

# 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 <sup>ère</sup> partie : Etude fonctionnelle du circuit d'air	1h
2 <sup>ème</sup> partie : Etude du circuit d'admission	1h
3 <sup>ème</sup> 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<sup>ère</sup> 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.

- a) Sur quel polluant le système RGE agit-il ?
- b) 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.

- a) Identifier les éléments du système RGE sur le schéma pneumatique normalisé (**document réponse 1**), à l'aide du **document ressource 1**.
- b) Compléter les lignes 2, 3, 4 et 5 du tableau **document réponse 1**. Utiliser les termes indiqués sur ce document.
- c) Compléter les lignes 6 et 7 du tableau **document réponse 1** en supposant  $Q_{air} + Q_{RGE} = cte$ .
- d) 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

- a) Citer les paramètres d'entrée qui permettent de déterminer le calcul de la consigne de débit d'air
- b) 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

- a) Etablir l'expression littérale de l'écart  $\varepsilon$  en fonction de  $Q_{air}$  et  $Q_{airc}$  (consigne) ?
- b) Tracer qualitativement l'allure du débit d'air  $Q_{air}$  et  $\varepsilon$  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.
- c) Indiquer la signification et la fonction « P » du correcteur PI
- d) Indiquer la signification et la fonction « I » du correcteur PI.

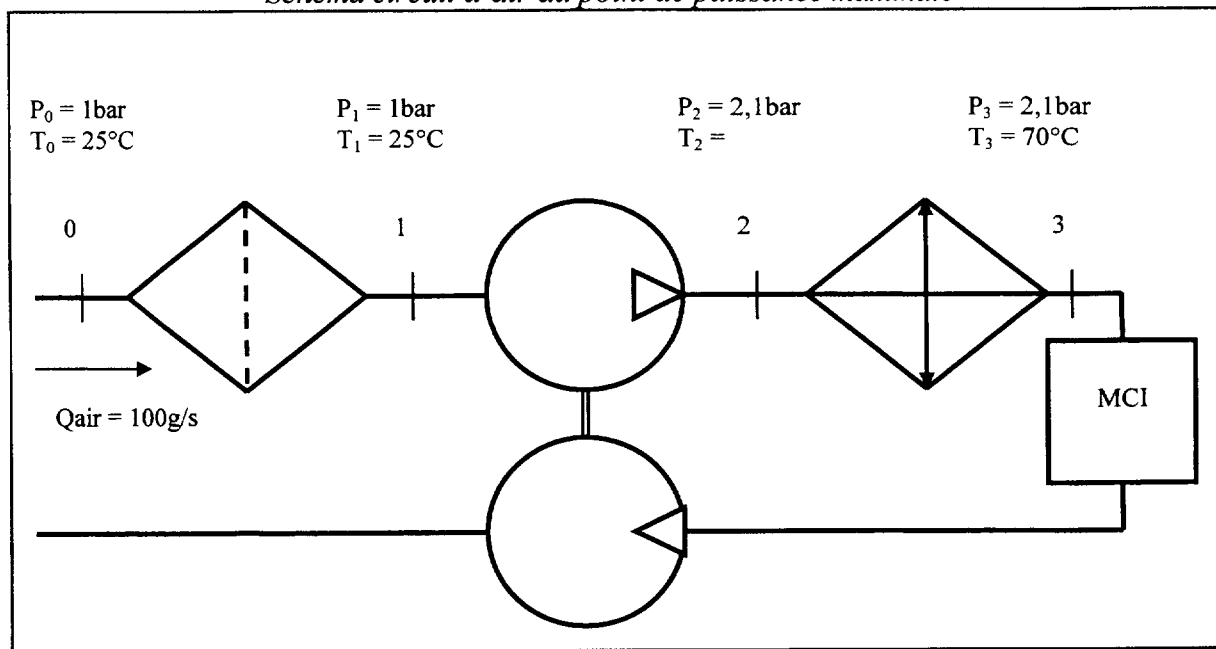
## 2<sup>ème</sup> Partie : Etude du Circuit de suralimentation.

### 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  $4000\text{ tr.min}^{-1}$   
Consommation spécifique effective :  $C_{se} = 250\text{ g.kW}^{-1}.\text{h}^{-1}$   
Richesse :  $R = 0,8$

#### Caractéristiques gazole :

Pouvoir comburivore :  $PCO = 14,5$

#### 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.**

- a) Exprimer le débit massique de gazole  $Q_{GO}$  ( $g.s^{-1}$ ) en fonction de  $P_e$  et  $C_{se}$ .
- b) 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  $PCO$ .
- c) Calculer le  $Q_{air}$  exprimé en  $g.s^{-1}$ .

#### **Question 2.1.2 : Point de fonctionnement dans le champ compresseur.**

- a) Calculer les coordonnées du point de fonctionnement. Placer ce point sur le **document réponse 3**.
- b) En déduire le rendement isentropique  $\eta_{is}$ . 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.**

- a) Exprimer sous forme littérale la température isentropique sortie compresseur  $T_{2is}$  en fonction de  $T_1$ ,  $P_1$ ,  $P_2$  et  $\gamma$ .
- b) Calculer  $T_{2is}$ .
- c) Exprimer le rendement isentropique  $\eta_{is}$  en fonction de  $T_{2is}$ ,  $T_2$  et  $T_1$ .
- d) Calculer  $T_2$ .

#### **Question 2.2.2 : Vérification efficacité échangeur.**

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

### 3<sup>ème</sup> Partie : Chaîne de mesure de température air admis

#### Objectif :

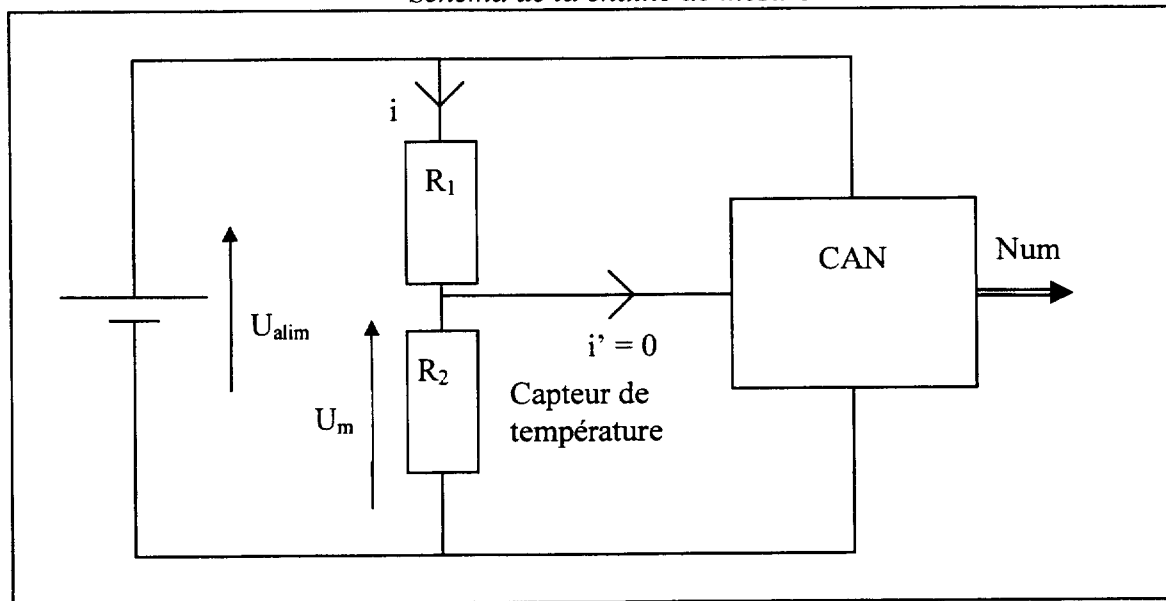
Déterminer l'incertitude due à la chaîne de mesure de température.

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

#### Hypothèses :

L'impédance d'entrée du CAN est très élevée devant les résistances 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  $U_{\text{alim}}$ .
- Calculer  $U_m$  à 25°C.

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

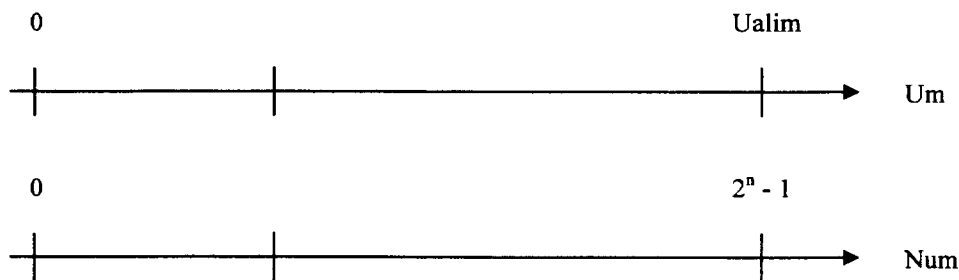
On montre que l'incertitude absolue sur  $U_m$  est de la forme :

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

Calculer l'incertitude absolue  $\Delta U_m$  due au pont diviseur.

### **Partie 3.2 Incertitude sur $\text{Num}$**

#### **Question 3.2.1 Calcul de $\text{Num}$ à 25°C**



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

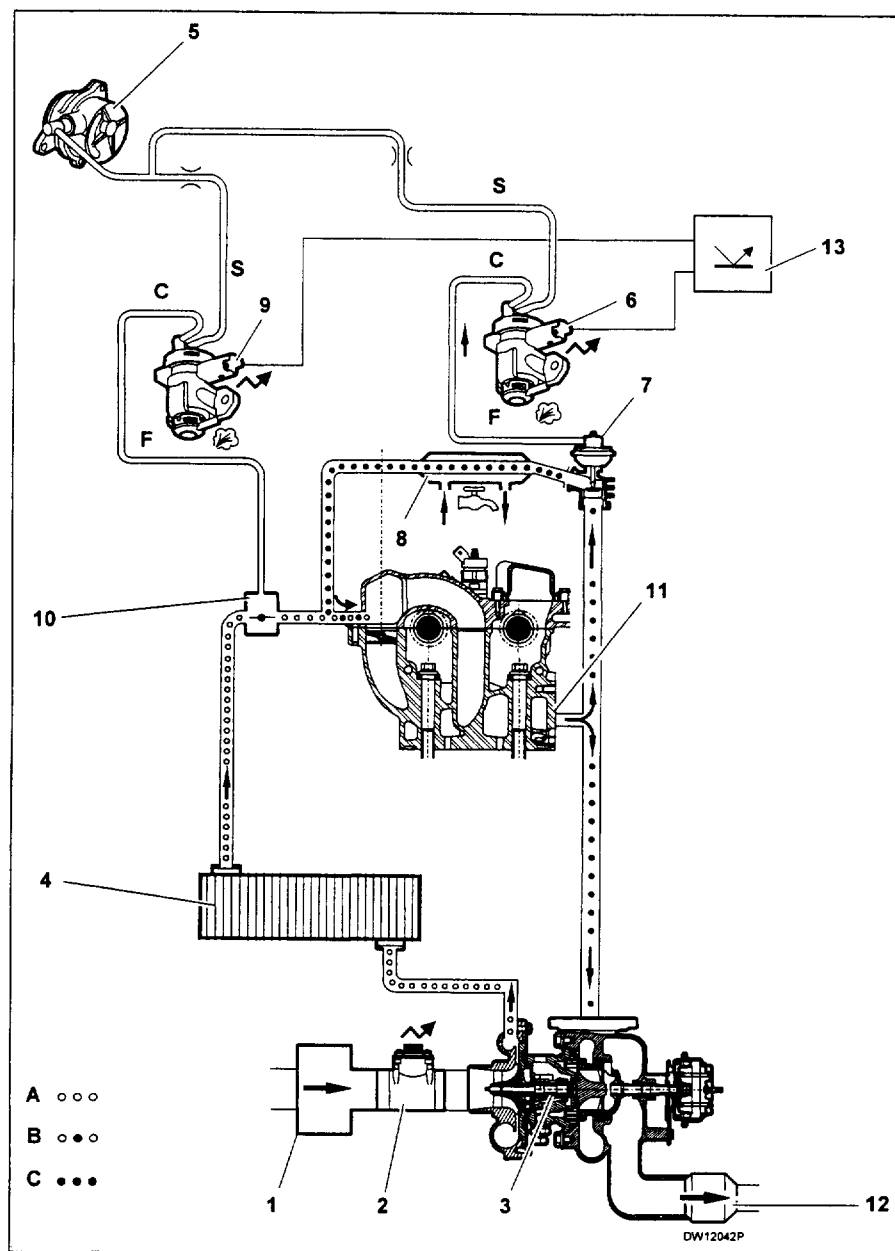
#### **Question 3.2.2 Calcul de l'incertitude sur $\text{Num}$ à 25°C due à la conversion numérique**

- Calculer la résolution du CAN en  $\text{mV.bit}^{-1}$
- Calculer l'incertitude absolue totale  $\Delta U_m$
- En déduire l'incertitude absolue majorante  $\Delta \text{Num}$  sur  $\text{Num}$  en bit.

#### **Question 3.2.3**

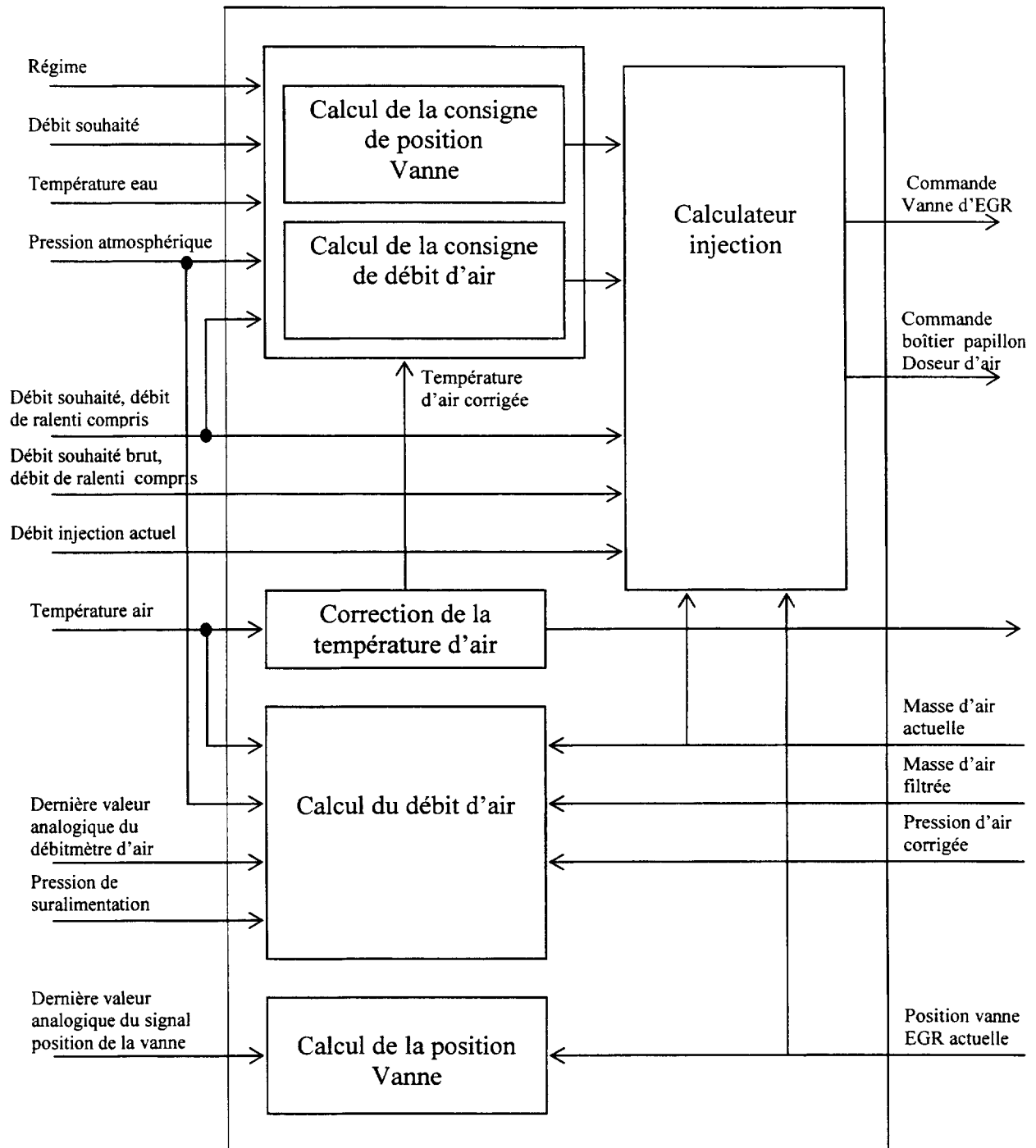
Sachant que la relation liant la valeur de  $R_2$  à la température n'est pas linéaire, proposer une solution pour l'exploitation de  $\text{Num}$  dans un calculateur (en quelques lignes et / ou un schéma).

## 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)

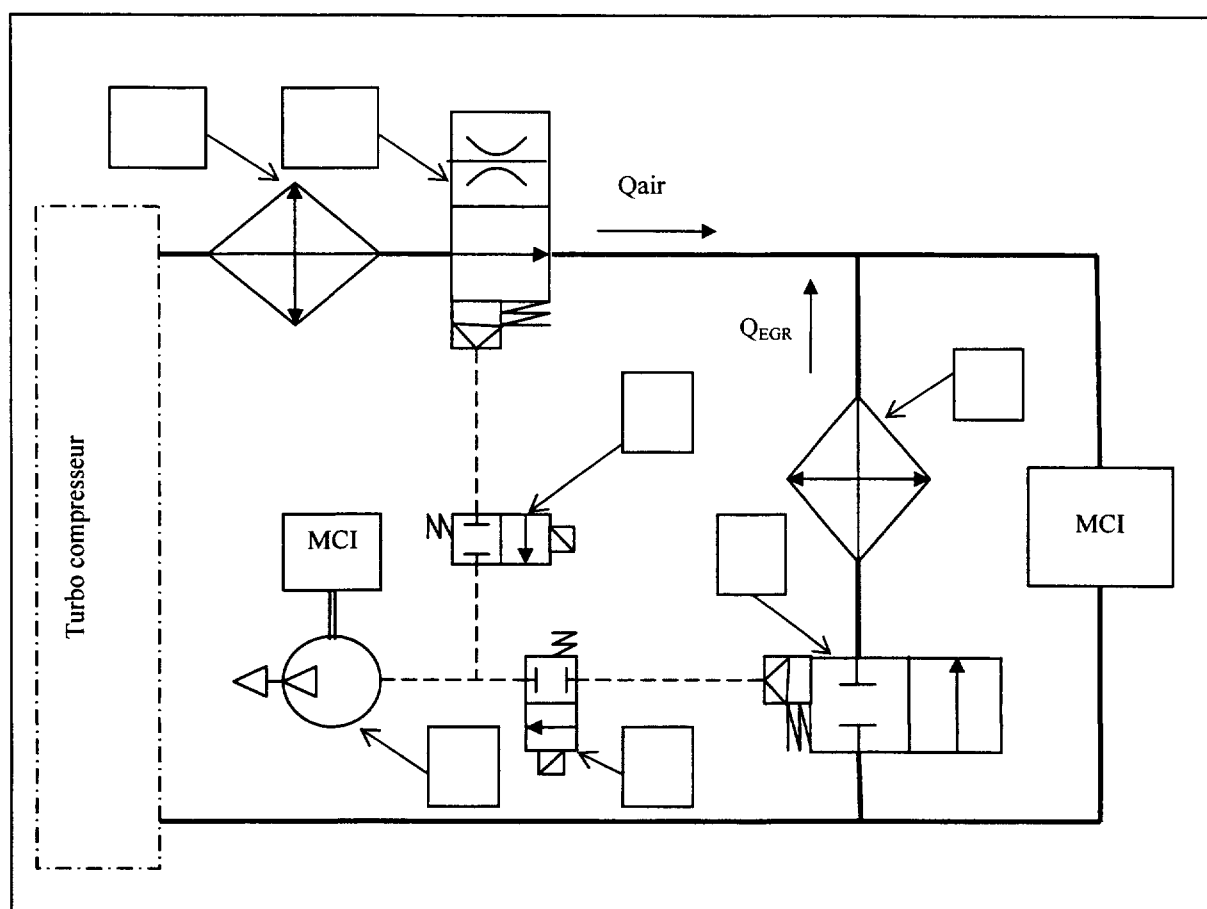
## Document ressource 2 : Structure du RGE





## Document réponse 1 :

### • Schéma du circuit RGE



### • Définition du taux de RGE :

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

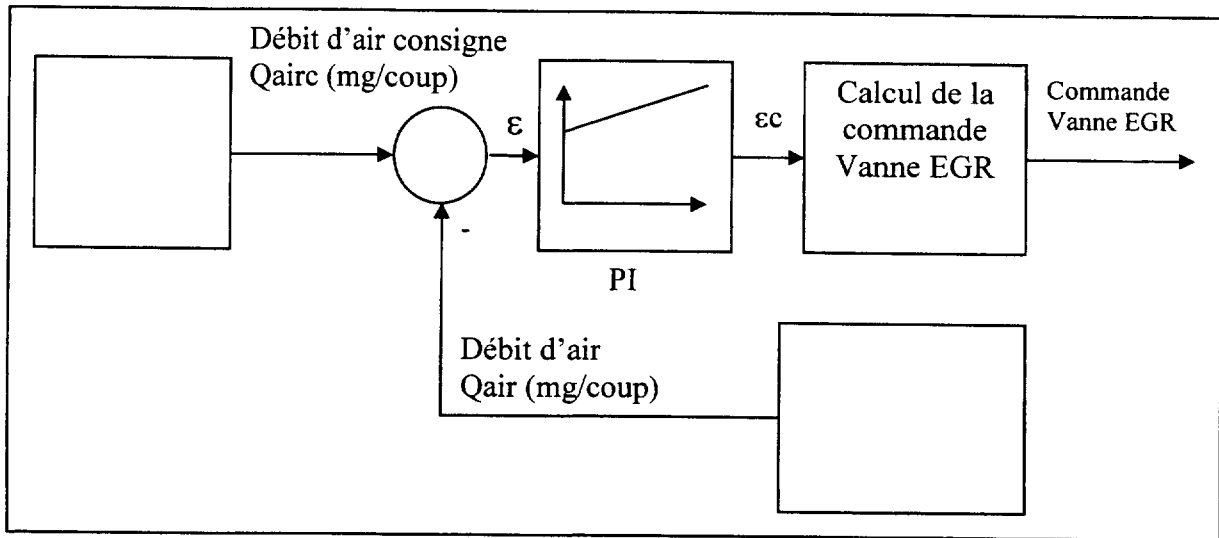
### • Tableau de principe de fonctionnement du RGE

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 :

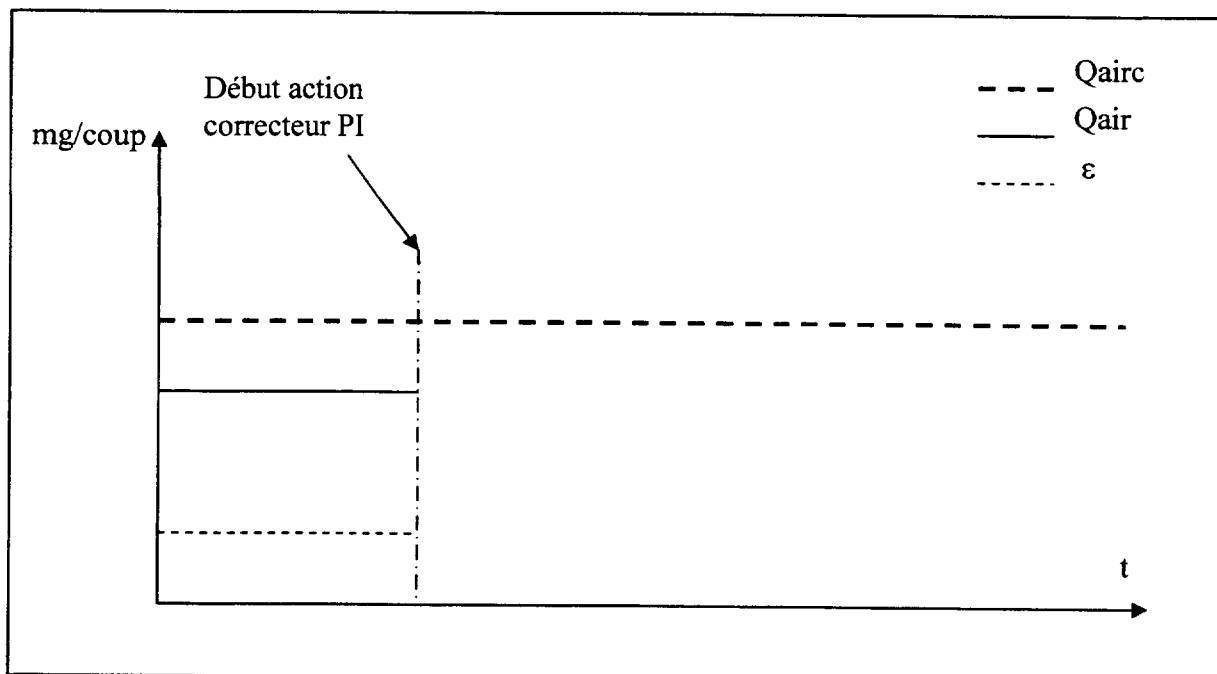
### • Boucle principale de régulation RGE



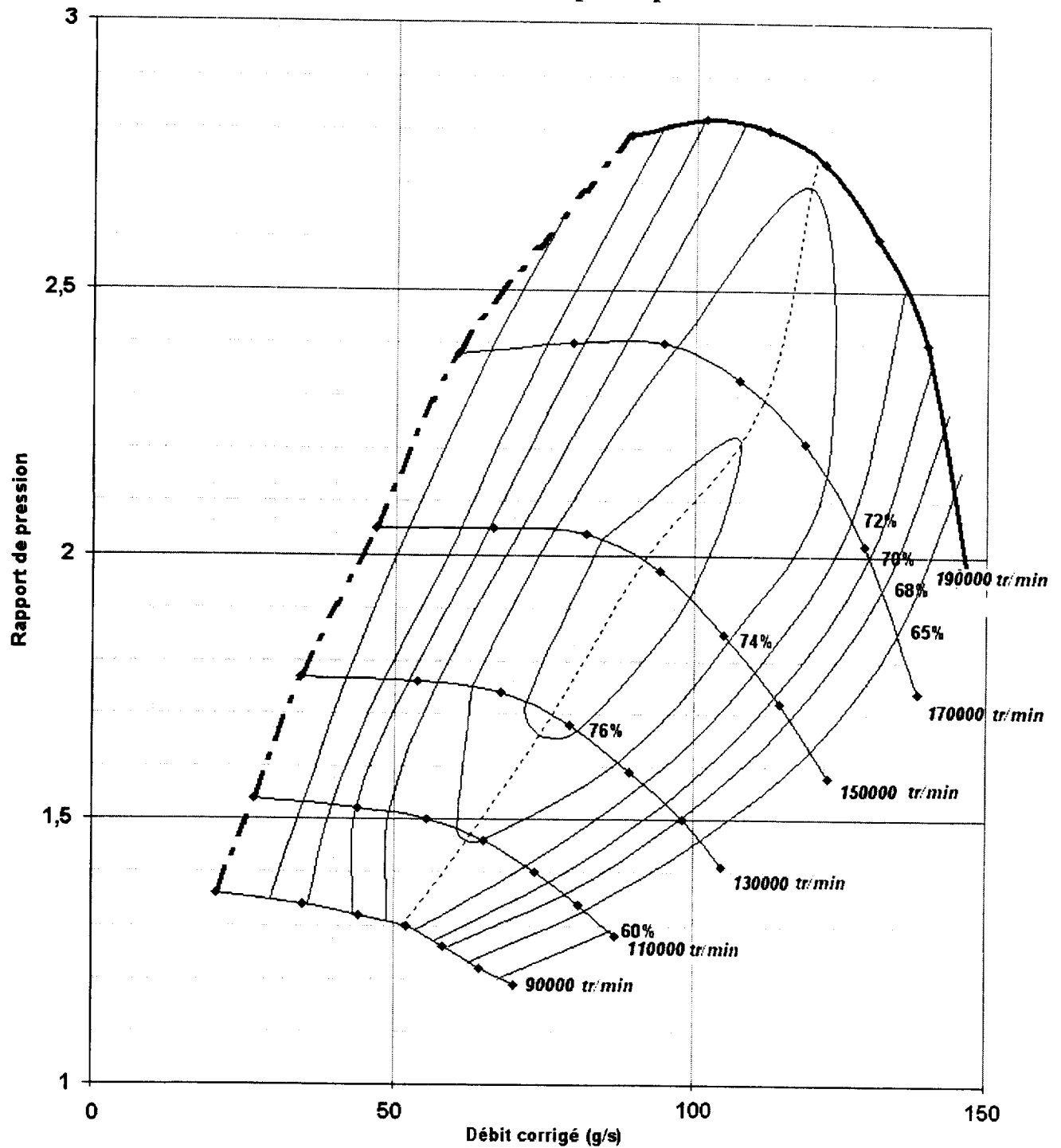
$$\varepsilon_c = K \cdot \varepsilon + \frac{1}{T_i} \cdot \int \varepsilon dt$$

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