

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## MOTEURS A COMBUSTION INTERNE

SESSION 2005

### ETUDE DES MOTEURS

### U 52 ETUDE ET ANALYSE DES 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 : 15/17

DR2, page : 16/17

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

Le sujet comporte 17 pages, numérotées de 1 à 17.

CODE ÉPREUVE : MOE5EAM		EXAMEN : BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SPÉCIALITÉ : MOTEURS À COMBUSTION INTERNE	
SESSION 2005	SUJET	ÉPREUVE : ÉTUDE DES MOTEURS ÉTUDE ET ANALYSE DES MOTEURS – U 52		
Durée : 3h	Coefficient : 3		Code sujet : 33NB05	Page : 1 / 17

## Présentation

**Il est conseillé de lire attentivement et complètement le sujet avant de commencer à répondre**

Temps conseillé à chacune des parties :

Lecture du sujet : 15 min

1<sup>ère</sup> partie : 1h 30

2<sup>ème</sup> partie : 1h 15

Le dossier est composé de 16 pages :

Présentation :	Page 2
Etude du texte du sujet:	Page 3 à
Document 1 à 7:	Page 8 à 14
Document réponse 1 à 2	Page 15 à 16

**La clarté des réponses, la présentation et la précision des argumentations seront prises en compte dans la notation.**

## Support et objectif de l'étude

### Support de l'étude

Les véhicules particuliers à *moteur diesel injection directe* exigent un système d'injection flexible. Ce nouveau système doit contribuer aux progrès réalisés au niveau du bruit, des émissions de polluants et du couple moteur. En plus de la variation du débit et du début d'injection, il doit être possible de choisir librement une pression d'injection dans une plage de 170 à 1600 bar et de fractionner l'injection de carburant..

### objectif de l'étude

Il s'agit d'étudier un système COMMON RAIL de deuxième génération

### L'étude comprend 2 parties

1<sup>ère</sup> partie : Etude comparative entre le système common rail première et deuxième génération.

2<sup>ème</sup> partie : Analyse de l'injecteur.

**Ces 2 parties sont indépendantes**

## 1<sup>ère</sup> PARTIE : ANALYSE DE LA POMPE HAUTE PRESSION

La régulation de la pression du rail sur les premiers systèmes d'injection common rail se faisait en créant un débit de fuite entre la pompe et le rail vers le réservoir. On se propose donc d'étudier cette nouvelle génération du système common rail afin de mener une étude comparative avec l'ancienne en vue de quantifier la plus value. L'étude se fera à un point de fonctionnement de 4500 tr.min<sup>-1</sup>, pour un moteur de 4 cylindres 4 temps et de 1460 cm<sup>3</sup> de cylindrée

### Données :

#### ♦ Carburant :

- Chaleur massique du gazole à pression constante :  $C_{p_{\text{gazole}}} = 2 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
- Masse volumique du gazole supposée constante :  $\rho_{\text{gazole}} = 830 \text{ g.dm}^{-3}$

#### ♦ Pompe HP :

- Diamètre des pistons :  $\varnothing_{\text{piston}} = 6 \text{ mm}$
- Nombre de piston : nb piston = 2
- 4 admissions.tr<sup>-1</sup>
- Pression Rail : 1600 bar.
- Régime pompe :  $N_{\text{pompe}} = 2250 \text{ tr.min}^{-1}$

#### ♦ Injecteur:

- Quantité injectée :  $Q_{\text{inj}}$  = Quantité injectée par cycle et par cylindre
- Quantité injectée :  $Q_{\text{inj}} = 34 \text{ mm}^3.\text{coup}^{-1}$  à  $N_{\text{pompe}} = 2250 \text{ tr.min}^{-1}$  (pleine charge)

### ▪ Travail demandé : (documents 1, 2, 3, 4, 5 et documents réponses 1, 2)

#### 1.1) Etude du système de pompage de la Pompe HP.

- 1.1.1) En vous aidant du document 2 page 9 et document 4 page 11, donner le nombre de refoulements par tour de pompe et la vitesse maxi d'un piston en mm.°pompe<sup>-1</sup>.
- 1.1.2) A l'aide du document réponse 1 fig c page 15 (diagramme de pompage), vérifier en précisant la démarche que la course maxi d'un piston est de 3,15 mm.

#### 1.2) Détermination et comparaison du débit de pompe HP avec et sans actuateur basse pression pour une pression rail de 1600 bar.

L'ancienne génération common rail (sans actuateur Basse Pression) est dotée d'un régulateur de pression à réglage électrique (actuateur Haute Pression) qui fait refluer vers le réservoir le débit de carburant en excédent ( $Q_{V6}$ ) via la conduite de retour ( $Q_{V6} \neq 0$ , document 5 page 12).

La nouvelle génération (document 1 page 8) est dotée d'un actuateur Basse Pression commandé par le calculateur et placé en amont de la pompe HP qui permet de régler le débit d'entrée pompe HP en modifiant la section de passage afin d'assurer uniquement le débit nécessaire à l'injecteur pour une pression donnée ( $Q_{V6} = 0$ , document 5 page 12)

- 1.2.1) Vérifier dans les deux cas que les débits volumiques  $Q_{V6}$  correspondent aux valeurs inscrites sur le circuit carburant du document 5 page 12.
- 1.2.2) Déterminer graphiquement sur le document réponse 2 page 16 l'angle de refoulement de la pompe, puis la course de refoulement en mm pour les deux cas.
- 1.2.3) En déduire le débit volumique théorique  $Q_{Vth}$  en  $cm^3.s^{-1}$  avec actuateur uniquement.
- 1.2.4) A l'aide du document 3 fig b page 10, calculer le débit volumique réel  $Q_{Vre}$  de la pompe en  $cm^3.s^{-1}$  avec actuateur uniquement.

Pour la suite du problème, utiliser les données du document 5 page 12

**1.3) Etude du bilan énergétique du système common rail avec et sans actuateur basse pression pour une pression rail de 1600 bar.(document 5 page12)**

- 1.3.1) Donner une définition du bilan énergétique et l'intérêt de celui-ci.
- 1.3.2) Donner sous forme littérale avec les unités la relation permettant de calculer la perte de puissance liée à la pression hydraulique ( $P_{hyd}$ ) et celle liée à la température ( $P_{temp}$ ).
- 1.3.3) Exprimer sous forme littérale les puissances  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_4$ ,  $P_{ray}$ ,  $P_6$  et  $P_{total}$   
( $P_{ray}$  = Puissance perdue par rayonnement)
- 1.3.4) Calculer ces puissances aux points demandés dans le document réponse 1 page 15 et reportez y les valeurs. Réaliser le bilan énergétique exprimé en % avec actuateur uniquement.
- 1.3.5) Calculer le gain de puissance en % par rapport au système sans actuateur, calculer la pression moyenne de frottement ( $p_{mf}$ ) équivalente à ce gain, tirer vos conclusions.

## 2<sup>ÈME</sup> PARTIE : ETUDE DE L'INJECTEUR

### Données :

#### ♦ injecteur (documents 6 et 7 page 13 et 14) :

- Diamètre aiguille d'injecteur = 4 mm
- Tarage du ressort  $R = 0,8 \text{ daN}$  (cette action sera considérée constante compte tenu de la faible levée d'aiguille)
- $P_1$  = pression dans la chambre de commande ou chambre de contrôle
- $P'$  = pression d'injection
- $P$  = pression rail
- $a$  = coefficient
- $S$  = section efficace où s'exerce la pression du gazole en haut de l'aiguille d'injecteur
- $S_1$  = section efficace où s'exerce la pression du gazole en bas de l'aiguille (injecteur fermé)
- $\overline{F_c}$  = action mécanique de contact entre l'extrémité de l'aiguille et de la buse.
- Pression minimum de commande des injecteurs = 170 bar
- Pression maxi Rail = 1600 bar.

#### ♦ entretoise injecteur :

- Gicleur  $g_1$  de diamètre  $d_1 = 0,24 \text{ mm}$ .
- Gicleur  $g_2$  de diamètre  $d_2 = 0,22 \text{ mm}$ .

#### ♦ Carburant :

- Masse volumique du gazole :  $\rho_{\text{gazole}} = 830 \text{ g.dm}^{-3}$

### Hypothèses :

- On néglige les frottements de l'aiguille, l'inertie des pièces ainsi que l'action de la pression cylindre sur l'aiguille

#### • Travail demandé : (documents 3, 6, 7)

##### 2.1) Etude du fonctionnement de l'injecteur

2.1.1) D'après le schéma de principe de l'injection (voir doc 3 figure a page 10 ), comment est réalisée l'ouverture de l'injecteur ? (environ 6 lignes ).

2.1.2) D'après la figure 1 du document 6 page 13, écrire l'équation d'équilibre de l'aiguille d'injecteur et en déduire l'action mécanique de contact  $\overline{F_c}$  entre l'extrémité de l'aiguille et la buse. Le ressort est-il utile dans cette phase de fonctionnement ? Pourquoi ?

## 2.2) Etude du fonctionnement représenté en figure 2 (document 6 page13)

- 2.2.1) Ecrire l'inégalité permettant d'obtenir la levée de l'aiguille d'injecteur et donnant la relation liant  $P$  et  $P_1$ . On supposera l'aiguille d'injecteur à la limite du décollement  $\overline{F_c} = \overline{0}$
- 2.2.2) En déduire le coefficient «  $a$  » à ne pas dépasser pour assurer l'ouverture de l'injecteur. On rappelle que  $P_1 = a \times P + \text{cte}$  (on néglige la constante).
- 2.2.3) Sur ce système d'injection, il peut y avoir jusqu'à quatre pré-injection. Ces pré-injection sont de faibles volumes, aussi faut-il les réaliser dans un temps réduit, donc la levée d'aiguille doit être franche.

Par quels éléments de l'entretoise cette condition sera-t-elle réalisée (voir document 7 page 14).

2.2.4) Sachant que :

- $Q_{V1}$  est le débit passant par  $g1$  (diamètre  $d_1$ )
- $Q_{V2}$  est le débit passant par  $g2$  (diamètre  $d_2$ )

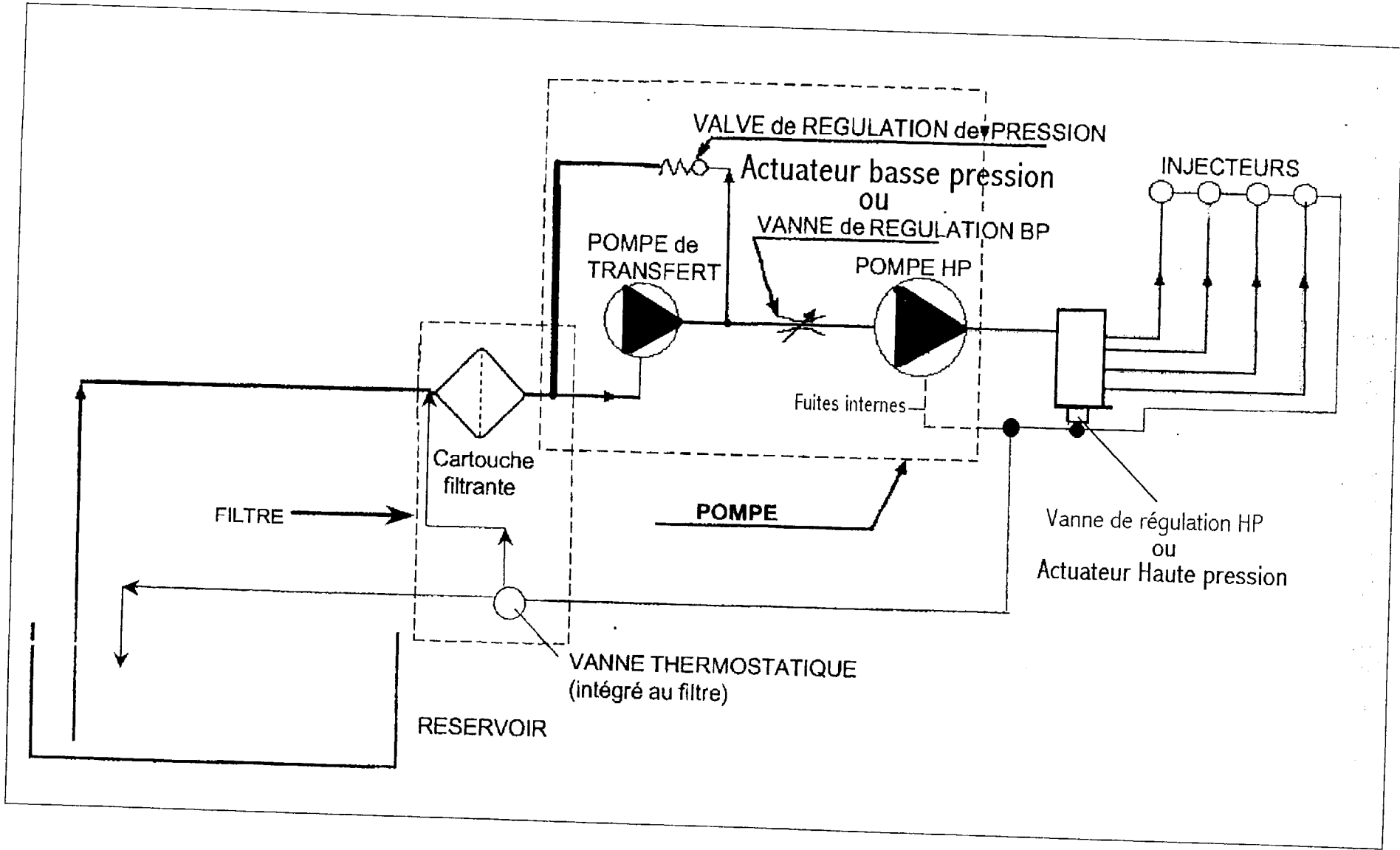
Ecrire la condition liant  $Q_{V1}$  et  $Q_{V2}$  pour que la pression  $P_1$  chute.

2.2.5) Sachant que :

- l'expression des débits  $Q_{V1}$  et  $Q_{V2}$  (loi de Poiseuille qui décrit les écoulements laminaires) est  $Q_{V1} = K P_1 (d_1)^4$  et  $Q_{V2} = K (P - P_1) (d_2)^4$ , avec  $K$  dépendant de la viscosité du fluide ; la pression de retour est négligée.
- et que  $P_1 = a.P$  avec  $0 < a < 1$ ,

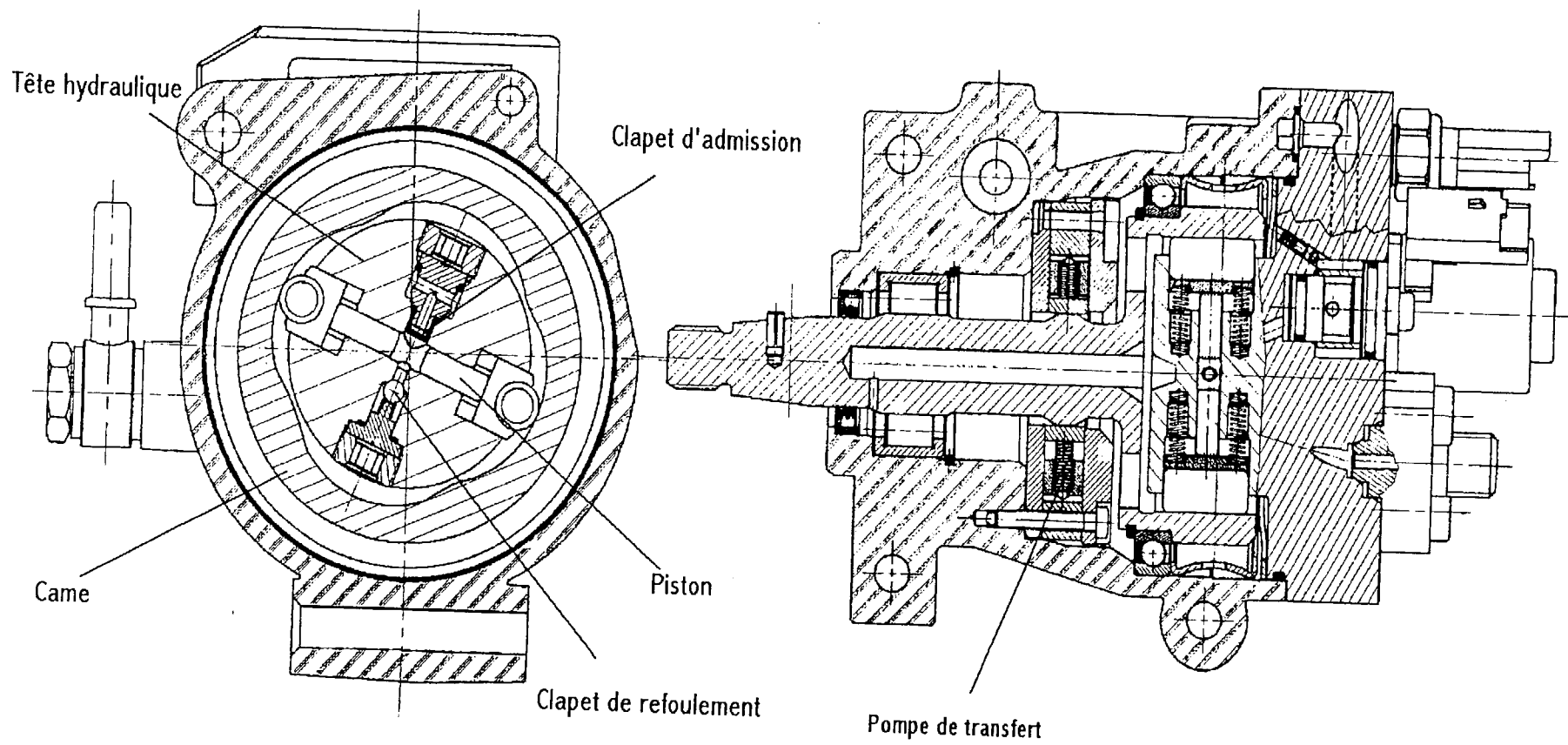
Montrer que l'on peut écrire la relation suivante :  $a(d_1^4 + d_2^4) > d_2^4$

Calculer la valeur de «  $a$  » si  $d_1 = 0,24$  mm et  $d_2 = 0,22$  mm. La condition exprimée à la question 2.2.2 est-elle vérifiée ?





# 1 chamber pump , 2 pistons



# DOCUMENT 3

## PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN INJECTEUR

### SCHEMA SIMPLIFIE

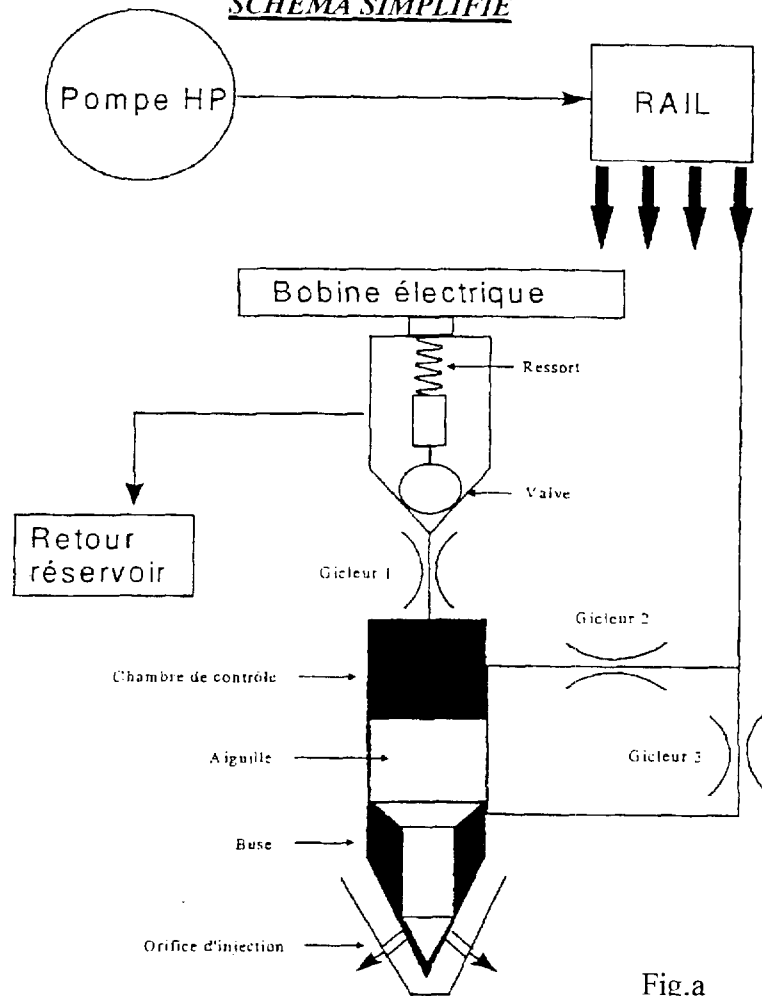
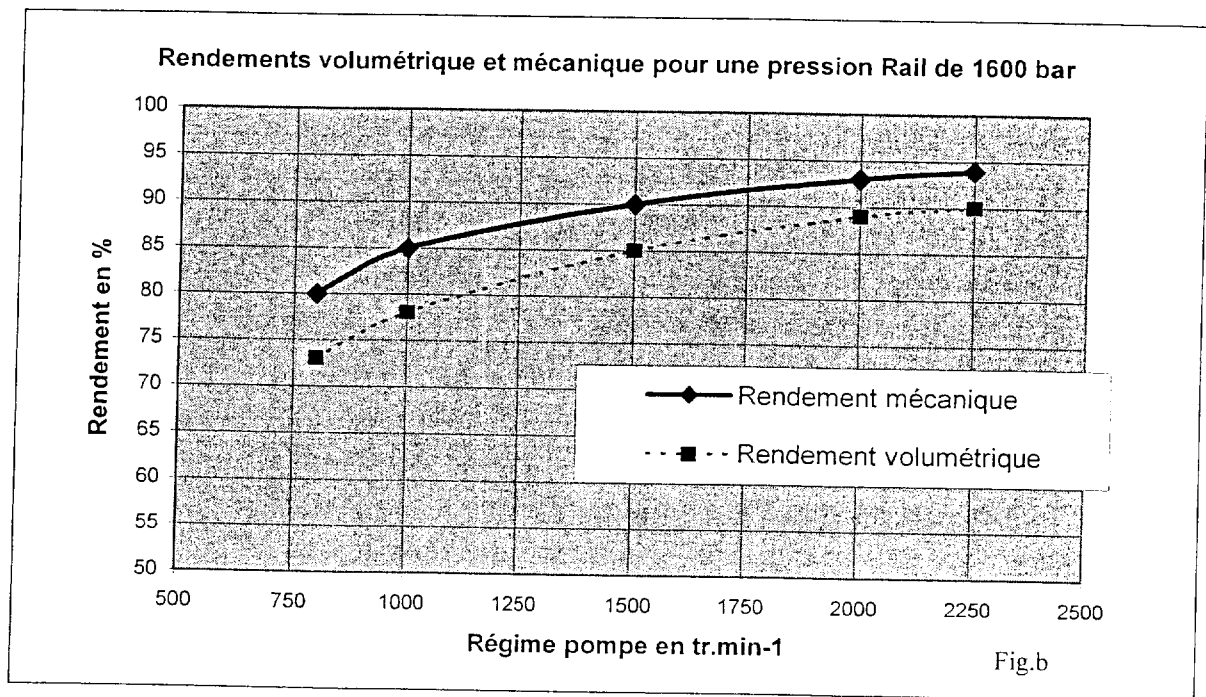


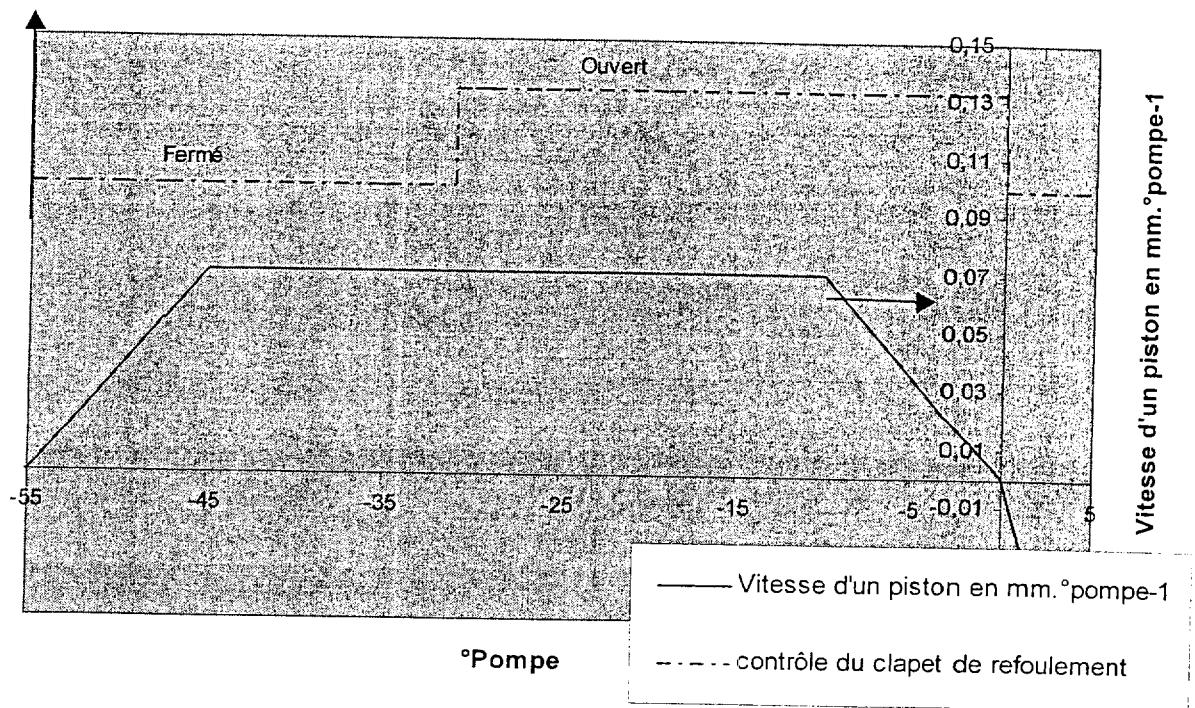
Fig.a



## DOCUMENT 4

Etat du clapet de refoulement

### Diagramme de pompage phase refoulement



#### Principe de fonctionnement :

Ce système de pompage et de refoulement (document 2 page 9) reprend le concept des pompes Lucas de type DPC et EPIC. On note toutefois une différence sur les pompes HP, la came est entraînée et le rotor est fixe.

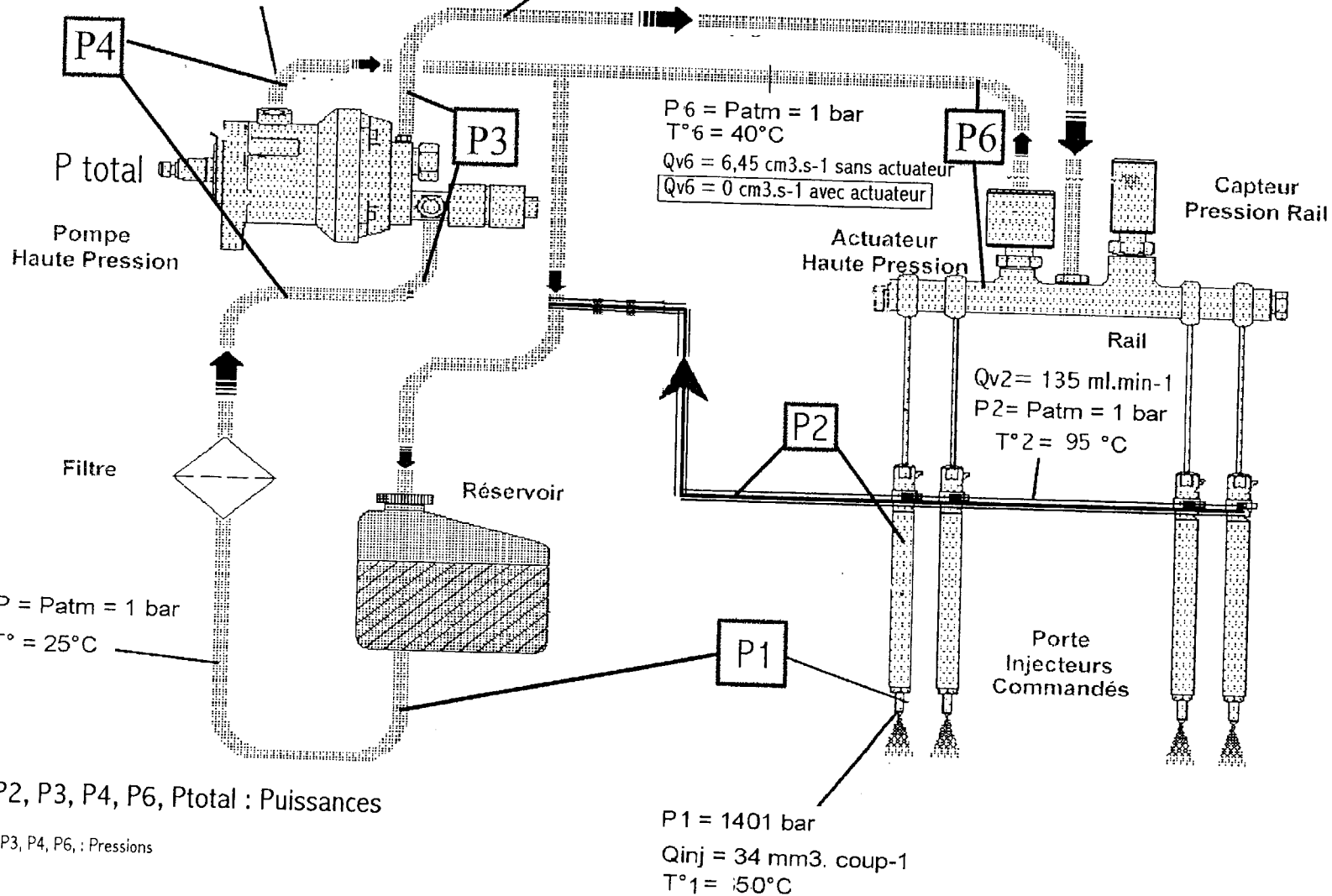
Pendant la phase de rapprochement des pistons, on distingue deux étapes, la mise en pression et le refoulement du gazole. Quand la pression de gazole devient supérieure à celle du Rail, le clapet de refoulement s'ouvre et le gazole est refoulé vers le Rail.

# BILAN ENERGETIQUE

Prail = 1600 bar, Npompe = 2250 tr.min-1

Fuite interne  
 $T4 = 95\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $Qv4 = 2,45\text{ cm}^3.\text{s}^{-1}$  sans actuateur  
 $T4 = 75\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $Qv4 = 1,43\text{ cm}^3.\text{s}^{-1}$  avec actuateur  
 $P4 = Patm = 1\text{ bar}$

$Qv3 = 13,8\text{ cm}^3.\text{s}^{-1}$  sans actuateur  
 $Qv3 = 7,35\text{ cm}^3.\text{s}^{-1}$  avec actuateur  
 $P3 = 1601\text{ bar}$   
 $T^{\circ}3 = 40^{\circ}\text{C}$



P1, P2, P3, P4, P6, Ptotal : Puissances

P1, P2, P3, P4, P6, : Pressions

# DOCUMENT 6

VALVE FERMÉE  
BUSE SE FERMANT

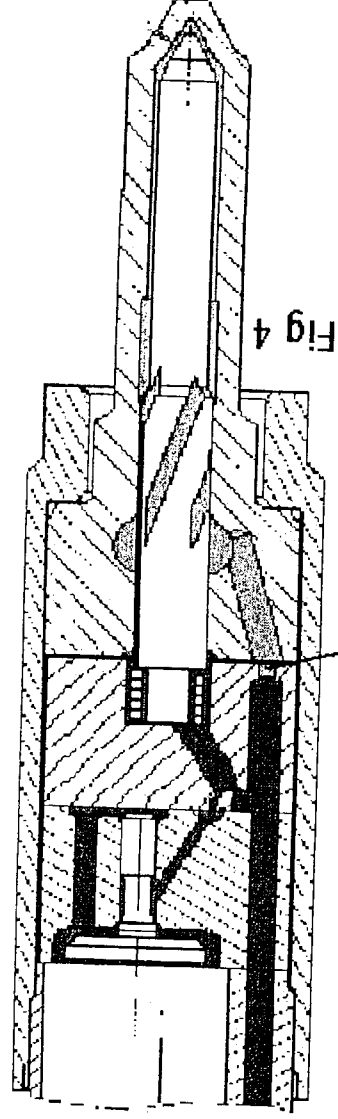


Fig 4

VALVE OUVERTE  
BUSE OUVERTE

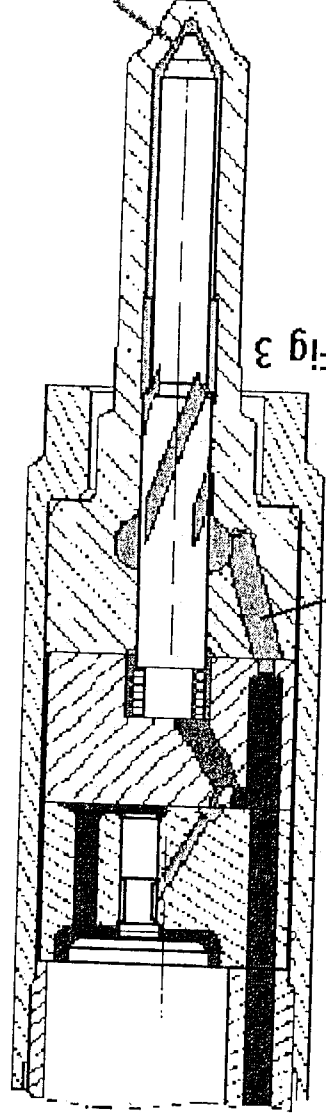


Fig 3

VALVE OUVERTE  
BUSE FERMÉE  
CHAMBRE DE LA  
COMMANDE

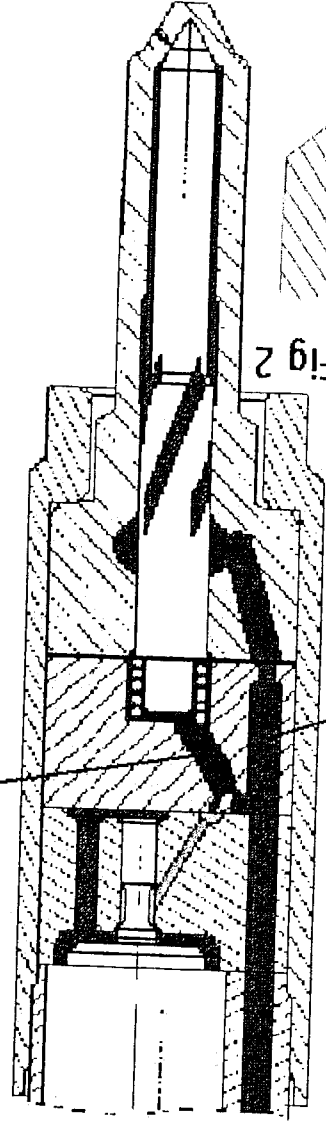
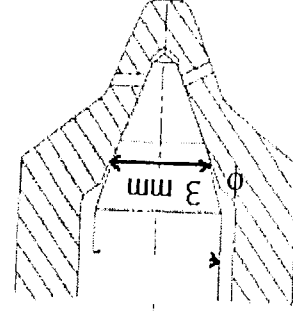


Fig 2



VALVE FERMÉE  
PAS D'INJECTION

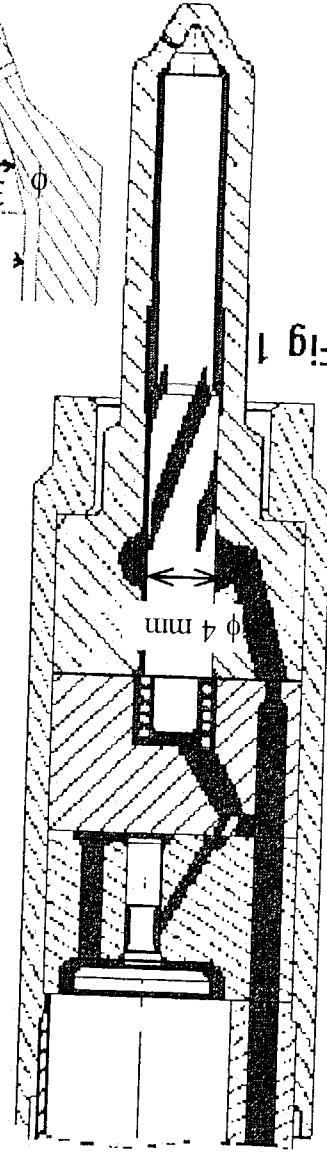
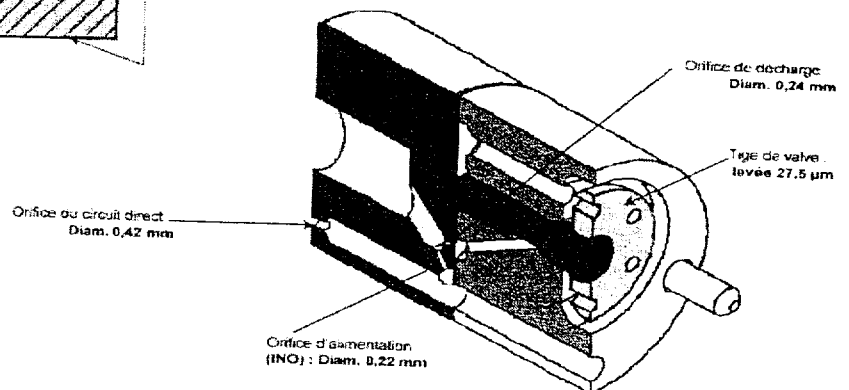
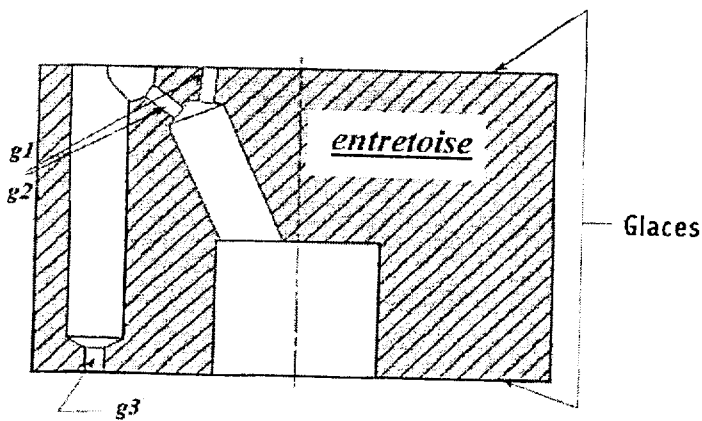
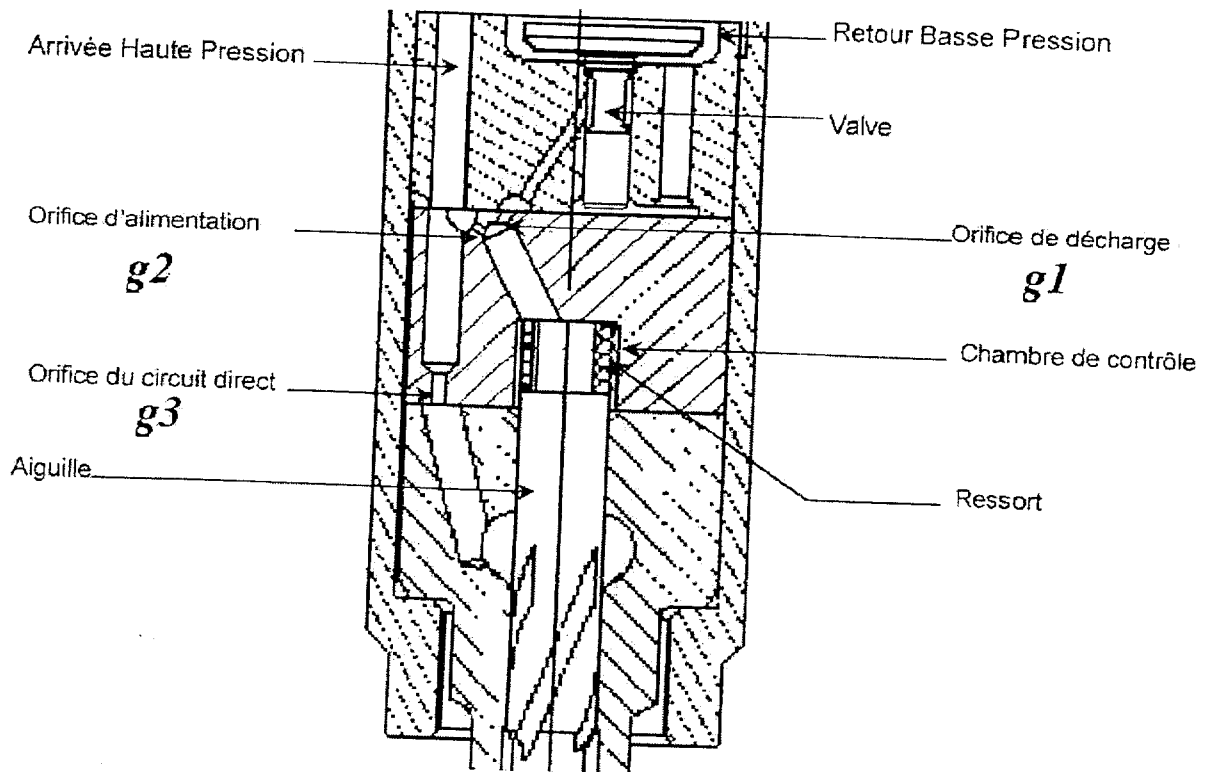


Fig 1

# DOCUMENT 7

## partie haute de l'injecteur



# DOCUMENT REponse 1

Puissance en watt	Valeur sans actuateur bp	Valeur avec actuateur bp	Bilan énergétique avec Actuateur exprimé en pourcentage
P1		926	
P2	576		
P4	287		
P rayonnement		152	
P6	1193		
P total	3152		100

Diagramme de pompage phase refoulement

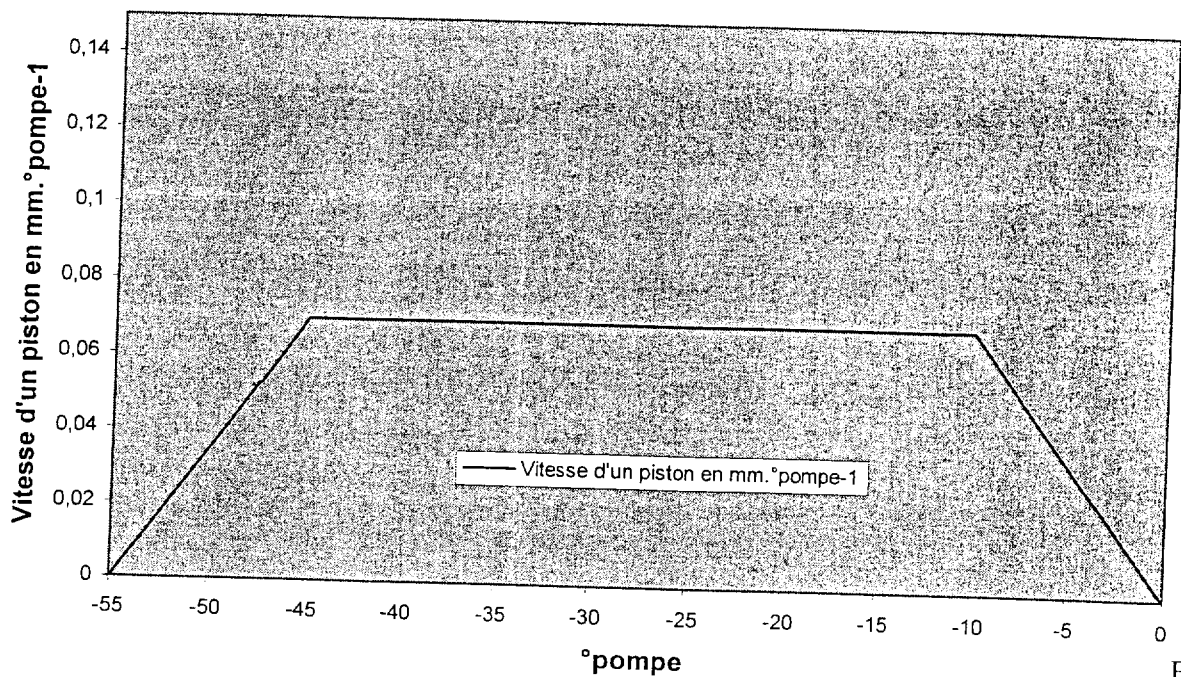
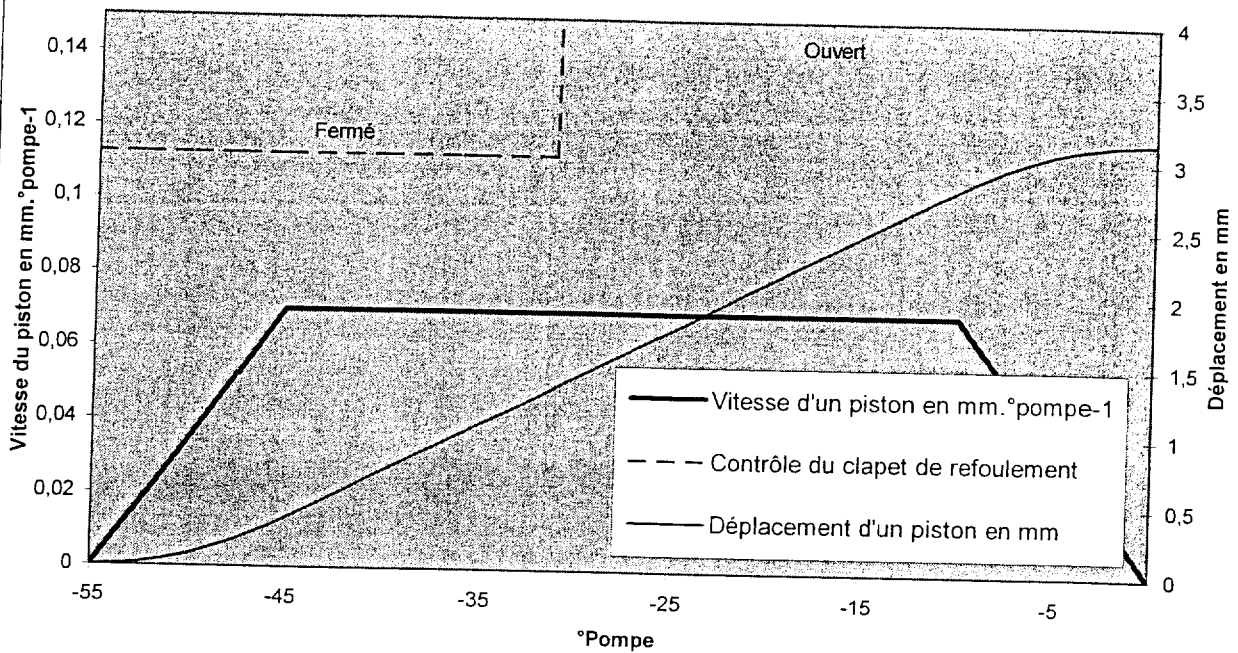


Fig c

## DOCUMENT REPONSE 2

**Diagramme de pompage sans actuateur basse pression**



**Diagramme de pompage avec actuateur BP**

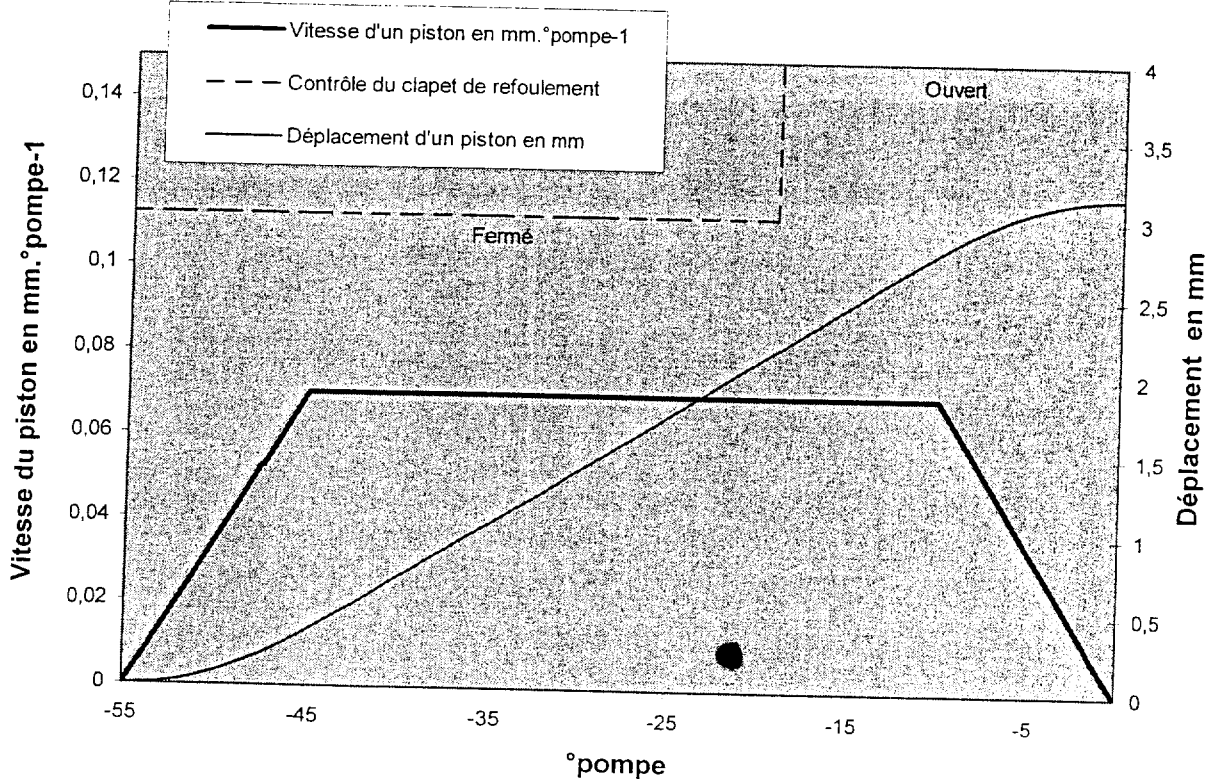




Diagramme de pompage sans actuateur basse pression

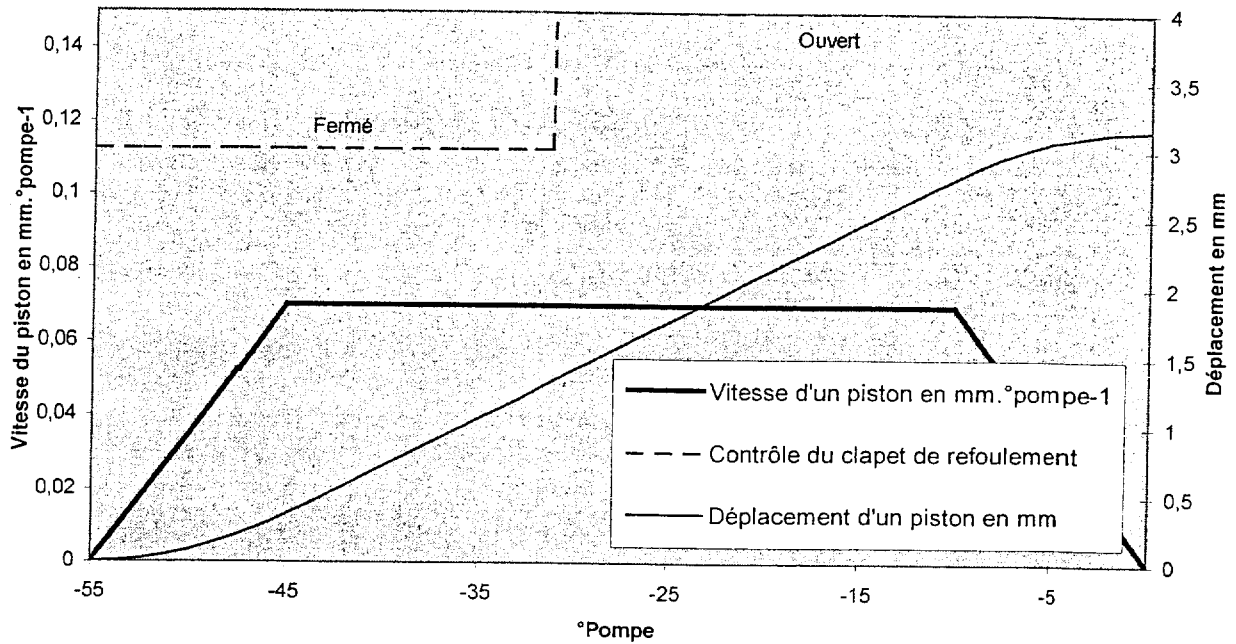


Diagramme de pompage avec actuateur BP

