

CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

ETUDE DES MOTEURS
U52 : Etude et analyse des moteurs
Durée de l'épreuve : 3 heures – Coefficient : 3

CORRIGE ET BAREME

PARTIE A : Pré dimensionnement de certains éléments de la cellule d'essai
Corrigé

A1/ Calculs préliminaires

Le point de fonctionnement étudié dans ce qui suit est : 4000 tr/min – pleine charge

A1.1/ Caractéristiques de fonctionnement du moteur

$$A1.1.a/ R = \frac{d}{d_o} = d \times PCO = \frac{m_{carb/cc}}{m_{air/cc}} \times PCO = \frac{47,39}{998,036} \times 14,66 = 0,696$$

$$d'où: \lambda = \frac{1}{R} = 1,436$$

$$A1.1.b/ Q_{mair} = m_{air/cc} \times \frac{N}{2} \times \pi \times 60 = 998,036 \cdot 10^{-6} \times \frac{4000}{2} \times 4 \times 60 = 479,05 \text{ kg/h}$$

$$A1.1.c/ Q_{mcarb} = m_{carb/cc} \times \frac{N}{2} \times \pi \times 60 = 47,39 \cdot 10^{-6} \times \frac{4000}{2} \times 4 \times 60 = 22,747 \text{ kg/h}$$

$$A1.1.d/ CSE = \frac{Q_{mcarb}}{P_{eff}} = \frac{22,747 \cdot 10^3}{228,8 \times \frac{4000 \times 2\pi}{60} \cdot 10^{-3}} = 237,34 \text{ g/kW.h}$$

A1.2/ Bilan thermique moteur sur un point de fonctionnement

$$A1.2.a/ P_{intro}(W) = Q_{mcarb}(kg/s) \times PCI_m(J/kg)$$

$$\text{soit } P_{intro} = \frac{22,747}{3600} \times 42300 \cdot 10^3 = 267230,2 \text{ W}$$

$$A1.2.b/ P_{RAS}(W) = Q_{mair}(kg/s) \times C_{pair}(J/kg \cdot ^\circ K) \times \Delta T_{airRAS}(^\circ K)$$

$$\text{soit } P_{RAS} = \frac{479,05}{3600} \times 1000 \times (178 - 50) = 17033,13 \text{ W}$$

$$A1.2.c/ P_{eau}(W) = Q_{meau}(kg/s) \times C_{peau}(J/kg \cdot ^\circ K) \times \Delta T_{eau}(^\circ K)$$

$$\text{soit } P_{eau} = \frac{4,12 \times 1000}{3600} \times 4180 \times (90 - 81,8) = 39226,9 \text{ W}$$

$$A1.2.d/ P_{ech}(W) = Q_{mair}(kg/s) \times C_{pech}(J/kg \cdot ^\circ K) \times \Delta T_{moteur}(^\circ K) \text{ avec } \Delta T_{moteur}(^\circ K) = T_{ech} - T_{adm}$$

$$\text{soit } P_{ech} = \frac{479,05}{3600} \times 1074 \times (621,7 - 24,6) = 85336,7 \text{ W}$$

CODE ÉPREUVE : 0606MOE5EAM		EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : MOTEURS À COMBUSTION INTERNE	
SESSION 2006	CORRIGÉ	ÉPREUVE : ÉTUDE DES MOTEURS ÉTUDE ET ANALYSE DES MOTEURS – U 52			
Durée : 3h	Coefficient : 3	Corrigé du sujet N°19NB05	Page : 1 / 12		

$$A1.2.e/ P_{HCech}(W) = E_{HC}(kg/kW.s) \times P_{eff}(kW) \times PCI_m(J/kg)$$

$$\text{soit } P_{HCech} = 7,5 \times 10^{-3} \frac{10^{-3}}{3600} \times 95,8395 \times 42300 \cdot 10^3 = 8,445 \text{ W}$$

$$A1.2.f/ P_{intro} = P_{eau} + P_{eff} + P_{ech} + P_{HCech} + P_{ray}$$

$$\text{donc avec les résultats précédents : } P_{ray} = 46818,6 \text{ W}$$

A2/ Adéquation frein électrique / moteur

A2.1/ Voir document réponse 1 corrigé

A2.2/ Dimensionnement correct de l'ensemble frein + unité de puissance : courbes de couple et de puissance moteur contenues dans les limites d'utilisation (voir document réponse 1 corrigé)

A voir : frein en lui même surdimensionné / besoin \Rightarrow choix du frein à revoir

A3/ Dimensionnement de l'échangeur eau / eau

Les caractéristiques des fluides circulant dans l'échangeur sont :

Eau moteur à 4000 tr/min – pleine charge :

- température eau sortie moteur: $T_s \text{ moteur} = 90^\circ\text{C}$
- température eau entrée moteur: $T_e \text{ moteur} = 81,8^\circ\text{C}$
- débit d'eau moteur : $Q_{\text{eau moteur}} = 4,12 \text{ m}^3/\text{h}$

Eau banc :

- Teau banc entrée échangeur : $t_e = 35^\circ\text{C}$ (valeur maximale)
- Teau banc sortie échangeur : $t_s = 80^\circ\text{C}$ (valeur maximale)
- débit d'eau banc : $Q_{\text{eau banc}} = 150 \text{ l/min}$ maxi

Dans ce qui suit, la puissance calorifique à évacuer dans le circuit d'eau moteur à 4000 tr/min – pleine charge sera prise égale à 40 kW

$$A3.1/ \frac{1}{k} = \frac{1}{h_a} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{h_2} = \frac{1}{6500} + \frac{0,0005}{115} + \frac{1}{5800} \text{ soit : } k = 3024,7 \text{ W/ m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$$

$$A3.2/ \Delta T_{\text{moy}} = \frac{(T_s \text{ moteur} - T_s) + (T_e \text{ moteur} - t_e)}{2} = \frac{(90 - 80) + (81,8 - 35)}{2} = 28,34^\circ\text{C ou } ^\circ\text{K}$$

$$A3.3/ P_{\text{échangeur}} = k \times S \times \Delta T_{\text{moy}} \text{ d'où avec } P_{\text{échangeur}} = 40 \text{ kW : } S = 0,46 \text{ m}^2$$

A3.4/ Synthèse des critères de choix :

- Echangeur à simple passage du fluide « côté calandre » (autour des tubes) et à simple passage du fluide « côté tubes » (dans les tubes)
- Tubes en cuivre (Cu)
- Surface d'échange minimale : $0,46 \text{ m}^2$
- Débit d'eau moteur (coté calandre) : $Q_{\text{eau moteur}} = 4,12 \text{ m}^3/\text{h}$ soit $68,6 \text{ l/min}$
- Débit d'eau banc (coté tubes) : $Q_{\text{eau banc}} = 150 \text{ l/min}$ maxi
 \Rightarrow famille d'échangeur F07 à 17

A4/ Ventilation de la cellule d'essai

A4.1/ Puissance thermique émise par rayonnement

$$A4.1.a/ P_{\text{rayonnement}} = (14/30) \times 220 = 102,6 \text{ kW}$$

A4.2/ Débit d'air soufflé

On veut garantir que la température de la cellule n'excède pas la température ambiante maximale extérieure de plus de 8°C

$$A4.2.a/ P = Q1 \times \rho \times C_p \times \Delta T \quad \text{soit} \quad Q1 = \frac{P}{C_p \times \rho \times \Delta T}$$

AN:

$$P = 103 \text{ kW}$$

$$C_p = 1 \text{ kJ/kg/}^\circ\text{K}$$

$$\Delta T = 8^\circ\text{C}$$

$$\text{Masse volumique de l'air} = 1.2 \text{ kg/m}^3$$

$$Q1 = 10,68 \text{ m}^3/\text{s} \text{ soit } 38475 \text{ m}^3/\text{h}$$

A4.3/ Débit d'air aspiré

$$A4.3.a/ \text{Débit d'air entrant} = \text{débit d'air sortant} \quad \text{soit} \quad Q1 + Q4 = Q2 + Q3$$

$$A4.3.b/ Q2 = Q1 + Q4 - Q3$$

AN:

$$Q1 = 38475 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q3 = 4300 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q4 = 1200 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Donc} \quad Q2 = 38475 + 1200 - 4300 \quad \text{soit} \quad Q2 = 35375 \text{ m}^3/\text{h}$$

A4.4/ Ventilateurs de soufflage et d'extraction

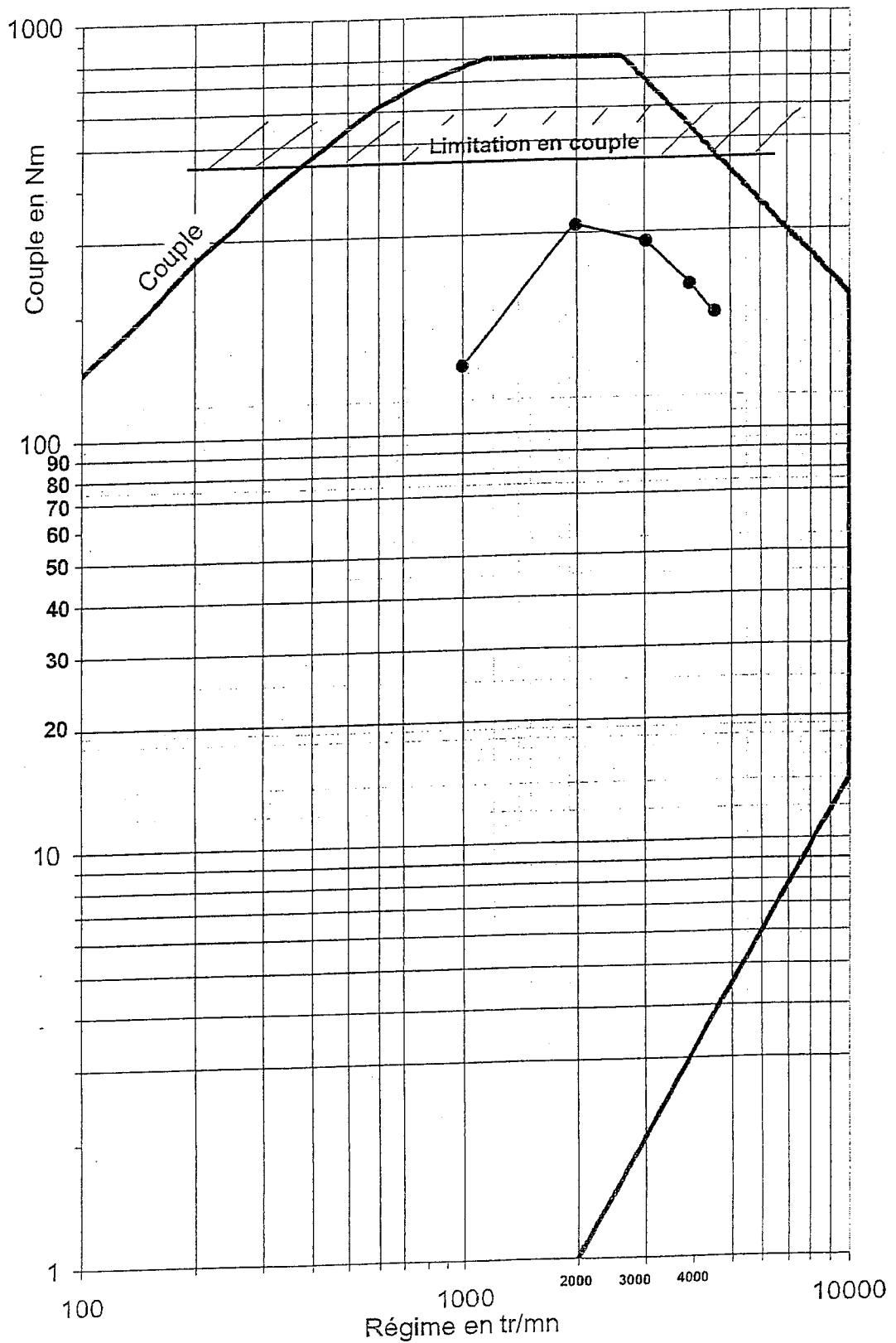
A4.4.a/ En cas de fuites de polluants à l'échappement, il faut absolument que les polluants ne passent pas à l'extérieur de la cellule par les fuites existantes entre la cellule et l'extérieur. On crée alors une dépression pour forcer le sens de l'écoulement de l'extérieur vers l'intérieur de la cellule.

A4.4.b/ voir DR4, N=2200 tr/min

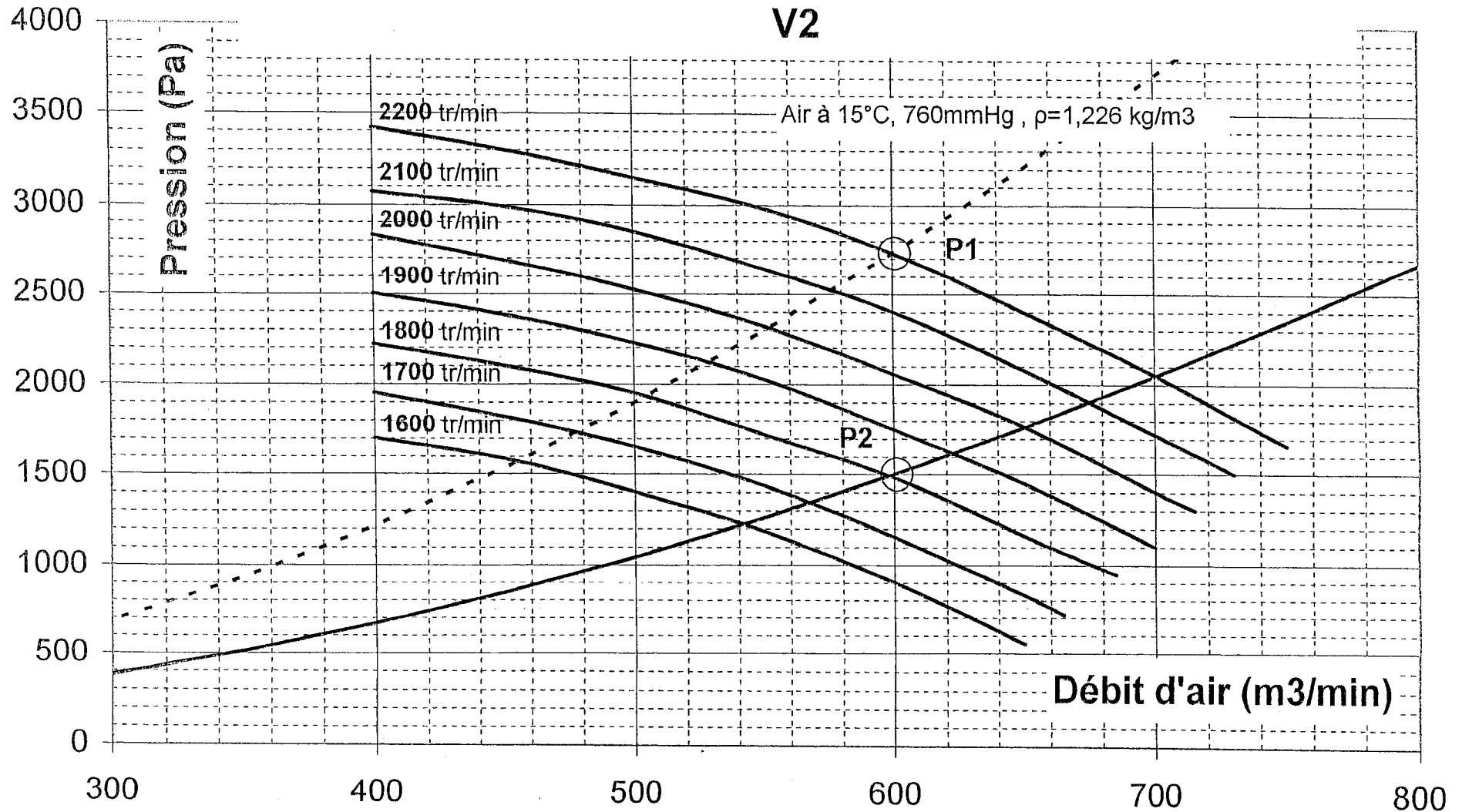
A4.4.c/ P1(600; 2730); le cdc n'est pas satisfait car la dépression cellule atteint 27mbar

A4.4.d/ voir DR4, N'=1810 tr/min

A4.4.e/ P2(600; 1500); le cdc est satisfait car la dépression cellule atteint 15mbar
Le ventilateur apporte une énergie potentielle de pression à l'air et compense les pertes au passage des aérations. Cela permet d'assurer le débit d'air tout en conservant une dépression cellule admissible.

Caractéristiques de la machine de charge :

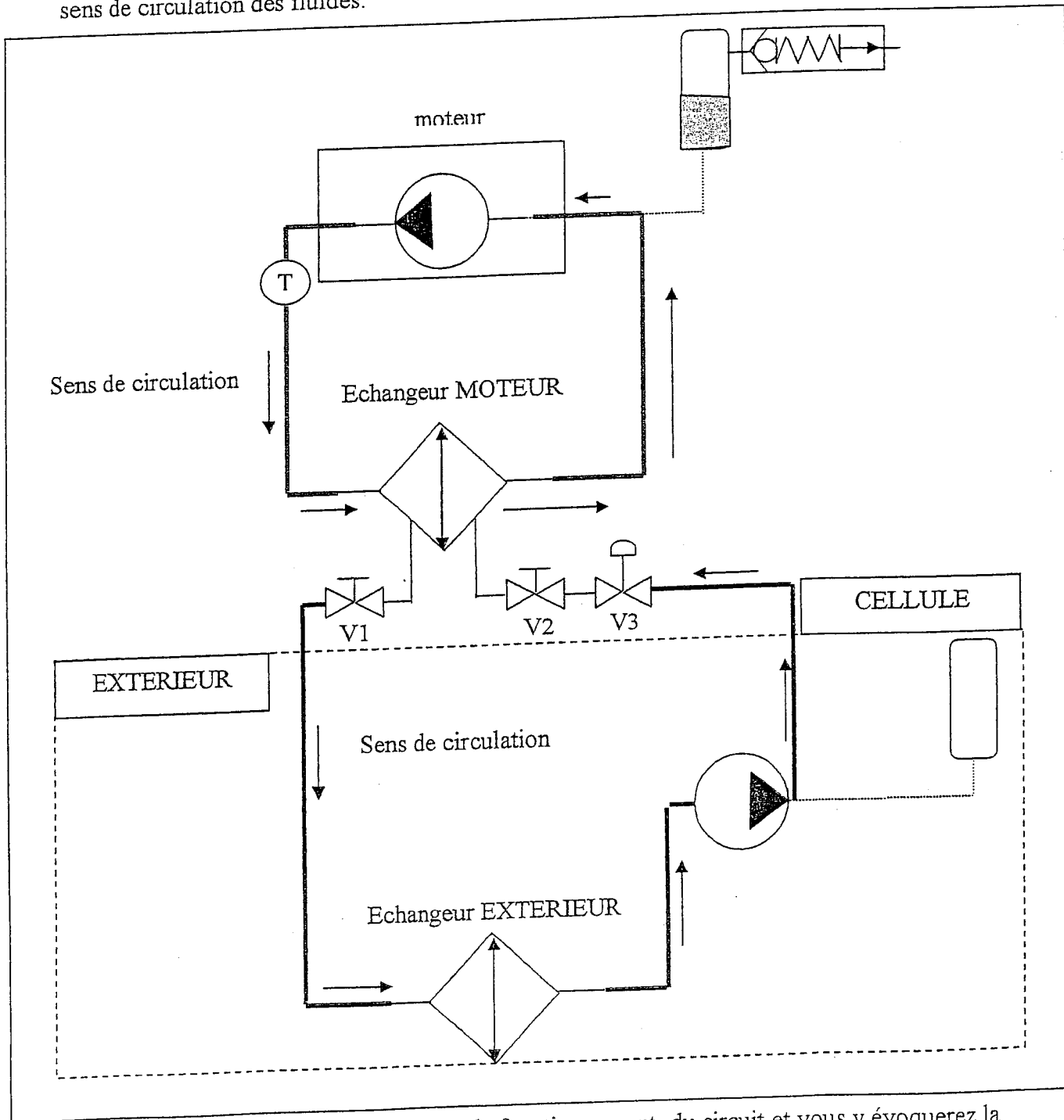
Courbes caractéristiques à régime constant du ventilateur V2



PARTIE B : Etude de la régulation de la température eau moteur
Corrigé

B1/ Etude du circuit d'eau

B1.1/ A l'aide du **document technique 7** compléter le schéma hydraulique sur le *document réponse 3* et vous indiquerez en bleu le circuit extérieur, en rouge le circuit du moteur et le sens de circulation des fluides.



B1.2/ Expliquer en 8 lignes maxi, le principe de fonctionnement du circuit et vous y évoquez la régulation.

La circulation de l'eau moteur est induite par la pompe à eau du moteur. L'évacuation des calories de celui-ci se fait par l'échangeur MOTEUR dans lequel circule également l'eau glycolé afin de transporter ces calories vers l'extérieur à travers l'échangeur EXTERIEUR. La température du moteur est régulé en faisant varier le débit de l'eau extérieur.

B1.3/ Quel est le rôle des vannes (V1 - V2) et V3 ?

La vanne V et V2 permette de couper le circuit d'eau extérieur afin de pouvoir sortir le moteur de la cellule.

La vanne V3 permet de réguler de façon automatique (asservissement) le débit d'eau en fonction de la consigne imposée.

B1.4/ Afin d'utiliser un régulateur, il faut implanter une sonde de température sur le circuit. Indiquer l'emplacement de cette sonde par le symbole \textcircled{T} sur le circuit hydraulique du **document réponse 3**.

Voir ci dessus

B2/ Choix de la Sonde de température

B2.1/ Expliquer succinctement le principe de fonctionnement d'une sonde PT100 et d'un thermocouple.

PT100 : c'est une sonde dont la résistance varie avec la température. A 0°C on a 100 Ω (réglementaire)

Thermocouple : C'est une sonde qui délivre une tension (f.e.m) en fonction de la température

B2.2/ A l'aide du **document technique 8**, choisissez la sonde que vous y implanterez.

Choix : PT100 car la précision est de de 1% de 95°C = +/- 0.95°C et le C.d.C indique +/-2°C

B3/ Etude du régulateur

B3.1/ Que signifie « P.I.D » et quelles sont les 3 avantages d'un tel régulateur ?

P.I.D : Proportionnel-intégrateur-dérivateur

Avantages : Précision, rapidité et stabilité

B3.2/ A l'aide du **document technique 8** et d'après les résultats, **document technique 9**, obtenus, avec les différentes configurations du P.I.D. Quelle est celle que vous retiendrez ? Justifiez avec précision votre choix.

Config1 : overshootmax : 9°C et durée d'overshoot : 130s ne respecte pas le cahier des charges

Config2 : durée overshoot : 95s

ne respecte pas le C.dC

Config3 : respecte le CdC

Choix : config3

B4/ Interprétation d'une « macro » sur visual basic

Une Macro c'est un petit programme réalisé sur Visual Basic (VB) afin d'effectuer des tâches sous Excel de façon automatique et surtout permettre au technicien de gagner du temps sur le dépouillement des résultats.

Pour notre étude, nous voulons effectuer une macro de façon à effectuer les courbes de régulations afin de vérifier le respect du cahier des charges. Cette macro comporte 3 parties :

Partie 1 : Ouverture des fichiers d'essais à exploiter

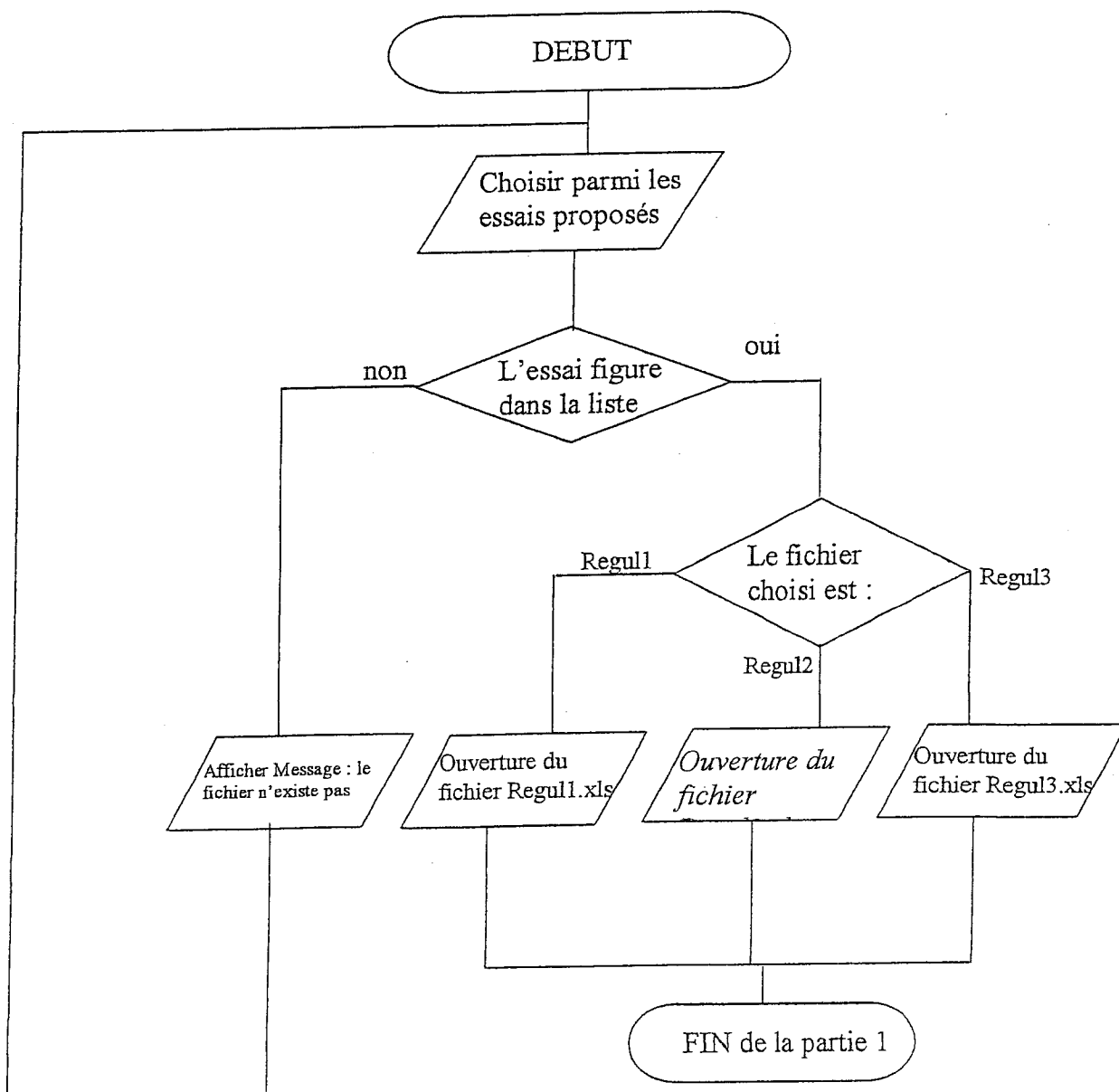
Partie 2 : Copier les valeurs nous intéressant et les coller dans un fichier « exploitation.xls »

Partie 3 : Réalisation des courbes de régulation dans le fichier « exploitation.xls » à partir des valeurs copiées.



Pour cette étude nous nous intéressons seulement à la 1^{ère} partie. Vous utiliserez le document technique 7

B4.1/ Compléter l'organigramme correspondant à la macro sur le *document réponse 4*



A1/ Calculs préliminaires (26 pts)

A1.1/ Caractéristiques de fonctionnement du moteur (8 pts)

A1.1.a/ R: relation 1 pt + résultats 0,5 pt
 λ : 0,5 pt

A1.1.b/ Q_{mair} : relation 1,5 pt
unité et résultat : 0,5 pt

A1.1.c/ Q_{mcarb} : relation 1,5 pt
unité et résultat : 0,5 pt

A1.1.d/ CSE : relation 1,5 pt
unité et résultat : 0,5 pt

A1.2/ Bilan thermique moteur sur un point de fonctionnement (18 pts)

A1.2.a/ Puissance introduite (3 pts)
relation 1 pt + signification et unité 1 pt
résultat : 1 pt

A1.2.b/ Puissance dissipée dans le radiateur d'air de suralimentation (3 pts)
relation 1 pt + signification et unité 1 pt
résultat : 1 pt

A1.2.c/ Puissance dissipée dans le radiateur d'eau de refroidissement (3 pts)
relation 1 pt + signification et unité 1 pt
résultat : 1 pt

A1.2.d/ Puissance effective (1,5 pt)
relation 0,5 pt + signification et unité 0,5 pt
résultat : 0,5 pt

A1.2.e/ Puissance calorifique à l'échappement (3 pts)
relation 1 pt + signification et unité 1 pt
résultat : 1 pt

A1.2.f/ Puissance chimique à l'échappement (3 pts)
relation 1 pt + signification et unité 1 pt
résultat : 1 pt

A1.2.g/ Puissance dissipée par rayonnement (1,5 pt)
relation 1 pt
résultat : 0,5 pt

A2/ Adéquation frein électrique / moteur (3 pts)

A2.1/ Limites d'utilisation du frein (2 pts)

tracée à main levée des courbes limite en C et en P 2 pt

A2.2/ Adaptation frein / moteur (1 pt)

tracée à main levée des courbes C et P moteur + conclusion 1 pt

A3/ Dimensionnement de l'échangeur eau/eau (5 pts)

A3.1/ calcul du coefficient d'échange (0,5 pt)

A3.2/ Delta T moyen (1. pt)

démarche de calcul 0.5 pt

résultat 0,5 pt

A3.3/ Calcul de la surface d'échange (1 pt)

justification 0.5 pt

résultat 0,5 pt

A3.4/ Choix de la famille d'échangeur (2,5 pts)

justification 2 pt

résultat 0,5 pt

A4/ Ventilation de la cellule (16 pts)

A4.1. a/ Puissance thermique émise par rayonnement (2,5 pts)

démarche 2 pt

résultat 0,5 pt

A4.2.a/ Débit Q1 (1 pts)

démarche et relation 0,5 pt

résultat 0,51 pt

A4.3.a/ Relation débits (1 pt)

relation 1 pt

A4.3.b/ Calcul Q2 (0,5 pt)

résultat 0,5 pt

A4.4.a/ justification de la dépression (1 pt)

A4.4.b/ tracé correct (3 pts)

Justesse du tracé 1 pt

Justesse de P1 sur le graphique 1 pt

résultat N 1 pt

A4.4.c/ point P1 (1 pt)

coordonnées de P1 0,5 pt

justification 0,5 pt

A4.4.d/ tracé correct (3 pts)
Justesse du tracé 1 pt
Justesse de P2 sur le graphique 1 pt
résultat N° 1 pt

A4.4.e/ coordonnées de P2, (3 pt)
Coordonnées 0,5 pt
Justification 0,5 pt
Conclusion 2 pt

PARTIE B : 20 pts

Barème

B1) Etude du circuit d'eau (6 points)

B1.1) 1.5 pts

B1.2) 1.5 pts

B1.3) 2 pts

B1.4) 1 pt

B2) Choix de la sonde température (5 points)

B2.1) 3 pts

B2.2) 2pt

B3) Etude du régulateur (5 points)

B3.1) 1pt

B3.2) 4 pt (1pt pour la justification de chaque courbe et 1pt le choix finale)

B4) Correction d'une « macro (4 points)

B4.1) 2 pt

B4.2) 2pt