Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

MOTEURS À COMBUSTION INTERNE

Session 2010

ÉTUDE DES MOTEURS
U52 – ÉTUDE ET ANALYSE DES MOTEURS

Durée : 3 heures – Coefficient : 3

Aucun document autre que le sujet n'est autorisé.

Moyens de calculs autorisés :

Calculatrice électronique de poche, y compris calculatrice programmable et alphanumérique à fonctionnement autonome, non imprimante, conformément à la circulaire N° 86.228 du 26 Juillet 1986.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet.
Le sujet comporte 13 pages.

CODE ÉPREUVE : 1006MOE5EAM		EXAMEN BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SPÉCIALITÉ : MOTEURS À COMBUSTION INTERNE
SESSION : 2010	SUJET	*ÉPREUVE* : ÉTUDE DES MOTEURS U52 – ÉTUDE ET ANALYSE DES MOTEURS	
Durée : 3h	Coefficient : 3	SUJET N°03ED10	Pages 1/13

crdp Aquitaine

Présentation.

L'évolution actuelle des moteurs à combustion interne est telle que les turbo-compresseurs sont de plus en plus utilisés.

Le sujet proposé est de vérifier la bonne adéquation entre un moteur thermique et sa suralimentation.

Les essais permettant cette étude ont été réalisés dans une cellule d'essai moteur, équipée d'un frein à courant de Foucault, d'un système d'acquisition lente et rapide pour la mesure des pressions, des températures, de la pression cylindre etc. La consommation du moteur est mesurée par une balance massique. L'étude de cet équipement fera l'objet de la dernière partie du sujet.

Cette étude se décompose en 3 parties indépendantes.

Temps conseillé :

- **Lecture du sujet : 10 min**
- **1ière partie : 50 min**
- **2nd partie : 1H 30**
- **3ième partie : 30 min**

Le dossier comprend 13 pages :

· **Page de garde et présentation :** Page 1/13 et 2/13.
· **Texte du sujet :** Page 3/13 à 6/13.
· **Documents techniques :** Page 7/13 à 9/13.
· **Documents réponses :** Page 10/13 à 13/13.

Les documents réponses N°1, 2, 3 et 4 sont à rendre avec la copie.

crdp Aquitaine

1ère partie

1 : Calcul des rendements **au point de couple maxi**, en pleine charge.

Vous utiliserez les renseignements techniques du document 1 et le diagramme P=f(V) du document réponse N°1. (diagramme en pleine charge au couple maxi)

1.1 : Détermination du travail indiqué à partir d'un relevé de pression cylindre.

L'objectif de cette partie 1.1 est de déterminer le travail indiqué (W_i) pour un cycle et un cylindre, à partir de l'analyse d'un relevé de pression cylindre.

1.1.1 : Sur le document réponse N°1, indiquez sur le relevé les différents temps du cycle moteur et indiquez le sens d'évolution des 2 boucles.

1.1.2 : En déduire et justifier que, dans ce cas, la relation PMI = PMIBP + PMIHP.

1.1.3 : A partir des valeurs fournies pour les PMIBP et la PMIHP, calculer la valeur de la PMI (en bar pour un cycle et un cylindre).

1.1.4 : Établir la relation littérale, en indiquant les unités légales, permettant de calculer le travail indiqué pour un cycle et un cylindre en fonction de la pression moyenne indiquée.

1.1.5 : Calculer le travail indiqué (W_i en J) pour un cycle et un cylindre

1.2 : Calcul du travail effectif du moteur.

1.2.1 : A partir du résultat précédent, en déduire le travail indiqué pour le moteur sur un cycle ($W_{i\ moteur}$)

1.2.2 : Établir la relation littérale, en indiquant les unités légales, permettant de calculer le travail effectif au cours d'un cycle ($W_{eff\ \ moteur}$) en fonction du couple effectif (C_{eff}).

1.2.3 : Calculer le travail effectif du moteur au cours d'un cycle. ($W_{eff\ moteur}$ en J)

1.3 : Calcul de la quantité de chaleur potentielle du moteur (Q_p).

Pour l'application numérique, on prendra $Q_{mc} = 3{,}37\ g.s^{-1}$.

1.3.1 : Établir la relation littérale, permettant de calculer la masse de carburant consommée pour un cycle par le moteur (m_c en g. $(cycle.moteur)^{-1}$), en fonction du débit de carburant (Q_{mc} en $g.s^{-1}$) et du régime (N en $tr.mn^{-1}$).

1.3.2 : En déduire la relation littérale entre Q_p (en $J.(cycle.moteur)^{-1}$) et Q_{mc}.

1.3.3 : Calculer la quantité de chaleur potentielle pour le moteur, au cours d'un cycle. (Q_p en $J.(cycle.moteur)^{-1}$).

1.4 : Calcul des rendements du moteur.

Pour la suite du sujet, on prendra $Q_p = 8196$ J ; $W_{i\ moteur} = 3440$ J ; $W_{eff\ moteur} = 3166$ J

1.4.1 : Calcul du rendement effectif.

a) A partir des questions précédentes, établir la relation littérale permettant de calculer le rendement effectif (η_{eff}).

b) Calculer le rendement effectif en %.

crdp Aquitaine

1.4.2 : Calcul du rendement indiqué.

a) Établir la relation littérale permettant de calculer le rendement indiqué (η_i) en fonction du travail indiqué et de la quantité de chaleur potentielle.

b) Application numérique : Calculer le rendement indiqué en %.

1.4.3 : Calcul du rendement mécanique.

a) Établir la relation littérale permettant de calculer le rendement mécanique (η_m) en fonction des travaux.

b) Application numérique : Calculer le rendement mécanique en %.

2ème partie.

2 : Vérification de l'adéquation entre turbocompresseur et moteur.

Pour cette partie vous utiliserez les informations fournies dans le document 1 (renseignements techniques), le tableau avec les résultats d'essais document 2 ainsi que les données inscrites dans le champ compresseur document réponse N°3.

Afin de tracer la caractéristique du moteur dans un champ compresseur, on cherche dans un premier temps le débit d'air réel à partir du débit de carburant.

2.1 : Tracé de la courbe pleine charge dans le champ compresseur.

2.1.1 : Établir la relation littérale permettant de calculer le débit de carburant (Q_{mc} en $g.s^{-1}$) en fonction de la Cse (en $g.(kW.h)^{-1}$).

2.1.2 : Établir la relation littérale permettant de calculer le débit massique d'air réel (Qma réel en $g.s^{-1}$).

2.1.3 : Application numérique. Compléter le document réponse N°2

a) Calculer le débit de carburant.

b) Calculer le débit massique d'air réel.

c) Calculer le débit massique d'air corrigé.

d) Calculer le rapport de pression.

2.1.4 : Tracer la caractéristique du moteur en pleine charge dans le champ compresseur document réponse N°3 et le document réponse N°4.

2.2 : Interprétation de la courbe.

Pour le point de couple maxi, uniquement.

2.2.1 : Déterminer graphiquement sur le champ compresseur document réponse N°3 le rendement isentropique du compresseur. Reporter la valeur dans le document réponse N°2.

2.2.2 : Écrire la relation littérale permettant de calculer le rendement isentropique du compresseur à partir des différences de températures amont-aval compresseur. Calculer la différence de température réelle. Reporter la valeur dans le document réponse N°2.

2.2.3 : En déduire la différence de température isentropique et reporter la valeur dans le document réponse N°2.

crdp Aquitaine

2.2.4 : Comparer les deux différences de températures, et justifier en quoi la transformation dans le compresseur n'est pas isentropique.

2.2.5 : Déterminer graphiquement, à partir du document réponse N°3, le régime de rotation corrigé du compresseur et reporter la valeur dans le document réponse N°2.

2.2.6 : En déduire le régime de rotation réel de la roue du compresseur. Reporter la valeur dans le document réponse N°2.

2.3 : Interprétation de la courbe pleine charge dans le champ compresseur.

Nous allons dans cette partie exploiter la caractéristique pleine charge du moteur dans deux champs compresseur (tracés effectués à la question 2.1.4) et choisir celui qui est le mieux adapté.

2.3.1 : Justifier le changement de pente de la courbe observée au niveau des points C – D en deux lignes maxi. Quel élément technologique du turbocompresseur permet ce changement de courbe.

2.3.2 : Par une analyse qui portera au niveau des courbes entre les points A et C d'une part et entre les points D et G d'autre part (4 lignes maxi), choisir le compresseur le mieux adapté.

3ème Partie.

3 : Étude de la balance de consommation.

Dans cette partie, vous allez dans un premier temps faire une étude de la balance de consommation, puis vous vérifierez l'adaptation de la balance avec les essais de mesure de consommation pleine charge.

Vous utiliserez le document 1 (renseignements techniques), le document 3 expliquant le principe de fonctionnement de la balance et les informations de consommation du document réponse N°2.

3.1 : Étude du flotteur.

3.1.1 : Après avoir isolé le plongeur, établir la relation permettant de calculer la force sur le capteur ($F_{capteur}$) en fonction de la poussée d'Archimède (P_a) et du poids du plongeur (P_p).

3.1.2 : Donner la relation littérale de la poussée d'Archimède en fonction des caractéristiques dimensionnelles du plongeur, de la hauteur h immergée (h_{immer}) et de la masse volumique du carburant (ρ_{carb}).

3.1.3 : En déduire la relation littérale de la force sur le capteur en fonction des caractéristiques du plongeur, de la hauteur immergée et de la masse volumique du carburant.

3.1.4 : Application numérique :

a) Montrer que la force sur le capteur est égale à :

$$F_{capteur} = 17,66 - 64,70 \times h_{immer}$$

b) En déduire la hauteur immergée du plongeur pour que la force sur le capteur soit égale à 0 en mm.

crdp Aquitaine

3.2 : Calcul de la consommation.

La masse de carburant consommée est fonction de la différence de hauteur immergée entre le début et la fin de la mesure.
Pour cette partie, on prendra une variation de hauteur maximale de 250 mm.

3.2.1 : Écrire la relation littérale permettant de calculer la masse de carburant consommée en fonction d'une variation de la hauteur immergée du plongeur.

3.2.2 : Calculer la masse de carburant maximale pouvant être consommée au cours d'un essai.

3.3 : Adaptation de la balance au moteur.

3.3.1 : Pour satisfaire aux normes, un essai de consommation en stabilisé doit durer au moins 30 secondes.
Vérifier que cette condition est respectée lors des essais du moteur pleine charge.

crdp Aquitaine

Document 1

Renseignements techniques.

Moteur :
Moteur Diesel suralimenté, 4 cylindres en ligne, 4 temps.
Cylindrée totale : $V_t = 1996\ cm^3$.
Rapport volumétrique : $\varepsilon_{th} = 18/1$.
Régime de couple max : $N_{c\,max} = 2097\ tr.mn^{-1}$.
Couple effectif max : $C_{max} = 252\ N.m$.
Turbocompresseur à régulation purement mécanique.

Carburant.
Formule chimique : $CH_{1,86}$.
Pouvoir calorifique inférieur : $PCI = 42\ 500\ kJ.kg^{-1}$.
Pouvoir comburivore : $PCO = 14,51$.
Masse volumique du carburant : $\rho_{carb} = 840\ kg.m^{-3}$.

Balance de consommation.
Masse du plongeur : $m_p = 1\ 800\ g$.
Diamètre du plongeur : $d_p = 100\ mm$.
Diamètre intérieur du cylindre : $d_c = 130\ mm$
Attraction de la pesanteur : $g = 9,81\ m.s^{-2}$.

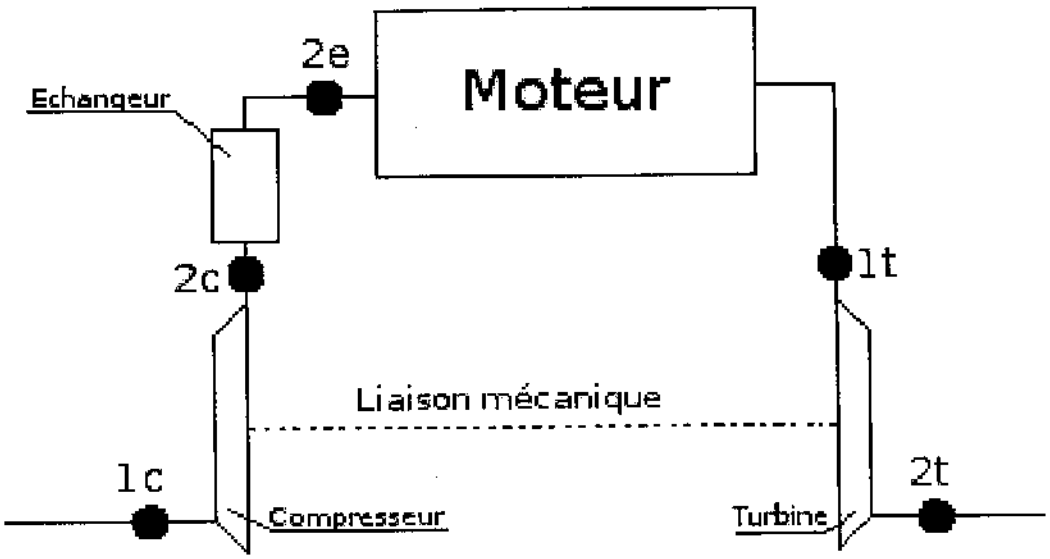


Figure 1 : mise en situation.

crdp Aquitaine

Document 2

Tableau de relevés en pleine charge

Point essai	A	B	C	D	E	F	G
Régime Moteur tr/min	1192	1489	1797	2097	2899	3398	3999
CSE g/kW.h	280	240	216	219	226	236	257
Puissance moteur kW	21,3	35,28	47,61	55,34	67,01	74,84	76,01
Température Air Admission Avant compresseur $t1_c$: °C	26,03	25,02	24,52	24,02	23,51	23,51	23,51
Température Air Admission Après compresseur $t2_c$: °C	99,76	115,1	123,4	122,9	119,6	121,4	118
Température Air Admission Sortie Échangeur $t2_e$: °C	64,92	60,86	51,23	53,41	70,99	59,77	65,64
Pression Admission Entrée Compresseur $P1_c$: mbar	994,9	986,5	977	965,3	941,3	918,3	899
Pression Admission Sortie Compresseur $P2_c$: mbar	1361	1717	1978	2029	2042	2048	2047
Pression Admission Sortie Échangeur $P2_e$: bar	1,35	1,68	1,94	2,01	2,03	2,02	1,99
Richesse	1,02	0,87	0,72	0,71	0,65	0,63	0,61

crdp Aquitaine

Document 3.

Balance de consommation.

La balance de consommation massique est constituée d'un cylindre dans lequel se trouve un plongeur suspendu à un capteur de force.
La plaque supérieure supporte le capteur.
La plaque inférieure intègre toutes les connexions du carburant.
Le débitmètre utilise le principe de la poussée d'Archimède. Il subit une poussée verticale égale au poids de liquide déplacé.
Le capteur de force mesure la différence entre le poids du flotteur et la poussée d'Archimède. Cette force est maximale quand la balance est vide.

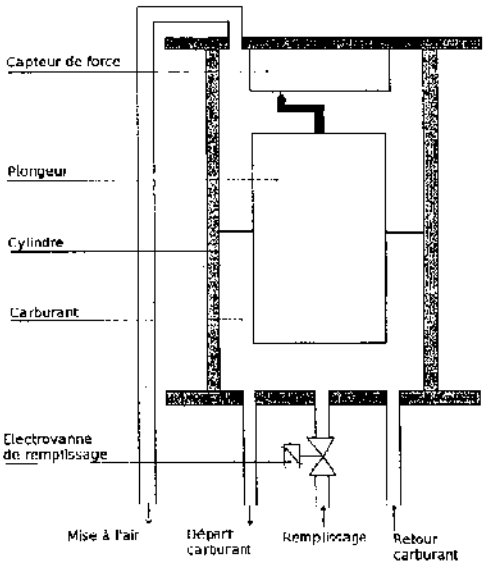


figure 2 : Schéma de principe de la balance.

Rappel du document 1.
Masse du plongeur : m_p = 1 800 g.
Diamètre du plongeur : d_p = 100 mm.
Diamètre intérieur du cylindre : d_c = 130 mm
Attraction de la pesanteur : g = 9,81 $m.s^{-2}$.

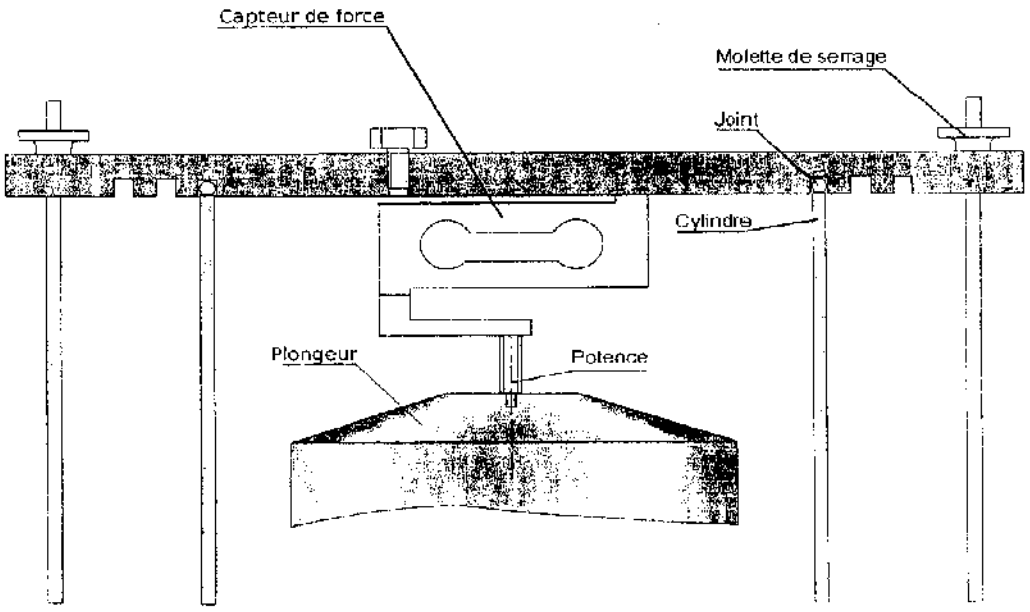
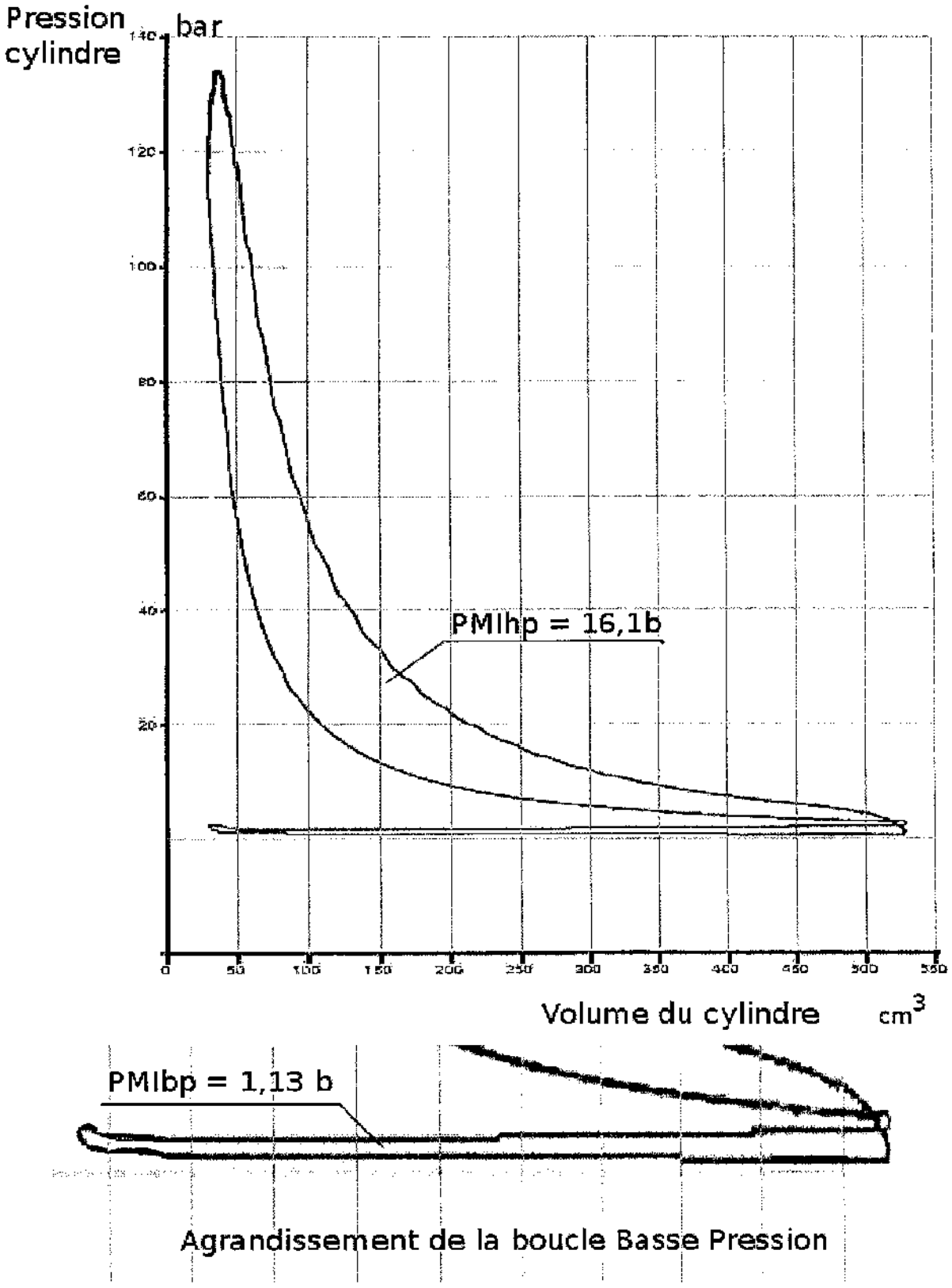


figure 3 : Agrandissement de la partie supérieure de la balance.

crdp Aquitaine

Document réponse N°1.



crdp Aquitaine

Document réponse N°2.

Réponse question 2.1.3.

Point essai	Régime Moteur tr/min	Débit Carburant g/s	Débit Air Réel en g/s	Débit Air corrigé en g/s	Rapport de Pression P2c/P1c
A	1192	1,66	24	24	1,37
B	1489	2,38	39,19	41,36	1,74
C	1797				
D	2097	3,37	70,5	72,1	2,10
E	2899				
F	3398	4,91	113,08	121,4	2,23
G	3999	5,43	130	143	2,28

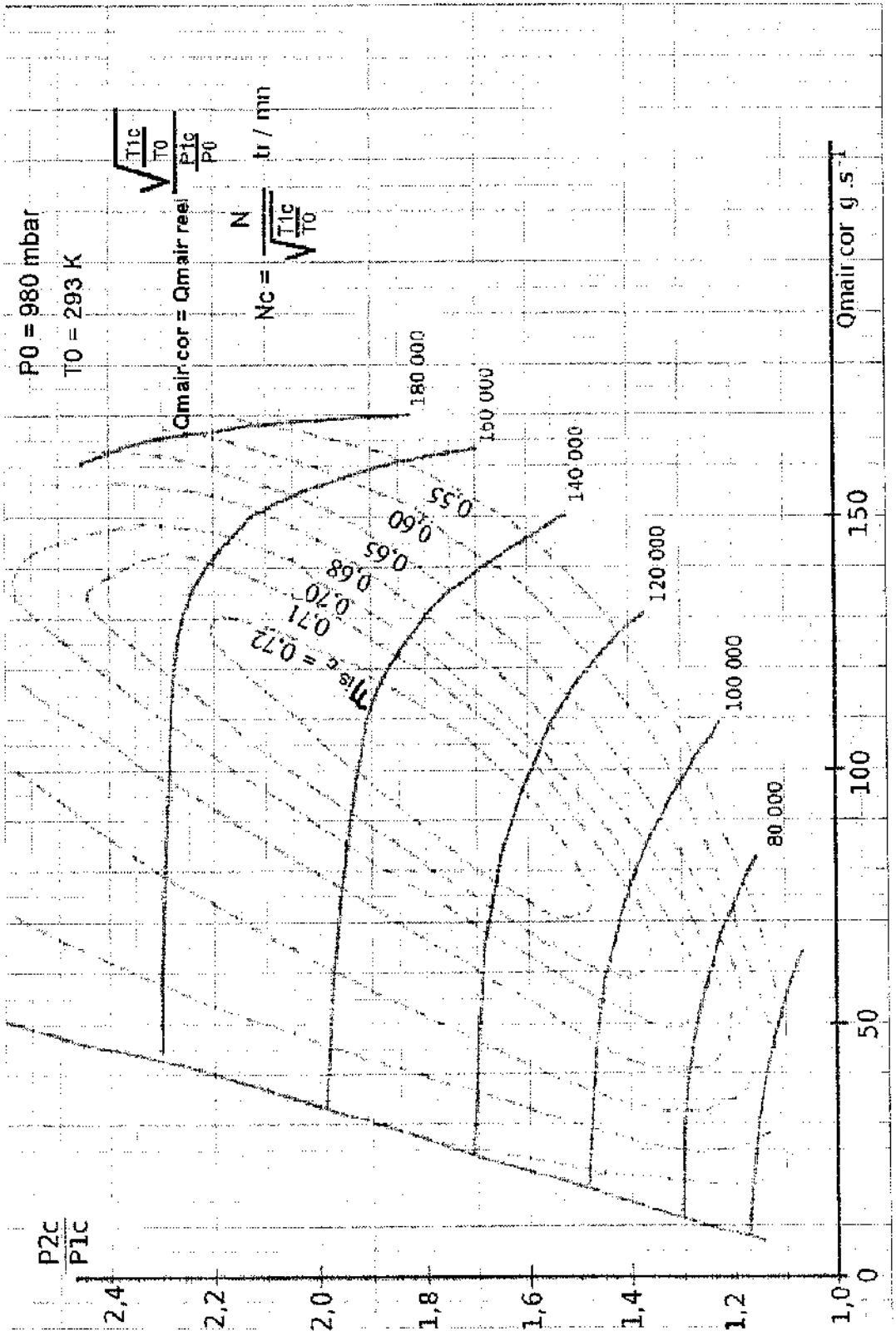
Réponse question 2.2.

Exploitation de la courbe.

Rendement isentropique	
Différence de température réelle (°C ou K)	
Différence de température isentropique (°C ou K).	
Régime de rotation corrigé du compresseur (tr/mn).	
Régime de rotation réel du compresseur (tr/mn).	

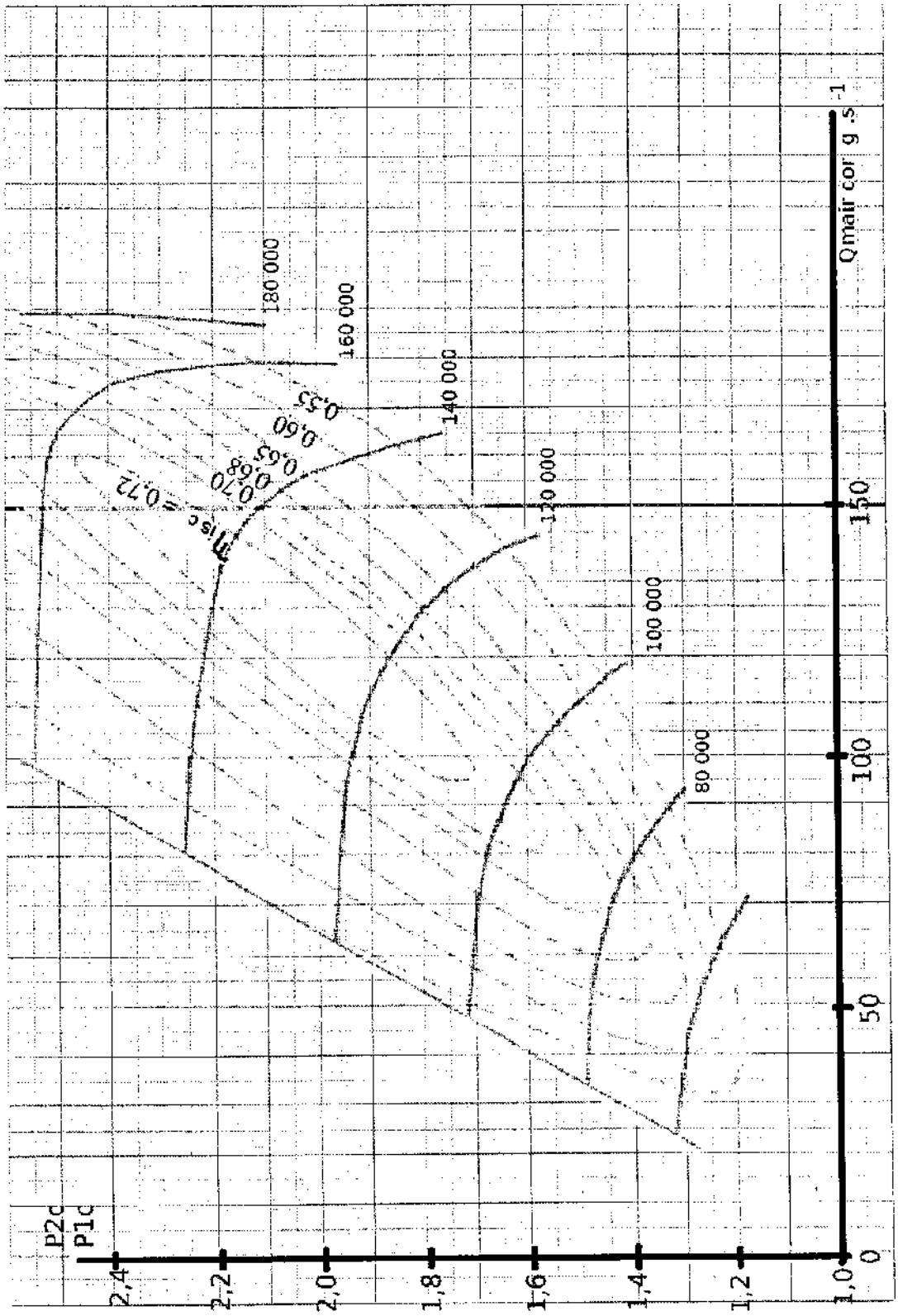
crdp Aquitaine

Document réponse N°3.



crdp Aquitaine

Document réponse N°4.



crdp Aquitaine