement, le moteur est fixé au châssis du véhicule par des supports (silents-bloc) qui absorbent les vibrations de toute nature (chocs, secousses, à-coups...)

Le banc d'essai devant recevoir des moteurs de différents gabarits, la partie qui reçoit le moteur est constituée par un châssis reposant sur quatre amortisseurs fixés à un second socle en béton armé isolé du premier par une paroi en liège afin d'éviter toute transmission d'ondes vibratoires.

Deux rails peuvent coulisser librement sur le châssis auquel ils sont fixés par des boulons.

Sur chaque rail peuvent coulisser à leur tour deux vérins sur lesquels sont fixés les supports moteur (voir dessins n°02-01; n°02-02; n°02-03).

Des plaquettes de caoutchouc de 20 mm d'épaisseur sont interposées entre les vérins et les supports, ceci par mesure de précaution afin d'éviter encore une fois les transmissions éventuelles de vibrations dues au moteur en cours de fonctionnement.

2.3.Installation des accessoires :

Le moteur ayant été livré nu, il a fallu réaliser le montage de toutes les pièces accessoires (courroies, poulies, pompe à essence, bobine, régulateur de tension, filtre à air, tubulure d'échappement, silencieux...) et confectionner certains systèmes pour manipulation du carburateur, starter, accélérateur, reliés au pupitre

Le raccordement électrique a été réalisé suivant le schéma, voir dessin n°10.

2.4. Echangeur de chaleur :

Tous les calculs et dessins se rapportant à la réalisation de l'échangeur sont portés en annexe.

***Analyse des gaz d'échappement :

La détermination des taux de CO et de CO₂ dans les gaz d'échappement nécessite une prise à température modérée .

pour cela un système de refroidissement s'impose et se compose d'un échangeur de chaleur à eau perdue réalisé suivant les dessins N°08-01 et N°08-02.

Le calcul est du même genre que celui du § 2.4. c.à.d. le calcul de surface d'échange se fait à partir de la

formule de NEWTON : $\phi = h.S.\Delta T_m$

avec $\rho_1 = 1,293.10^{-3}$ kg/l

$q_1 = 30$ l/mn = 900 l/h (débit de la pompe de l'analy
seur)

$C_1 = 0,2399$ kcal/kg°C

$T_{1e} = 700$ °C

$T_{1s} = 30$ °C

Chaleur cédée par le fluide chaud :

$$\phi = \rho_1 \cdot q_1 \cdot C_1 \cdot (T_{1e} - T_{1s})$$

$$\phi = 1,293.10^{-3} \cdot 900 \cdot 0,2399 \cdot (700 - 30) = 187 \text{ kcal/h.}$$

Température de sortie du réfrigérant :

avec: $\rho_2 = 1$ kg/l ; $q_2 = 35$ l/h ; $C_2 = 1$ kcal/kg°C

$$T_{2s} = \frac{\phi}{\rho_2 \cdot q_2 \cdot C_2} + T_{2e} = 25,34 \text{ °C}$$

ce qui nous donne un $\Delta T_m = 158$ °C

$$S = \frac{\phi \cdot D_1}{Nu \cdot \lambda_1 \cdot \Delta T_m} ; \quad h = \frac{Nu \cdot \lambda_1}{D_{11}} ; \quad \lambda_1 = 39 \text{ kcal/h.m.°C}$$
$$D_1 = 0,004 \text{ m}$$

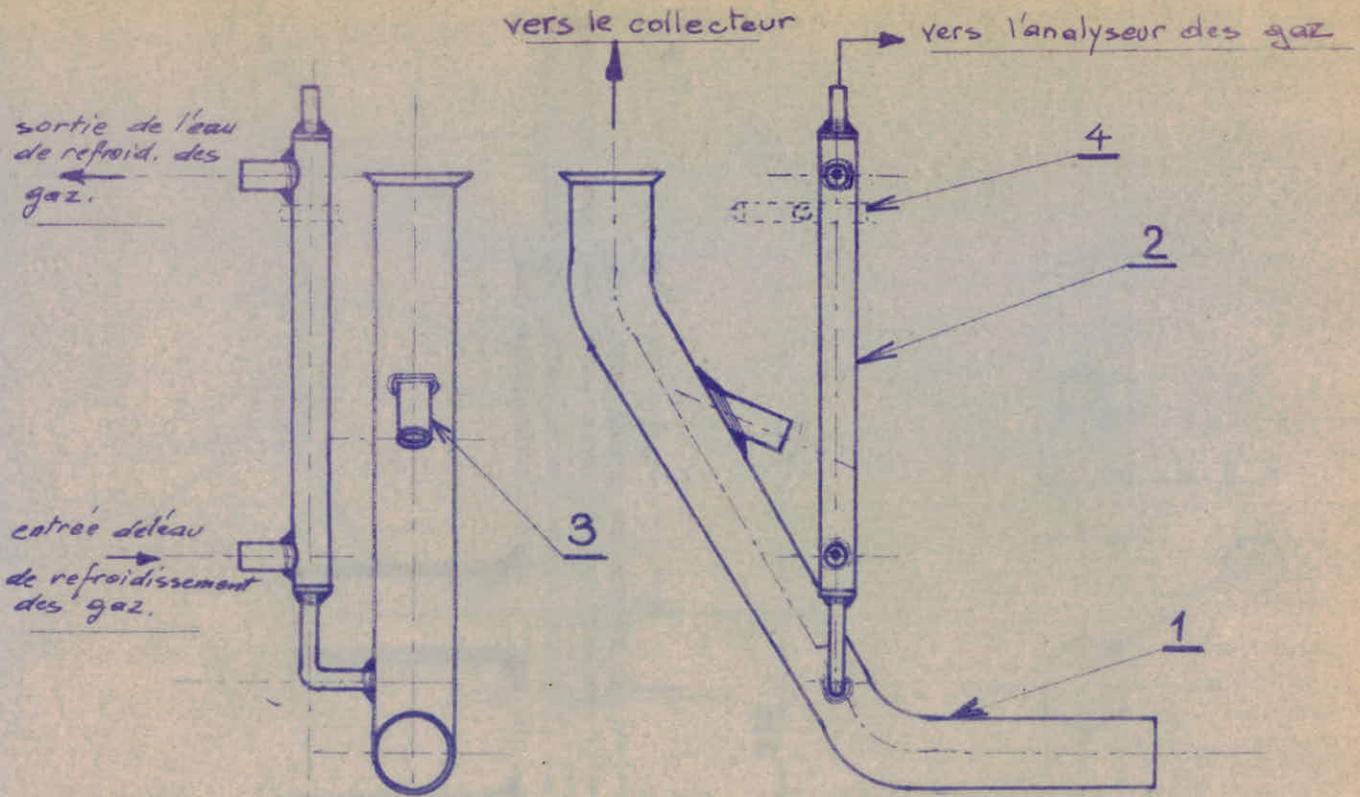
tout calcul fait $S = 66.10^{-4} \text{ m}^2$

nous utilisons un tube en inox de ϕ 4-6.

**calcul de la longueur à employer:

$$l = \frac{S}{\pi \cdot d} = \frac{66.10^{-4}}{\pi \cdot 6.10^{-3}} = 0,340 \text{ m}$$

$$l = 340 \text{ mm}$$



Pour cotation complète voir dessins de détails.

4	1	fixation de <u>2</u> su <u>1</u> (vibrations)	Acier	fixé au collier du collecteur
<u>3</u>	1	Prise de température des gaz d'éch.	Acier	Soudé à <u>1</u>
2	1	Prise des gaz pour l'analyse	INOX.	Soudé indémontable
1	1	Tuyau d'échappement des gaz moteur		fixé au collecteur à l'aide d'un collier
REP.	NOMB.	DESIGNATION	MATIÈRE	OBSERVATION

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE - ALGER

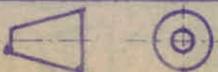
Echelle = 1/4

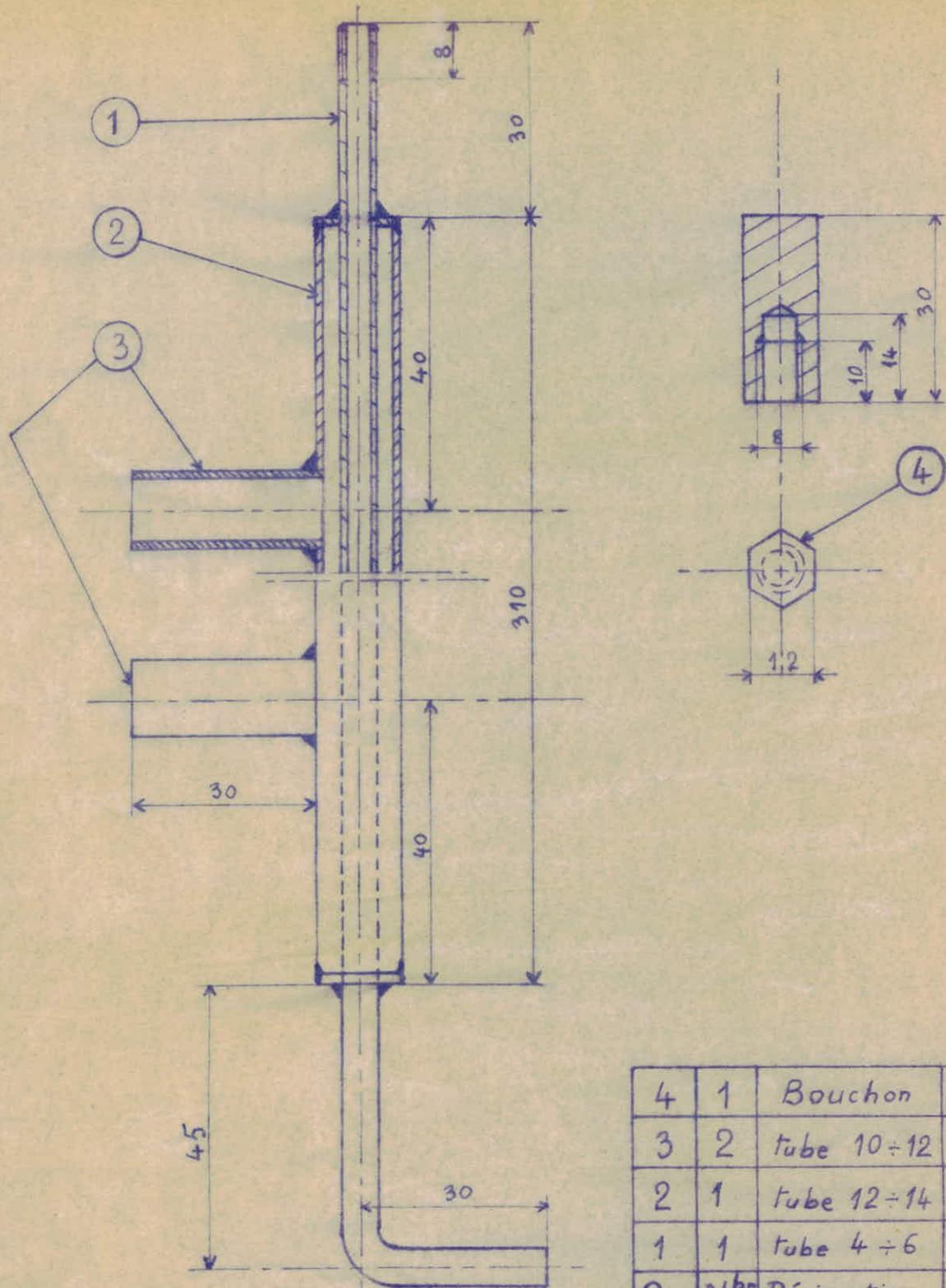
8-4-73

TUYAU D'ÉCHAPPEMENT DES
GAS AVEC PRISES DES
GAS ET DE TEMPÉRATURE

BOUMAZA
LAMRAOUI

N°08-01





4	1	Bouchon	Laiton
3	2	tube 10÷12	Inox
2	1	tube 12÷14	Inox
1	1	tube 4÷6	Inox
Rep	N ^{br}	Désignation	Matiere

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE - ALGER

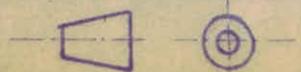
Echelle = 1

8 - 4 - 1973

**PRISE DES
GAZ**

BOUMAZA
LAMRAOUI

N°08.02



CHAPITRE : 3

ASSEMBLEMENT
MONTEUR AU
BOUT

3.1. Vérification au cisaillement des vis
d'assemblage.

3.2. Dessin.

3. ACCOUPLEMENT DU MOTEUR AU BANC :

Le moteur est accouplé au banc par l'intermédiaire d'un arbre élastique, présentant à ses extrémités des brides (identiques). La déviation axiale maximum est de 3 mm. (Trois).

Le diamètre de la bride étant plus petit que celui du volant moteur, nous avons prévu un disque s'ajustant sur la bride et le volant moteur.

Ce disque est fixé sur l'arbre intermédiaire (Bride) à l'aide de 8 vis M8 en inox, de longueur 25 mm. réparties sur une circonférence de rayon : 51 mm., et sur le volant du moteur par six vis de M.8 sur une circonférence de rayon ; 116 mm.

Ainsi l'accouplement devient possible.

Disque :

matériau: acier doux

poids : 3,4 kg < 3,7 kg qui est la limite maximum donnée par le constructeur du banc.

3.1. Vérification au cisaillement des vis d'assemblage

A partir du couple maximum du moteur, nous déterminons la force maximale exercée sur une vis, puis les contraintes au cisaillement.

*** CALCUL :

section d'une vis sollicitée au cisaillement:

$d^* = d - 1,0825 \cdot p$ d: diamètre de la vis
p: pas de la vis

$d^* = 8 - 1,0825 \cdot 1,25$

$d^* = 6,65 \text{ mm}$ d'où $s^* = \frac{\pi \cdot d^{*2}}{4} = 34,6 \text{ mm}^2$

La résistance à la limite élastique de l'inox est:

$$R_e = 35 \text{ hbar} = 35.1,02 \text{ kg/mm}^2 = 35,7 \text{ kg/mm}^2$$

résistance au glissement est :

$$R_g = 0,7.R_e = 0,7.35,7 = 25 \text{ kg/mm}^2$$

résistance pratique :

$$R_p = \frac{R_g}{K} \quad \text{avec } K \text{ coefficient de sécurité. } K = 2 \text{ à } 5$$

$$K = 2$$

$$R_p = \frac{R_g}{2} = \frac{25}{2} = 12,5 \text{ kg/mm}^2$$

****FORCES:**

$$\text{rayon} = 51 \text{ mm} = 0,051 \text{ m} \quad F_1 = C/R = 10,8/0,051 = 212 \text{ kg}$$

C ETANT LE COUPLE MAXI DU MOTEUR

$$\text{rayon} = 116 \text{ mm} = 0,116 \text{ m} \quad F_2 = 10,8/0,116 = 93,2 \text{ kg}$$

****CONTRAINTES:**

$$\tau_1 = F/s \cdot l_2 = 212/12.34,6 = 0,51 \text{ kg/mm}^2$$

$$\tau_2 = F/6.s^* = 93,2/6.34,6 = 0,45 \text{ kg/mm}^2$$

$$\tau < R_p$$

Les contraintes sont plus faibles que la résistance R_p .
Le nombre des vis est assez grand car il faut un effort important pour le serrage qui assure l'assemblage des différents organes de l'accomplément (arbre, disque, volant)

3.2.DESSIN: voir planche n°01

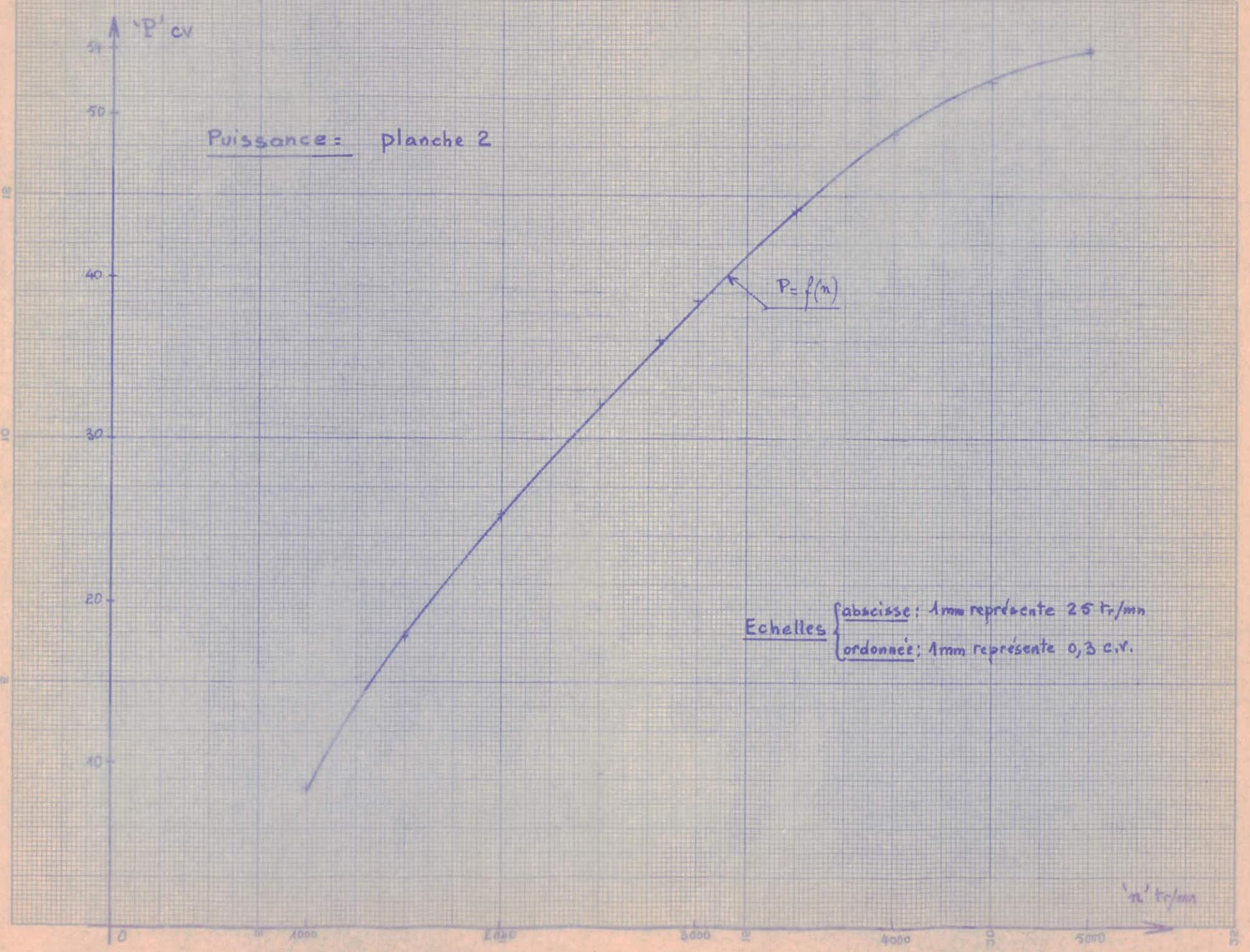
Puissance: planche 2

'P' cv

$P = f(n)$

Echelles { abscisse: 1mm représente 25 tr/mn
ordonnée: 1mm représente 0,3 c.v.

'n' tr/mn



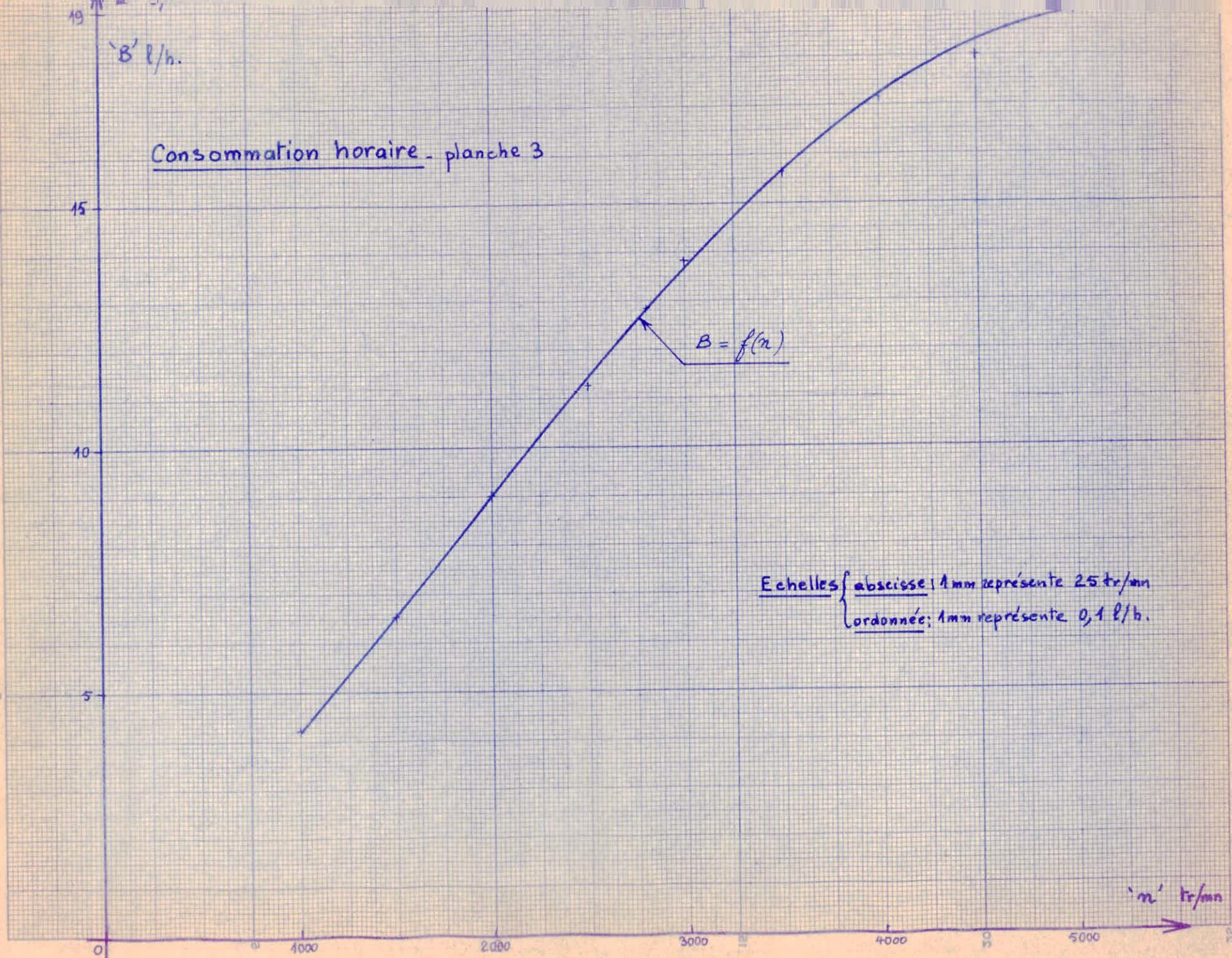
'B' l/h.

Consommation horaire - planche 3

$B = f(n)$

Echelles { abscisse: 1mm représente 25 tr/mm
ordonnée: 1mm représente 0,1 l/h.

'n' tr/mm



Consommation spécifique, planche 4

Echelles: { abscisse: 1mm représente 25 tr/mm
 { ordonnée: 1mm représente 1 g/c.v.h.

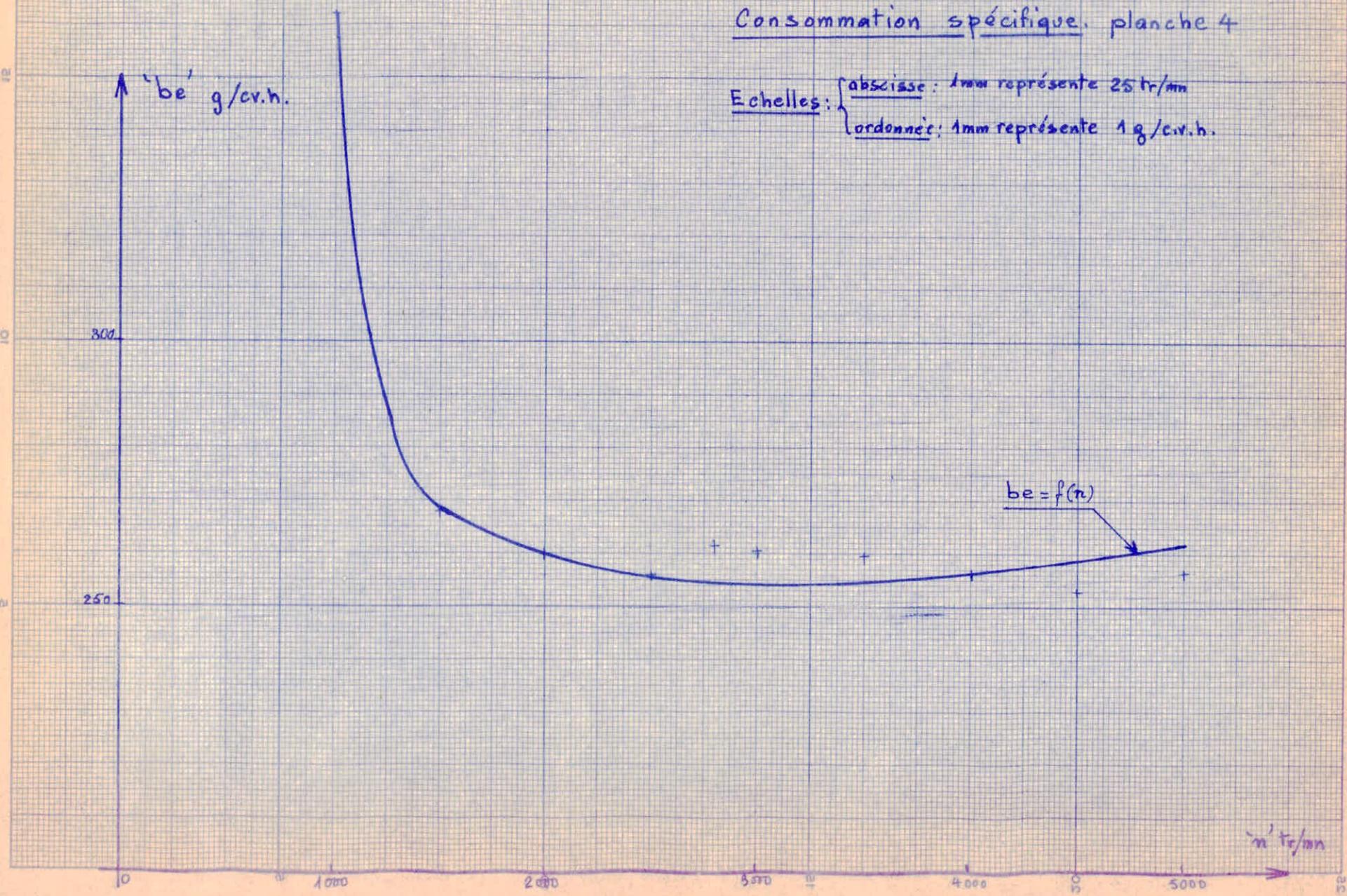
'be' g/c.v.h.

800

250

$be = f(n)$

'n' tr/mm



Rendement = $\eta = f(n)$ planche 5

η'

0,25

0,25

0,20

0,20

$\eta = f(n)$

0,15

0,15

Echelles: { abscisses: 1mm représente 25 tr/min
ordonnées: 1mm représente 0,001

n' tr/min

0

1000

1000

2000

3000

4000

4000

5000

5000

5000

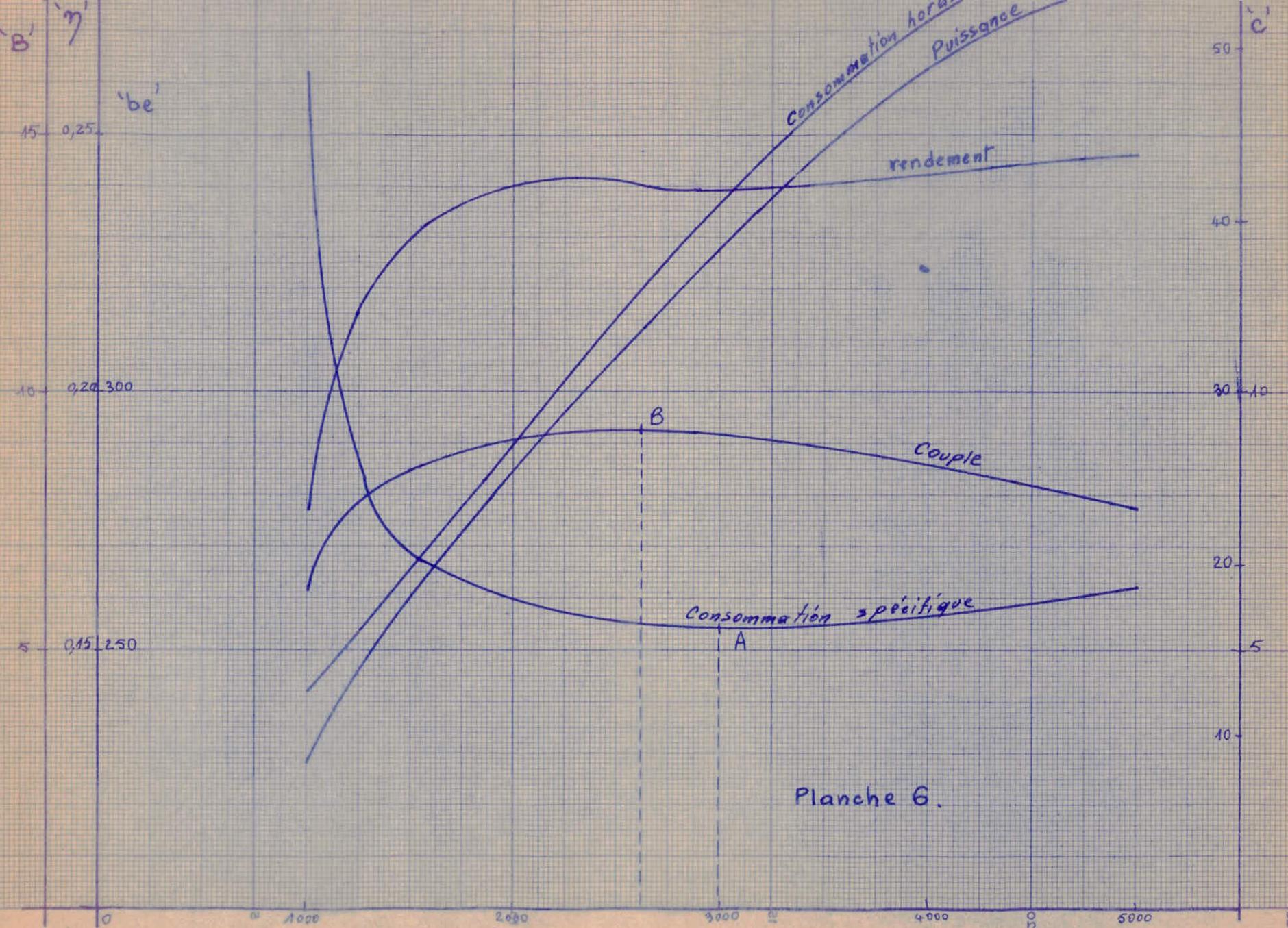


Planche G.

CHAPITRE : 4

INSTALLATION DES
APPAREILS DE
MESURE

4.1.Type d'appareils

4.2.Plan général de l'installation

4.1.Type d'appareils :

Les appareils nécessaires sur un banc d'essai sont les prises de températures et de pressions, le tachymètre, les débitmètres et les analyseurs de gaz.

**Prises de température:

On lit la température à l'entrée et à la sortie de la pompe à eau (circuit de refroidissement) grâce à des thermocouples (dessin n°06)

La température de l'huile de graissage est prise sur le bouchon de vidange (dessin n°09) et celle des gaz d'échappement sur le tube reliant le collecteur au silencieux (dessin n°08-01)

***Prise de pression:

La pompe à huile devant assurer une certaine pression dans le circuit, celle-ci doit être constamment contrôlée afin de parer aux éventuelles fuites.

Les raccords (dessin n°12) sont nécessaires pour relier le manomètre au moteur.

***Tachymètre:

Le tachymètre installé sur le pupitre permet la lecture directe de la vitesse de rotation du moteur (tr/mn).

***Débitmètres :

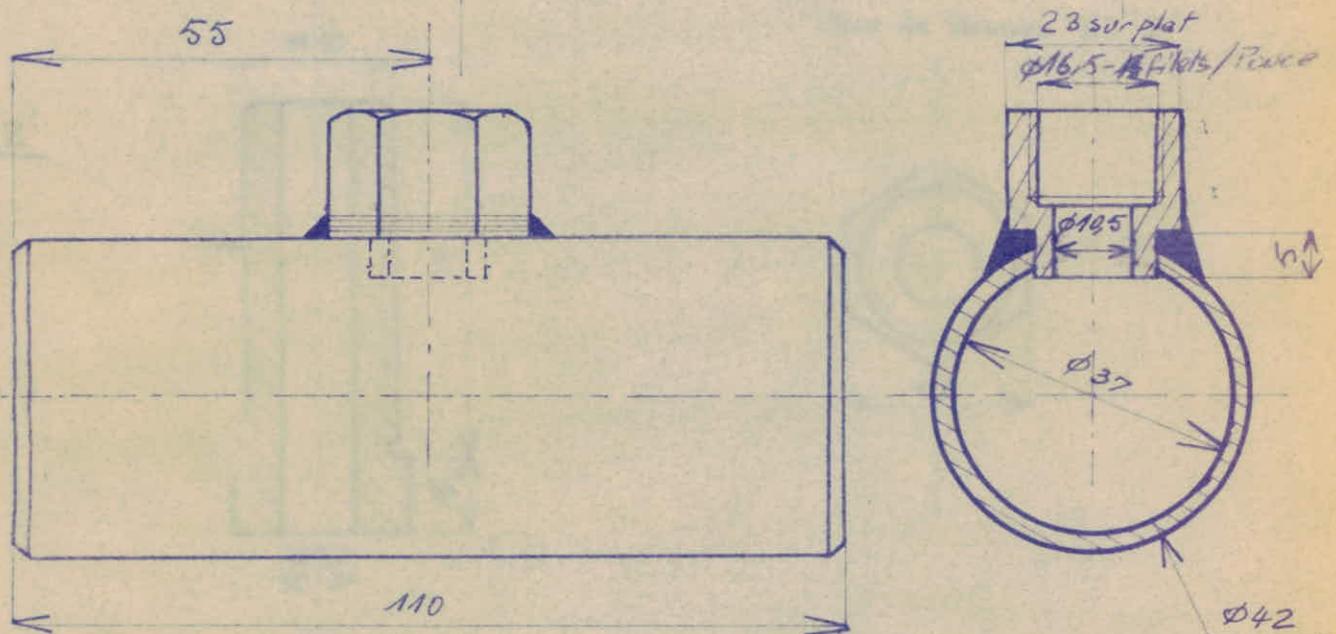
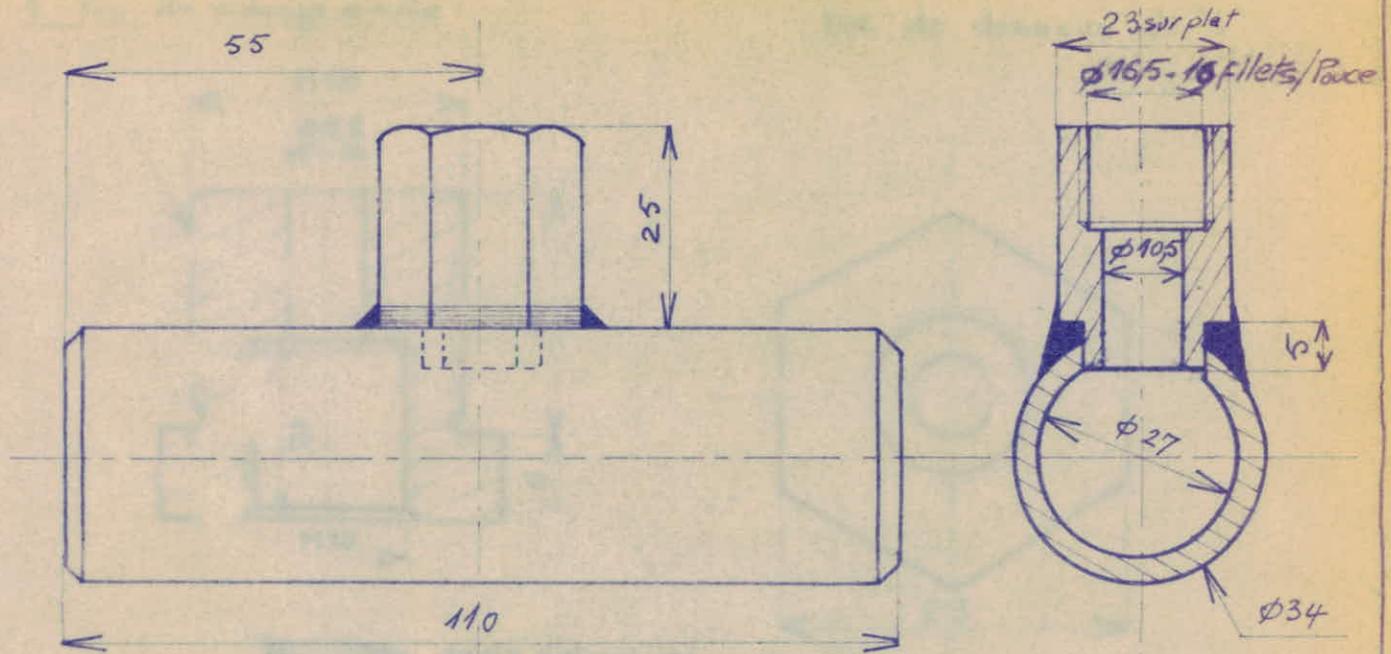
Ils sont nécessaires pour les calculs de consommation

***Analyseurs de gaz :

Ils permettent de déterminer les taux de CO et de CO₂ ainsi que les traces d'oxygène présents dans les gaz d'échappement. Ceci dans le but de régler le régime du moteur qui, une fois mis au point, devra donner des

résultats satisfaisants aux valeurs moyennes adoptées :
-consommation-vitesse de ralenti-richesse-pollution...

4.2. PLAN GENERAL DE L'INSTALLATION : (dessin n°13).



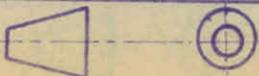
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER

Echelle : 1
6.4.1973

**PRISES DE TEMPERATURE
ENTREE ET SORTIE DU
CIRCUIT DE REFROID^t MOTEUR**

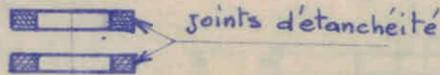
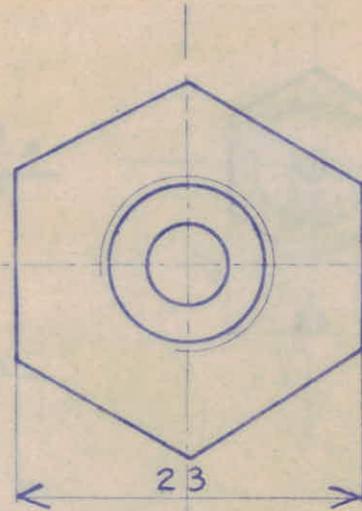
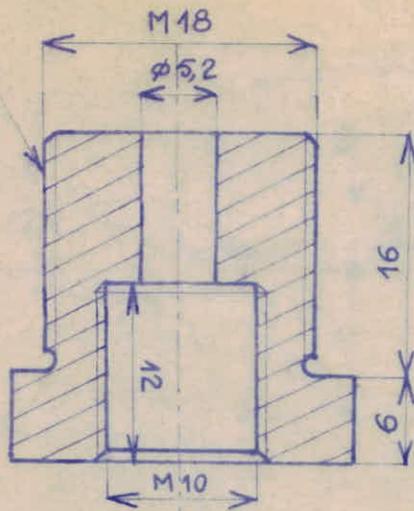
BOUMAZA
LAMRAOUI

N°06



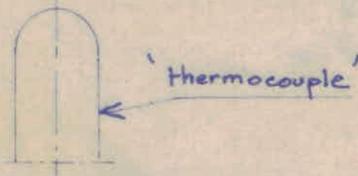
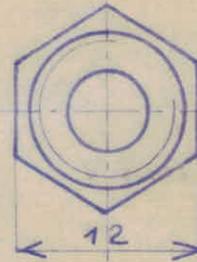
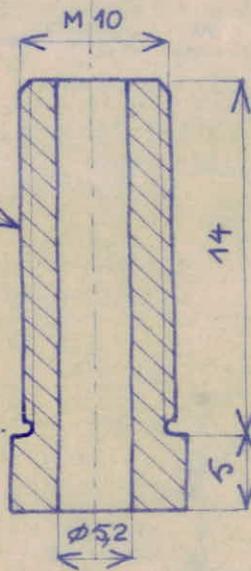
'1' Vis de vidange d'huile

Vue de dessous de '1'



Vue de dessus de '2'

'2'



ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE - ALGER

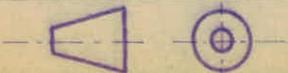
Echelle : 2

9.4.1973

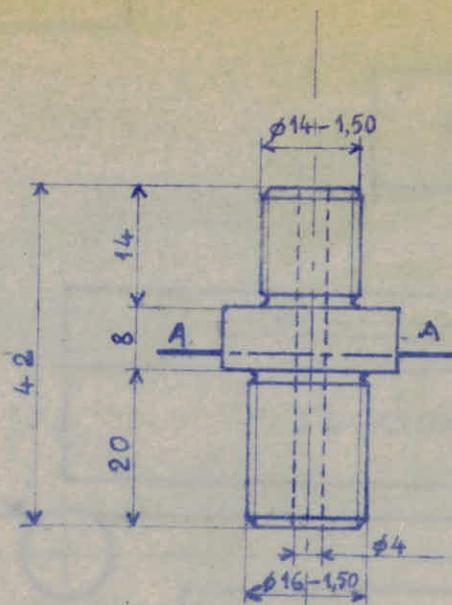
PRISE DE TEMPERATURE
DE L'HUILE DU MOTEUR

BOUMAZA
LAMRAOUI

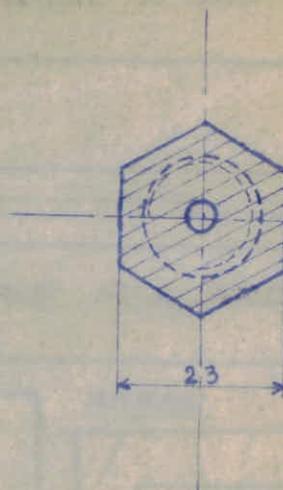
N°09



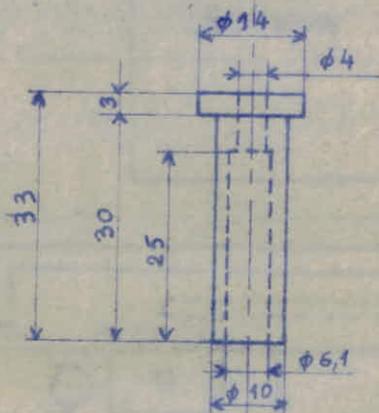
①



coupe AA de -1-

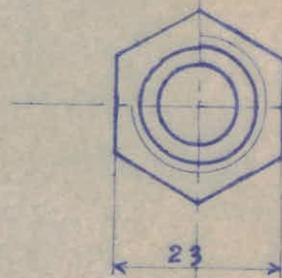
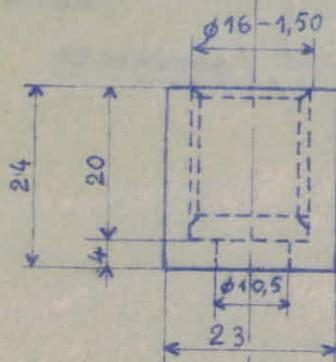


②



Vue de dessus de -3-

③



ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE - ALGER

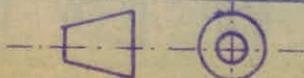
Echelle = 1

6.6.1973

**PRISE DE
PRESSION D'HUILE**

BOUMAZA
LAMRAOUI

N°12



ISSUE

TURBINE A GAZ

CLOISON AVEC PLACARDS

ECHANGEUR

RESEAU (eau)

MOTEUR

FREIN

ARBRE

CHASSIS

SOCLES

CLOISON AVEC LUCARNE

PUPITRE

DÉBIMETRE (consommation essence)

RESERVOIR

issue

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE - ALGER

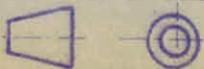
Echelle :

- - 1973

PLAN D'INSTALLATION

BOUMAZA LAMRAOUI

N°13



CHAPITRE : 5

LES ONS ET

ONNES

5.1.PRINCIPE

5.2.METHODE DE CALCUL

5.3.REMARQUES.

5. ESSAIS ET MESURES :

5.1. Principe :

Dans le frein FROUDE, on substitue au freinage mécanique du moteur un freinage hydraulique beaucoup plus précis. Pendant la rotation, l'échauffement de l'eau et les réactions qui se produisent entre le stator et le rotor absorbent la puissance du moteur.

Le freinage hydraulique permet une grande souplesse et procure une facilité et une constance de réglage permettant des mesures précises.

Le banc d'essai utilisé est caractérisé par un freinage obtenu simplement par turbulence de l'eau nécessitant seulement une alimentation régulière. Le frein étant partiellement rempli d'eau, le stator a tendance à être entraîné en rotation dans le sens du rotor par les tourbillons d'eau. Il en est cependant empêché par un bras de levier relié à une balance.

Mis en présence d'un moteur neuf, on a été dans l'obligation d'effectuer le rodage sur place au banc.

Il a comporté deux phases essentielles.

- La première s'est déroulée pendant une durée de fonctionnement de huit heures pendant laquelle le moteur n'a pas dépassé la vitesse de 3000 tr/mn. Il a été souvent mis en charge mais faiblement.

Au bout de cette première phase qui a été assimilée à un kilométrage approximatif de 500 km, une vidange de l'huile moteur et du circuit de refroidissement ont été réalisés afin d'éliminer toute impureté (limailles, poussières...) résultant des différentes opérations d'usinage et de montage .

- Lors de la seconde phase qui a duré approximativement quinze heures, (assimilable à 2000 km sur route) le moteur a atteint 4500 tr/mn avec des charges plus importantes.

A la fin de cette seconde phase, une deuxième vidange de l'huile a été opérée avec remplacement du filtre à huile et addition de solution antigel-antirouille dans le circuit de refroidissement.

C'est après un serrage de la culasse et de la rampe de culbuteurs ainsi qu'un contrôle des écartements des bougies, vis platinées et culbuteurs qu'ont commencé les essais.

Les courbes caractéristiques d'un moteur représentent en fonction de la vitesse de rotation/ :

Le couple (C).....	planche:1
La puissance (P).....	" :2
La consommation horaire (B).....	" :3
La " spécifique (be). "	:4
Le rendement (η).....	" :5

Les essais au banc s'effectuent à pleine charge, c'est à-dire avec le papillon des gaz grand ouvert. Le régime est alors limité par la résistance éprouvée par le vilebrequin. Le freinage au banc est réalisé par la télécommande qui permet de charger ou de décharger le moteur soit d'une façon continu, soit par de faibles pulsations (résultats très précis).

L'analyse des gaz a été effectuée parallèlement à nos essais par l'élève-ingénieur KADIK qui a bien voulu nous communiquer les résultats (voir tableau N°II).

Il est à noter que cette opération n'a pu être achevée car à partir de 3000 tr/mn, la condensation d'eau (provenant des gaz d'échappement) dans les appareils faussait toutes les mesures enregistrées.

5.2.2. Méthode de calcul:

La puissance étant égale au produit de la force (K) par la vitesse circonférentielle (v) appliquée au rayon de l'anneau d'eau (r). Si (n) est la vitesse de rotation, le couple (K.r) est appliqué au stator double, qui agit de son côté sur la balance au moyen du levier (R).

$$\text{Ainsi : } P = K.v = K.r.n. \frac{2\pi}{60} \quad (\text{kg.m/s})$$

mais on doit avoir toujours:

$$C = K.r = F.R(\text{kg.m})$$

$$\text{d'où } P_{cv} = F.R.n. \frac{2\pi}{60} \cdot \frac{1}{75} \quad \text{avec } R = 0,716 \text{ m.}$$

Si l'on choisit un bras de levier $R = 0,974 \text{ m.}$, on mesure la puissance en kW telle que :

$$P_{cv} = F.0,974.n. \frac{2.\pi}{60.75.1,36}$$

Autrement dit, quelque soit la valeur de (R):

$$P = \frac{F.n}{1000}$$

La consommation horaire s'exprime par :

$$B = \frac{3,6 \cdot v}{t} \text{ (l/h)}$$

avec t = durée d'écoulement correspondant à la capacité de mesure (v).

Dans la pratique, on mesure généralement le temps mis par le moteur pour consommer une quantité déterminée de carburant à un régime donné.

Le débitmètre installé permet de prendre (t) pour $v=100$ et $v = 200$ ml , $v = 300$ ml (ou cm^3).

Ainsi, s'il faut (t) secondes pour consommer (v) cm^3 d'une essence de densité (d) à un régime dont la puissance développée est (P), la consommation spécifique est :

$$b_e = \frac{3600 \cdot v \cdot d}{t \cdot P} \text{ (g/CV.h)}$$

d en g/cm^3

1 CV.h = 635 kcal

P_{ci} = pouvoir calorifique du carburant

la consommation spécifique s'écrit aussi :

$$b_e = \frac{635 \cdot 10^3}{P_{ci}}$$

d'où : le rendement global du moteur :

$$\eta = \frac{635 \cdot 10^3}{b_e \cdot P_{ci}}$$

APPLICATION NUMERIQUE :

$$v = 100 \text{ cm}^3$$

$$d = 0,73 \text{ g/cm}^3$$

$$P_{ci} = 10200 \text{ kcal/kg}$$

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

n : vitesse de rotation.

t : durée pour une consommation de 100 cm^3 de carburant

F : charge lue sur la balance

C : couple moteur.

P : puissance du moteur

B : consommation horaire

be : consommation spécifique

η : rendement global du moteur

a'CO₂ : pourcentage de CO₂ dans les gaz d'échappement

a'CO : % de CO " " " "

η_c : rendement de combustion

Ces abréviations sont utilisées aux tableaux suivants :
T N°I et T N°II

C' kg.m

Echelles {
abscisse: 1mm représente 25 tr/mn
ordonnée: 1mm représente 0,1 m.kg.

Couple = planche 1

12
10
5
2

10

$C = f(n)$

n tr/mn

0

1000

2000

3000

4000

5000

5000

5000

5.3. Remarques :

Lors des essais du moteur au banc, la pression d'huile du moteur varie entre 4 et 5 kg/cm² alors que sa température reste aux environs de 80°C (moteur chaud).

Contrairement aux moteurs équipant les véhicules, au banc, le moteur immobile ne bénéficie d'aucune convection d'air lui permettant un refroidissement partiel des parties soumises aux très hautes températures tels que les collecteurs et les organes d'échappement qui ont atteint très souvent 800°C. C'est la raison pour laquelle, lors des manipulations, on évite de charger le moteur pendant une longue durée.

Il est d'ailleurs à prévoir une soufflante qui mettra le moteur dans les conditions réelles d'utilisation.

**Courbes :

Sur la planche (6) qui contient les principales courbes caractéristiques, on remarque que, le rendement augmente avec le nombre de tours pour raisons thermiques et mécaniques, alors que le remplissage diminue, il en résulte que le minimum de la courbe consommation (point A) est légèrement décalé vers la droite par rapport au maximum du couple (point B).

On voit par ailleurs que la puissance croît d'autant plus que le couple conserve sa valeur malgré l'accroissement du régime.

- C O N C L U S I O N -

Les avantages de la conception du frein Froude sont très nombreuses, on distingue toutefois la bonne stabilité du régime, une constance de la charge, un réglage rapide et une capacité de charge plus étendue.

Quant au moteur essayé, on peut dire que son couple est fonction approximativement de sa cylindrée. La bonne conservation du couple en fonction de la vitesse, dépend de la réalisation soignée du moteur.

La puissance maximum d'un moteur ne donne que très imparfaitement idée des performances susceptibles d'être réalisées par le véhicule.

Si un moteur bien étudié permet de disposer au régime maximum d'une puissance relativement élevée, il y a lieu de noter également qu'un moteur lent, à couple élevé est plus facile à entretenir, l'usure des pièces en mouvement est moins rapide, son graissage et son refroidissement se font plus facilement: il est en principe plus robuste.

-DIFFICULTES RENCONTREES, SUGGESTIONS :

La réalisation de ce projet purement pratique nous a causé d'énormes difficultés.

La première d'entre elles fut le manque de matériel aussi bien au niveau de l'école que sur le marché : pièces détachées souvent introuvables. Ceci étant dû en grosse partie à l'absence des prévisions en vue d'un renouvellement du matériel stocké.

La seconde source de difficulté incombe au personnel ouvrier qui a été beaucoup dans le retard des travaux du fait même d'un manque d'effectif et d'une mauvaise répartition des tâches.

Afin d'éviter des retards non négligeables aux futures promotions, nous nous permettons de suggérer des prévisions périodiques (annuelles par exemple) pour le renouvellement et l'alimentation des magasins ainsi que la maintenance du matériel.

La création d'un magasin général avec un responsable des achats pourrait servir de source à tous les départements dotés chacun d'un technicien confirmé pour la maintenance des installations existantes.

--o--BIBLIOGRAPHIE--o--

- Revue Technique Automobile Renault "16" 8cv
- Manuel d'emploi pour frein dynamométrique hydraulique
SCHENCK (U1-16).
- Transmission de la chaleur de W.H.Mc.ADAMS
- Thermodynamique II (fascicule 2)
transmission de la chaleur (cours).
- Technique-Automobile (1) J.CHAGETTE
- Carburants et combustibles pour M.C.I.
(I.F.P.) J.WEISSMANN.
- Carburantion (I.F.P.) A.NOUVEN.

□ □ □ □ □ □ □ □ □ □

ETUDE ET REALISATION D'UN ECHANGEUR

I. ETUDE THEORIQUE

1.1. Généralités.

1.2. Calcul de l'échangeur.

II. REALISATION.

ETUDE ET REALISATION D'UN ECHANGEUR,

I. Etude théorique:

1.1. Généralités:

Lors de la combustion qui a lieu à des très hautes températures (de l'ordre de 2000 °C) ainsi que l'échappement des gaz (aux environs de 800°G), il est nécessaire d'assurer le refroidissement des éléments d'un m.à.c.i. ; ceci afin d'éviter la création de points chauds dans la culasse (auto-allumage) , les dilatations et les déformations de toutes sortes.

Le refroidissement assure par ailleurs un bon fonctionnement du graissage (température d'huile inférieur à 120°C) et une température optima du bloc cylindre, qui théoriquement est voisine de 120°C .

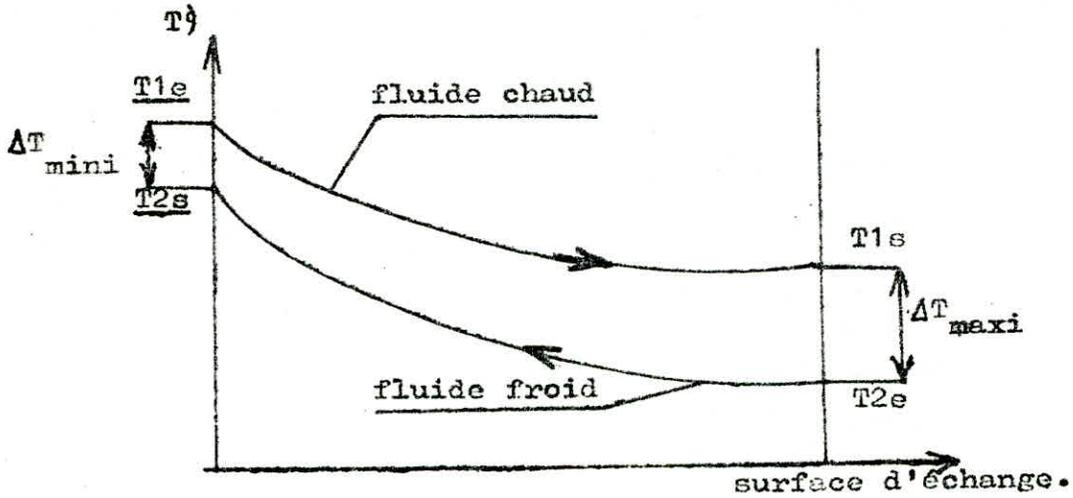
Le refroidissement par air ou par eau agit directement sur la culasse, les soupapes et les cylindres alors que le refroidissement par circulation d'huile agit sur les pistons , les paliers, les têtes de bielles, l'arbre à cames etc...

Les véhicules dont les moteurs sont à refroidissement par eau sont équipés principalement d'un radiateur, d'un ventilateur et d'une pompe à eau généralement centrifuge; ce qui est le cas du moteur (R 1150) monté sur R 16.

Mais les conditions d'utilisation du moteur au banc d'essai (moteur immobile) ne permettent pas d'obtenir celles que l'on a lors du déplacement du véhicule (convection d'air sur radiateur). C'est pourquoi le choix a été orienté vers un échangeur de chaleur à contre-courant, dit à circulation méthodique.

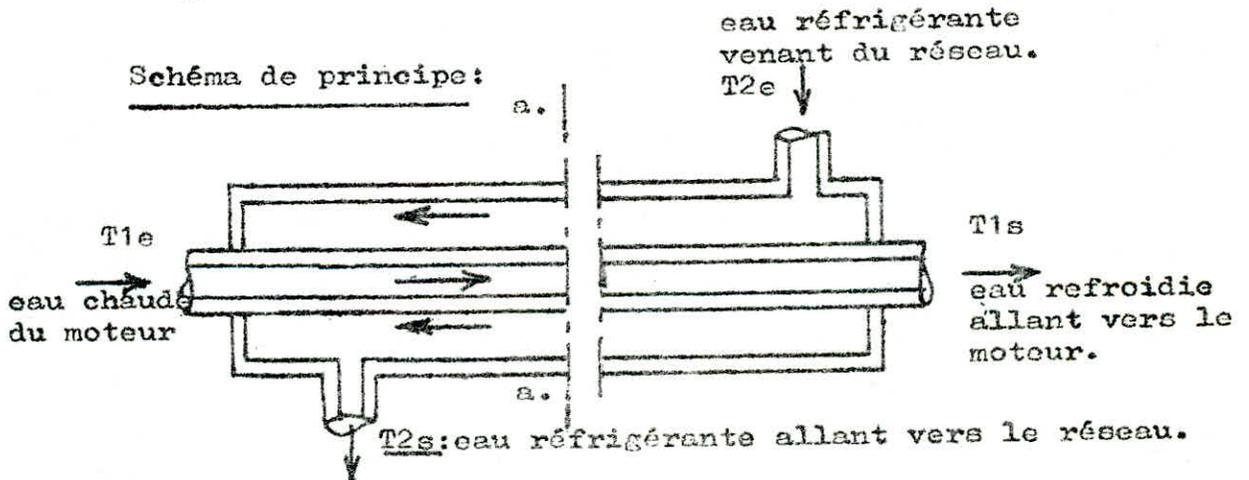
Nous avons retenu l'échangeur à circulation méthodique pour économiser de la matière; puisque ^{pour} une même quantité de chaleur échangée entre fluide chaud et fluide réfrigérant, la surface d'échange est inférieure à celle de l'échangeur à courants parallèles dit à 'circulation anti-méthodique '.

Diagramme de l'échangeur à contre-courant:

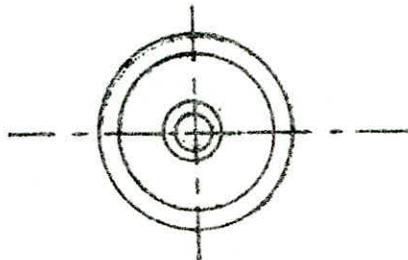


{ e=entrée.
s=sortie.

Schéma de principe:



Section: a.a.



Dans notre cas, les deux fluides, chaud et froid sont de l'eau.

1.2. CALCUL DE L'ECHANGEUR :

1.2.1. NOTATIONS:

- C_1 : Chaleur spécifique de l'eau circulant dans le moteur en kcal/kg°C.
- C_2 : Chaleur spécifique de l'eau réfrigérante en kcal/kg°C
- D_1 : Diamètre intérieur des tubes en mètre.
- D_2 : diamètre intérieur du corps de l'échangeur (enveloppe) en m.
- h : coefficient de transmission global de la chaleur en kcal/h.m².°C.
- h_1 : coefficient de transmission de la chaleur, de l'eau du moteur aux tubes en kcal/h.m².°C.
- h_2 : coefficient de transmission de la chaleur, des tubes à l'eau réfrigérante en kcal/h.m².°C.
- \dot{m}_1 : débit massique de la pompe à eau du moteur en kg/h.
- \dot{m}_1 : débit calorifique - - - - - en kg/h°C
- \dot{m}_2 : débit massique de l'eau réfrigérante en kg/h.
- \dot{m}_2 : -- calorifique -- -- en kg/h.°C.
- Nu_i : nombre de Nusselt du fluide i.
- Pr_i : nombre de Prandlt du fluide i.
- q_1 : débit effectif de la pompe à eau du moteur en l/h.
- q_2 : -- -- de l'eau réfrigérante en l/h.
- Re_i : nombre de Reynolds du fluide i.
- S : surface de transmission de chaleur (d'échange) en m².
- T_{1e} : température de l'eau venant du moteur et qui entre dans l'échangeur en °C.
- T_{1s} : température de l'eau sortant de l'échangeur et allant vers le moteur en °C.
- T_{2e} : température de l'eau venant du réseau et qui entre dans l'échangeur en °C.
- .../...

T_2 : température de l'eau évacuée de l'échangeur vers le réseau en $^{\circ}\text{C}$.

v_1 : vitesse du fluide chaud en m./s.

Alphabet grec:

Φ : chaleur échangée le long de la surface S en kcal/h.

ΔT_m : différence logarithmique moyenne des températures des fluides en $^{\circ}\text{C}$.

λ : coefficient de conductibilité thermique du matériau constituant les tubes (cuivre) en kcal/h.m. $^{\circ}\text{C}$.

λ_1 : coefficient de conductibilité thermique de l'eau du moteur en kcal/h.m. $^{\circ}\text{C}$.

λ_2 : coefficient de conductibilité thermique de l'eau réfrigérante en kcal/h.m. $^{\circ}\text{C}$.

ρ_1 : masse volumique de l'eau du moteur en kg/l. (kg/dm 3).

ρ_2 : - - - - - réfrigérante en kg/l.

μ_i : viscosité dynamique du fluide i en Poiseuille (PL).

ν_i : coefficient de viscosité cinématique du fluide i en myriastokes (maSK).

1.2.2. CALCUL DE LA SURFACE D'ÉCHANGE 'S':

Nous calculons la surface d'échange 'S' à partir de la loi de Newton, exprimant le flux de chaleur par convection

$$\begin{array}{l} \phi = h \cdot S \cdot \Delta T_m \\ \text{d'où } S = \frac{\phi}{h \cdot \Delta T_m} \end{array}$$

Chaleur cédée par le fluide chaud.

$$\phi = \dot{m}_1 c_1 \cdot (T_{1e} - T_{1s})$$

$$\dot{m}_1 = \rho_1 \cdot q_1$$

$$m_1 = \dot{m}_1 \cdot c_1 = \rho_1 \cdot q_1 \cdot c_1$$

$$\phi = m_1 \cdot (T_{1e} - T_{1s})$$

a) Données:

D'après la R.T. Automobile (R16-8cv) :

Température de fonctionnement du moteur: $T_{1s} = 80 \text{ }^\circ\text{C}$.

Élévation de la température dans le moteur, (tolérée)/

$$\Delta T = 15 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$T_{1e} = T_{1s} + \Delta T = 80 + 15 = 95 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$T_{1e} = 95 \text{ }^\circ\text{C}.$$

C_1 varie avec la température de même ρ_1 , sous une même pression.

Par exemple sous une pression d'une atmosphère:

et pour une température de $T = 80 \text{ }^\circ\text{C}$

$$C_1 = 1,002 \text{ KCAL/kg }^\circ\text{C} \quad \rho_1 = 0,972 \text{ kg/l. (environ)}$$

Pour $T = 95 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$C_1 = 1,003 \text{ kcal/kg }^\circ\text{C} \quad \rho_1 = 0,961 \text{ kg/l. (environ)}$$

Dans notre cas, le fluide chaud étant sous pression dont

nous ignorons sa valeur, nous prenons pour les calculs,

dans une première approximation les valeurs suivantes:

$$C_1 = 1 \text{ kcal/kg }^\circ\text{C} \quad \text{et } \rho_1 = 1 \text{ kg/l.}$$

Le débit de la pompe à eau d'après la R.T.A. est de :

$$*66 \text{ l/mn}$$

c'est-à-dire :

$$q_1 = 3960 \text{ l/h.}$$

b) Application:

$$m_1 = 1 \times 3960 \times 1 = 3960 \text{ kcal/h.}$$

$$\phi = 3960 \times (95 - 80) = 3960 \times 15 = 59,4 \cdot 10^3 \text{ kcal/h.}$$

**Nous calculons ΔT_m d'après la formule de HANS-BRAND.

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_{\text{maxi}} - \Delta T_{\text{mini}}}{\text{Ln} \frac{\Delta T_{\text{maxi}}}{\Delta T_{\text{mini}}}}$$

Dans notre cas $(T_{1s} - T_{2e}) > (T_{1e} - T_{2s})$

$$\text{donc: } \Delta T_{\text{maxi}} = T_{1s} - T_{2e}$$

$$\Delta T_{\text{mini}} = T_{1e} - T_{2s}$$

a) Données:

Nous considérons que la température de l'eau réfrigérante est $T_{2e} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

**Calcul de T_{2s} :

Nous écrivons que la chaleur perdue par le fluide chaud est égale à la chaleur gagnée par le fluide froid.

$$\dot{m}_1 \cdot C_1 (T_{1e} - T_{1s}) = \dot{m}_2 \cdot C_2 \cdot (T_{2s} - T_{2e}) = \phi$$

$$T_{2s} = \frac{\phi}{\dot{m}_2 \cdot C_2} + T_{2e}$$

$$T_{2s} = \frac{\phi}{\dot{m}_2 \cdot C_2} + T_{2e}$$

$$\dot{m}_2 = \rho_2 \cdot q_2$$

$$\dot{m}_2 = \frac{\phi}{C_2} = \rho_2 \cdot q_2 \cdot C_2$$

$$T_{2s} = \frac{\phi}{\dot{m}_2} + T_{2e}$$

C_2 et ρ_2 varient avec la température et la pression; Pour nos calculs nous choisissons les valeurs suivantes:

$$C_2 = 1 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$$

$$\rho_2 = 1 \text{ kg/l.}$$

Quant au débit de l'eau réfrigéranté, (du réseau) est variable (à l'aide d'un robinet). Pour fixer les idées nous prenons : $q_2 = 1000 \text{ l./h.}$

b) Application:

$$\dot{m}_2 = 1 \cdot 1000 \cdot 1 = 1000 \text{ kcal/h.}$$

$$T_{2s} = \frac{59,4 \cdot 10^3}{1000} + 20 = 59,4 + 20 = 79,4 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

$$T_{2s} = 80 \text{ } ^\circ\text{C. environ.}$$

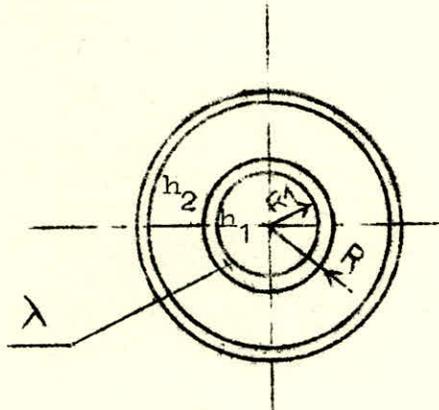
$$\Delta T_{\text{maxi}} = 80 - 20 = 60 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

$$\Delta T_{\text{mini}} = 95 - 80 = 15 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

$$\Delta T_m = \frac{60 - 15}{\ln \frac{60}{15}} = \frac{45}{\ln 4} = \frac{45}{1,387} = 32,5 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

$$\Delta T_m = 33 \text{ } ^\circ\text{C. environ.}$$

**CALCUL DE h s'appliquant à la face externe:



$$\frac{1}{h} = \frac{R}{R_1 h_1} + \frac{R}{\lambda} \ln \frac{R}{R_1} + \frac{1}{h_2} \quad (1)$$

Nous nous sommes fixé les rayons R_1 et R du tube existant sur le marché.

$$R_1 = 0,009 \text{ m.} \quad R = 0,010 \text{ m.}$$

L'épaisseur du tube est de 1mm, nous pouvons considérer que c'est une faible épaisseur et écrire : $R \approx R_1$

le premier terme $\frac{R}{R_1 h_1} \longrightarrow \frac{1}{h_1}$

le deuxième terme $\frac{R}{\lambda} \ln \frac{R}{R_1} \longrightarrow \frac{0,001 \text{ négligeable}}{330}$

devant $\frac{1}{h_1}$

Nous ne tenons pas compte du coefficient h_2 , car le transfert de chaleur à travers la paroi du corps de l'échangeur est négligeable : la température de l'air ambiant étant de 25 °C. environ, et la température de l'eau réfrigérant de l'ordre de 30 °C.

la formule (1) devient alors $\frac{1}{h} \approx \frac{1}{h_1} \Rightarrow \boxed{h = h_1}$

*calcul de h :

$$h_1 = \frac{Nu_1 \lambda_1}{D_1}$$

$$Nu_1 = 0,02 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4}$$

$$Re_1 = \frac{V_1 \cdot D_1}{\nu_1}$$

$$V_1 = \frac{q_1 \cdot 4}{10^3 \cdot S \cdot 3600} = \frac{4 \cdot q_1}{\pi \cdot D_1^2 \cdot 3600 \cdot 10^3}$$

$$Re_1 = \frac{4 \cdot q_1 \cdot D_1}{\pi \cdot 10^3 \cdot D_1^2 \cdot 3600 \cdot \nu_1} = \frac{4 \cdot q_1 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot D_1 \cdot 3600 \cdot \nu_1}$$

$$\nu_1 = \frac{\mu_1}{\rho_1 \cdot 10^3}$$

$$Re_1 = \frac{4 \cdot q_1 \cdot 10^{-3} \cdot \rho_1 \cdot 10^3}{\pi \cdot D_1 \cdot 3600 \cdot \mu_1}$$

a) Données:

$$q_1 = 3960 \text{ l/h.}$$

$$\rho_1 = 1 \text{ kg/l.}$$

$$\mu_1 = 33 \cdot 10^{-5} \text{ PL (valeur moyenne pour } T=80 + 95 \text{ °C.)}$$

$$D_1 = 0,018 \text{ m.}$$

$$\lambda_1 = 0,582 \text{ kcal/h.m.°C. pour } T= 87 \text{ °C.}$$

b) Application:

$$Re_1 = \frac{4 \cdot 3960 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3}{\pi \cdot 0,018 \cdot 3600 \cdot 33 \cdot 10^{-5}} = \frac{4 \cdot 3,96 \cdot 10^6}{\pi \cdot 1,8 \cdot 3,6 \cdot 3,3} = 259371,26$$

$$\underline{\underline{Re_1 = 259\,371,26}}$$

Pr = 1,91 pris sur l'abaque des nombres de Prandtl de
Mc.ADAMS pour T = 87 °C. (moyenne de 80 + 95°C)

$$Nu_1 = 0,02(259\,371,26)^{0,8} \cdot (1,91)^{0,4}$$

$$Nu_1 = 0,02(259,371)^{0,8} \cdot (10^3)^{0,8} \cdot (1,91)^{0,4} = 565,691$$

$$\underline{\underline{Nu_1 = 565,691}}$$

$$h_1 = \frac{565,691 \cdot 1}{0,018}$$

$$h_1 = \frac{565,691 \cdot 0,582}{0,018} = 18\,300 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{°C}.$$

$$\underline{\underline{h_1 = 18\,300 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{°C}.$$

d'où h = h₁ = 18 300 kcal/m² .h.°C.

$$S = \frac{\phi}{h \cdot T_m} = \frac{59,4 \cdot 10^3}{18\,300 \cdot 33} = \frac{5,94 \cdot 10^4}{1,83 \cdot 3,3 \cdot 10^5} = \frac{5,94 \cdot 10^{-1}}{1,83 \cdot 3,3}$$

$$\underline{\underline{S = 0,0984 \text{ m}^2.}}$$

1.2.3. CALCUL DU NOMBRE DE TUBES A UTILISER :

Surface extérieure d'échange d'un tube, pour une longueur choisie de l = 70 m. est égale à la surface latérale du tube.

$$S_1 = \pi \cdot D \cdot l = \pi \cdot 0,020 \cdot 0,70 = 0,044 \text{ m}^2.$$

nombre de tubes :

$$n = \frac{S}{S_1}$$

$$\frac{S}{S_1} = \frac{0,0984}{0,044} = 2,235$$

nous choisissons : n = 3 tubes.

car pour n = 2 la surface d'échange n'est pas suffisante pour refroidir le fluide chaud.

REMARQUE :

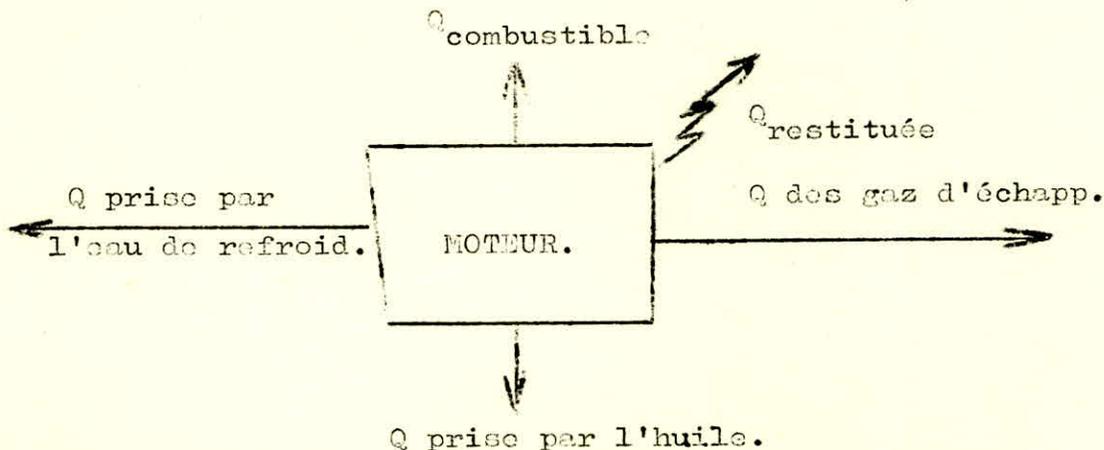
Les résultats sont provisoires, du fait que nous n'avons pas pris en considération les facteurs dont le rendement de l'échangeur en dépend, nous citons entre autres le plus important :

-Les pertes de charge dues aux frottements des fluides en circulation, contre les parois des tubes.

Ces résultats seront donc vérifiés et éventuellement corrigés dans le paragraphe suivant.

**Il est possible de déterminer la quantité de chaleur prise par l'eau de refroidissement à partir de la puissance recueillie sur l'arbre du moteur et des différents rendements.

**Schéma de principe :



En posant:

$-Q_{\text{comb.}}$ = chaleur apportée au moteur sous forme combustible

$-Q \cdot \eta_{\text{th.}}$ = chaleur transformée théoriquement en travail.

avec $\eta_{\text{th.}}$ = rendement thermique.

$-Q(1 - \eta_{\text{th.}})$ = chaleur dégagée par les gaz d'échappement.

$-Q_{\text{rest.}} + Q_{\text{huile}}$ = chaleur restituée au milieu ambiant par convection et radiation; et chaleur prise par l'huile.

$-Q_{\text{ref.}}$ = chaleur prise par l'eau de refroidissement.

$-P = \eta_{\text{eff.}} \times Q$ = puissance recueillie sur l'arbre.

avec $\eta_{\text{eff.}}$ = rendement effectif.

Nous obtenons la formule suivante :

$$Q_{\text{ref.}} = P \left(\frac{1}{\eta_{\text{eff.}}} - 1 - \frac{(1 - \eta_{\text{th.}})}{\eta_{\text{eff.}}} \right) - (Q_{\text{rest.}} + Q_{\text{huile}})$$

2. ETUDE PRATIQUE :

L'étude théorique de l'échangeur a été faite parallèlement à l'installation du banc d'essai et des appareils de mesure. A ce moment là, l'emplacement de l'échangeur n'était pas fixée. Il fallait donc penser à réaliser les raccordements (réseau-échangeur-moteur-évacuation) par du tuyau (en caoutchouc souple) de longueur indéterminée entraînant des pertes de charges non négligeable.

Nous avons alors, établi un programme à l'ordinateur en faisant varier les paramètres suivants :

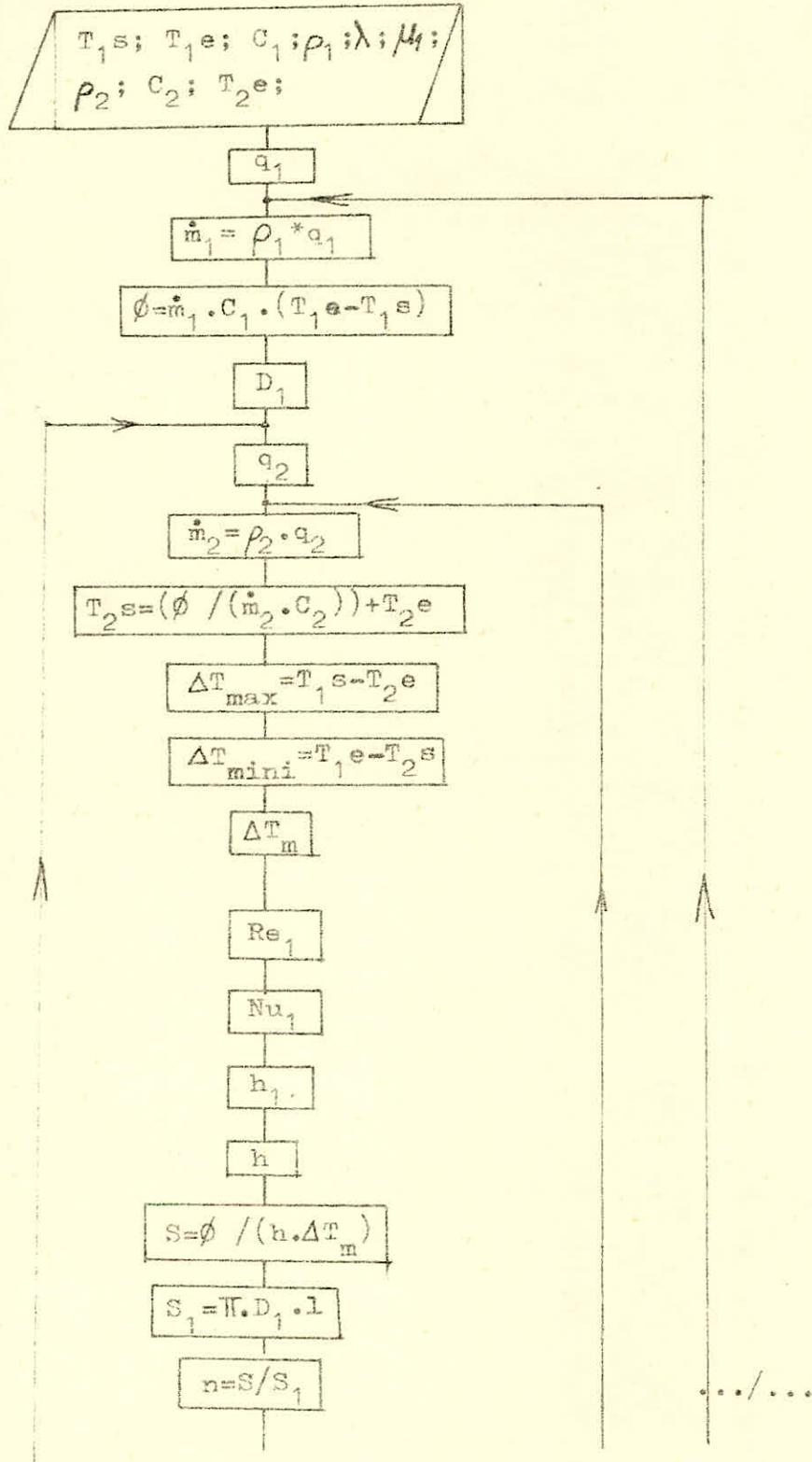
- Débit de la pompe à eau du moteur (eau chaude).
- Débit de l'eau réfrigérante (réseau).
- Dimensions des tubes disponibles (sections).

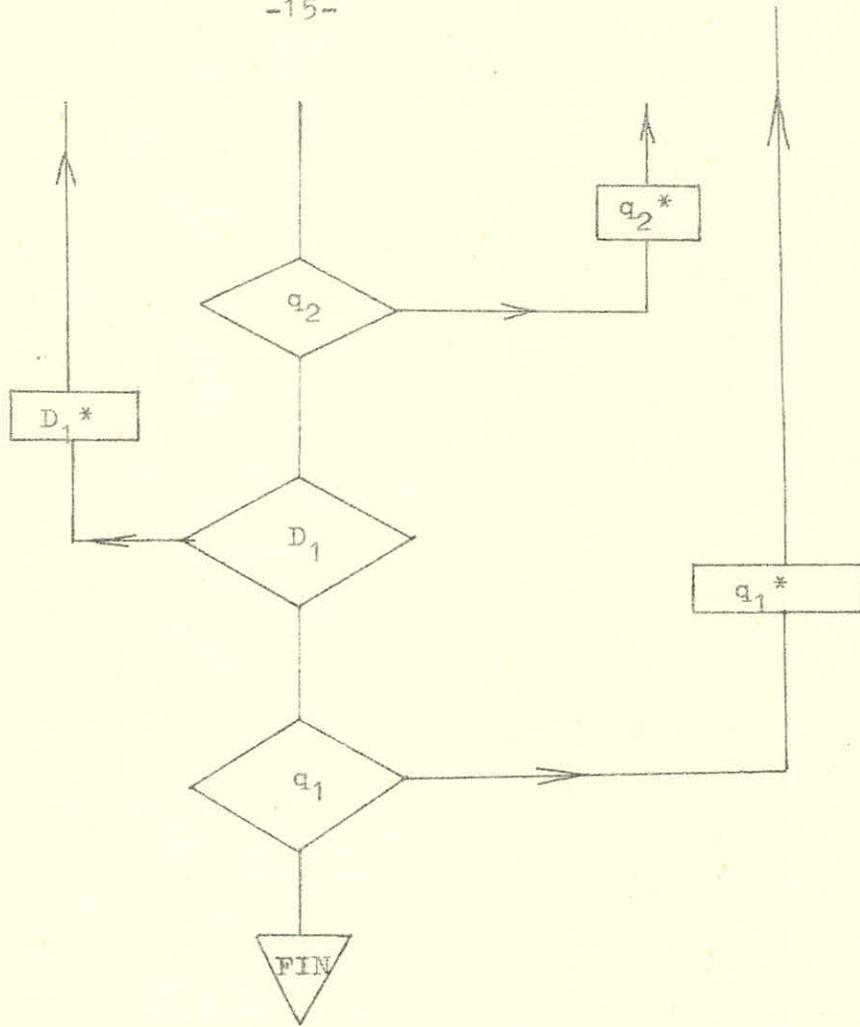
Les résultats obtenus pour la quantité de chaleur échangée, les températures de l'eau réfrigérante, la surface totale d'échange et le nombre de tubes nécessaire (longueur fixée à $l=0,70$ m.) sont fonction des débits et de la sections des tubes.

Le programme a guidé notre choix sur le nombre de tubes à prendre en fonction des sections, des débits et des différentes valeurs de 'h'.

2.1. ORGANIGRAMME ET DONNEES ADOPTÉES POUR LA REALISATION:

**ORGANIGRAMME :



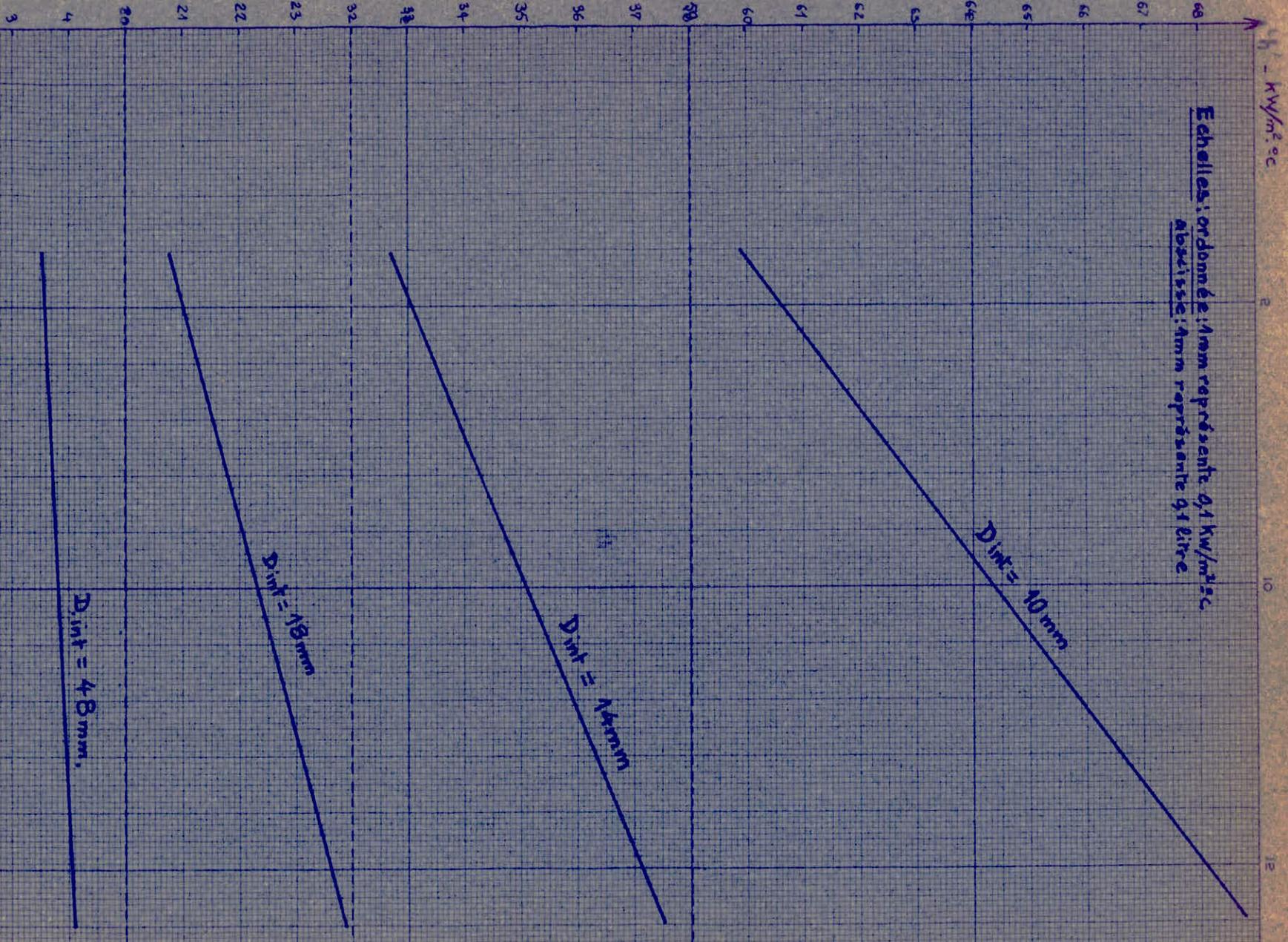


**TABLEAU DES DONNEES:

D ₁ m.	q ₁ l/h	q ₂ l/h	T _{2s} °C	h Kcal/h.m ² °C	h Kw/m ² °C	Re	S/S ₁	n
0,018	3840	1000	77,6	17937,9	20,827	251511,52	2,385	3
-	-	1250	66	-	-	-	1,920	2
-	-	1500	58,4	-	-	-	1,720	2
-	3960	1000	79,4	18384,9	21,346	-	2,5	3
-	-	1250	67,5	-	-	-	1,97	2
-	-	1500	59,6	-	-	-	1,77	2
-	4080	1000	81,2	18829,3	21,862	-	2,64	3
-	-	1250	68,9	-	-	-	2,02	2
-	-	1500	60,8	-	-	-	1,79	2
0,014	3840	1000	77,6	28198,8	32,742	323371,96	1,97	2
-	-	1250	66	-	-	-	1,57	2
-	-	1500	58,4	-	-	-	1,43	2
-	3960	1000	79,4	28901,6	33,558	-	2,07	2
-	-	1250	67,5	-	-	-	1,63	2
-	-	1500	59,6	-	-	-	1,47	2
-	4080	1000	81,2	29600,2	34,369	-	2,16	3
-	-	1250	68,9	-	-	-	1,67	2
-	-	1500	60,8	-	-	-	1,5	2
0,010	3840	1000	77,6	51672,8	59,997	452720,74	1,52	2
-	-	1250	66	-	-	-	1,24	2
-	-	1500	58,4	-	-	-	1,1	2
-	3960	1000	79,4	52960,6	61,493	-	1,62	2
-	-	1250	67,5	-	-	-	1,24	2
-	-	1500	59,6	-	-	-	1,14	2
-	4080	1000	81,2	54240,7	62,979	-	1,67	2
-	-	1250	68,9	-	-	-	1,28	2
-	-	1500	60,8	-	-	-	1,14	2

$h' = \text{KW/m}^2\text{°C}$

Echelles: ordonnée: 1mm représente 0,1 KW/m²°C
abscisse: 4mm représente 0,1 litre



Courbes donnant les coefficients de convection h' en fonction du débit et du diamètre intérieur des tubes.

Le tube de diamètre 10 donne un nombre de REYNOLDS trop grand, celui du ϕ 14 n'étant pas disponible, nous utilisons alors le diamètre avec $n=3$.

Le faisceau sera composé de 3 tubes de ϕ 18-20 et de longueur $l = 0,70m$.

Le matériau utilisé est du cuivre.

2.2.REALISATION :

2.2.1.Description de l'échangeur :

L'échangeur est constitué de 3 tubes à l'intérieur desquels circule le fluide chaud(venant du moteur), le fluide froid circulant à l'extérieur. Des chicanes croisées sont placées perpendiculairement aux tubes pour augmenter la vitesse et mieux croiser l'écoulement tout le long de cet échangeur. Dans ce but, l'écoulement du fluide à l'extérieur des tubes est partiellement parallèle et partiellement perpendiculaire à ceux-ci.

Les tubes et les chicanes se trouvent dans une enveloppe cylindrique appelée 'CORPS '.

Les faibles dilatations, de l'enveloppe et des tubes, provoquées par les différences de températures existant entre ces derniers, peuvent être conséquents. Dans notre cas, les joints d'étanchéité d'épaisseur 3mm jouent un deuxième rôle : celui de joints de dilatation

Afin de faciliter l'entretien, nous avons réalisé un échangeur équipé d'un faisceau de tubes démontable

Pour le nettoyage, la distance prévue entre les tubes est de 10 mm.

Le dessin n°04-01 en vue éclatée, échelle 1 , montre les détails des pièces composant l'échangeur.

L'échangeur est tenu par son support (voir dessin n°05) et fixé sur le châssis du banc près du moteur.

2.2.2.Corps, en 3 parties:(voir dessin n°04-021).

matériau: acier galvanisé

-réalisé à partir d'un tube de 4 pouces récupéré dans les

chutes aux ateliers de l'école.

ϕ intérieur = 106 mm.

ϕ extérieur = 113,5 mm.

il comporte :

1) Un collecteur à chaque extrémité.

2) U_n corps.

l'assemblage se fait à l'aide des brides et de boulons de ϕ 8 mm.

(voir les dessins des brides n°04-07 et n°04-08).

2.2.3.Faisceau de tubes: voir dessin n°04-02.

-matériau: nous avons choisi du cuivre pour sa bonne conductibilité thermique $\lambda = 0,582 \text{ kcal/h.m.}^{\circ}\text{C}$

- les tubes sont disposés en triangle équilatéral.

-ils sont brasés aux chicanes et aux disques repérés respectivement (3;4) et (5;6) sur le dessin n°04-01.

2.2.4.Chicanes: (voir les dessins n°04-03 et n°04-04

-matériau: laiton(ce dont nous disposons à l'école).

-Elles sont dites "chicanes en forme de segment", et disposées assez près les unes des autres (distances de 75 mm.) pour imposer de fréquents changements de vitesses. Aussi elles augmentent le transfert de la chaleur.

2.2.5.Disques: (voir les dessins n°04-05 et n°04-06

-matériau: laiton.

-ils sont utilisés comme cloisons, donc pour séparer les deux fluides.

-ils sont brasés aux tubes et permettent la fixation du faisceau dans le corps de l'échangeur.

Au montage, le disque repéré (5) sur le dessin n°04-01 , se trouve entre les brides du corps et du collecteur repéré (17).

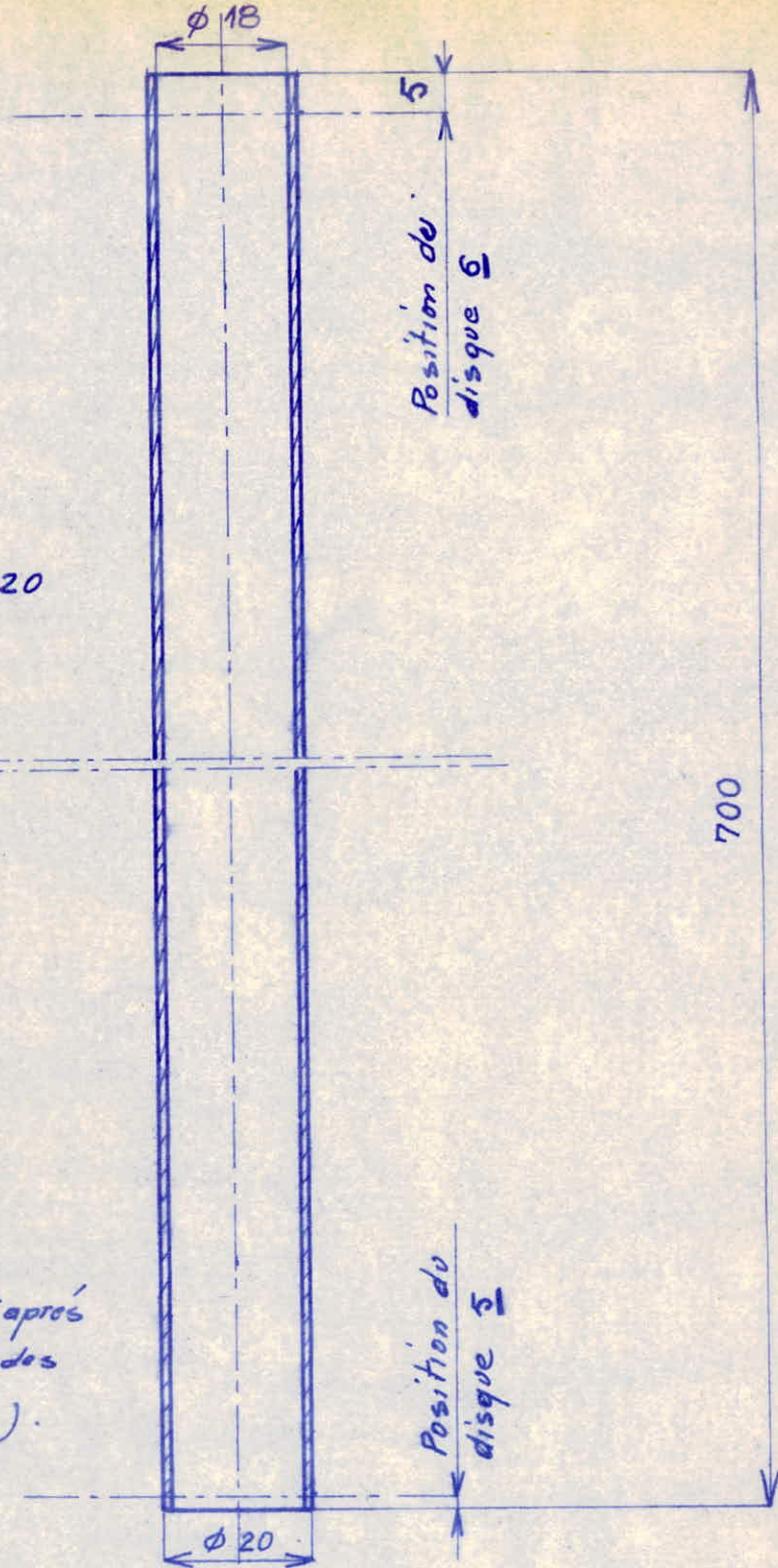
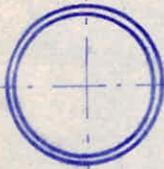
-quant au disque repéré (6), il vient se plaquer contre la bride (16).

-Des joints repérés (7) et (8) assurent l'étanchéité.

-Des vis de \emptyset 8 mm. brasées sur (6) permettent de plaquer convenablement (6) sur (16).

REMARQUE : Nous avons repéré les différentes pièces à assembler, à coup de pointeau, car le montage n'est possible que seulement dans une certaine position relative, des collecteurs, corps et faisceau.

Section du tube $\phi 18-20$



Obs.: Souder le disque 5 sur le tube 2; après avoir souder disque 6 sur 2. et après montage dans le corps 1 des pièces 2 et 6 (soudées).

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER

Echelle : 1

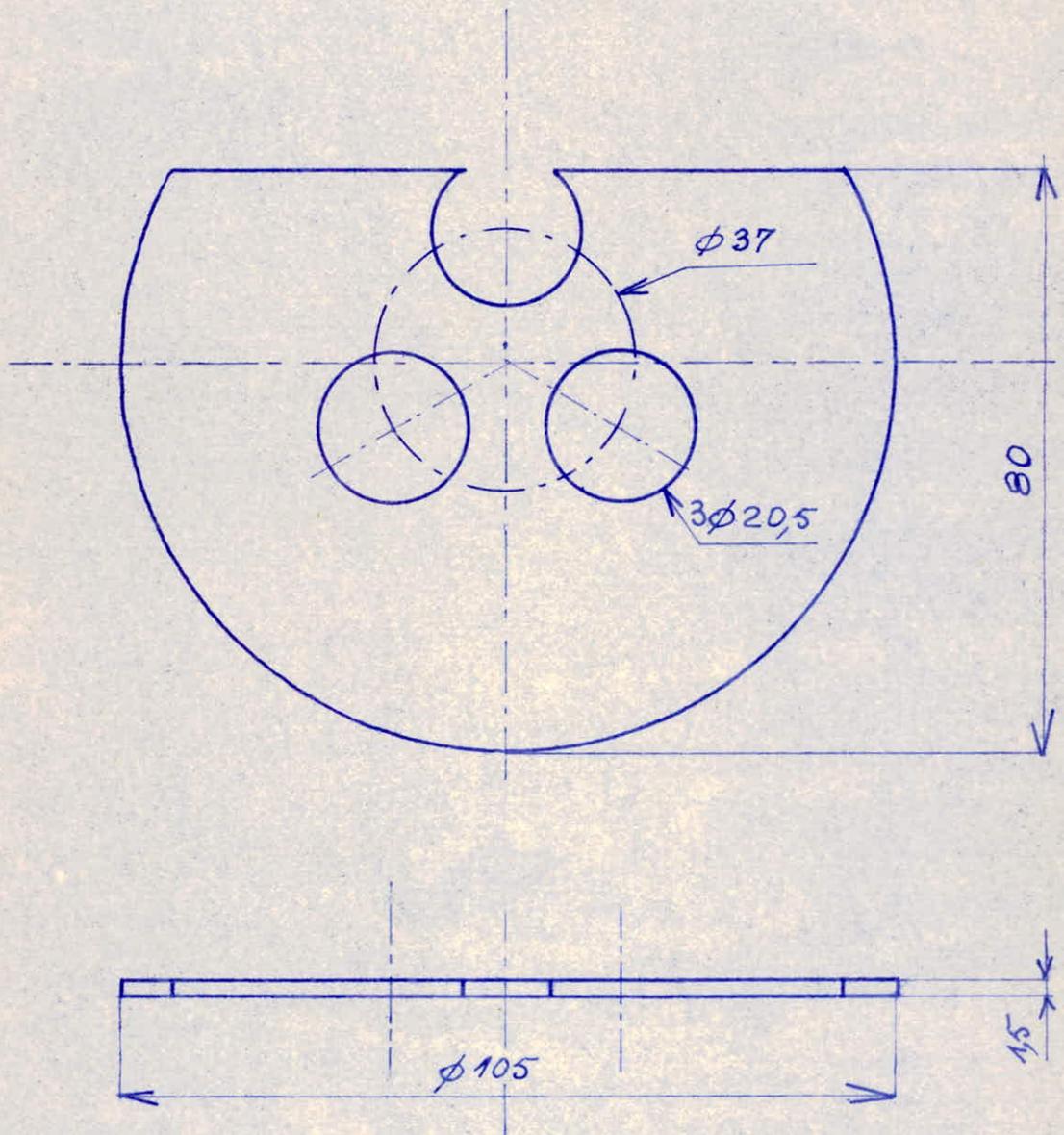
5-4-1973

TUBE Reperé 2 sur le
dessin d'ensemble n°04-01

BOUMAZA
LAMRAOUI

N°04-02





ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER

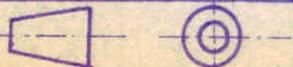
Echelle: 1

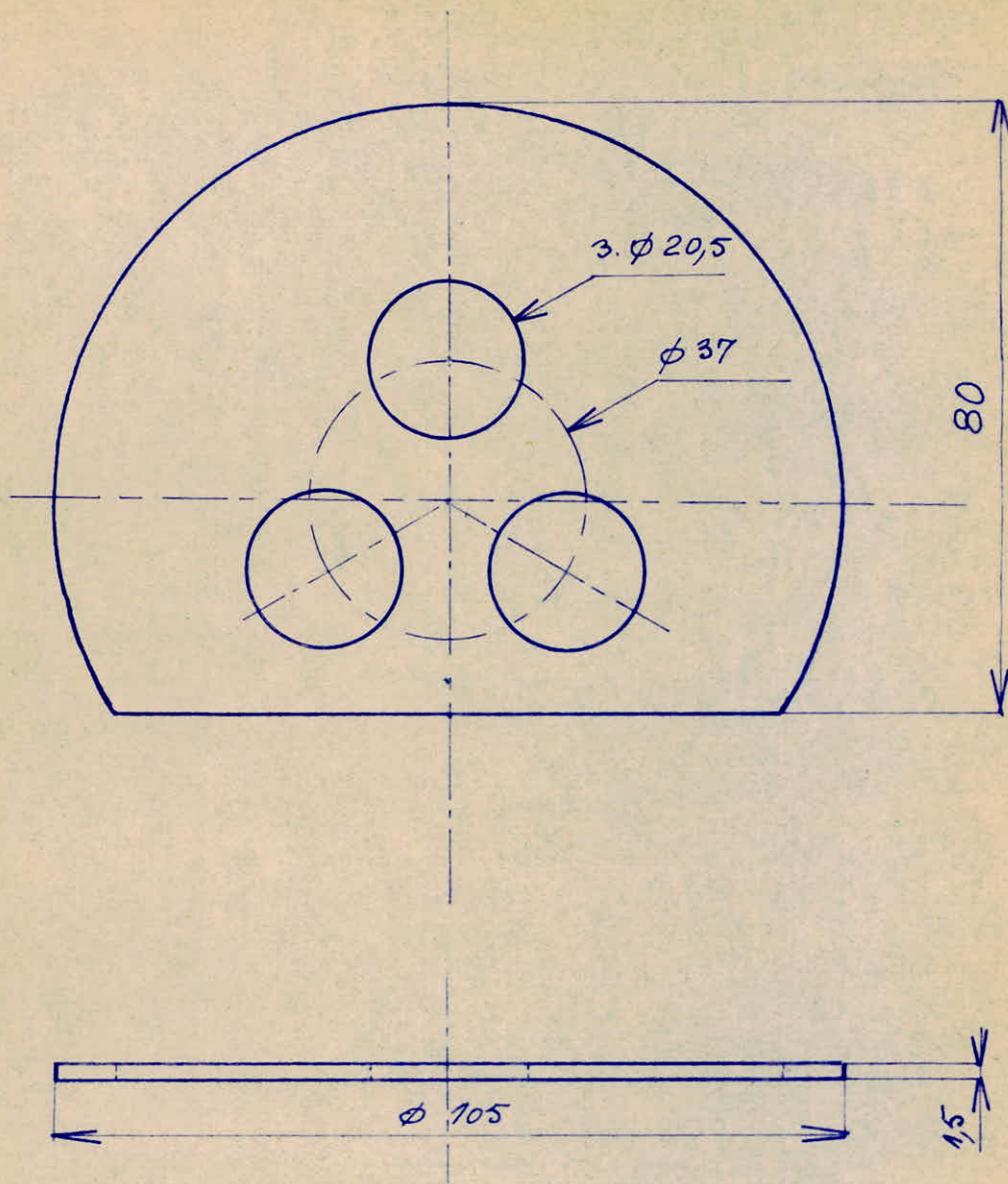
5-4-1973

CHICANE Repérée 3 sur
le dessin d'ensemble n° 04-01

BOUMAZA
LAMRAOUI

N°-04-03





ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER

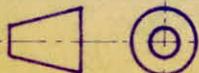
Echelle : 1

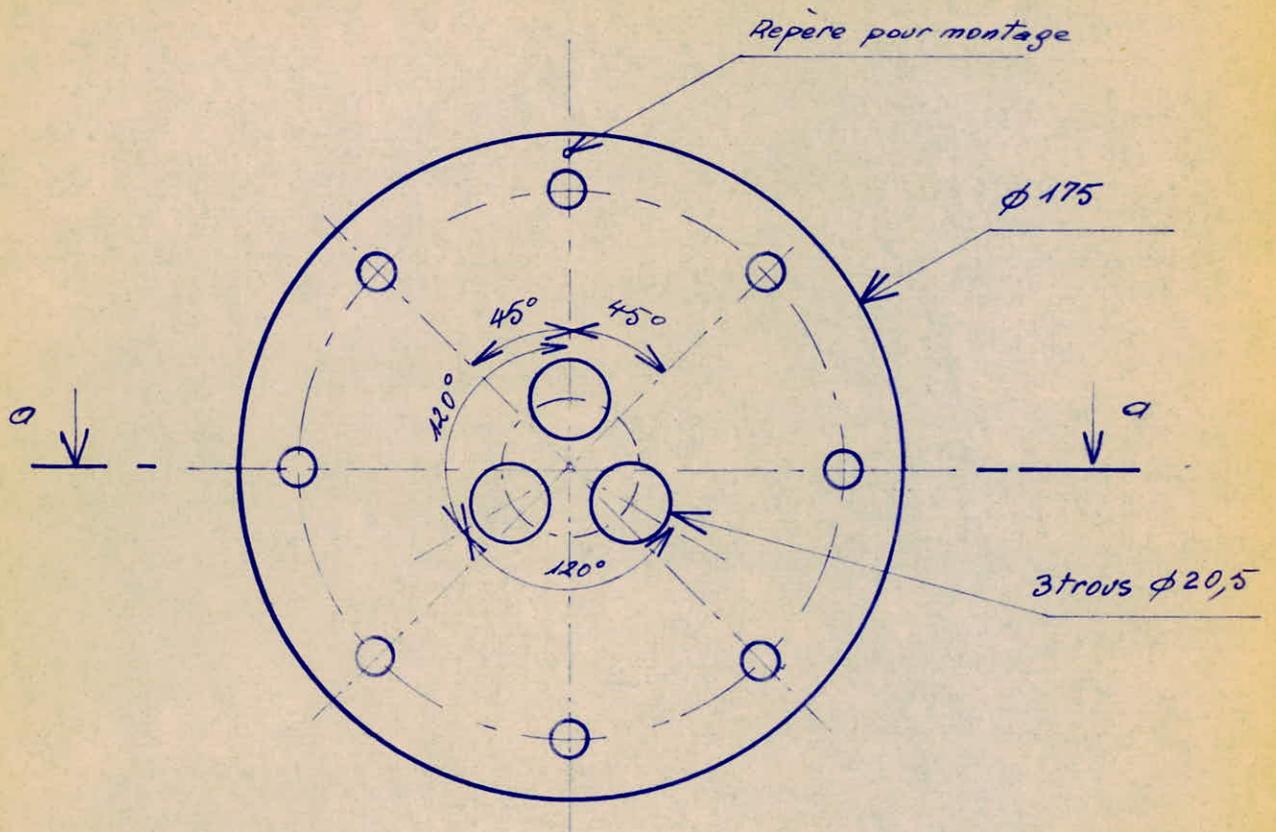
5-4-1973

CHICANE Repérée 4 sur
le dessin d'ensemble n°04-01

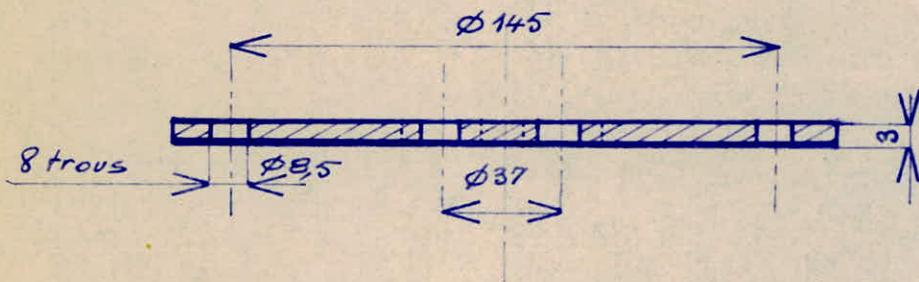
BOUMAZA
LAMRAOUI

N°04-04





Coupe: $a-a$



Matière = Laiton.

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER

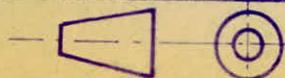
Echelle: 1/2

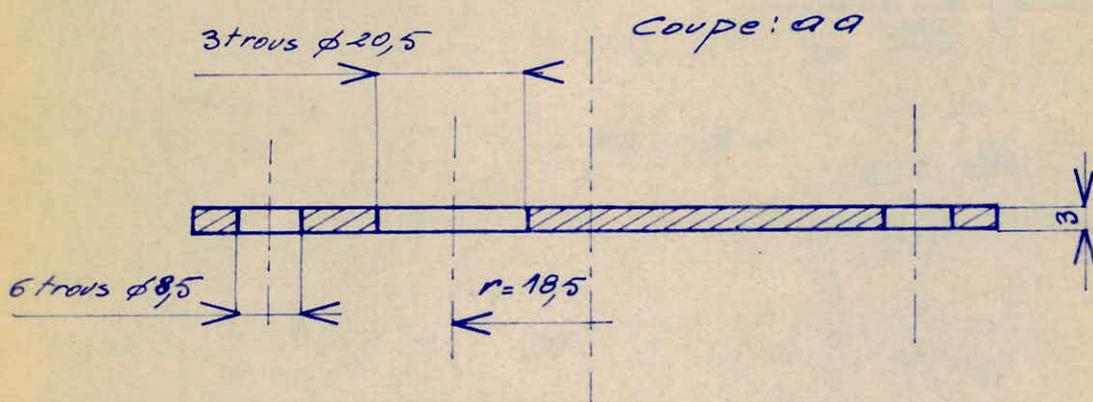
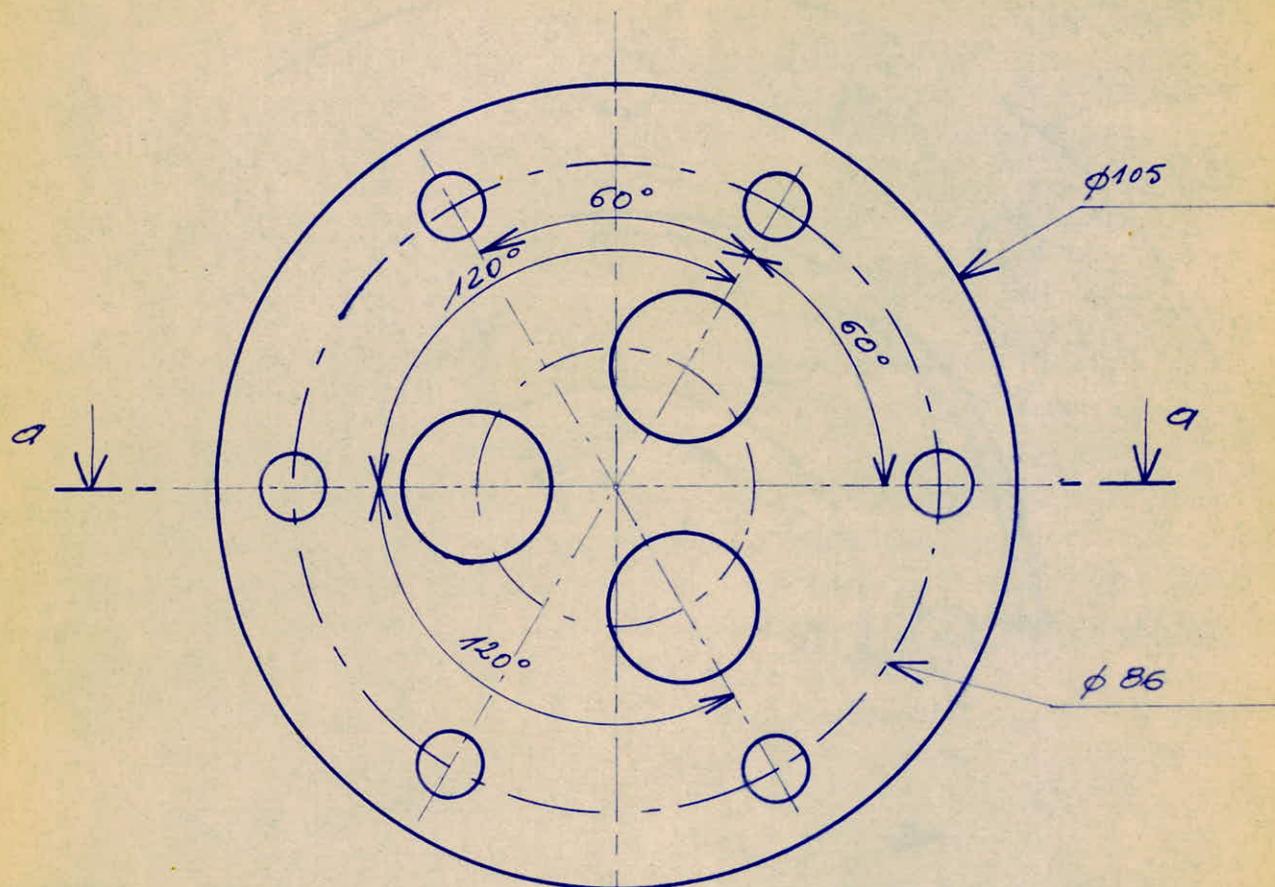
5.4.1973

DISQUE Repere 5 sur
le dessin d'ensemble n° 04-01

BOUMAZA
LAMRAOUI

N°04-05





ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER

Echelle : 1

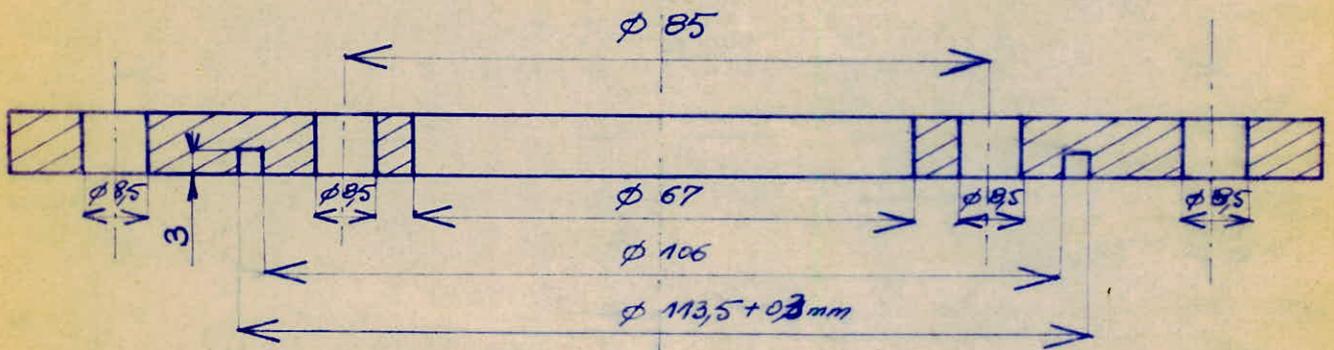
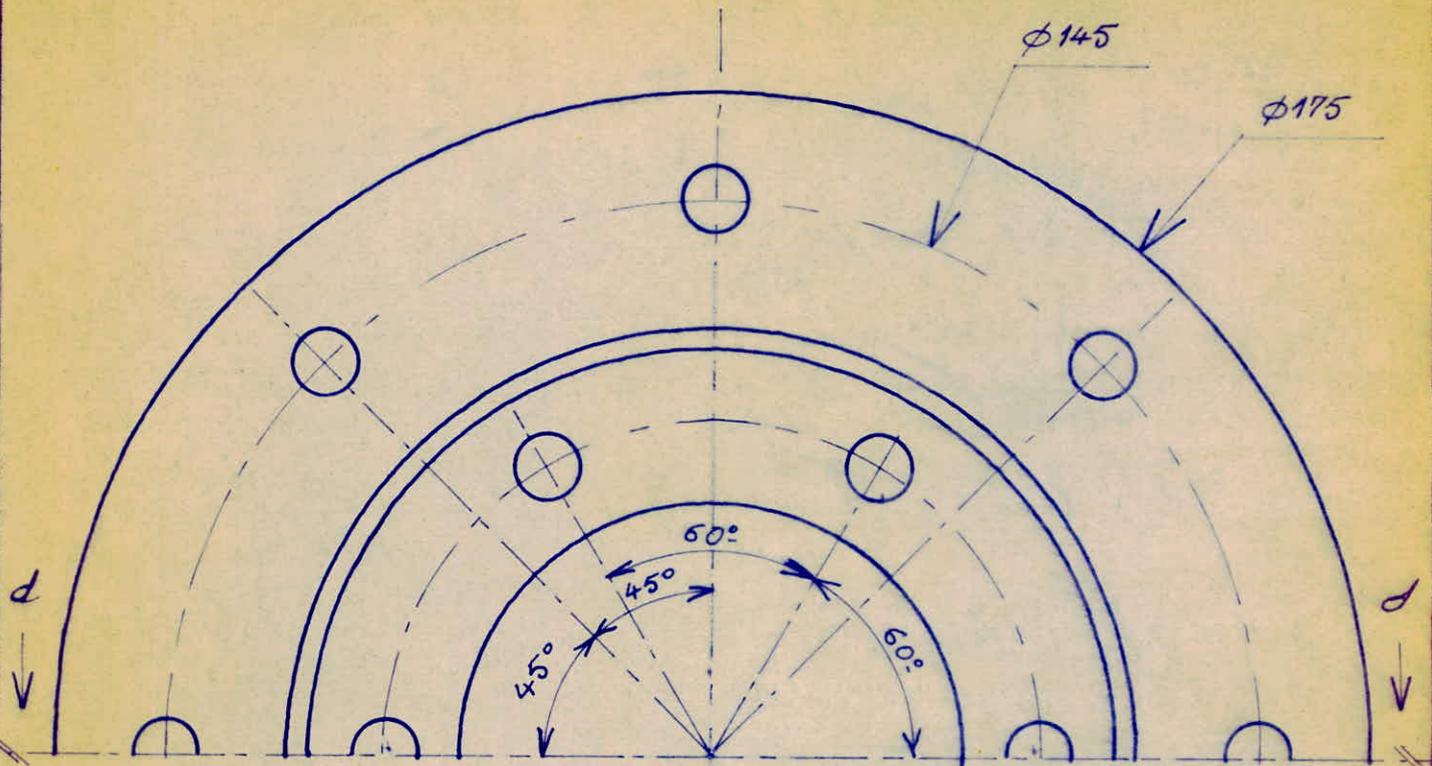
5.4.1973

DISQUE Reperé 6 sur
le dessin d'ensemble n° 04-01

BOUMAZA,
LAMRAOUI

N°04-06





Coupe: dd

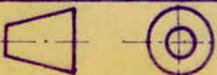
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER

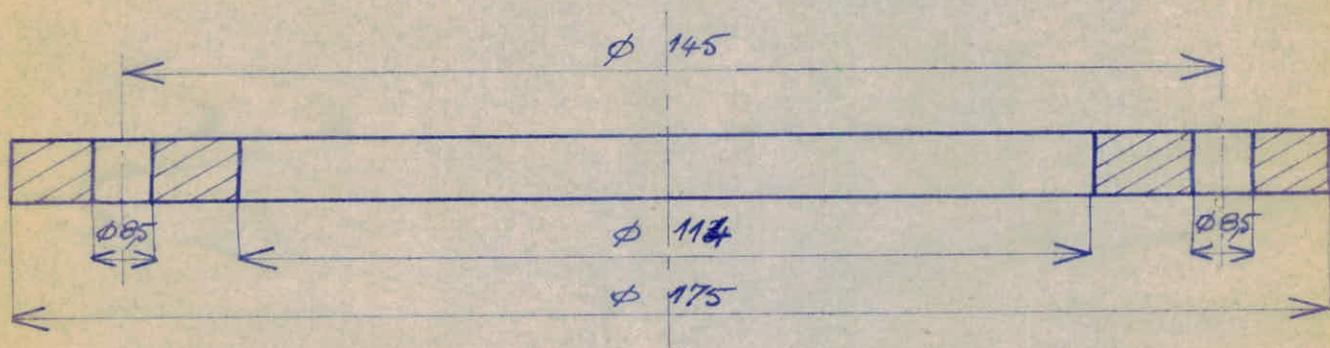
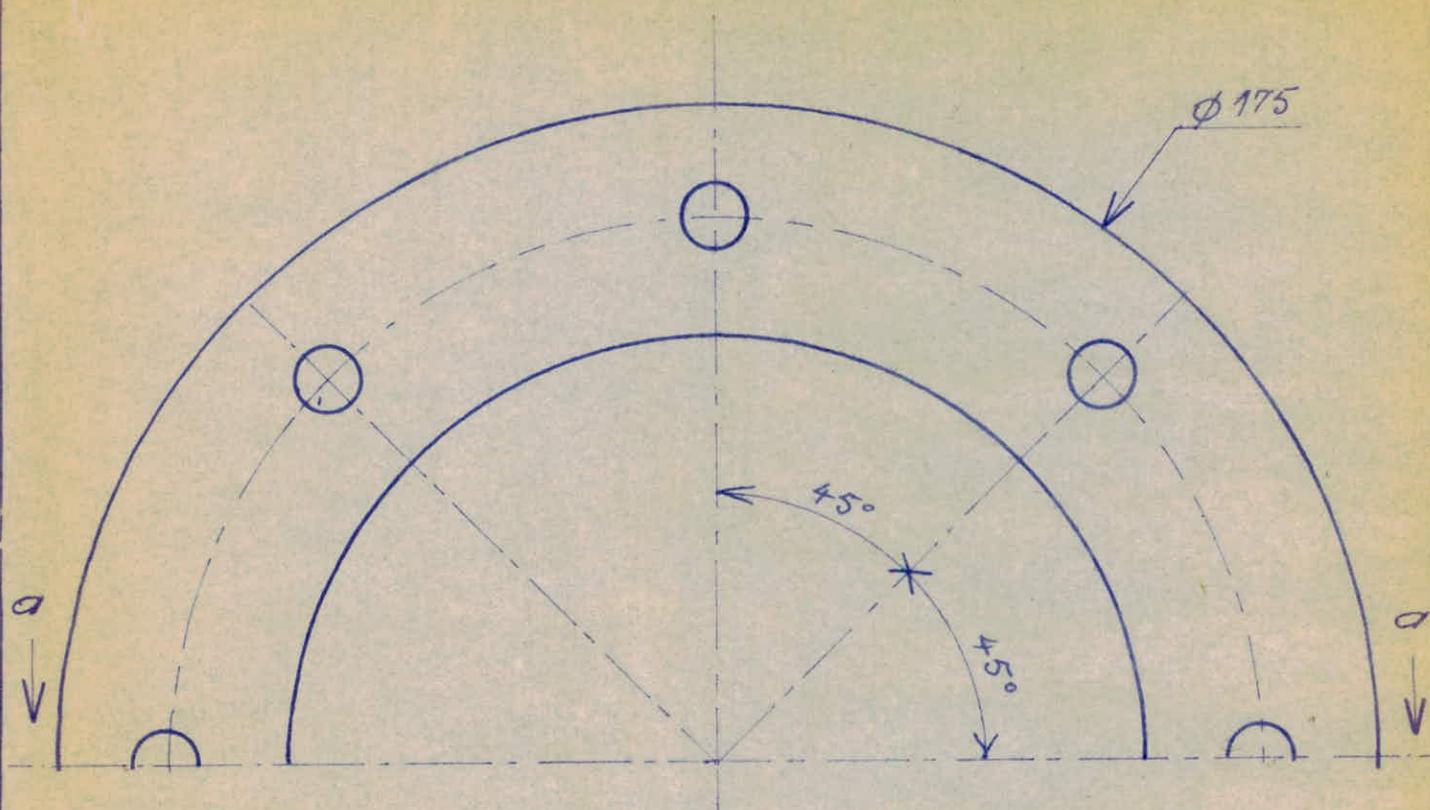
Echelle : 1
5-4-1973

BRIDE Repérée 16 sur le
dessin d'ensemble n° 04-01

BOUMAZA
LAMRAOUI

N°04-07





Coupe = a a

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER

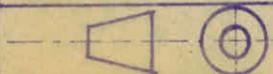
Echelle : 1

5-4-1973

BRIDE Repérée 17 sur
le dessin d'ensemble n°04-01

BOUMAZA
LAMRAOUI

N°04-08

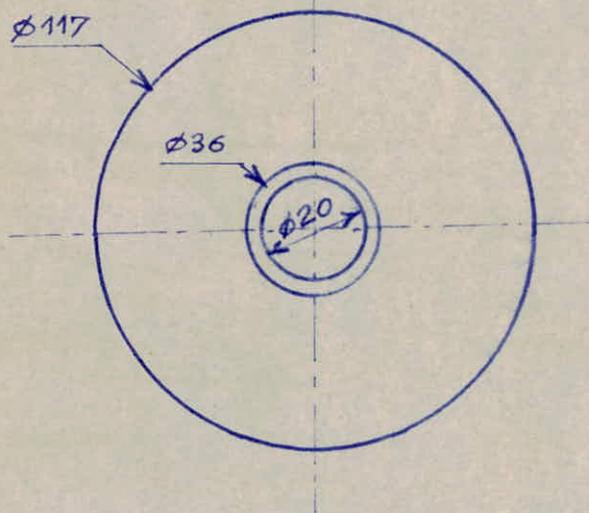
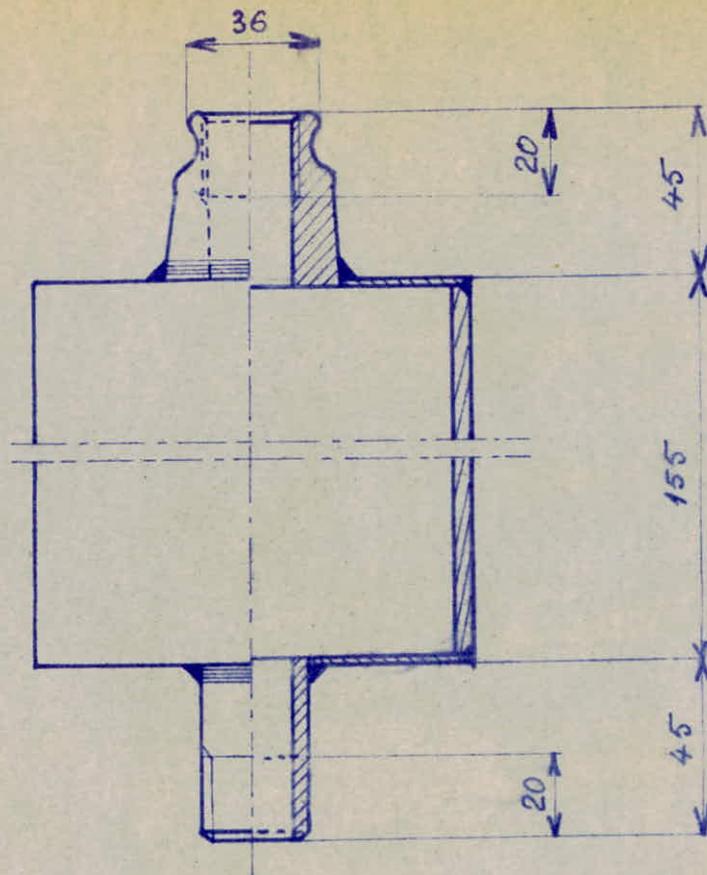


SUPPLEMENT :

Lors de la manipulation du moteur au banc, il a été constaté qu'à partir d'une certaine vitesse, le débit de la pompe à eau est tel que l'eau du circuit est soumise à des fortes pressions dans l'échangeur. Ceci entraînait souvent un déversement par le bouchon de remplissage, soit une perte considérable.

Afin de parer à cet incident, l'échangeur a été muni d'un vase d'expansion (voir dessin n°14) qui se visse à la place du bouchon de remplissage.

Cette solution a donné parfaite satisfaction.



ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE - ALGER

Echelle 1/2

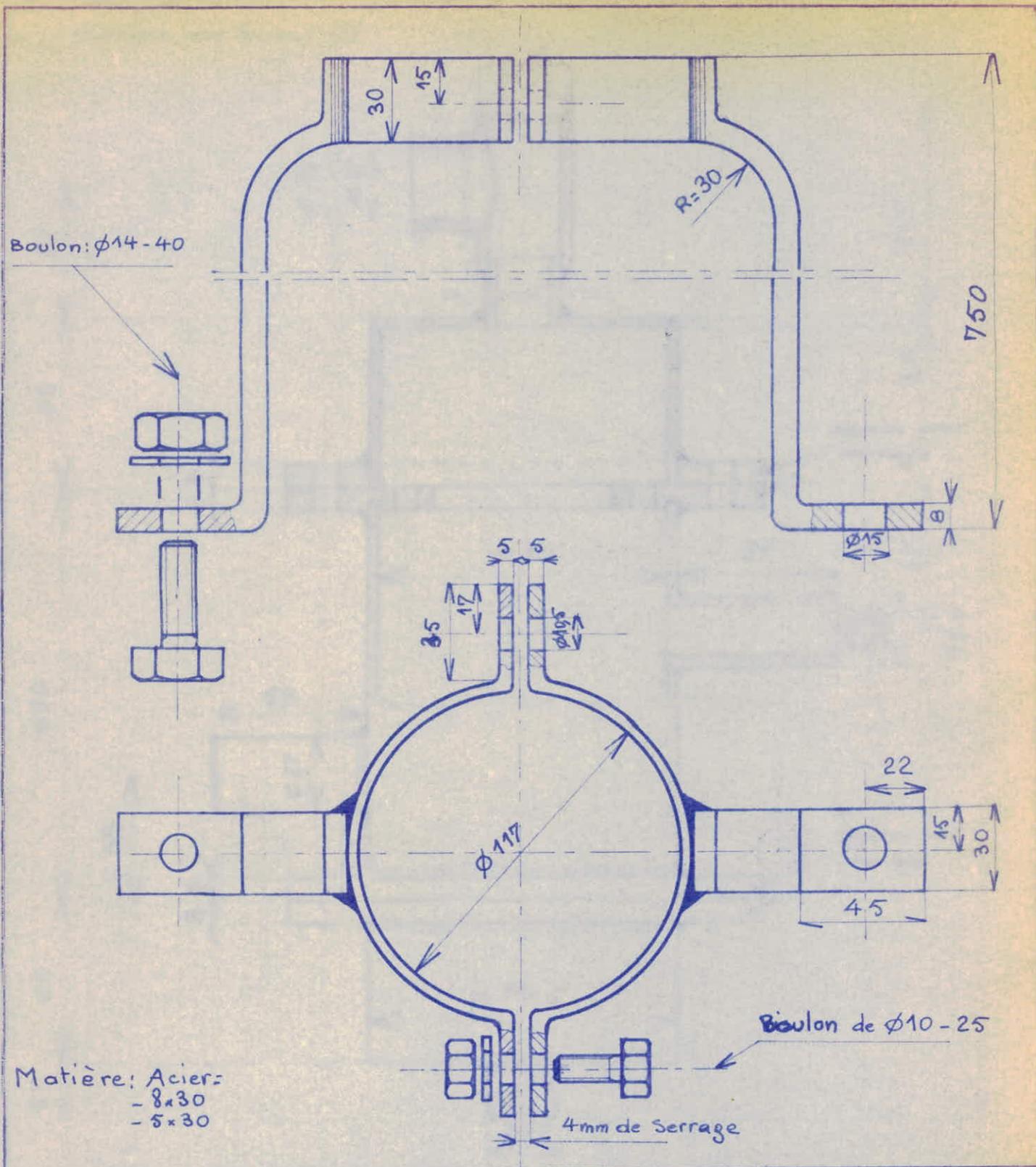
12-6-1973

VASE D'EXPANSION

BOUMAZA,
LAMRAOUI

N° 14





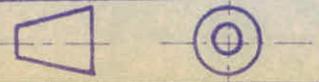
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER

Echelle : 1/2
 2-5-1973

SUPPORT DE
 L'ECHANGEUR

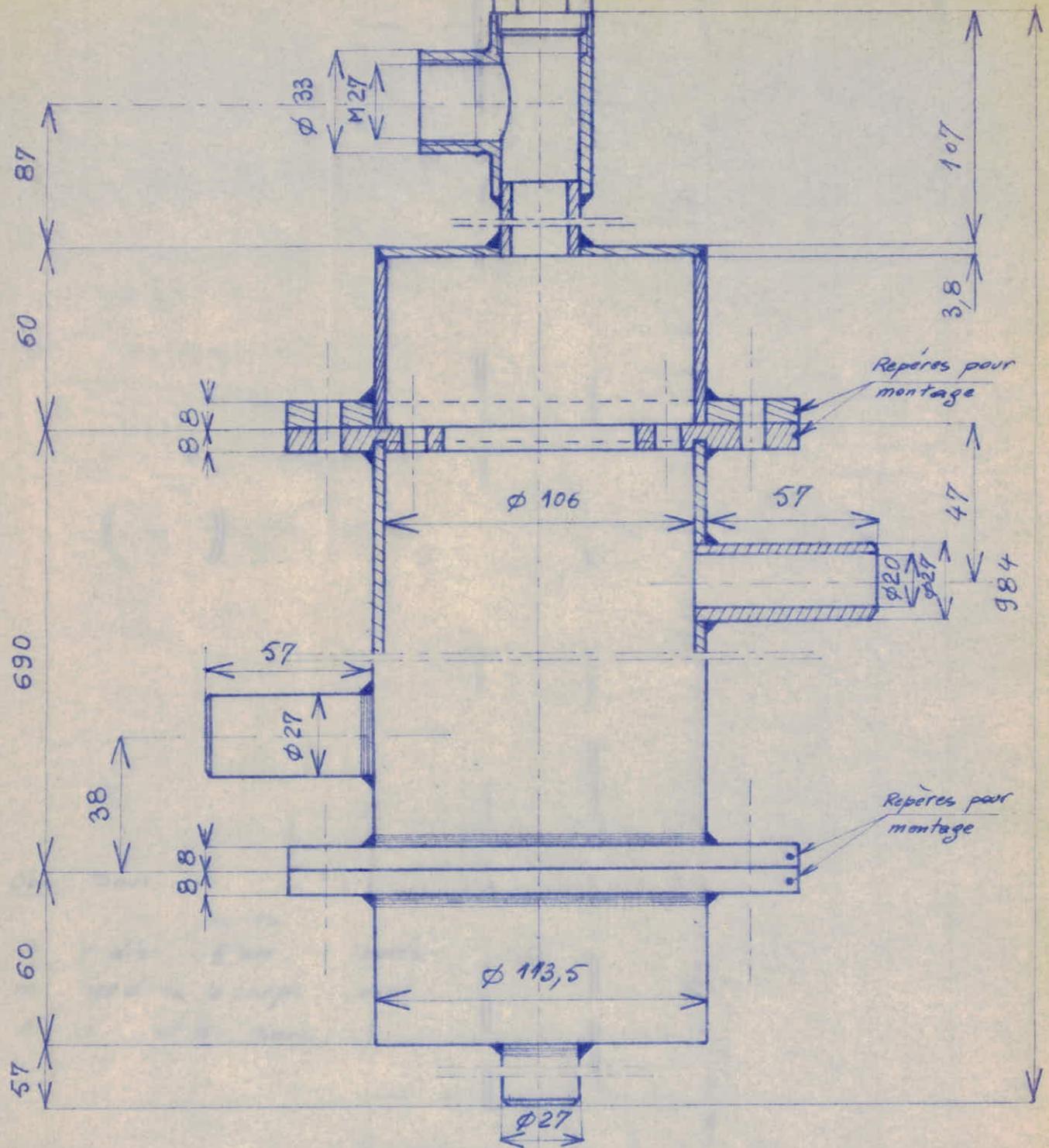
BOUMAZA
 LAMRAOUI

N° 05



ϕ extérieurs des brides = 175

VIS M27



ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER

Echelle: 1/2
5.4.1973

CORPS Reperé 1 sur le
dessin d'ensemble n°04-01

BOUMAZA
LAMRAOUI

N°04-021

