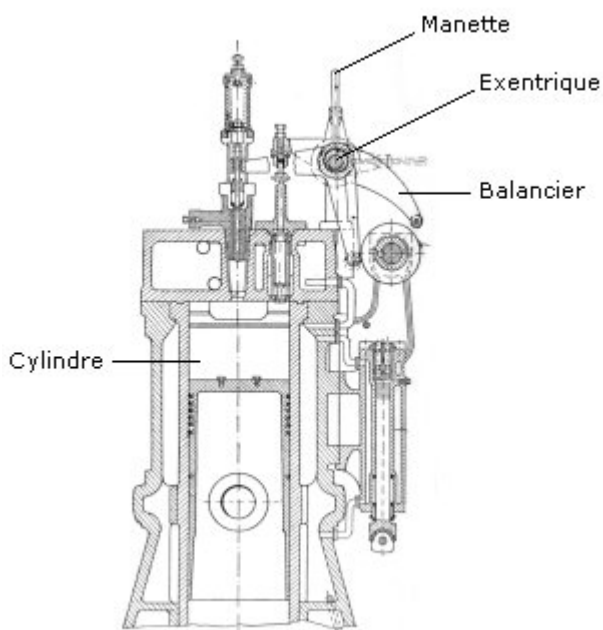


1. Historique

C'est un ingénieur allemand, Rudolph Diesel (1858 - 1913) qui inventa le premier moteur à combustible lourd. Ce moteur était surtout peu onéreux et d'un très bon rendement. C'est en 1896, qu'il construisit son premier moteur à 4 temps à compression préalable.

Sur ce moteur des années 1920, la mise en marche se faisait grâce à de l'air comprimé qui était envoyé dans le cylindre par l'intermédiaire d'une soupape.

Cette soupape était mise en mouvement grâce à une came spéciale de l'arbre de distribution.



Le mouvement de l'arbre de distribution était transmis à la soupape par l'intermédiaire d'un balancier dont l'axe de rotation était relié à un excentrique.

Dès que l'allumage s'était produit une manette agissait sur l'excentrique qui écartait le balancier et immobilisait ainsi la soupape.

Coupe d'un moteur Diesel des années 1920

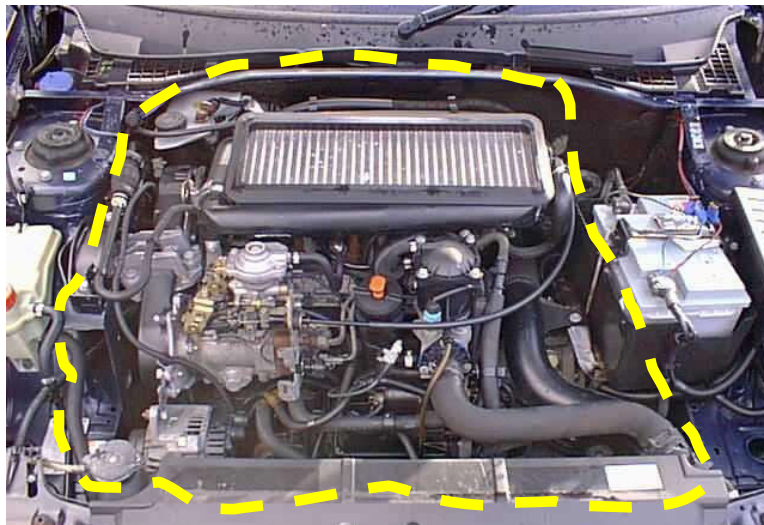
Les moteurs Diesel ont été utilisés dans un premier temps dans les locomotives et les camions, puis furent généralisés aux engins agricoles.

Entre 1893 et 1897, l'ingénieur allemand **Rudolf Diesel** invente un moteur à combustion interne, auquel son nom est resté attaché. A l'origine, le carburant était de l'alcool à brûler, avant de devenir, quelques temps plus tard le gazole. Les premiers diesels n'étaient pas applicables à l'automobile : ils étaient lourds, encombrants, leurs pompes à injection trop volumineuses et limitaient le régime de rotation du moteur du fait de la lenteur à réaliser l'injection. Il faudra attendre 1922, date à laquelle **Robert Bosch** invente une pompe de taille réduite permettant le réglage précis du processus d'injection. La première automobile de série diesel sortira en 1935.

2. Fonction d'usage du moteur diesel

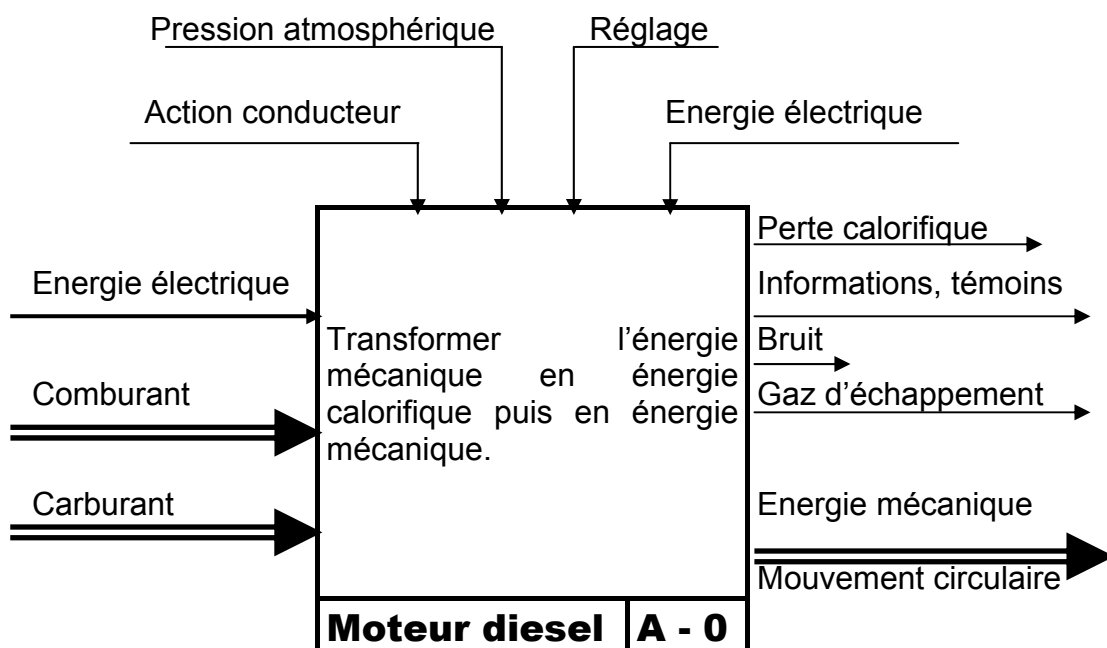
Transformer l'énergie chimique en énergie calorifique puis en énergie mécanique

3. Frontière d'étude

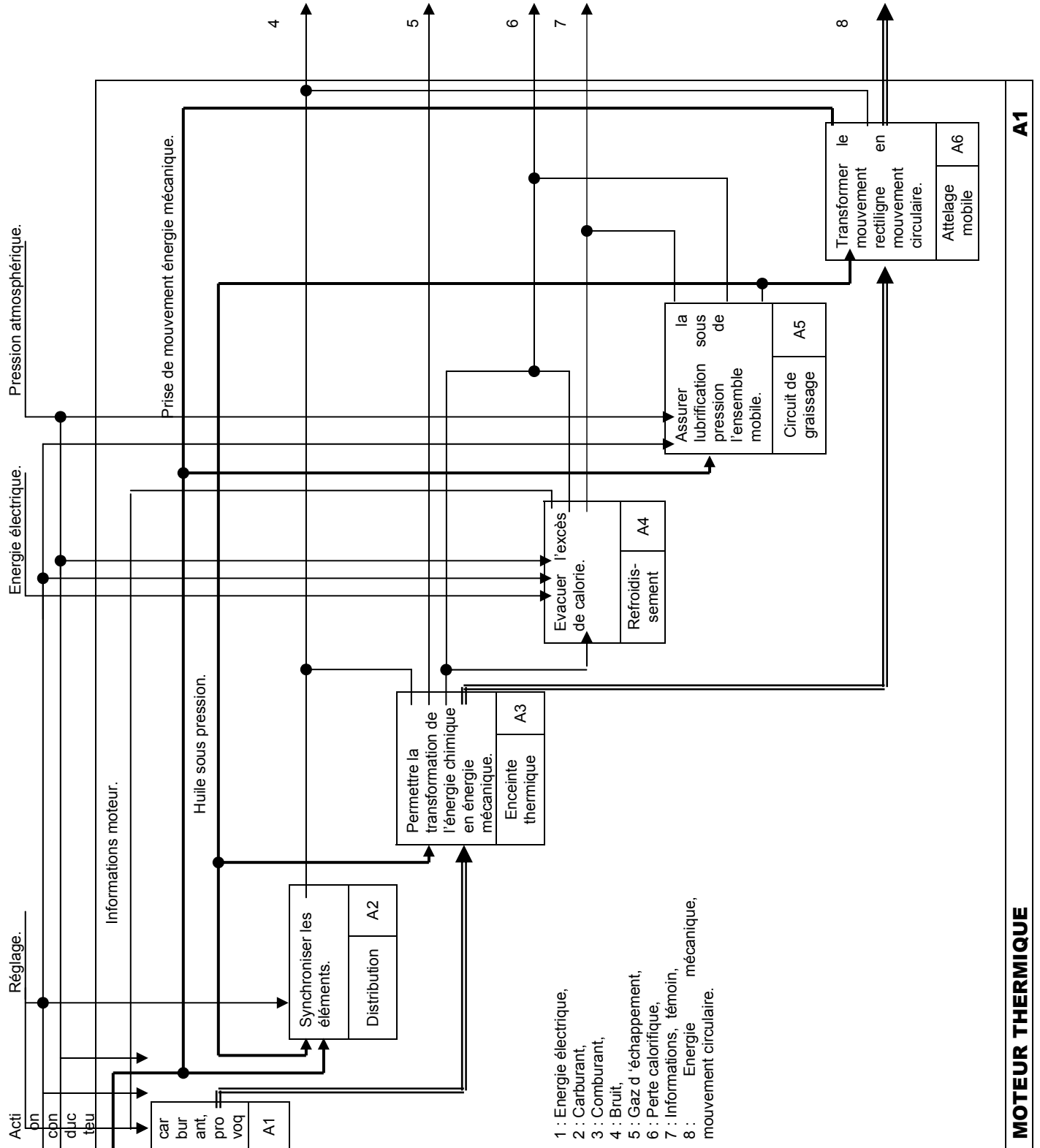


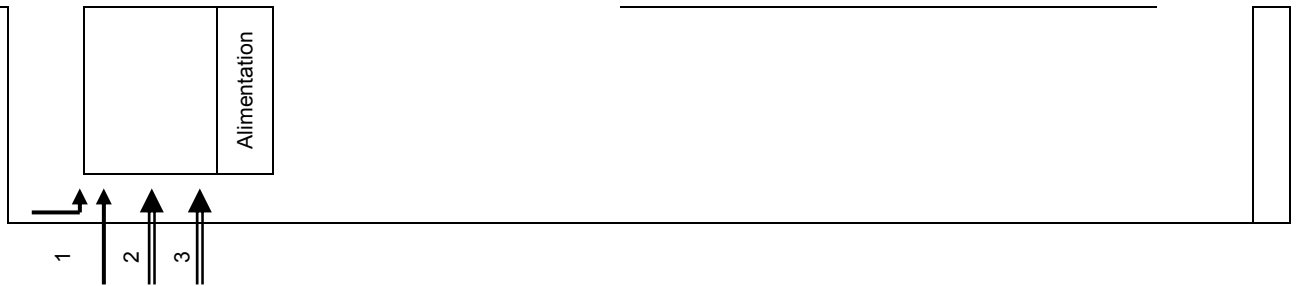
4. Etude fonctionnelle

4. 1. Niveau A - 0



4. 2. Niveau A 0





5. Fonctionnement du cycle 4 temps diesel

La majorité des moteurs diesel sont des quatre temps (quelques constructeurs développe encore des moteurs diesel deux temps de grosse cylindrée avec soufflerie à l'admission pour les engins de chantier).

Le moteur diesel est un moteur à combustion interne capable de consommer des carburants lourds tels que le gazole, fuel, mazout.

Contrairement, au moteur essence pour lequel l'allumage est commandé, la combustion du carburant est déclenchée par l'auto-inflammation au contact d'un air surchauffé par l'élévation importante de la pression.

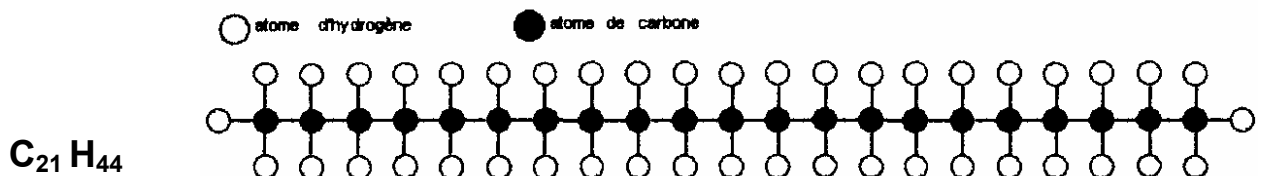
6. Qu'est-ce un carburant ?

Ne sera pris en compte que le carburant de base sans ses additifs.

Les carburants sont hydrocarbures (**Hydrogène H**, **Carbone C**)

D'où la formule chimique $C_x H_y$. (a & y sont le nombre d'atomes respectifs en carbone et hydrogène de la molécule.)

7. Le gazole (cétane)

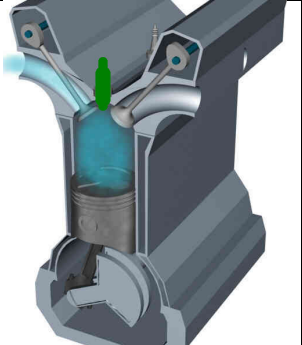
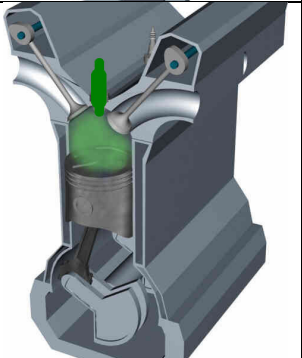
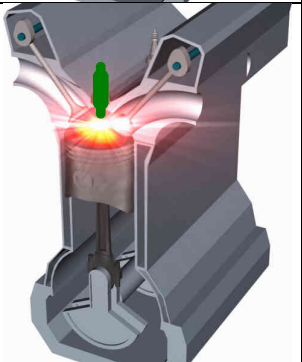


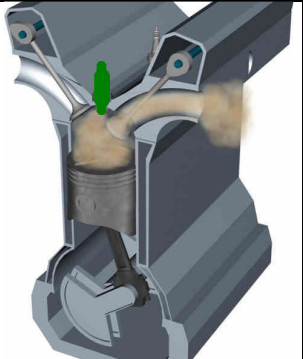
Propriétés :

Température d'évaporation :	comprise entre 180 & 370°C
Densité :	0,845
Point éclair :	compris entre 55 & 120°C
Pouvoir calorifique :	43.000 Kj/Kg

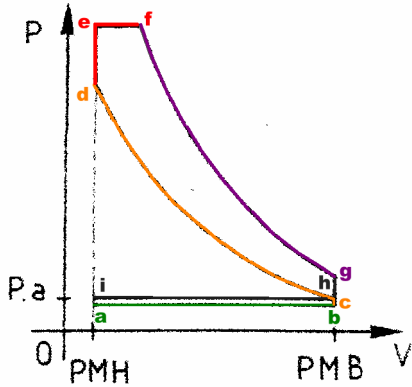
Formule chimique :	$C_{21} H_{44}$
Résistance au froid :	- 5°C le gazole devient trouble
	-15°C limite de filtrabilité
	-18°C point d'écoulement
Ce sont les paraffines contenues dans le gazole qui le transforment en cristaux quand la température baisse.	
Masse de soufre depuis le 01 octobre 1996 :	elle est inférieure à 0,05%

8. Description des cycles du moteur diesel quatre temps

Temps :	Phase :	Course du piston :	Soupapes :		Pression : en MPa	Température : en C°	Schémas :	
			Admission	Echappement				
1er	Admission	Du PMH vers le PMB	S'ouvre	Se ferme	Voisine de la Pression atmosphérique.	Voisine de l'ambiante.		
			Remplissage du cylindre en air préalablement filtré.					
2ème	Compression	Du PMB vers le PMH	Se ferme	Fermée	Augmente Environ 2.5.	Augmente Plus de 600.		
			Compression de l'air dans le cylindre.					
3ème	Combustion détente	Du PMH vers le PMB	Injection du carburant sous pression supérieure à 10MPa avant le point mort haut.			Stable puis chute jusqu'à environ 0,5.	Augmente pendant la combustion jusqu'à 2400.	
			Auto-inflammation du carburant au contact de l'air surchauffé et pendant toute la durée de l'injection. Augmentation de la température et de la pression.					
			Fermée		Fermée		Combustion & détente	

4ème	Echappement	Du PMB vers le PMH	Fermée	S'ouvre	Chute	Chute jusqu'à environ 1100	
			Evacuation des gaz d'échappement.				

9. Diagramme théorique : cycle mixte

Déplacement du piston	Volume	Pression en MPa	Température en °C	Schéma
De a vers b	Augmente	Constante : 0,1	27	
De c vers d	Diminue	Augmente : environ 3	Plus de 400	
De d vers e & injection	Constant	Augmente : environ 4,5	Augmente jusqu'à environ 2400	
De e vers f & injection	Diminue	Constante	Constante	
De f vers g		Diminue	Baisse jusqu'à environ 1100	
De g vers h	Constant	Diminue : vers 0,1	Constante	

L'injection du gazole s'effectue avant le point mort haut directement dans la chambre de combustion.

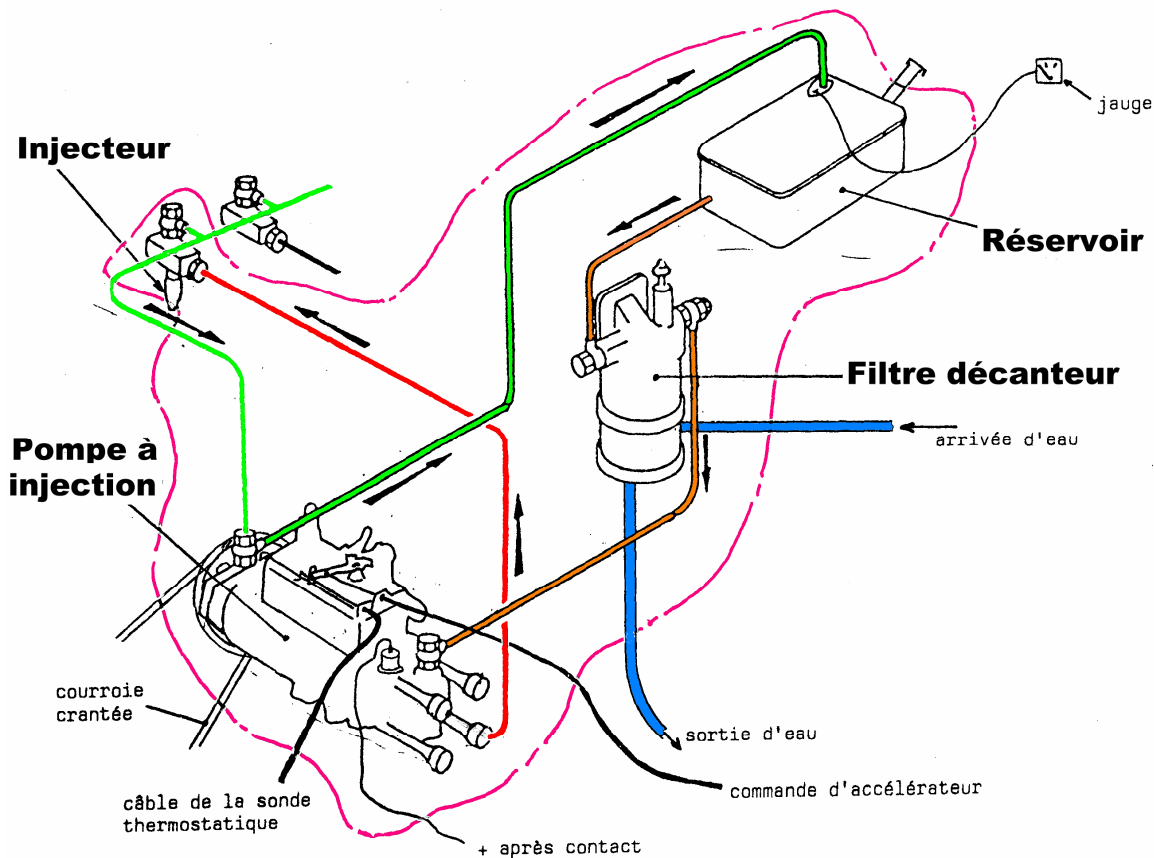
La température de l'air dans le cylindre supérieure à celle de l'auto-inflammation du carburant. La combustion est déclenchée par le début d'injection. Le carburant brûle pendant toute la durée de l'injection.

La détonation est recherchée en début de combustion. La pression est théoriquement maintenue constante pendant une grande partie de la phase détente.

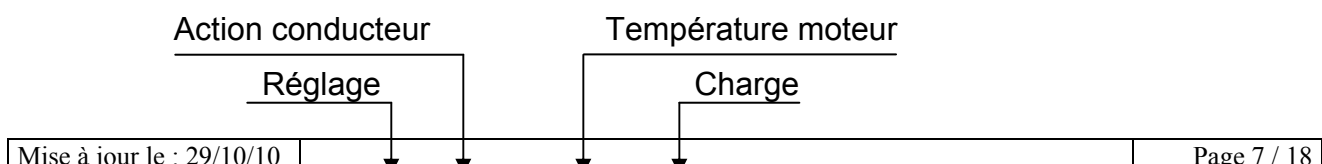
10. Diagramme réel

Déplacement du piston	Volume	Pression en MPa	Température en °C	Schéma
De a vers b	Augmente	Baise et remonte		
De b vers d	diminue	Augmente : environ 3	Plus de 400	
De d vers f , Injection, détente	Augmente puis diminue	Augmente : environ 4,5	Augment jusqu'à environ 2400	
De f vers h , détente	Augmente	Diminue	Baisse jusqu'à environ 1100	
De h vers i	Diminue	Diminue	Diminue	

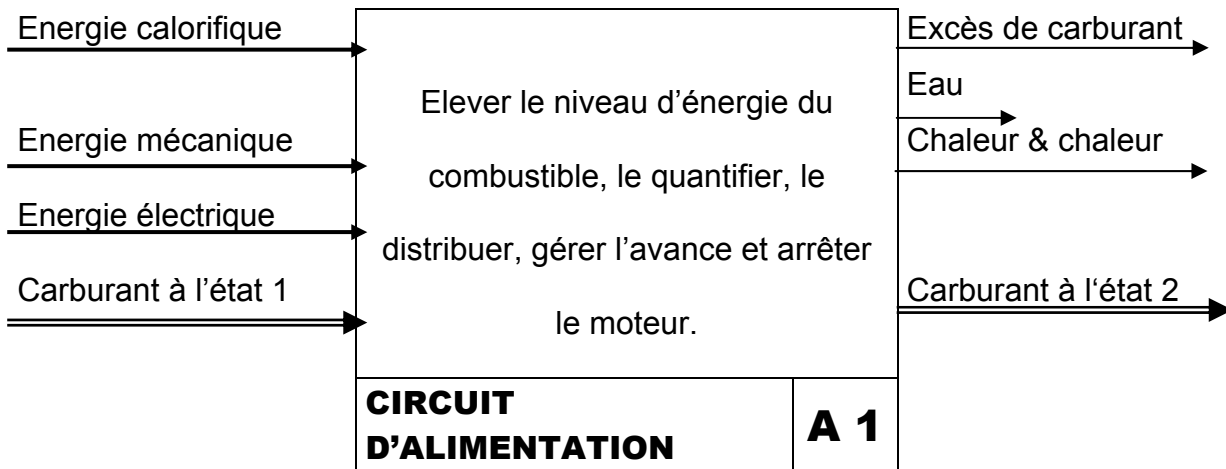
11. Frontière d'étude



12. Etude fonctionnelle niveau A 1

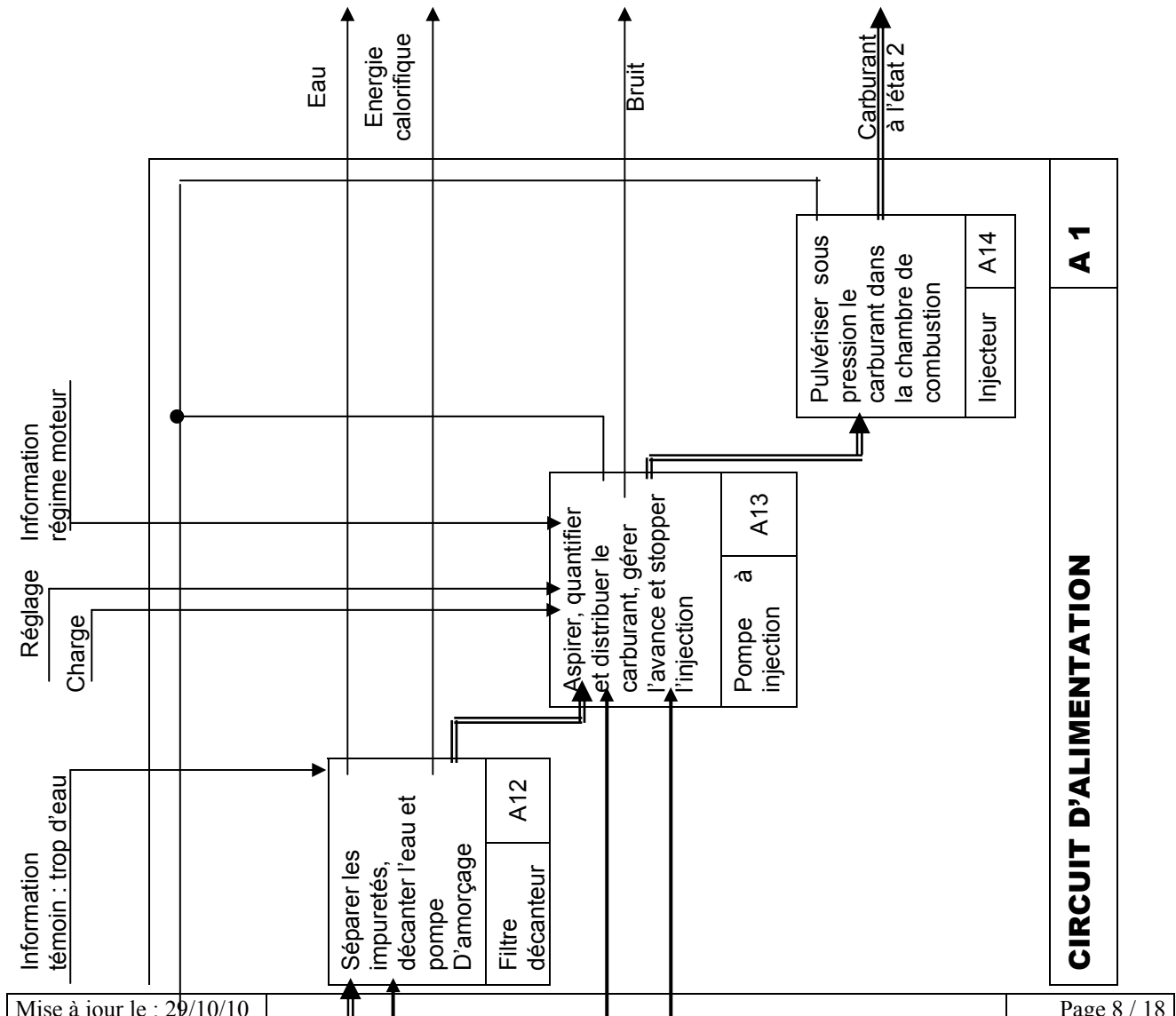


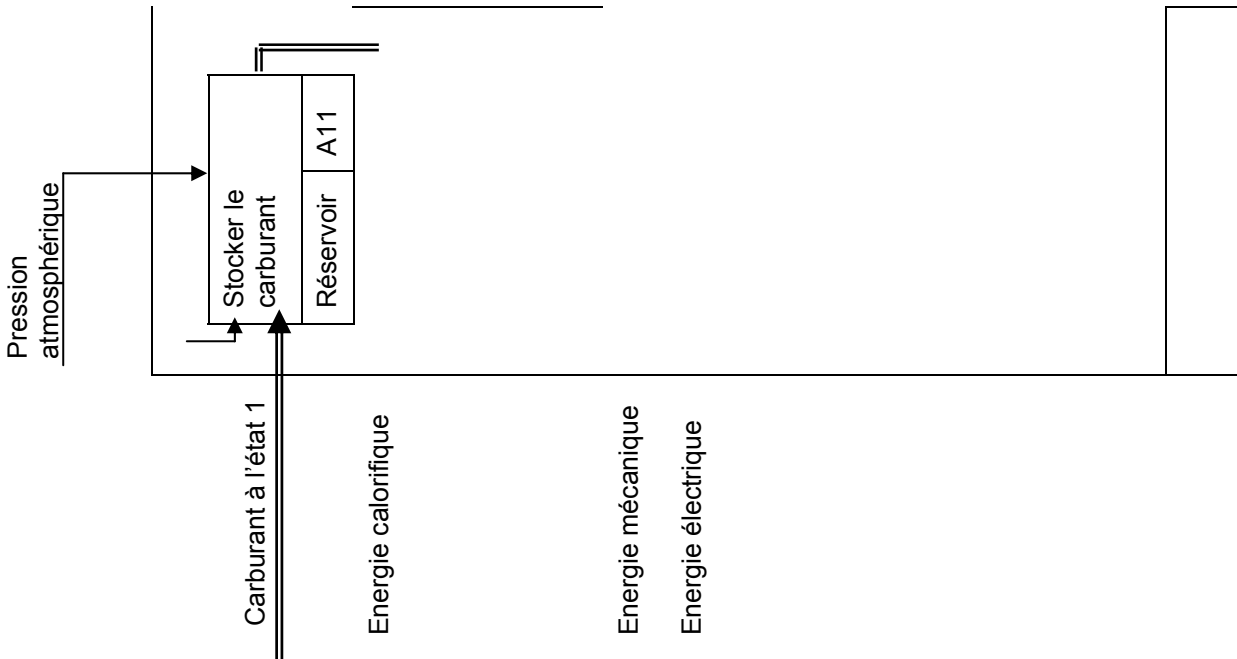
MOTEUR DIESEL



Etat 1 : à la pression atmosphérique

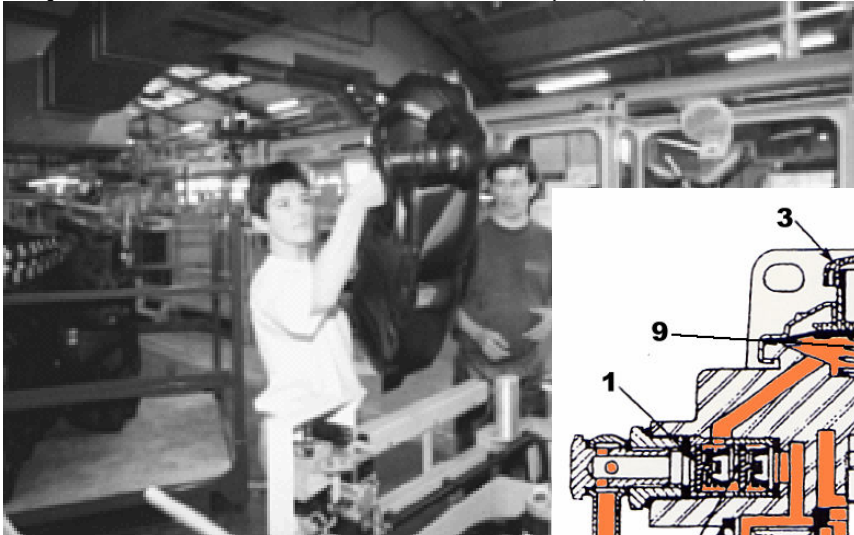
Etat 2 : Filtrée et à une pression supérieure à 10MPa





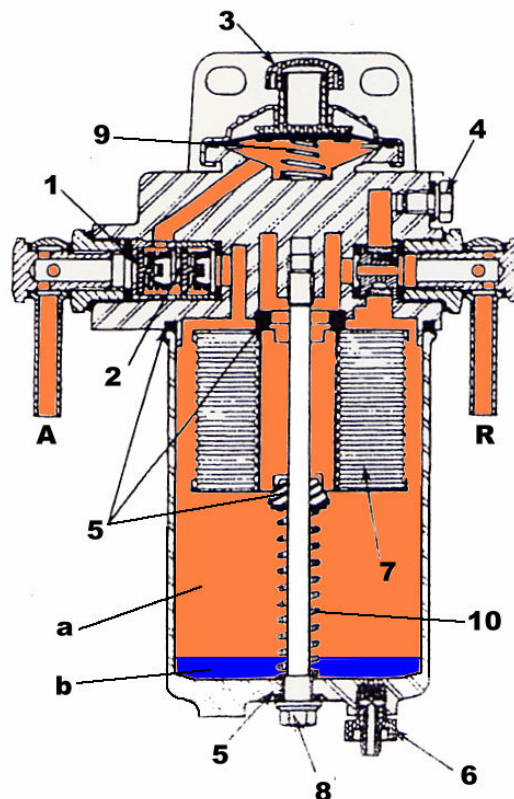
13. Réservoir

Réservoir servant à stocker le gazole et à recevoir le retour venant de la pompe à injection et des injecteurs. De formes diverses ils sont majoritairement réalisés en matière plastique.



14. Filtre décanteur

Son rôle principal est de séparer impuretés (supérieures à 4



les

microns) du gazole et de décanter l'eau.

Rep.	Désignation
1	Clapet d'aspiration
2	Clapet de refoulement
3	Pompe d'amorçage
4	Vis de purge pour l'air
5	Joint
6	Vis de vidange pour l'eau
7	Élément filtrant
8	Vis de fixation
9	Ressort de rappel
10	Ressort de maintien
A	Aspiration
R	Refoulement
a	Gazole
b	Eau

Le filtrage peut être réalisé par l'intermédiaire d'une cartouche **7** ou d'un élément filtrant (pour des raisons d'élimination des déchets la cartouche filtrante tend à disparaître).

Le gazole est aspiré par la pompe à injection au travers du filtre, la densité de l'eau étant plus importante que celle du gazole, cette eau reste au fond de la cuve (en fonction des préconisations du constructeur il faut procéder à une vidange de l'eau).

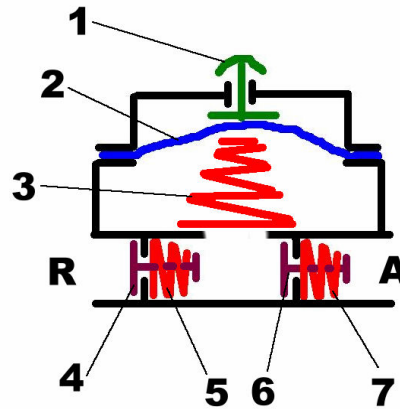
Pour éviter la cristallisation de la paraffine contenue dans le gazole certains constructeurs équipent le porte filtre d'un système de réchauffage, à eau ou électrique.

Lors du remplacement du filtre ou de l'élément filtrant, il est impératif qu'il ne reste plus d'air dans le porte filtre. Pour ce faire une pompe d'amorçage **3** actionnée manuellement permet de remplir l'ensemble de gazole et de faire sortir l'air par la purge **4**.

Cette même pompe d'amorçage permet de faire la purge de tout le circuit d'alimentation après une panne sèche.

Fonctionnement de la pompe d'amorçage

Rep.	Désignation
1	Poussoir
2	Membrane
3	Ressort de rappel
4	Clapet de refoulement
5	Ressort de rappel
6	Clapet d'aspiration
7	Ressort de rappel
A	Aspiration
R	Refoulement

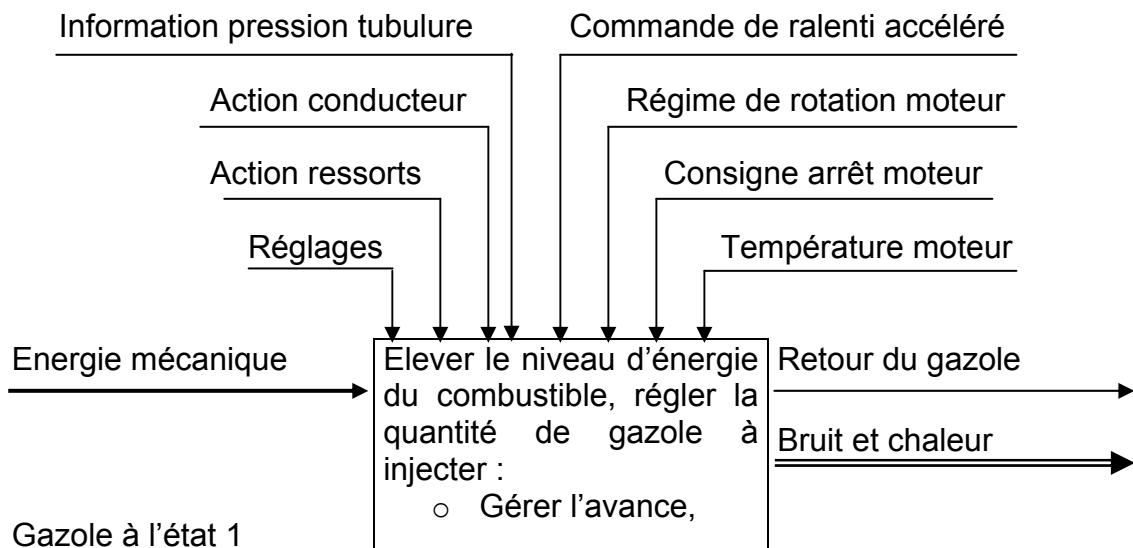


Lors du fonctionnement du moteur la pompe d'amorçage permet le libre passage du gazole de **A** vers **R**.

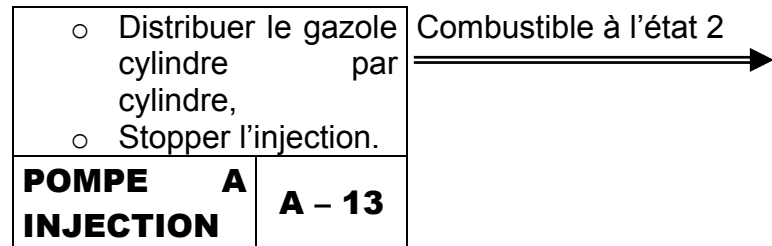
Phase refoulement:	Phase aspiration :
En appuyant sur le poussoir 1 et par l'intermédiaire de la membrane 2 le clapet 6, étant fermé sous l'action du ressort 7, entraîne l'ouverture du clapet 4 et permet le passage du gazole.	En relâchant la pression sur le poussoir 1, le ressort de rappel 3 repousse la membrane 2 et le poussoir 1. Le ressort de rappel 5 ferme le clapet 4. La force du ressort 3 est suffisante pour ouvrir le clapet 6 et permettre l'aspiration du gazole.

15. Pompe à injection

15.1. Etude fonctionnelle niveau A-13



MOTEUR DIESEL



Etat 1 : à la pression atmosphérique

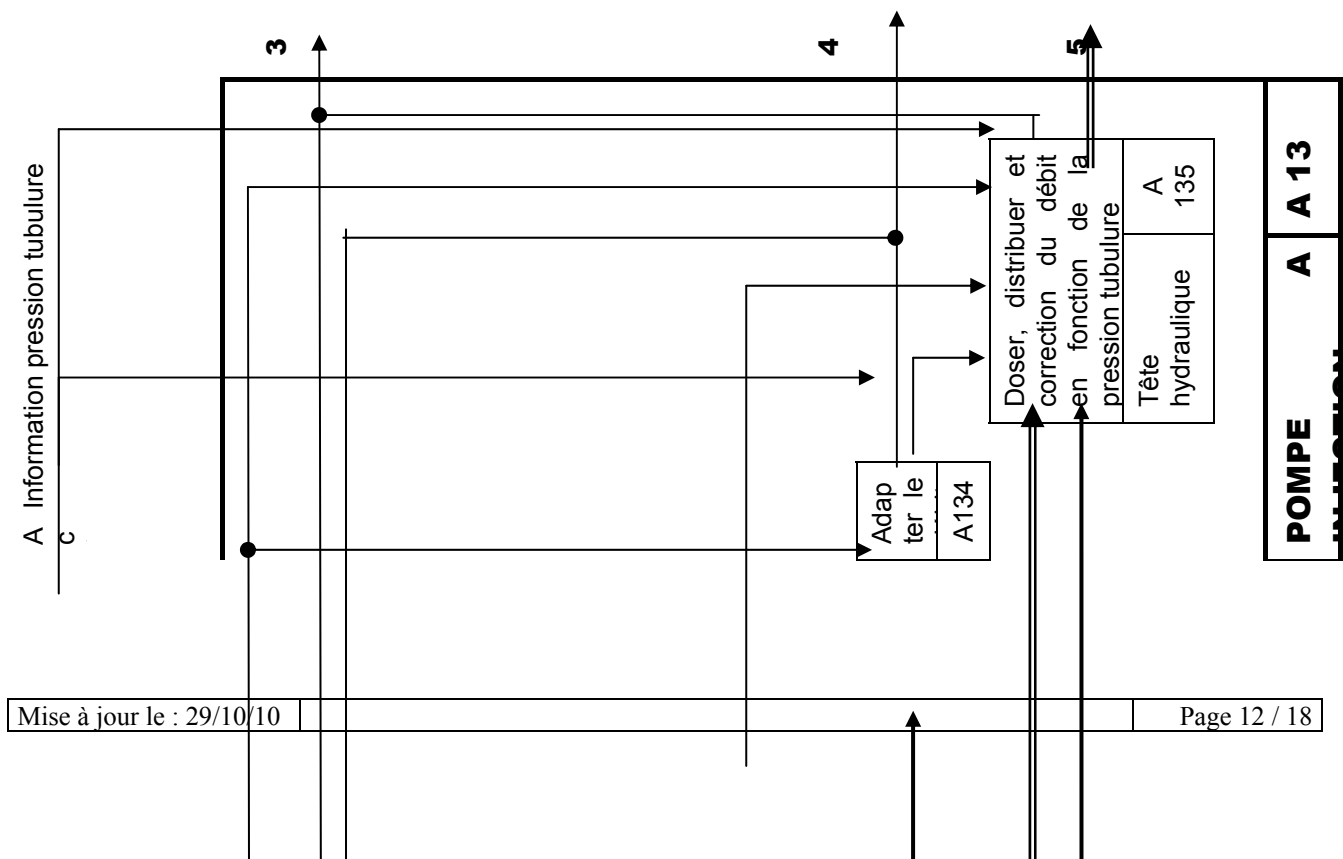
Etat 2 : Filtrée et à une pression supérieure à 10Mpa

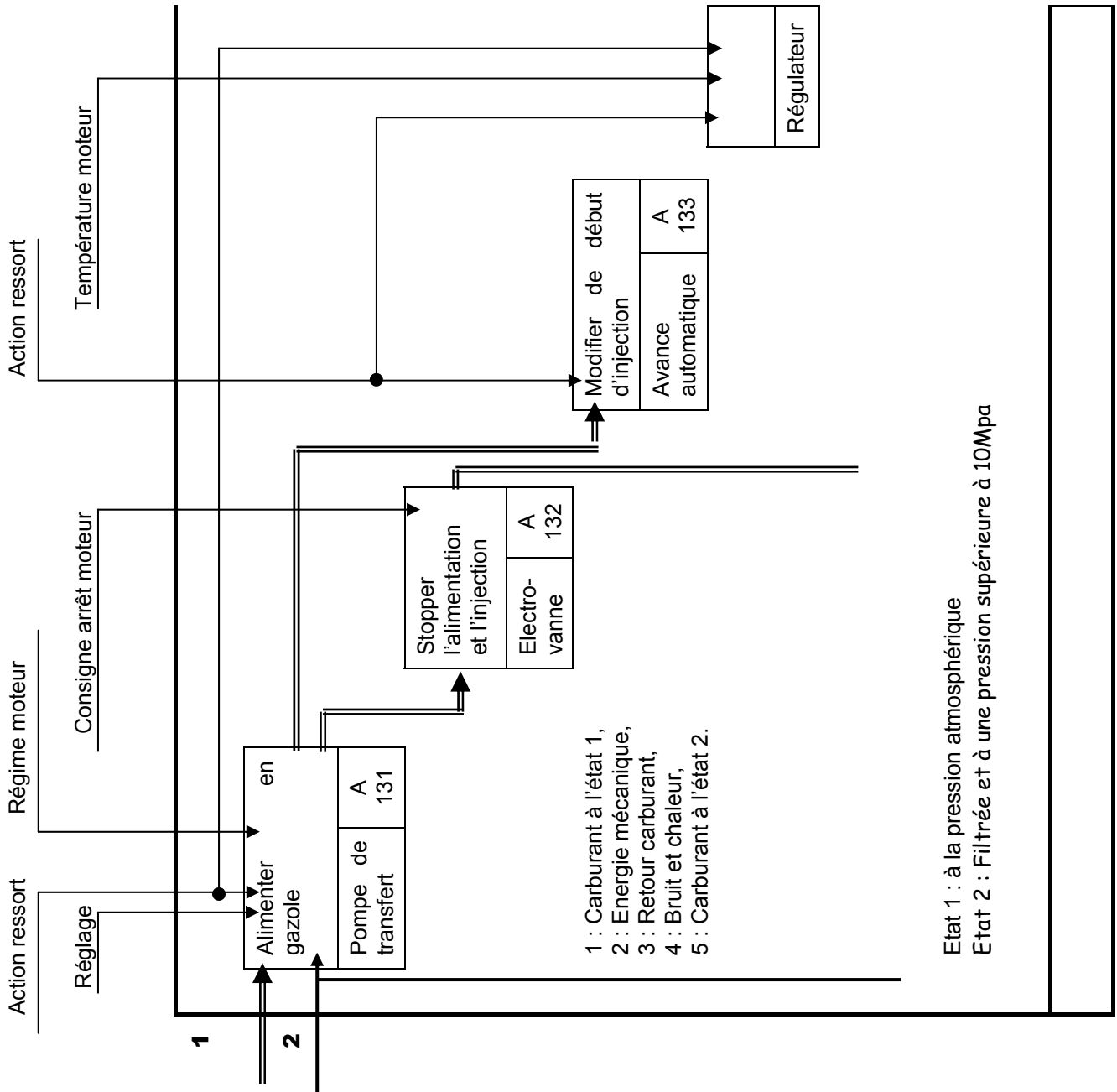
Pour obtenir le rendement le plus élevé, le gazole est injecté avant le point mort haut, délai d'auto-inflammation en fonction de la quantité de gazole injecté donc la durée est variable.

Cette avance augmente en fonction :

- Du régime moteur,
- De la pression tubulure d'admission.

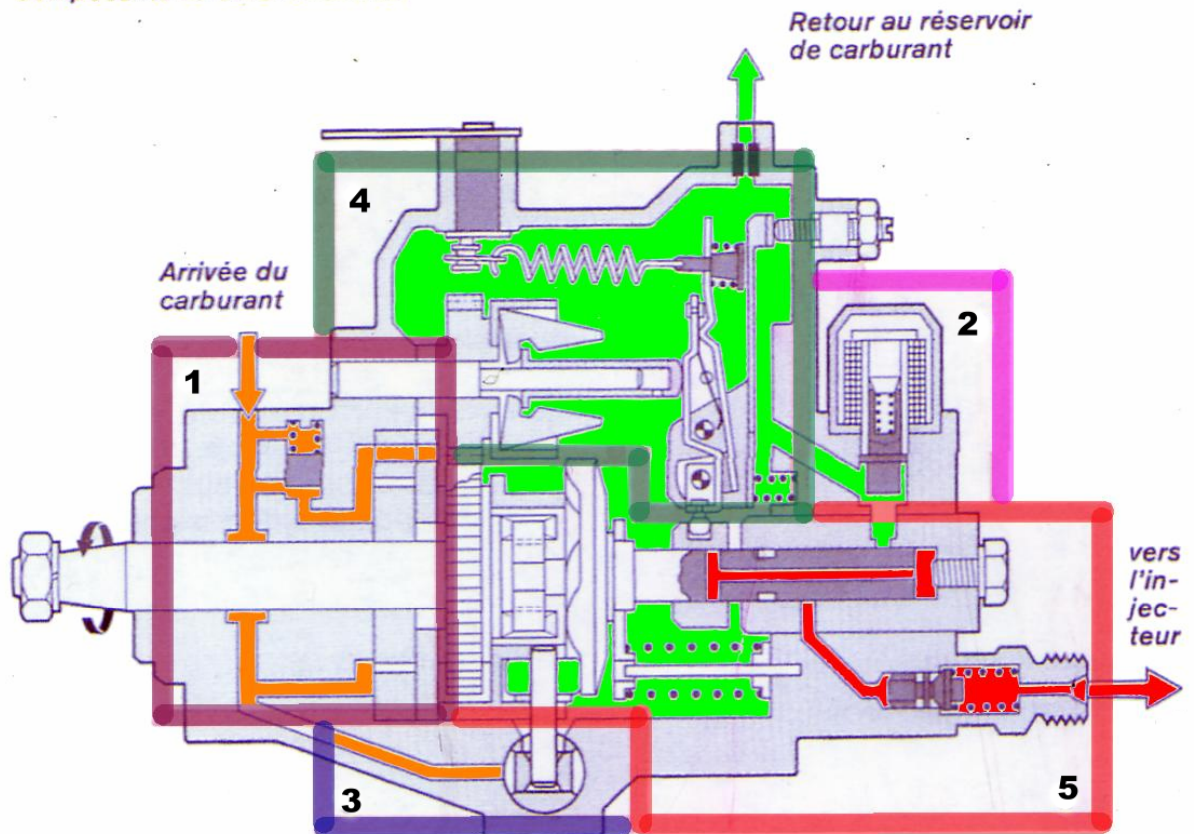
15.2. Etude fonctionnelle niveau A 13





15.3. Eclaté d'une pompe à injection

Composants et leurs fonctions.



1 Basse pression

2 Haute pression

3 Retour basse pression

- 1** **Pompe d'alimentation à palettes**
Aspiration et introduction du carburant à l'intérieur de la pompe d'injection.
- 2** **Electrovanne d'arrêt**
Interruption de l'arrivée de carburant.
- 3** **Variateur d'avance**
Correction du début de refoulement en fonction de la vitesse de rotation.

- 4** **Régulateur de vitesse mécanique**
Modulation du régime, variation du débit par le système de régulation à l'intérieur de la plage admissible.
- 5** **Pompe haute pression et distributeur**
Génération de la pression d'injection, refoulement et répartition du carburant.

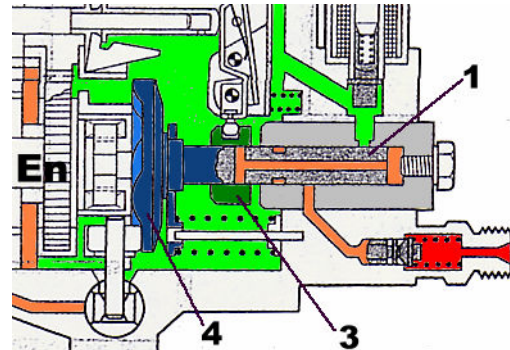
Les fonctions de la pompe à injection sont :

- Doser le gazole en fonction des actions conducteur,
- Distribuer le gazole aux différents cylindres,
- Modifier l'avance en fonction du régime moteur,
- Modifier le débit de pompe en fonction de la charge moteur,
- Permettre l'arrêt du moteur.

15.4. Dosage du carburant

La quantité injectée dépend de la position de la bague de limitation de débit **3** qui se déplace axialement sur le piston **1**.

Le plateau à cames (une par cylindre) définit la course du piston **1** qui est entraîné en rotation en **EN** par le moteur



Phase :	Fonctionnement	Schéma
Remplissage	Le piston 1 est sur bas de la came en a . Le remplissage de la chambre A en gazole se fait par l'orifice A et par des fentes d'étranglement 2 .	
Refoulement Début d'injection	La rotation de plateau à cames entraîne le déplacement du piston 1 d'où un refoulement de la chambre B vers C puis vers D Montée en pression	
Fin de refoulement Fin de l'injection	La bague de limitation de débit 3 communique avec l'orifice E c'est la fin du refoulement. Course maxi en b définie par la hauteur de la came. Chute de la pression.	
Remplissage	Déplacement du piston, descente de la came de b vers a et remplissage en gazole de la chambre B	

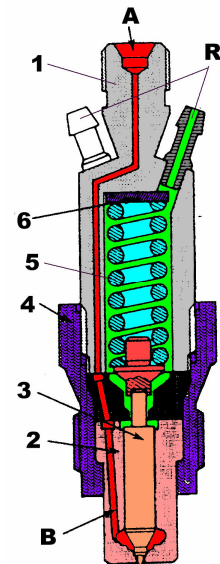
16. Injecteur

16.1. Fonction :

Assure la pulvérisation du gazole dans le cylindre (ou chambre de turbulence), avant le point mort haut dans un air surchauffé, ce qui entraîne l'auto-inflammation du gazole.

La finesse de pulvérisation est en rapport avec la pression d'ouverture de l'injecteur et de la taille, du nombre de trou et de la forme du jet.

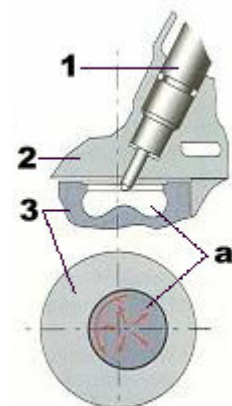
Rep.	Désignation
1	Porte injecteur
2	Corps d'injecteur
3	Aiguille d'injecteur
4	Ecrou
5	Ressort
6	Cale de réglage
A	Arrivée du gazole
B	Canal de transfert
R	Retour du gazole



17. Différents types d'injection

17.1. Injection directe

Rep.	Désignation
1	Injecteur
2	Culasse
3	Piston
a	Chambre de combustion

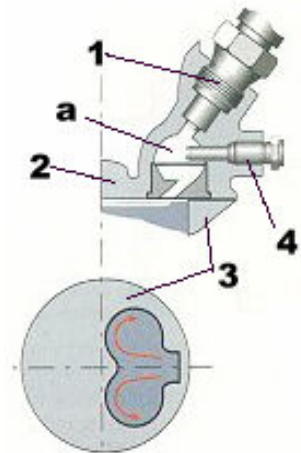


L'injecteur **1** pulvérise le gazole directement dans le cylindre au-dessus du piston **3** avant le point mort haut. La turbulence est créée par la forme particulière du piston qui intègre la chambre de combustion **a**. Ce système permet de diminuer le

décali de combustion. L'injecteur utilisé est de type à trous. Le rapport volumétrique est environ égal à 17/1. Ce type de moteur ne nécessite pas de système de préchauffage pour un démarrage si la température ambiante est supérieure à 5°C.

17.3. Injection indirecte avec chambre de turbulence

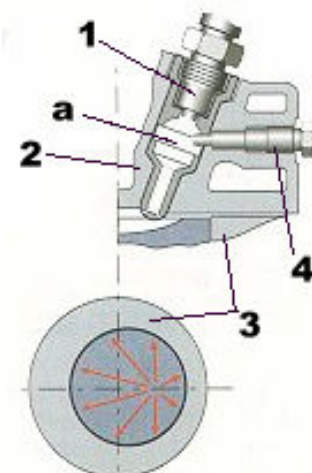
Rep.	Désignation
1	Injecteur
2	Culasse
3	Piston
4	Bougie de préchauffage
a	Chambre de turbulence



L'injecteur **1** pulvérise le gazole, avant le point mort haut, dans la chambre de turbulence **a** qui est implanté dans la culasse **2**. Le volume de la chambre de turbulence **a** représente 80% du volume de combustion. La chambre de turbulence **a** communique avec le cylindre par l'intermédiaire d'une volute dont la forme favorise une très bonne turbulence. L'injecteur utilisé est de type à tétons. Le rapport volumétrique est environ égal à 23/1. Ce type de moteur nécessite un de système de préchauffage pour un démarrage à froid.

17.3. Injection indirecte avec chambre de précombustion

Rep.	Désignation
1	Injecteur
2	Culasse
3	Piston
4	Bougie de préchauffage
a	Chambre de précombustion



L'injecteur **1** pulvérise le gazole, avant le point mort haut, dans la chambre de précombustion **a** qui est implanté dans la culasse **2**. Le volume de

la chambre de turbulence **a** représente 40% du volume de combustion. L'injecteur utilisé est de type à tétos. Le rapport volumétrique est environ égal à 23/1. Ce type de moteur nécessite un de système de préchauffage pour un démarrage à froid.