

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

MOTEURS À COMBUSTION INTERNE

SESSION 2007

ÉTUDE DES MOTEURS

U 52 ÉTUDE ET ANALYSE DES MOTEURS

Durée 3 h - Coefficient 3

Le sujet comporte trois parties indépendantes, il est conseillé de consacrer à chaque partie :

Lecture du sujet	0h15'
1 ^{ère} partie : Etude fonctionnelle du circuit d'air	1h
2 ^{ème} partie : Etude du circuit d'admission	1h
3 ^{ème} partie : Etude de la chaîne de mesure de température	0h45'

Aucun document autre que le sujet n'est autorisé.
L'usage de la calculatrice est autorisé.

Les documents réponse 1, 2 et 3 respectivement page 9, 10 et 11 sont à rendre avec la copie

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

Le sujet comporte 11 pages, numérotées de 1 à 11.

CODE ÉPREUVE : 0706MOE5EAM		EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SPÉCIALITÉ : MOTEURS À COMBUSTION INTERNE
SESSION 2007	SUJET	ÉPREUVE : ÉTUDE DES MOTEURS ÉTUDE ET ANALYSE DES MOTEURS – U 52	
Durée : 3h	Coefficient : 3	Code sujet : 13EM06	Page : 1 / 11

1^{ère} Partie : Etude du Circuit RGE (EGR).

Objectif :

Effectuer l'analyse fonctionnelle de la structure RGE.

Travail demandé :

Partie 1.1 : Rôle et fonctionnement du RGE.

Voir **Document ressource 1** page 7.

Question 1.1.1 Rôle du RGE.

- Sur quel polluant le système RGE agit-il ?
- Justifier par au moins un argument l'effet de la RGE sur la réduction de ce polluant ?

Question 1.1.2 Principe de Fonctionnement du RGE.

- Identifier les éléments du système RGE sur le schéma pneumatique normalisé (**document réponse 1**), à l'aide du **document ressource 1**.
- Compléter les lignes 2, 3, 4 et 5 du tableau **document réponse 1**. Utiliser les termes indiqués sur ce document.
- Compléter les lignes 6 et 7 du tableau **document réponse 1** en supposant $Q_{air} + Q_{RGE} = cte$.
- De quel capteur le calculateur a-t-il besoin pour gérer le taux de RGE ? (voir **document ressource 1**).

Partie 1.2 : Structure RGE.

Voir **Document ressource 2** page 8.

Question 1.2.1 Boucle de régulation RGE

- Citer les paramètres d'entrée qui permettent de déterminer le calcul de la consigne de débit d'air
- Identifier la fonction des blocs de la boucle de régulation **document réponse 2**. Compléter le **document réponse 2**.

Question 1.2.2 Fonction Correcteur PI

- Etablir l'expression littérale de l'écart ε en fonction de Q_{air} et Q_{airc} (consigne) ?
- Tracer qualitativement l'allure du débit d'air Q_{air} et ε à partir de l'action du correcteur PI sur le **document réponse 2**. On considère que le système est du type « second ordre », avec 2 dépassements.
- Indiquer la signification et la fonction « P » du correcteur PI
- Indiquer la signification et la fonction « I » du correcteur PI.

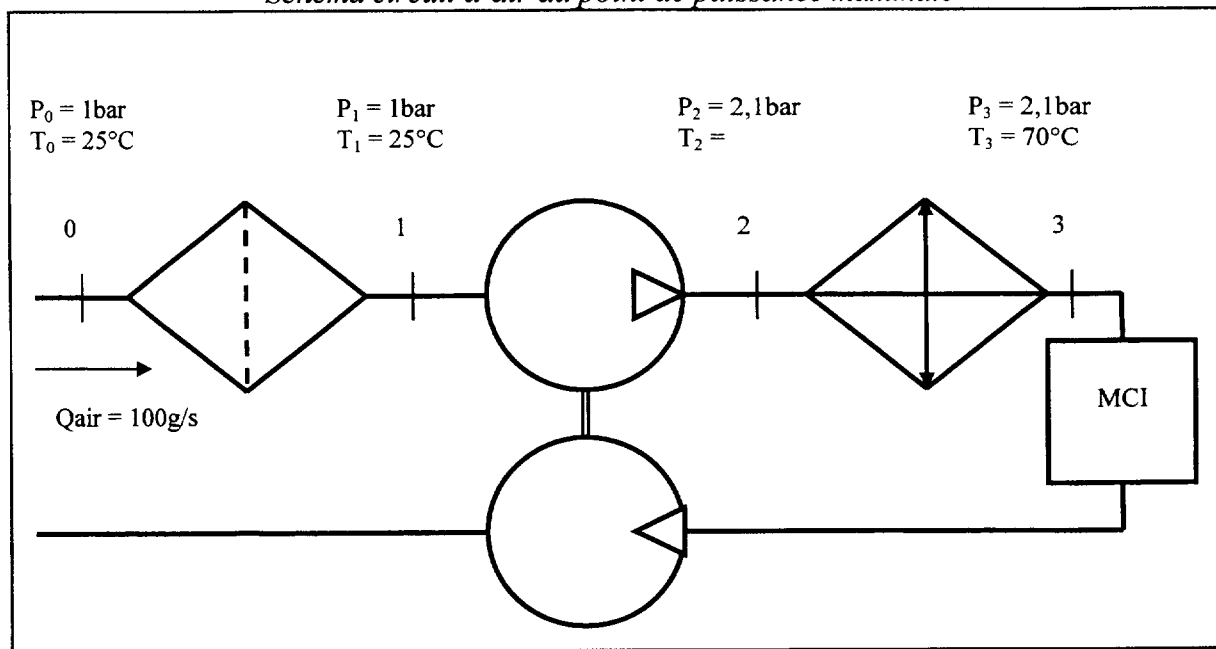
2^{ème} Partie : Etude du Circuit de suralimentation.

Objectif :

Vérifier que le compresseur choisi est adapté au point de puissance maximale.

Présentation :

Schéma circuit d'air au point de puissance maximale



Hypothèses :

L'air entrant dans le moteur est assimilé à un gaz parfait.
Les pertes de charge du circuit d'air sont négligées.

Données :

Caractéristiques moteur :

Cylindrée : $V = 1997 \text{ cm}^3$

Point de fonctionnement étudié :

Puissance effective pleine charge $P_e = 80 \text{ kW}$ au régime N de $4000 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$

Consommation spécifique effective : $C_{se} = 250 \text{ g} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$

Richesse : $R = 0,8$

Caractéristiques gazole :

Pouvoir calorifique : $PCO = 14,5$

Caractéristiques air :

Rapport des chaleurs massiques : $\gamma = 1,4$

Pression et température Circuit d'air : Voir schéma ci-dessus

Cahier des charges

Rendement isentropique compresseur : $\eta_{is} > 75\%$

Efficacité échangeur : $e > 50\%$

Travail demandé

Partie 2.1 : Validation compresseur

Question 2.1.1 : Calcul du débit massique air.

- Exprimer le débit massique de gazole Q_{GO} ($g.s^{-1}$) en fonction de P_e et C_{se} .
- Exprimer le débit massique d'air Q_{air} ($g.s^{-1}$) en fonction de Q_{GO} , R et PCO , puis en fonction de P_e , C_{se} , R et PCO .
- Calculer le Q_{air} exprimé en $g.s^{-1}$.

Question 2.1.2 : Point de fonctionnement dans le champ compresseur.

- Calculer les coordonnées du point de fonctionnement. Placer ce point sur le **document réponse 3**.
- En déduire le rendement isentropique η_{is} . Conclure.

Partie 2.2 : Validation Echangeur

On prendra pour la suite du problème $\eta_{is} = 0,76$.

Question 2.2.1 : Calcul de la température T2.

- Exprimer sous forme littérale la température isentropique sortie compresseur T_{2is} en fonction de T_1 , P_1 , P_2 et γ .
- Calculer T_{2is} .
- Exprimer le rendement isentropique η_{is} en fonction de T_{2is} , T_2 et T_1 .
- Calculer T_2 .

Question 2.2.2 : Vérification efficacité échangeur.

- Exprimer l'efficacité e en fonction de T_2 , T_3 et T_0 .
- Calculer l'efficacité, conclure.

3^{ème} Partie : Chaîne de mesure de température air admis

Objectif :

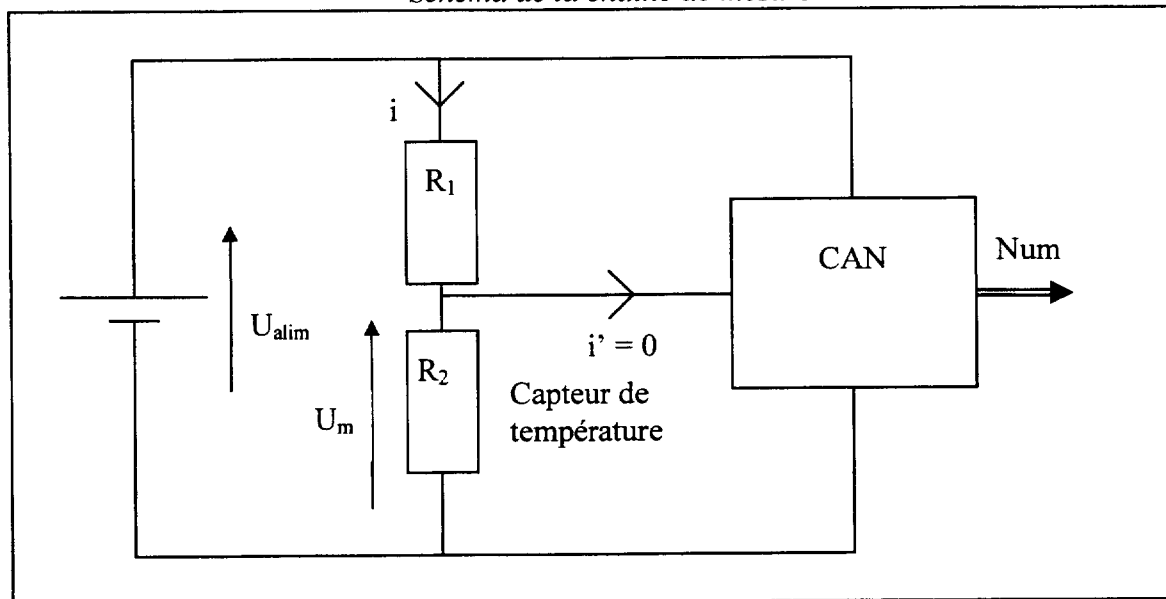
Déterminer l'incertitude due à la chaîne de mesure de température.

Présentation :

La mesure de la température est réalisée à l'aide d'une chaîne de mesure constituée de :

- Un capteur de température : Thermistance de type CTN.
- Un conditionneur : Pont diviseur de tension.
- Un Convertisseur Analogique Numérique (CAN).

Schéma de la chaîne de mesure



Données :

Caractéristiques des différents constituants de la chaîne de mesure :

- Thermistance : Résistance nominale à 25°C : $R_2 = 2\text{k}\Omega \pm 20\Omega$.
- Pont diviseur de tension : $U_{alim} = 5\text{V} \pm 50\text{mV}$; $R_1 = 3\text{k}\Omega$.
- CAN : $U_{alim} = 5\text{V}$; convertisseur 8 bits.

Hypothèses :

L'impédance d'entrée du CAN est très élevée devant les résistance du pont ; l'intensité du courant i' est donc négligeable ($i' = 0$).

On néglige l'incertitude de la résistance R_1 devant celle de la résistance R_2 .

On néglige l'incertitude due aux composants du CAN.

Travail demandé

Partie 3.1 Incertitude sur U_m due au pont diviseur

Question 3.1.1 Calcul de U_m à 25°C

- Déterminer l'expression de U_m en fonction de R_1 , R_2 et U_{alim} .
- Calculer U_m à 25°C.

Question 3.1.2 Calcul de l'incertitude sur U_m due au pont diviseur à 25°C

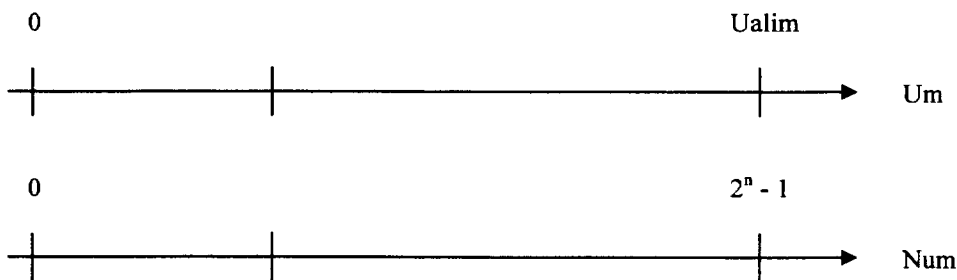
On montre que l'incertitude absolue sur U_m est de la forme :

$$\Delta U_m = \frac{1}{(R_1 + R_2)^2} \sqrt{(R_1 U_{alim} \lim \Delta R_2)^2 + (R_2^2 \Delta U_{alim})^2}$$

Calculer l'incertitude absolue ΔU_m due au pont diviseur.

Partie 3.2 Incertitude sur Num

Question 3.2.1 Calcul de Num à 25°C



- Exprimer Num en fonction de n , U_m et U_{alim} d'après la figure ci-dessus.
- Calculer la valeur de Num à 25°C.

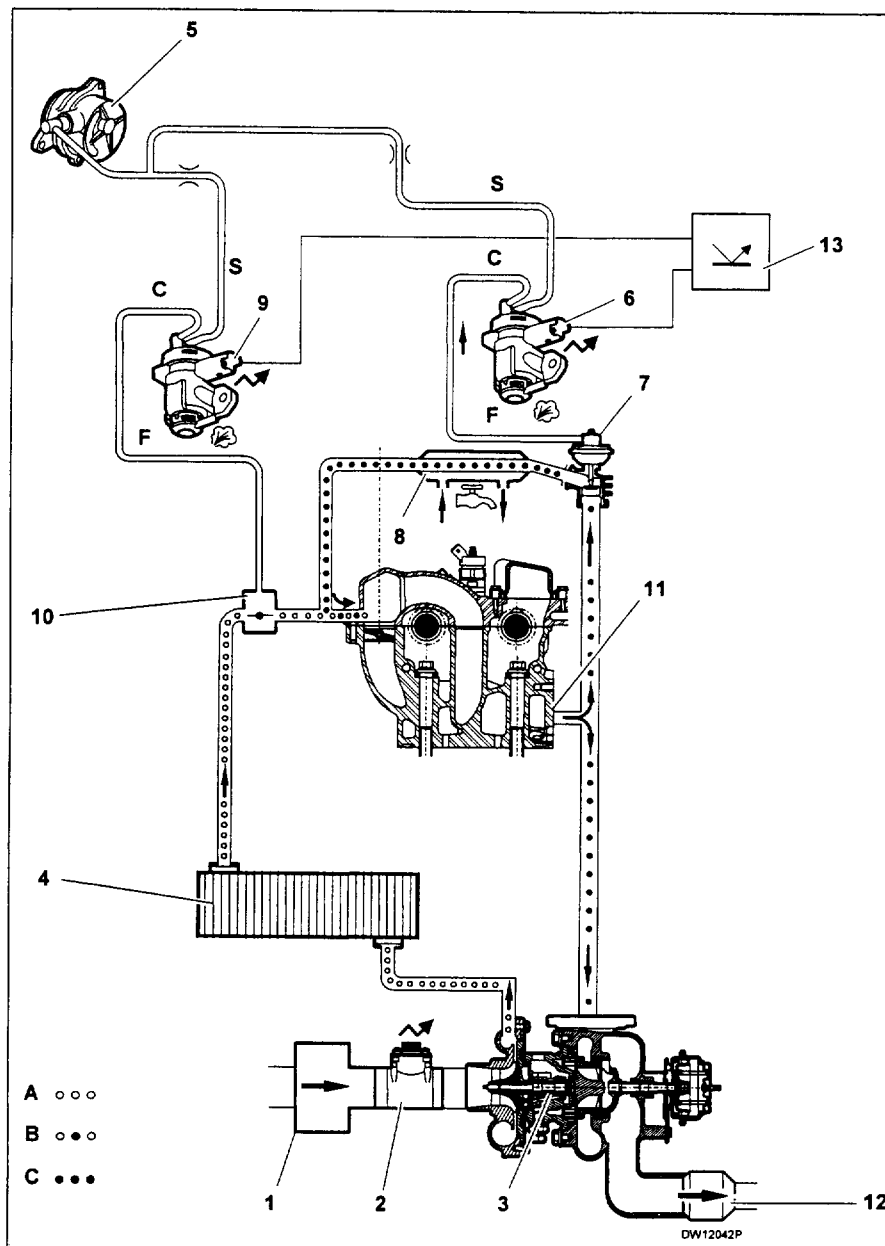
Question 3.2.2 Calcul de l'incertitude sur Num à 25°C due à la conversion numérique

- Calculer la résolution du CAN en $mV.bit^{-1}$.
- Calculer l'incertitude absolue totale ΔU_{mt} .
- En déduire l'incertitude absolue majorante ΔNum sur Num en bit.

Question 3.2.3

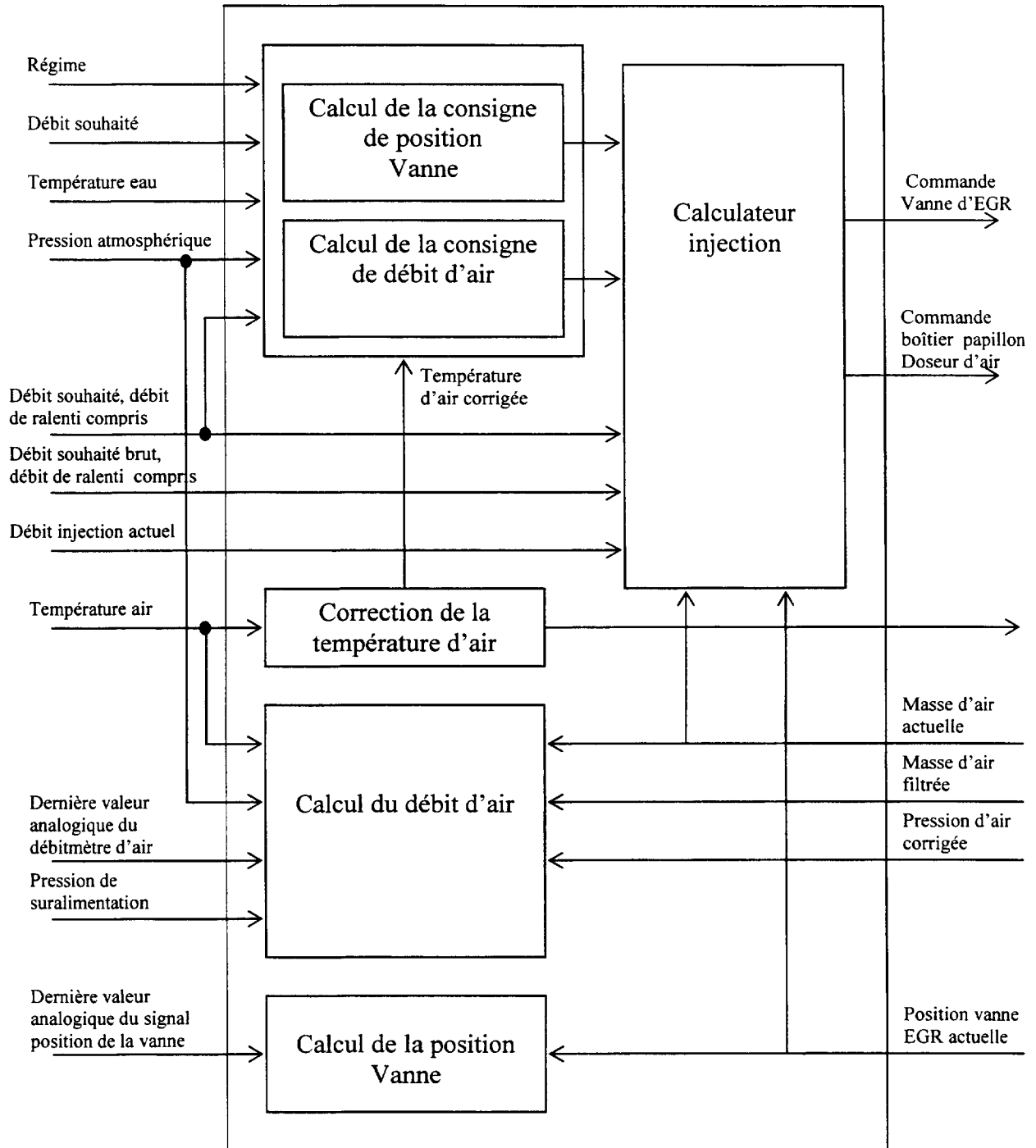
Sachant que la relation liant la valeur de R_2 à la température n'est pas linéaire, proposer une solution pour l'exploitation de Num dans un calculateur (en quelques lignes et / ou un schéma).

Document ressource 1 : circuit de recyclage des gaz d'échappement (RGE)



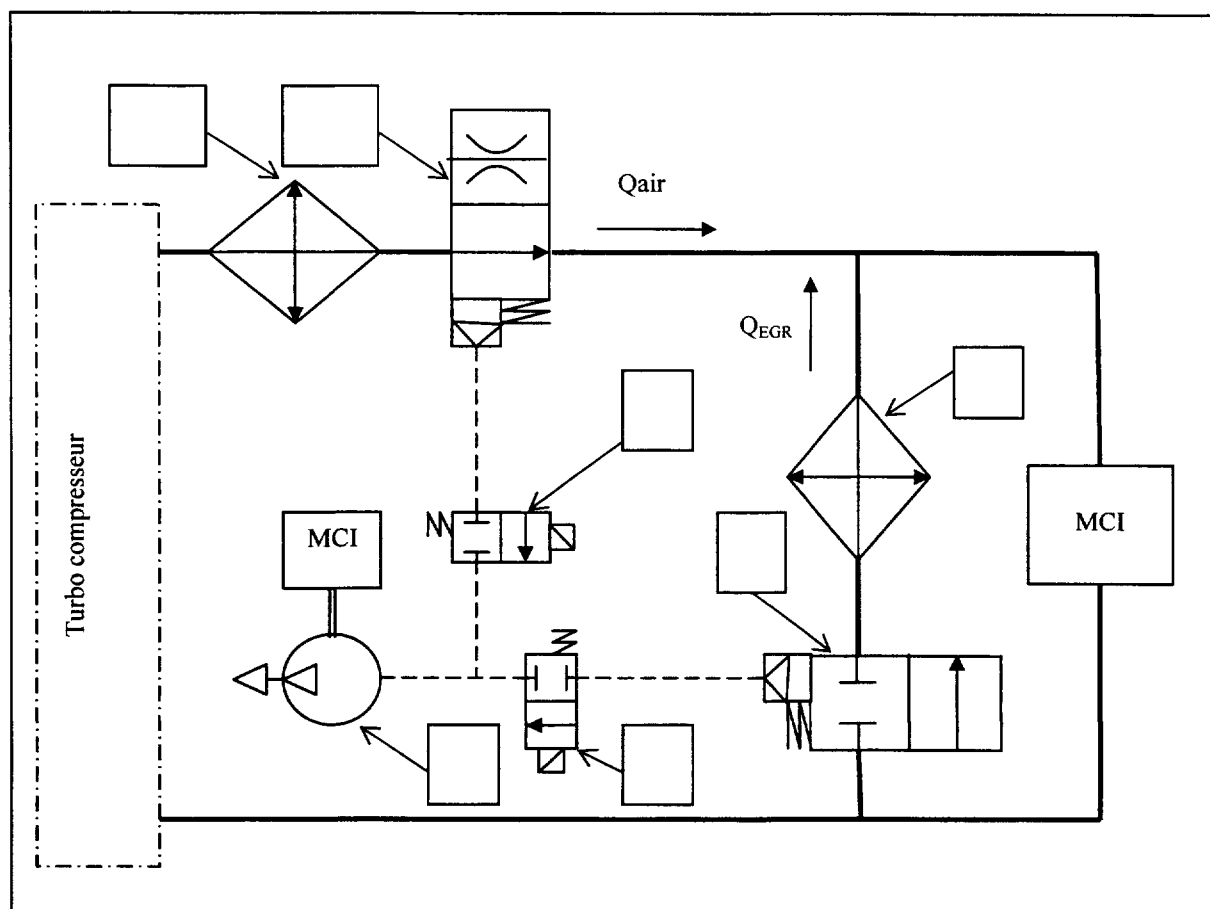
1 : Filtre à air	10 : Boîtier papillon doseur d'air
2 : Débitmètre d'air	11 : Collecteur d'échappement
3 : Turbo compresseur	12 : Filtre à particules + catalyseur
4 : Echangeur thermique air – air	13 : Calculateur de contrôle moteur
5 : Pompe à vide	A : Admission d'air extérieur
6 : Electrovanne de régulation d'RGE	B : Gaz d'échappement + Air
7 : Vanne (ou soupape) d'RGE	C : Gaz d'échappement
8 : Echangeur gaz d'échappement / eau	S : Source de dépression
9 : Electrovanne de commande du boîtier papillon doseur d'air	C : Commande de la soupape RGE ou du doseur d'air
	F : Mise à l'air libre (fuite)

Document ressource 2 : Structure du RGE



Document réponse 1 :

• Schéma du circuit RGE



• Définition du taux de RGE :

$$\Gamma_{RGE}(\%) = \frac{Q_{RGE}}{Q_{RGE} + Q_{air}} \times 100$$

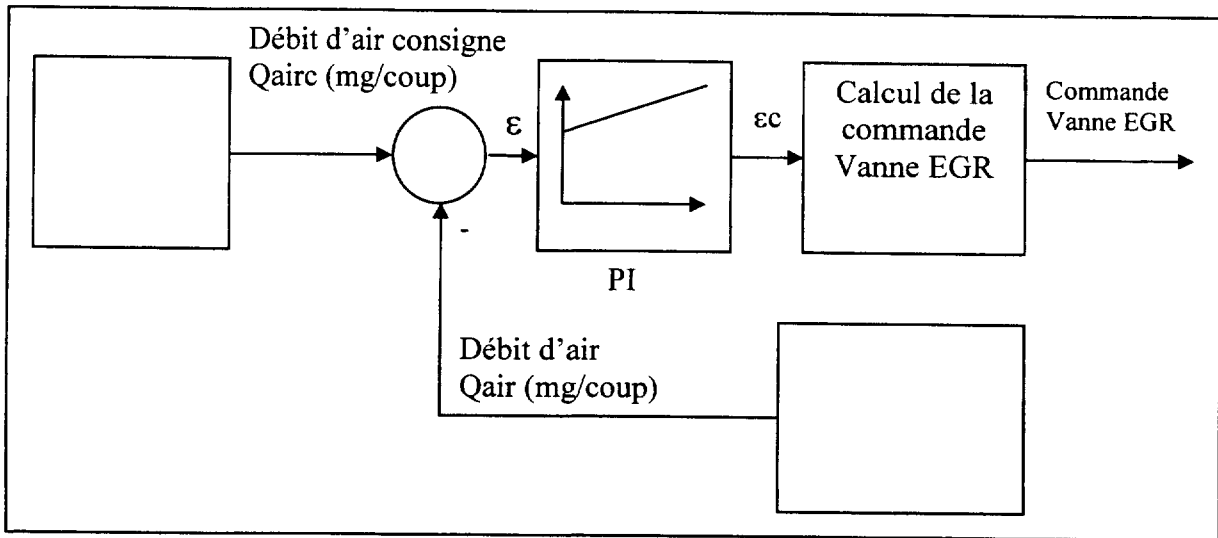
• Tableau de principe de fonctionnement du RGE

1	$\Gamma_{RGE}(\%)$	0	25	55
2	Electrovanne 6	Repos	Alimentée	
3	Vanne RGE 7	Fermée		
4	Electrovanne 9	Repos		
5	Boîtier papillon 10	Ouvert		
6	Q_{air} (kg/h)	130		
7	Q_{RGE} (kg/h)			

Utiliser les termes « repos », « alimentée », « fermée » et « ouvert(e) »

Document réponse 2 :

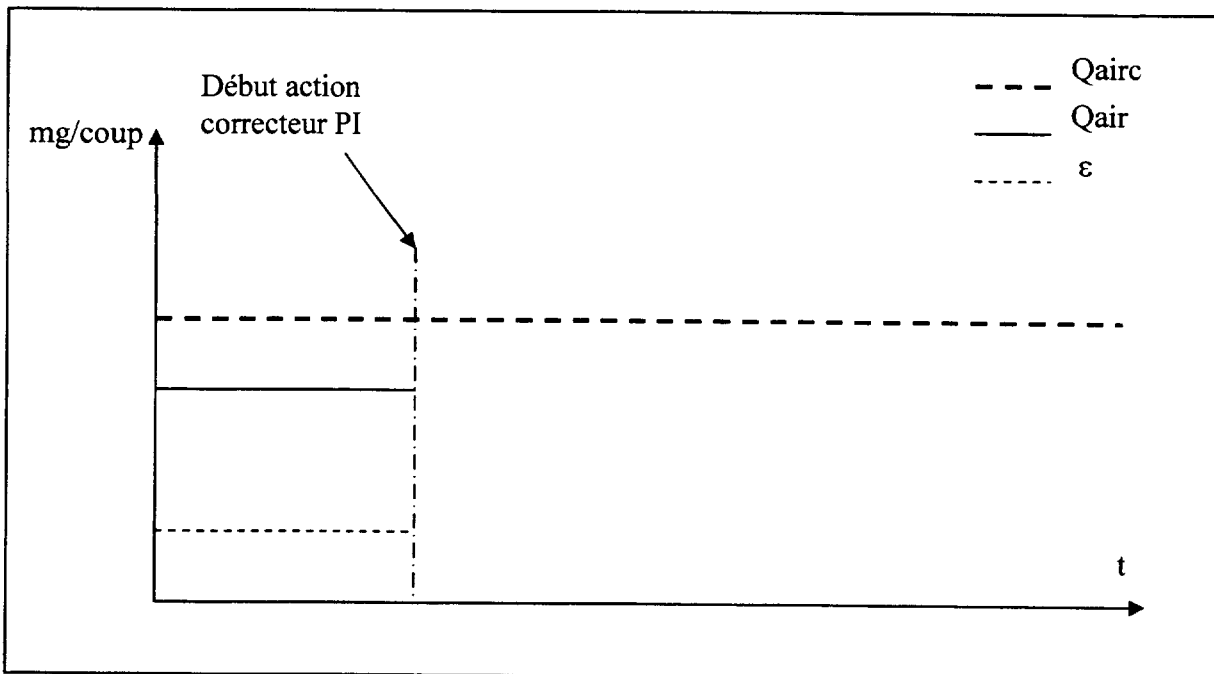
• Boucle principale de régulation RGE



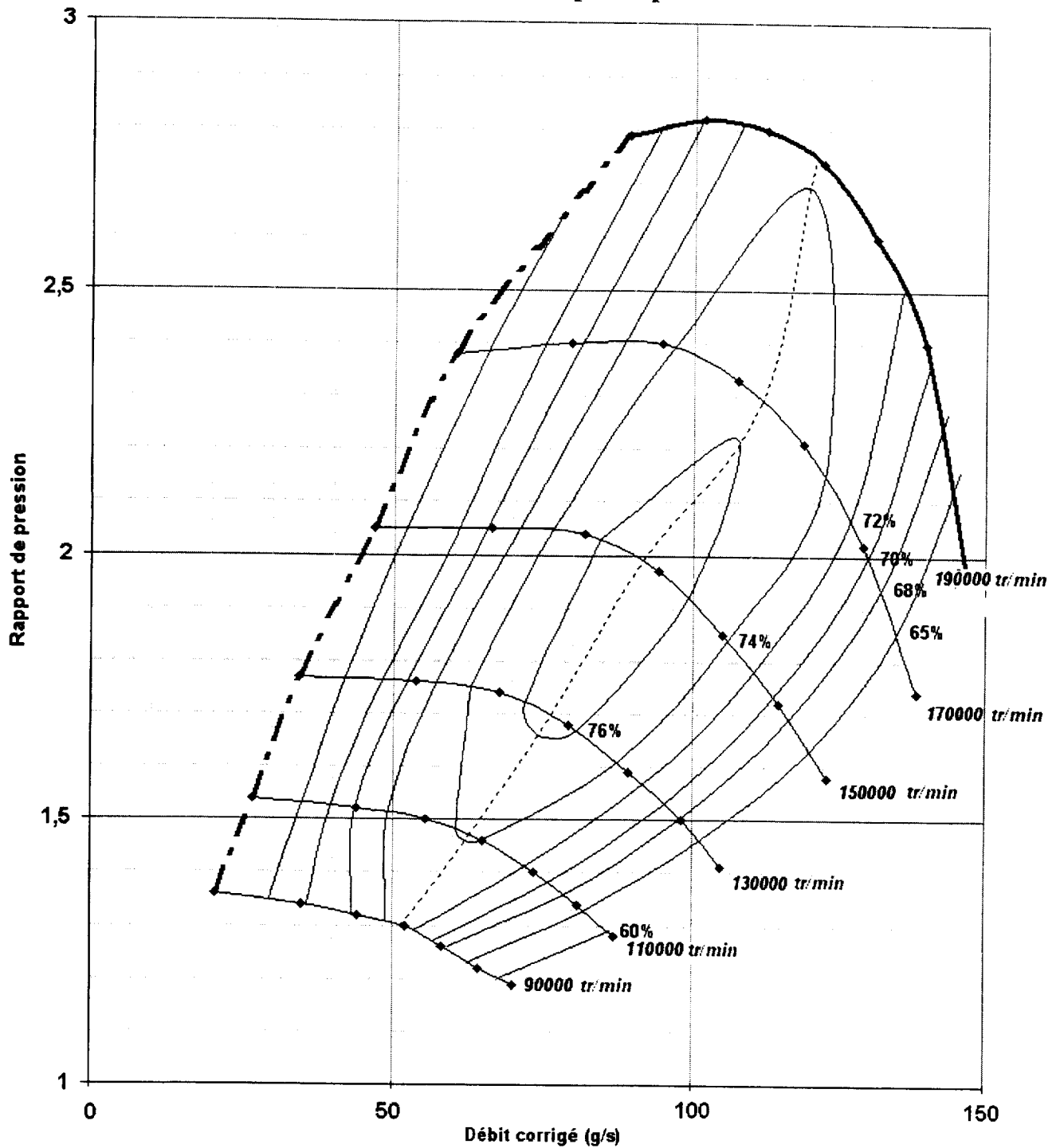
$$\varepsilon_c = K \cdot \varepsilon + \frac{1}{T_i} \cdot \int \varepsilon dt$$

K : Gain proportionnel
 T_i : Constante de temps intégrale

• Qairc, Qair et ε en fonction du temps



Document réponse 3 : Champ compresseur



Valeurs corrigées :

Débit massique :
$$Q_{airc} = Q_{air} \cdot \frac{\sqrt{T_1/298,15}}{P_1/1000}$$

Unités : T_1 en Kelvin et P_1 en mbar