

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

MOTEURS À COMBUSTION INTERNE

Session 2005

ÉTUDE DES MOTEURS

U 51 EXPLOITATION D'ESSAIS MOTEURS

Durée 3 h – Coefficient 3

Aucun document autre que le sujet n'est autorisé

L'usage de la calculatrice est autorisé

Documents à rendre avec la copie : DR1, page : 1/6
DR2, page : 2/6
DR3, page : 3/6
DR4, page : 4/6
DR5, page : 5/6
DR6, page : 6/6

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

Le sujet comporte 9 pages numérotées de 1/9 à 9/9.

Le dossier réponse comporte 6 pages numérotées de 1/6 à 6/6.

CODE ÉPREUVE : MOESEEM		EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : MOTEURS À COMBUSTION INTERNE	
SESSION 2005	SUJET	ÉPREUVE : ETUDE DES MOTEURS EXPLOITATION D'ESSAIS MOTEURS - U51		Calculatrice autorisée :oui	
Durée : 3h		Coefficient : 3		N° sujet : 74NB05	
				Page : 1 /9	

Support et objectifs de l'étude .

Support de l'étude.

L'étude porte sur un problème de quantification des pertes par frottements pour un moteur, afin d'élaborer une cartographie du couple moyen de frottement CMF en fonction des températures d'eau et d'huile moteur.

Objectifs de l'étude :

- ✓ **Mesurer** les pertes par frottements en fonction des paramètres de températures d'huile et d'eau.
- ✓ **Analyser** l'influence de la montée en température du moteur sur les rendements.

Elle permettra :

- de **rédiger la procédure d'essai** afin d'obtenir les données spécifiques.
- de **déterminer les relations** nécessaires à l'obtention des résultats.
- de faire les **applications numériques**.
- d'**interpréter** les résultats.

L'étude comprend 2 parties.

Presentation du sujet -----45 minutes
1^{ière} partie : Procédure d'essai.-----75 minutes
2^{ème} partie :Détermination des expressions des rendements à calculer.----- 60 minutes

les 2 dernières parties sont indépendantes .

Composition du dossier :

- ✓ Texte : 9 pages
- ✓ Documents réponses : 6 pages

Présentation du sujet

lecture approfondie indispensable

Objectif de l'essai :

- ↪ Quantifier les pertes par frottement en fonction des températures d'eau et d'huile.

Etude de l'essai :

Cahier des charges :

- ✓ **Moteur** : 4 cylindres, 8 soupapes, 4 temps

Cylindrée :	1 360 cm ³
Puissance – Régime :	71 kW – 5 300 tr.mn ⁻¹
Couple – Régime :	135 Nm – 2900 tr.mn ⁻¹
Alésage * Course (mm):	75 * 77
Rapport volumétrique :	10,5 : 1

- ✓ **Configuration moteur** :

- x Lignes d'admission et d'échappement conformes au véhicule,
- x Huile neuve répondant aux spécifications constructeur,
- x Pompes de direction assistée et de climatisation entraînées (à vide),
- x Alternateur ne débitant aucune intensité (à vide),
- x Compressions nominales du moteur,
- x Tous les filtres sont neufs.

- ✓ **Equipement spécifique moteur** :

- x Un système de régulation de température du liquide de refroidissement (T°eau),
- x Un échangeur eau moteur/huile (type Modine) qui ne représente qu'une temporisation de montée en T° huile, afin d'acquérir les mesures.
- x La température d'huile maximum autorisée est de 110°C.

- ✓ **Equipement cellule d'essais** :

- x La cellule est équipée d'un frein : **machine de charge et d'entraînement** de puissance 220 kW (machine asynchrone).
- x Equipement de macération :

une régulation de température de cabine d'essais de + 20° C
minimum à 60°C maximum.

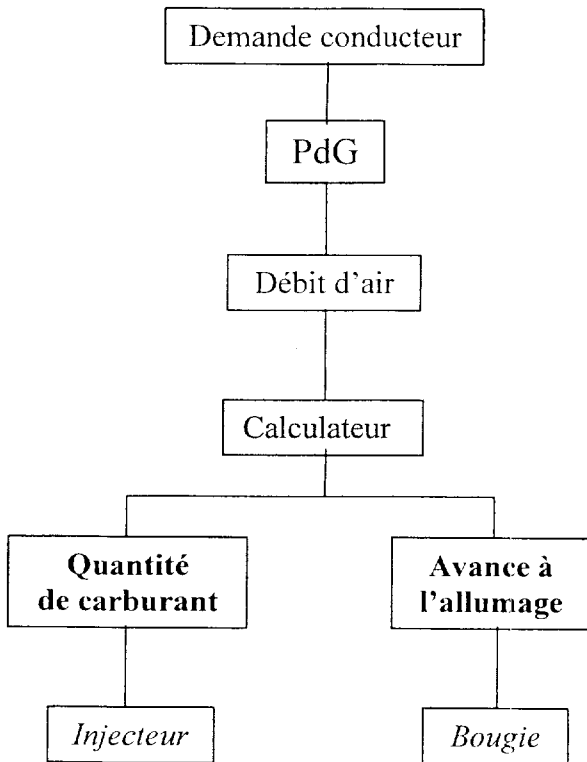
Principe de fonctionnement du système étudié « Structure Couple » :

Le principe classique de commande de variation d'énergie (charge) par la modification de la quantité d'air (P.d.G.) est remplacée par une commande directe d'énergie (C.M.E. – Couple Moyen effectif) au calculateur qui gèrera les trois paramètres moteur :

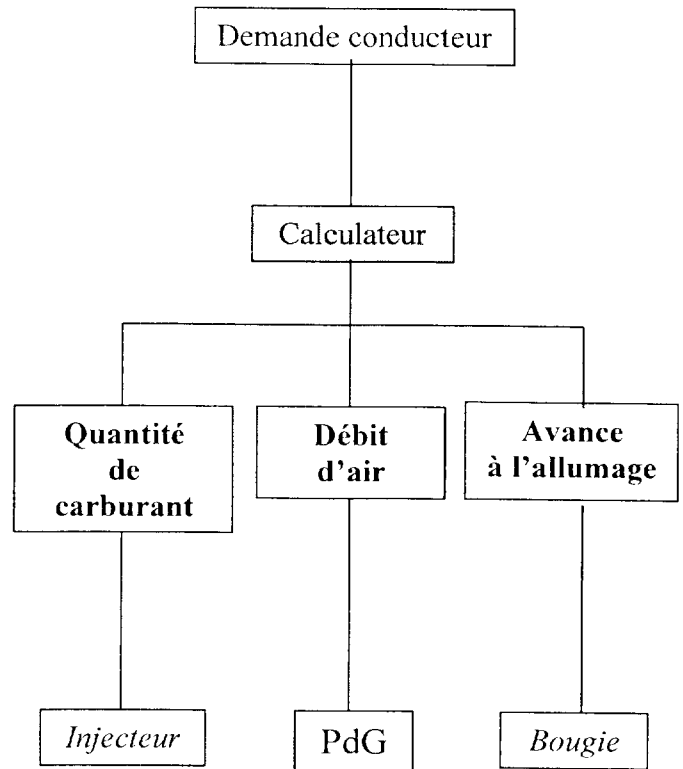
- ✓ Remplissage (Φ_r).
- ✓ Richesse (R).
- ✓ Avance à l'Allumage (AA).

Grphe de commande :

Commande classique

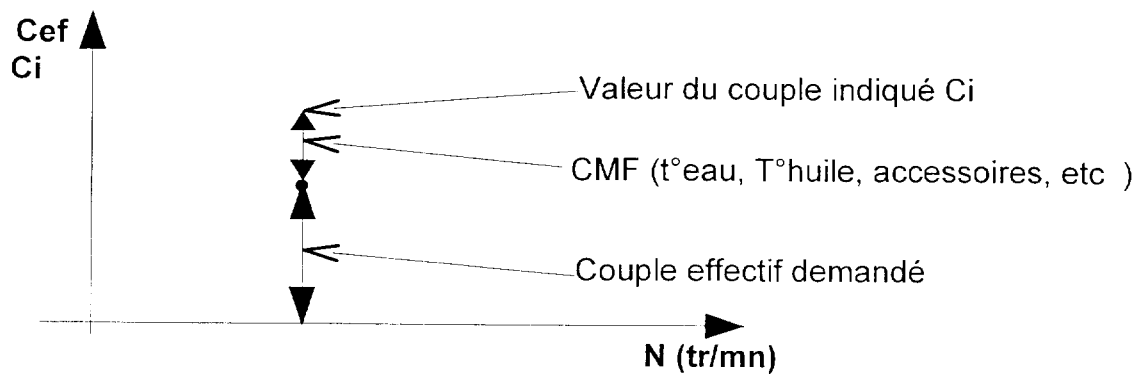


Structure couple



Etude plus approfondie des informations données au calculateur :

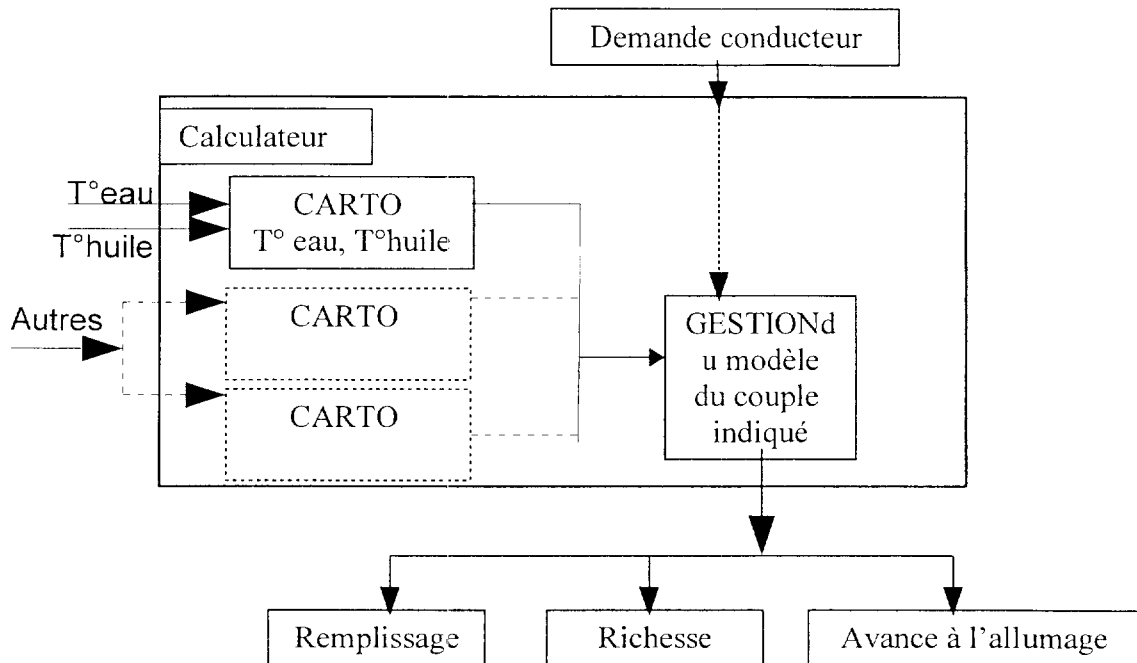
De plus en plus, le moteur est équipé d'accessoires qui exige une demande soudaine d'énergie. La structure couple permet de ne pas modifier le couple de sortie en gérant la demande au niveau indiqué et en quantifiant les pertes dites de frottement (CMF)



La quantification de la CMF dépend

- De la variation des pertes par frottement, fonction des températures d'eau et d'huile moteur.
- Des accessoires.
- Etc

Toutes ces informations seront contenues dans les cartographies du calculateur.



Etude de la CMF.

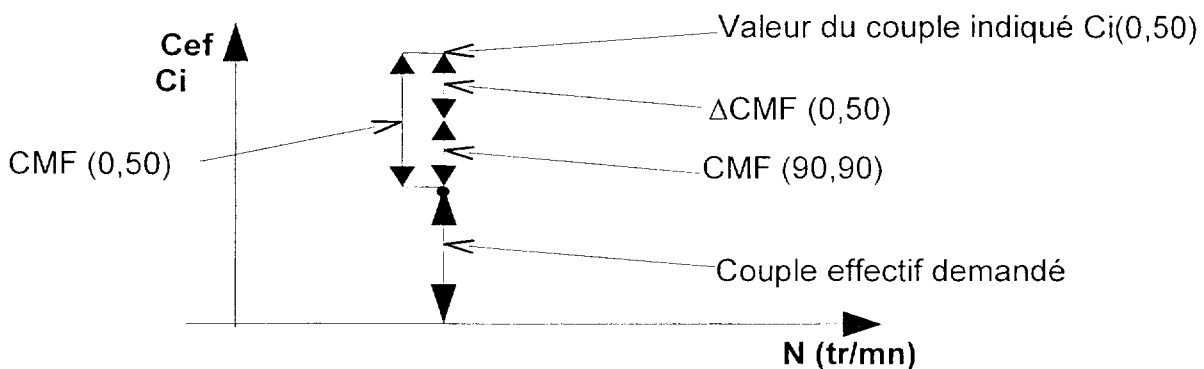
Le couple moyen de frottement CMF représente le couple que doit fournir le moteur pour vaincre le frottement, assurer l'entraînement de la distribution, des accessoires en charge ou à vide.

Ces différents éléments ont des valeurs variables qu'il faut tenir compte et qu'il faut entrer dans les cartographies sous forme de variations.

On se propose de faire l'étude des essais et la détermination de la cartographie correspondant aux variables de températures d'eau (T_e) et d'huile (T_h).

Principe utilisé

On se propose de remplir un tableau de cartographie contenant les variations de CMF ($\Delta CMF(T_e, T_h)$) par rapport à une CMF de référence correspondant à un fonctionnement normal ($T_e = 90, T_h = 90$).



**TABLEAU DES Δ CMF(T_e ; T_h)
pour la variation des températures d'eau et d'huile**

		Température d'eau														
		-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	100	
Température d'huile	-20															
	-10															
	0															
	10															
	20															
	30															
	40															
	50			Δ CMF (0,50)												
	60															
	70															
	80															
	90												Δ CMF (90,90)			
	100															
	110															
	120															

CMF de référence = CMF(90,90)

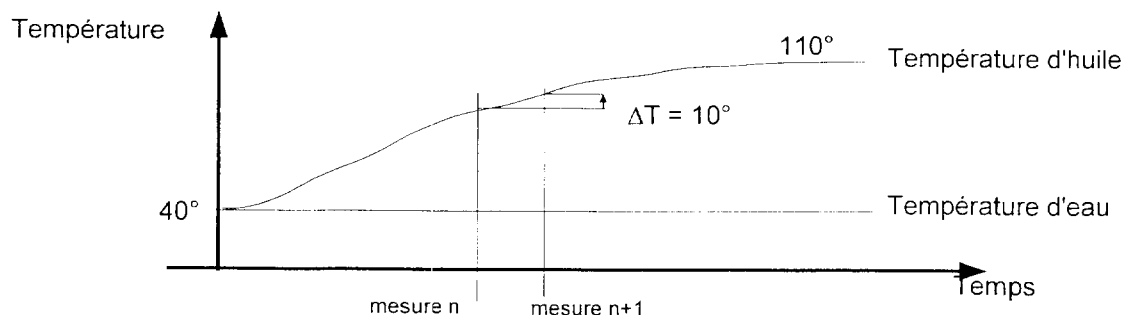
$$\Delta\text{CMF}(T_e, T_h) = \text{CMF}(T_e, T_h) - \text{CMF}(90, 90)$$

Exemple

$$\Delta\text{CMF}(0, 50) = \text{CMF}(0, 50) - \text{CMF}(90, 90)$$

Conditions d'essais :

- L'étude sera faite pour **2 points de fonctionnement moteur aux régimes de 2900 tr.mn⁻¹ et 5300 tr.mn⁻¹ en charge partielle.**
- L'essai se fait dans une cabine après macération du moteur toute la nuit à une température d'air ambiant voulue afin d'obtenir une même température d'eau et d'huile de départ.
- Chaque essai (un par jour) se fait à T°eau constante et T°huile variable.
- Graphe d'évolution des températures au cours d'un essai (température d'eau 40°)



Résultats des essais

Configuration d'essai du moteur

N (tr/mn)	2900 (N de Cef maxi)	5300 (N de Pmaxi)
Couple effectif en Nm	108.6	101.9
Richesse	1.052	1.098
Débit d'air (kg/h)	119.3	201.4

Correction richesse en fonction de la température d'eau :

Te (°C)	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	100
Coef.cor	0.500	0.438	0.344	0.203	0.133	0.094	0.070	0.047	0.024	0.008	0	0	0	0

Pour obtenir la richesse à une température donnée, il faut appliquer la formule suivante.

$$R_{\text{finale}} = R \cdot (1 + \text{Coef.cor})$$

Couple Moyen de Frottement : CMF(Te;Th) en Nm:

(Te, Thuile) °C	(-20,-20)	(0,-10)	(30,20)	(60,50)	(90,90)	(95,120)
CMF global pour N = 2900 tr/mn	32.75	28.00	18.25	13.00	8.75	9.50
CMF global pour N = 5300 tr/mn	39.5	34.	25.	19.75	15.50	16.25

1^{ère} partie : Procédure d'essai

(Documents réponse N°1; 2; 3;4 et 5)

1-1) Questionnaire sur le frein : (document réponse N°1 et 2)

1-1-1 A partir des Documents réponses DR N°1(Champ d'utilisation du frein) etDR N°2, tracer la courbe de couple limite du frein en justifiant vos calculs.

1-1-2 Justification du choix du frein

Tracer l'allure de la courbe de puissance du moteur à partir des deux points des caractéristiques moteur sur le champ d'utilisation du frein. Conclusion sur l'adaptation frein- moteur.

1-2) Questionnaire sur les essais (document réponse DR N°3):

La mesure des frottements est réalisée par la coupure d'injection dans la configuration d'essais et la mise en fonctionnement entraînement du moteur asynchrone.

1-2-1 Etude des éléments moteur qui seront mesurés dans la CMF des essais.

Compléter le document réponse DR N° 3.

1-2-2 Etude de la procédure (document réponse DR N°3):

1-2-2-1 A partir de la lecture du cahier de charges et des conditions d'essais et pour un régime, une température d'eau régulée et un balayage de température d'huile, définir les 5 principales étapes de la procédure d'essai (**à faire sur copie**).

1-2-2-2 Pour l'ensemble des essais et compte tenu des équipements et des conditions d'essais, griser les cases qui feront l'objet d'une acquisition (**document réponse N° 3**).

1-3) Questionnaire sur le calcul de $\Delta CMF(T_e;T_h)$ (documents réponse DR N°4 et N°5):

Objectif : Estimation de $\Delta CMF(T_e;T_h)$ sans réalisation d'essais.

A partir de la courbe d'évolution CMF – T° huile (Voir document réponse N°4) pour une régulation de température d'eau à 40°C et une vitesse de 2900tr/mn

1-3 -1 Déterminer les valeurs de CMF correspondantes aux températures des cases vides grisées du document réponse DR N° 4.

1-3-2 Compléter les valeurs manquantes de $\Delta CMF(T_e;T_h)$ dans les cases grisées du tableau de valeurs (document réponse DR N°4).

1-3 -3 Sur le document réponse DR 5 pour une fréquence de rotation de $N=2900$ tr/mn, une température d'eau de 40° C et une température d'huile de 50° C avec une demande de couple effectif de 108.6 Nm, positionner le point de couple indiqué $C_i(40,50)$

2^{ème} partie : Détermination des expressions des rendements à calculer.

Documents réponse DR N° 6

Objectif : Etude de l'évolution des rendements lors d'une montée en Température moteur.

Etude théorique préliminaire pour déterminer les rendements.

• Liste des Données disponibles :

- Couple moyen effectif corrigé : C_e ou CME Nm
- Couple de frottements : CMF Nm
- Débit d'air moteur : $Q_{m_{air}}$ kg.h⁻¹
- Richesse finale: R_f
- Régime moteur : N tr.mn⁻¹
- Pouvoir calorifique Inférieur : PCI J.g⁻¹
- Pouvoir comburivore : PCO

2-1) Questionnaire sur l'évolution des rendements.

A partir des données ci-dessus et en tenant compte des unités

2-1-1 Déterminer la relation entre le CME, CMF et le CMI.

2-1-2 A partir de la relation du dosage, donner la relation littérale de la quantité de carburant par cycle pour le moteur (m_{carb} en g.cycle⁻¹).

2-1-3 Donner la relation littérale du rendement indiqué.

2-1-4 Donner la relation littérale du rendement mécanique.

2-1-5. Donner la relation littérale du rendement effectif.

Application numérique :

Conditions d'essais : (rappel)

- ✓ charge partielle (voir tableau résultats d'essais page 7/9)
- ✓ $N = 2900 \text{ tr.mn}^{-1}$ et 5300 tr.mn^{-1}
- ✓ $PCI = 42\,400 \text{ J.g}^{-1}$
- ✓ $P_{co} = 14,39$
- ✓ **Hypothèse** : $Q_{m \text{ air}} = \text{constante}$ quelque soit les températures d'eau et d'huile.

2-1-6 Déterminer les différents rendements pour les régimes de 2900 tr.mn^{-1} et 5300 tr.mn^{-1} le couple de température eau huile (0, -10) en tenant compte de la correction de richesse (6 calculs)

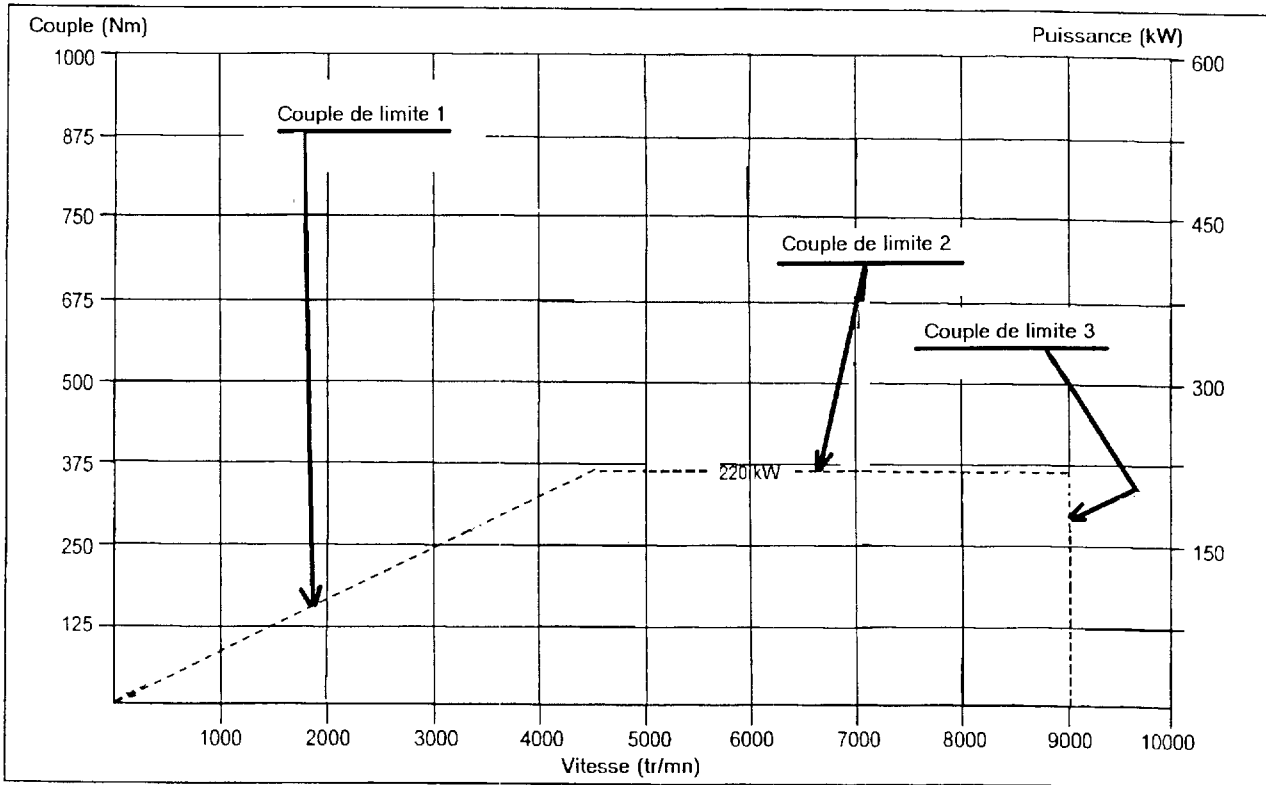
2-1-7. Reporter ces points sur les trois graphes données (Document réponse DR N° 6).

2-1-8 Déterminer la zone de couple de températures de faible influence (Doc. réponse DR N° 6)

➤ En déduire le couple de température optimum.

DOCUMENT REPOSE DR N°1

Champ d'utilisation du frein utilisé :



CODE ÉPREUVE : MOE5EEM		EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SPÉCIALITÉ: MOTEURS À COMBUSTION INTERNE	
SESSION 2005	SUJET	ÉPREUVE : ÉTUDE DES MOTEURS EXPLOITATION D'ESSAIS MOTEURS - U51		
Durée : 3h		Coefficient : 4	N°sujet : 74NB05	Page : 1 / 6

DOCUMENT REPONSE DR2

limites :	Justifications et calculs
limites 1 :	
limites 2 :	
limites 3 :	

Conclusion sur l'adaptation moteur-frein

DOCUMENT REPONSE DR N° 3

1.2 1 Etude des éléments moteur

Compléter le tableau en cochant les cases (*plusieurs choix sont possibles*).

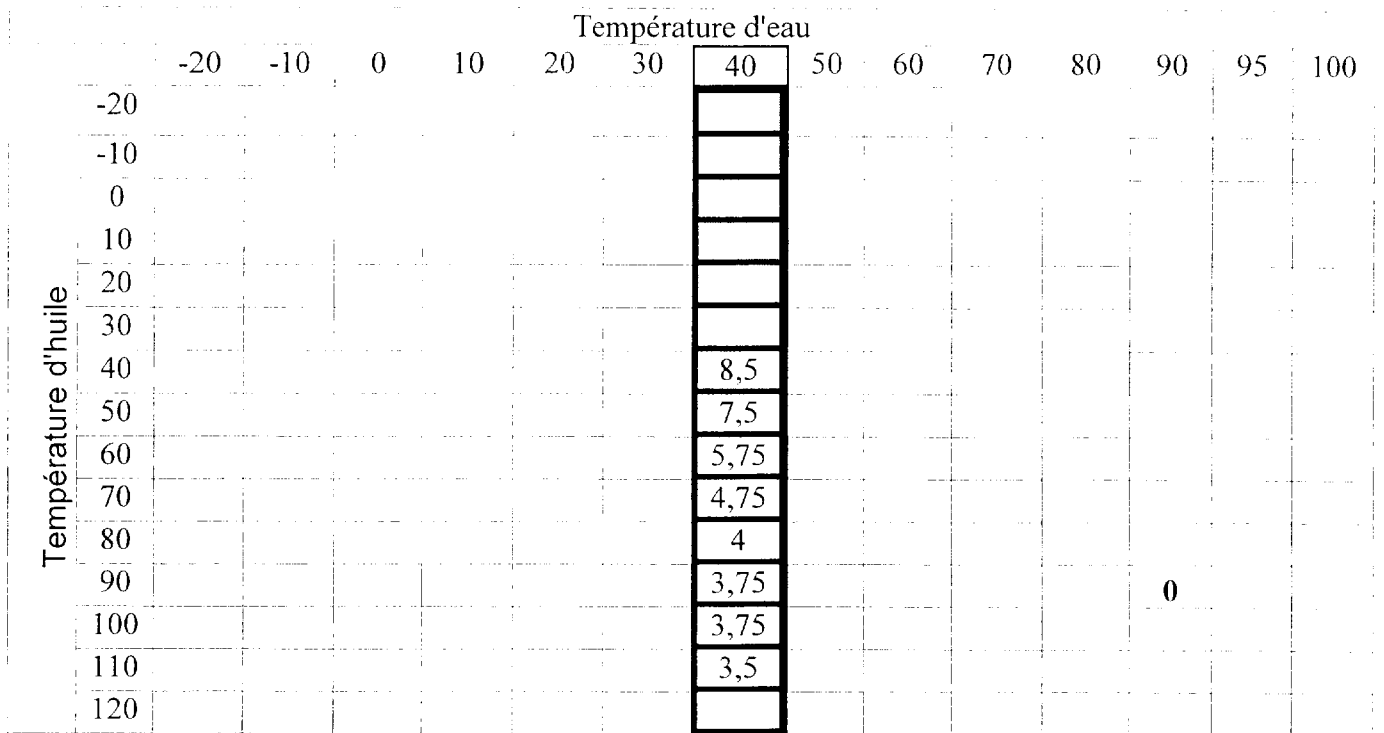
Ensemble des éléments mesurés par la CMF	Élément toujours mesuré dans la CMF	Éléments influencés par les T° d'eau et d'huile	Éléments ne devant pas être mesurés dans la CMF de variation de T° d'eau et d'huile
Pompage moteur :			
Frottements de surfaces (Syst. bielle/manivelle) :			
Pompe à eau :			
Pompe à huile :			
Alternateur à vide:			
Alternateur en charge			
Distribution :			
Frottement courroie :			
climatisation à vide :			
Climatisation en charge :			
Pompe de direction assistée à vide:			
Pompe de direction assistée en charge:			

1-2-2 Questionnaire sur la procédure : question 1-2-2-2,

		Température d'eau													
		-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	100
Température d'huile	-20														
	-10														
	0														
	10														
	20														
	30														
	40														
	50														
	60														
	70														
	80														
	90														
	100														
110															
120															

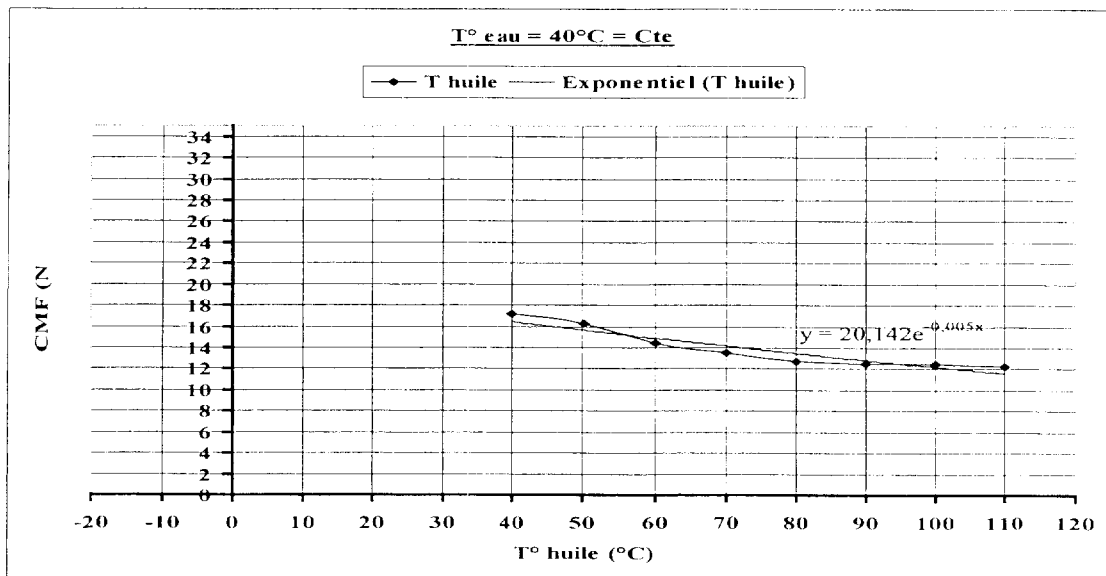
DOCUMENT REPONSE DR N° 4

Tableau des valeurs de : $\Delta CMF (T_e, T_h)$:



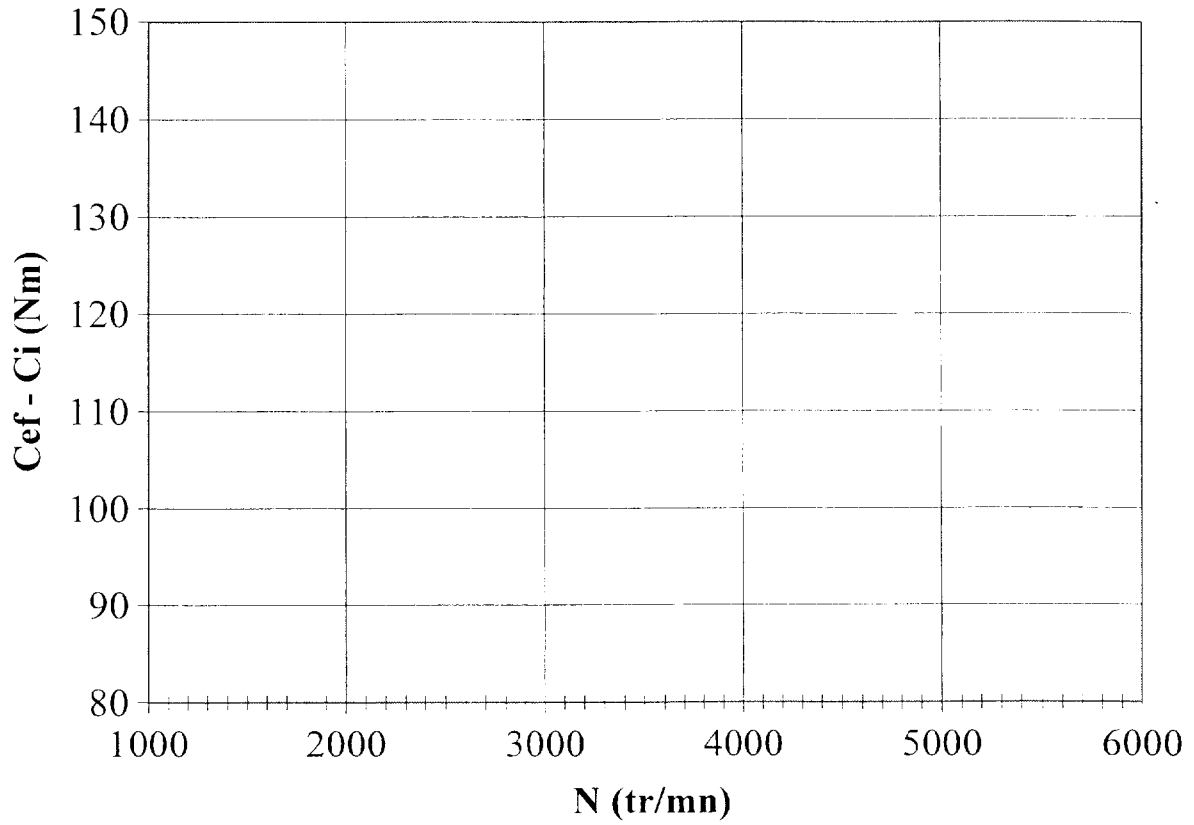
Courbe d'évolution de la $CMF(T_e, T_h) = f(T_h)$ pour une régulation de Température d'eau à $40^\circ C = C_{te}$:

Ainsi que la courbe de tendance dont l'équation est : $CMF(T_e, T_h) = 20,142e^{-0,005T_h}$

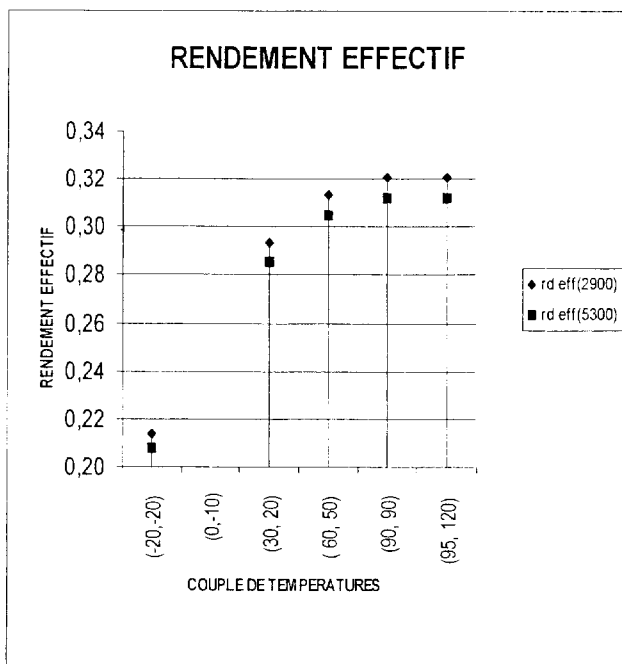
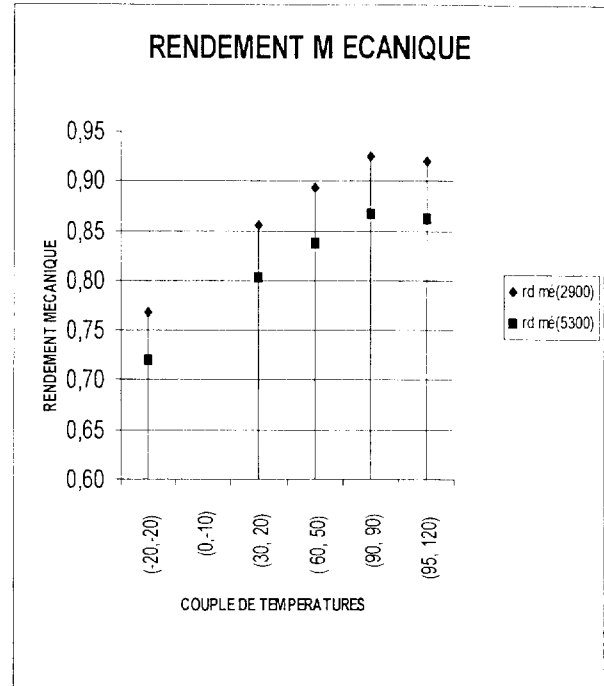
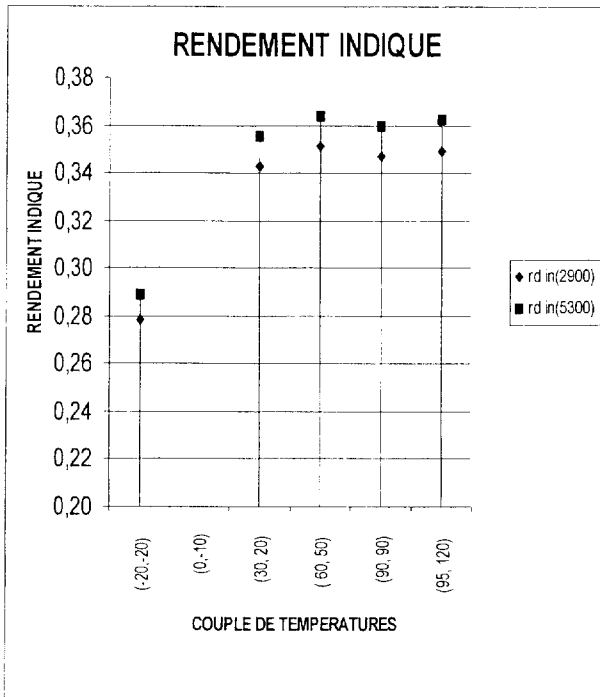


DOCUMENT REPONSE DR N° 5

champ de couple effectif et indiqué



DOCUMENT REPONSE DR N° 6



Réponse à la question 2.1-8