

SESSION DE 2008

CA/PLP
CONCOURS EXTERNE ET CAFEP

Section : GENIE MECANIQUE

Option : MAINTENANCE VEHICULES, MACHINES AGRICOLES,
ENGINS DE CHANTIER

ETUDE D'UN SYSTEME ET/OU D'UN PROCESSUS TECHNIQUE

Durée : 8 heures

Calculatrice électronique de poche, y compris programmable, alphanumérique ou à écran graphique, à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout document et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB : Hormis l'en-tête détachable, la copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.

Tournez la page S.V.P.

NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE,

Académie : _____ Session : _____

Concours : _____

Spécialité/option : _____ Repère de l'épreuve : _____

Intitulé de l'épreuve : _____

NOM : _____

(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms : _____ N° du candidat

(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

FE2-11.3

DOSSIER DE TRAVAIL

**L'ensemble du dossier sera rendu en fin d'épreuve.
S'il le souhaite, le candidat est invité à ajouter des commentaires sur une feuille de copie
en ayant soin d'indiquer le numéro de la question.**

Ce dossier contient 26 pages (y compris celle-ci).

Un porteur IVECO Stralis équipé d'un moteur Cursor est en opération de maintenance suite à l'allumage d'un témoin de défaut moteur et d'un problème de démarrage aléatoire. Ce porteur est équipé d'une plateforme élévatrice (hayon) pour faire de la livraison urbaine. Ce type d'utilisation sollicite énormément les systèmes de démarrage et de génération de courant électrique ; d'autre part il ne permet pas un fonctionnement optimal du système antipollution.

L'étude suivante comporte 3 parties :

- 1- Connaissance du moteur Cursor
- 2- Etude de la combustion et des stratégies antipollution
- 3- Etude de la génération de courant et du dispositif de démarrage.

NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

1° Connaissance du moteur Cursor

Objectif: Architecture et paramètres de fonctionnement du moteur et de son système d'injection.

1.1° Caractéristiques générales :

1.1.1° D'après les données du dossier technique, calculer :

1.1.1.1° La cylindrée unitaire.

1.1.1.2° La cylindrée totale.

1.1.1.3° Le rapport volumétrique.

1.1.2° Donner le type du moteur (super carré, carré, classique) en justifiant votre réponse.

1.1.3° Expliquer pourquoi le constructeur a choisi ce type de moteur pour des véhicules industriels.

NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

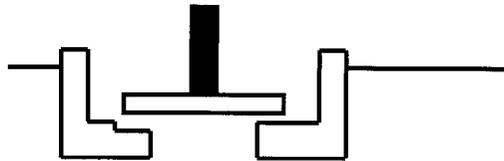
NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

3.2.7° Le conducteur du camion n'arrive pas à démarrer le moteur.

Lorsqu'il active la commande, le démarreur émet un claquement et une légère perte de luminosité affecte les lampes du tableau de bord. Elaborer en les justifiant des hypothèses sur cette panne.

3.2.8° L'électricien dépose et démonte le démarreur. Il remarque que le contacteur commandé par le solénoïde ne remplit plus sa fonction car il est usé de la manière suivante :



Expliquer la raison de cette usure dissymétrique ?

1.2° Courbes caractéristiques :

1.2.1° Donner l'expression littérale du calcul de la puissance du moteur.

1.2.2° Compléter le tableau suivant :

Régime (tr/min)	Couple (daN m)	Puissance (kW)
700	144	
800	188	
900	217	
1000	229	
1100	228	
1200	227	
1300	225	
1400	226	
1500	223	
1600	216	
1700	203	
1800	191	
1900	182	
2000	159	
2100	138	
2220	111	

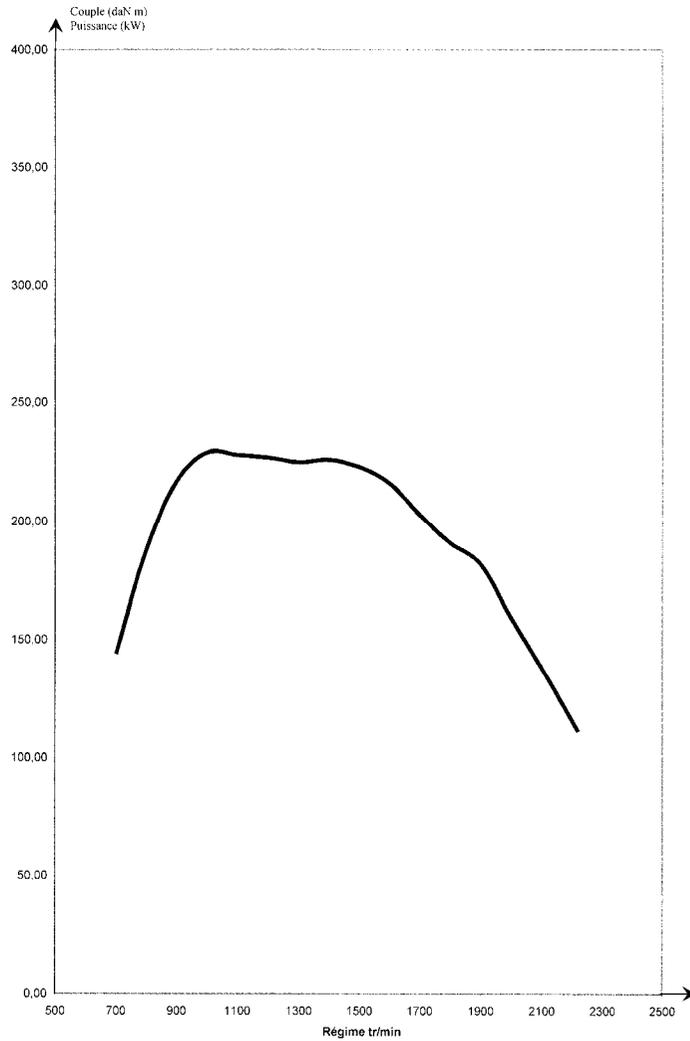
NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

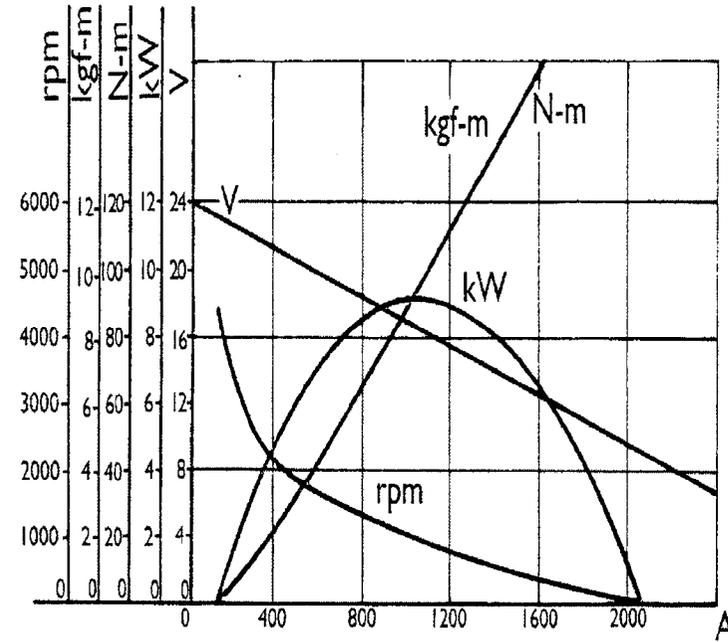
NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

1.2.3° Tracer la courbe de puissance sur le graphe ci-dessous :



3.2.6.4° Tracer (avec la couleur de votre choix) la puissance électrique sur les autres courbes. Respecter les mêmes échelles.



3.2.6.5° L'allure de votre courbe correspond elle à votre équation ? Pourquoi ?

NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

NE RIEN ÉCRIRE

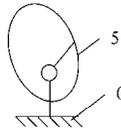
DANS CE CADRE

1.4.2° Circuit haute pression :

Les figures 1 et 2 du dossier technique page 10 donnent l'implantation du système d'injection par injecteurs pompes commandés par cames et culbuteurs.

La figure 3 du dossier technique page 11 donne à l'échelle 1 la partie pompe et son dispositif de commande.

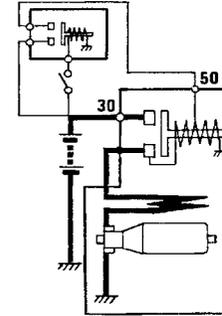
1.4.2.1° Faire le schéma cinématique minimal de ce dispositif :



Symboles des liaisons élémentaires :

Liaison encastrement	Liaison pivot	Liaison glissière	Liaison hélicoïdale
Liaison pivot glissant	Liaison rotule	Liaison appui plan	Liaison sphère cylindre
Liaison rectiligne	Liaison sphère plan		

3.2.5° A l'aide du schéma ci-dessous expliquer les différentes phases de fonctionnement de ce démarreur. Etablir (à côté du schéma) une nomenclature des pièces constitutives.



Series of horizontal lines provided for writing the explanation and nomenclature of the starter motor components.

NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

3.2.1° En se référant au document ressource sur les démarreurs indiquer de quel type est celui ci ?

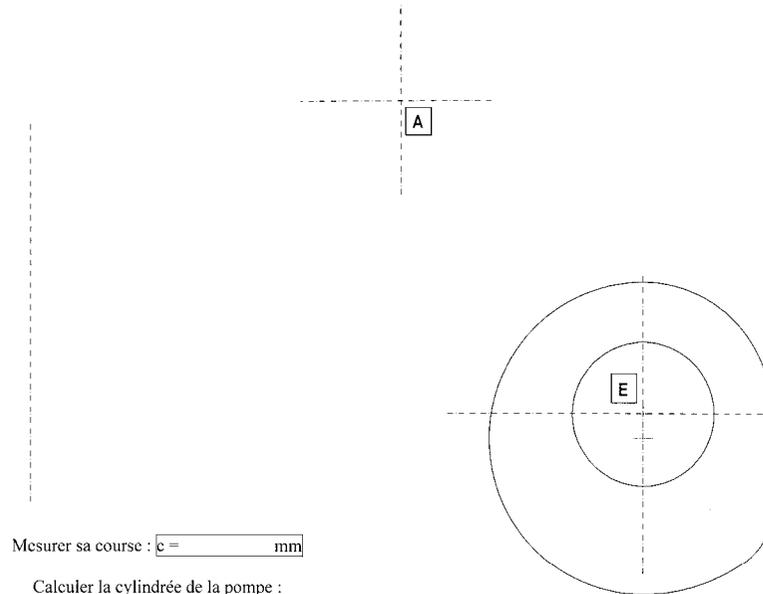
3.2.2° La figure 60 présente quelques courbes caractéristiques de la machine. Nommer ces courbes.

3.2.3° En fonction de quelle grandeur ces courbes sont elles exprimées ?

3.2.4° Quelle (s) courbe(s) intéresse(nt) le réparateur ? Pourquoi ?

1.4.2.2° Tracer, ci-dessous, les positions PMH et PMB du piston.

Epure à l'échelle 1



Mesurer sa course : c = mm

Calculer la cylindrée de la pompe :

Cyl = mm³

NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

NE RIEN ÉCRIRE

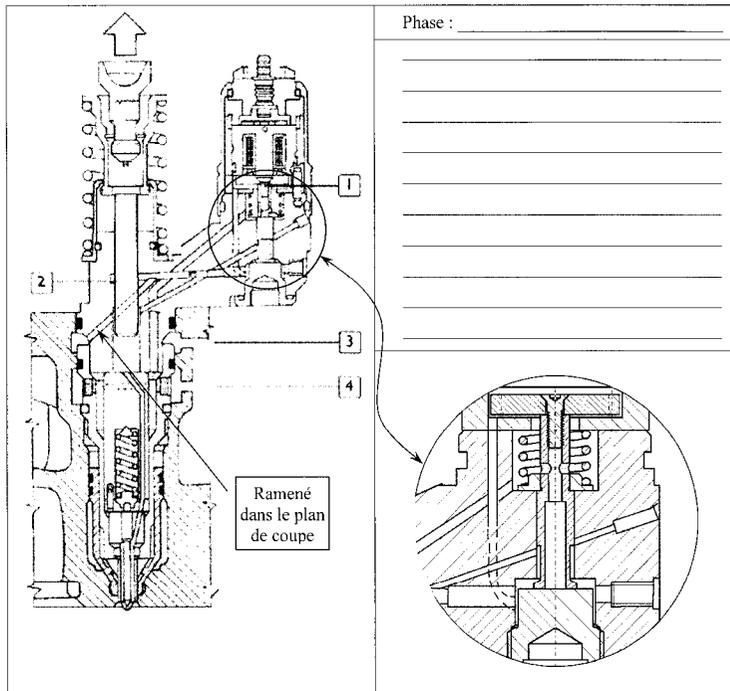
DANS CE CADRE

1.4.2.3° Fonctionnement de l'injecteur :

Compléter les 3 figures ci-dessous en inscrivant :

- le nom de la phase
- le flux de gazole par des flèches en rouge
- le fonctionnement propre à cette phase (ne pas dépasser le cadre réservé)

Note : le mouvement du piston est représenté par : 
 L'excitation de l'électrovanne est représentée par : 
 (4) est l'orifice d'alimentation.
 (3) est un retour.
 (1) est le tiroir de l'électrovanne.

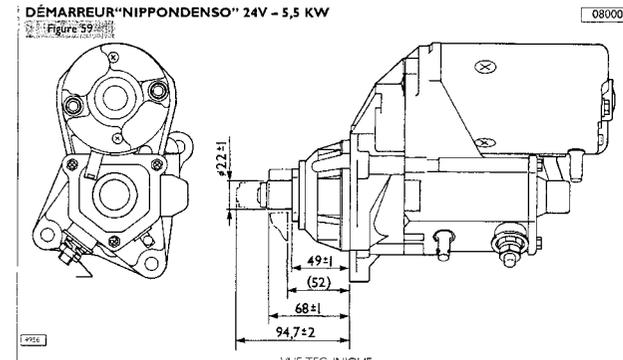
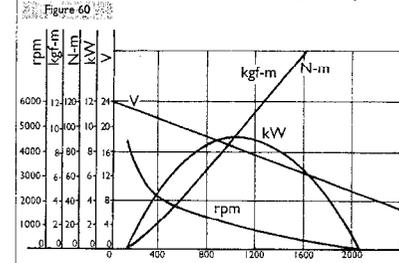
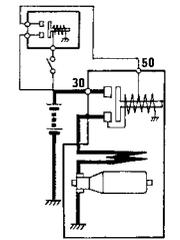


3.2° Etude du dispositif de démarrage.

Le conducteur a constaté des démarrages aléatoires, de plus en plus fréquents. Lors d'une opération de maintenance, un contrôle de ses caractéristiques a été effectué.

Voici le document du constructeur présentant le démarreur équipant le moteur CURSOR

DÉMARREUR "NIPPONDENSO" 24V - 5,5 kW 08000

COURBES CARACTERISTIQUES

Caractéristiques	Puiss. spécifique (20°C)	Conditions d'essai	Caractéristiques
Puissance nominale	5,5 kW	Avance charge	120A MAX (3800rpm MIN.)
Tension circuit	24V	Charge	690A MAX. (900rpm MIN.)
Circuit d'amorçage	Commande d'avance positive	Essai coup. mot.	1260A MAX. (735 N-m MIN.)
Temps réglé	30 sec.		
Sens de rotation	à droite, vue de l'extrémité du pignon		
Poids	10,5 kg environ		
Tension de fonctionnement	16V MAX. (20°C)		
Résistance à l'eau	Test de pulvérisation d'eau selon J5 D0203 S1		

SCHEMA ELECTRIQUE

NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

2.3° Déterminer le dosage stœchiométrique (d) correspondant :

2.4° Le moteur diesel fonctionne avec des excès d'air. A partir des valeurs données dans le tableau, calculer le dosage correspondant et donner en pourcentage l'excès d'air correspondant.

Phase de fonctionnement	Régime (tr/min)	Puissance (kW)	Couple (N m)	λ coef d'air calculé
Couple maxi	1000	240	2292	1,575
Puissance maxi	1900	363	1825	1,829

2.4.1° Dosage au couple maxi :

2.4.2° Pourcentage d'excès d'air au couple maxi :

2.4.3° Dosage à la puissance maxi :

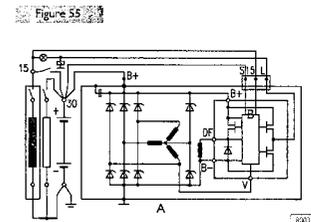
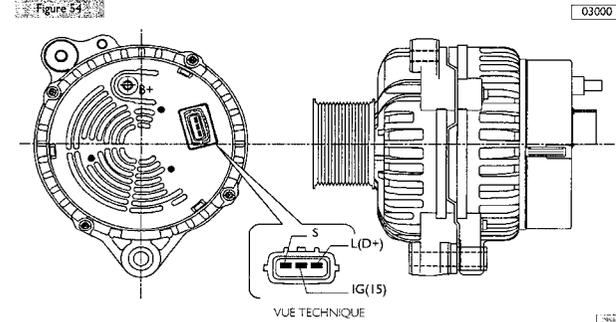
3° Etude de la génération de courant et du dispositif de démarrage

3.1° Etude de la génération de courant.

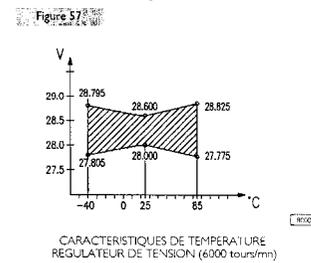
Objectif : l'utilisation intensive du hayon sollicite beaucoup l'alternateur. Il s'ensuit une usure prématurée. Lors d'une opération de maintenance, un contrôle de ses caractéristiques a été effectué.

Voici le document du constructeur présentant l'alternateur qui équipe le moteur CURSOR

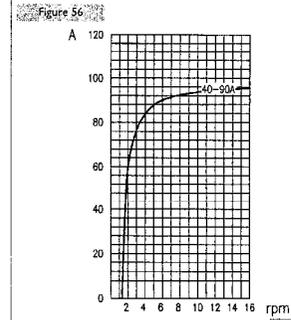
ALTERNATEUR "BOSCH" 28 V - 40 A - 90 A



SCHEMA ELECTRIQUE
A. Alternateur - B. Regulateur de tension



CARACTERISTIQUES DE TEMPERATURE
REGULATEUR DE TENSION (6000 tours/min)



COURBE DE DEBIT COURANT DE L'ALTERNATEUR

Caractéristiques

Tension nominale 28 V
 Puissance nominale 90 A
 Courant à température ambiante 1800 RPM/40 A
 à 25 °C et tension nominale 6000 RPM/90 A
 Sens de rotation à droite, vue de la poulie
 Poids 7,8 kg

NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

2.6° Analyse d'incident :

On considère les symptômes suivants :

- Le véhicule fonctionne en mode dégradé (le régime moteur ne dépasse pas 900 tr/min) ;
- Le témoin de gestion moteur est allumé au tableau de bord.
- La lecture des codes défauts avec la station diagnostic donne l'information suivante :
« Défaut système SCR »

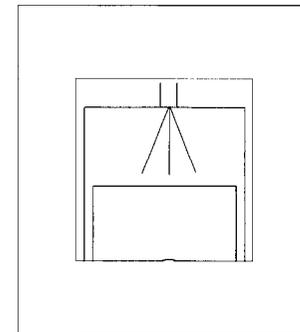
2.6.1 Etablir une liste des opérations à effectuer pour trouver l'élément défectueux.

2.6.2 En supposant que la mesure des paramètres informe d'une quantité de NOx trop importante en sortie d'échappement, faire la liste des éléments à contrôler.

2.4.4° Pourcentage d'excès d'air à la puissance maxi :

2.4.5° En se servant des courbes caractéristiques du moteur, justifier la différence d'excès d'air entre ces 2 phases de fonctionnement :

2.4.6° En supposant que les limites d'inflammabilité du gazole sont proches de celle de l'essence, on constate que le moteur diesel fonctionne en dehors des valeurs : Expliquer comment cela est il possible ? (On pourra s'aider du schéma ci-contre si besoin).



NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

NE RIEN ÉCRIRE

DANS CE CADRE

2.5° Mesure des consommations et des polluants générés :

2.5.1° En considérant les données du dossier technique et en prenant en compte les résultats obtenus précédemment, calculer :

2.5.1.1° La consommation en litre par heure (l/h) à 1000 tr/min (Masse volumique du gazole = 0,830 kg/l).

2.5.1.2° La production des différents polluants en considérant que le moteur est réglé pour la norme EURO 4.

Oxydes d'azote (NOx) :

Monoxyde de carbone (CO) :

Hydrocarbures :

Particules :

2.5.2° La technologie utilisée pour diminuer la production de polluants par le constructeur IVECO est la réduction catalytique sélective (SCR).

2.5.2.1° Faire le schéma synoptique du système SCR à partir du schéma électro-hydraulique du dossier technique.

Réservoir
Ad Blue

Calculateur
Module pompe

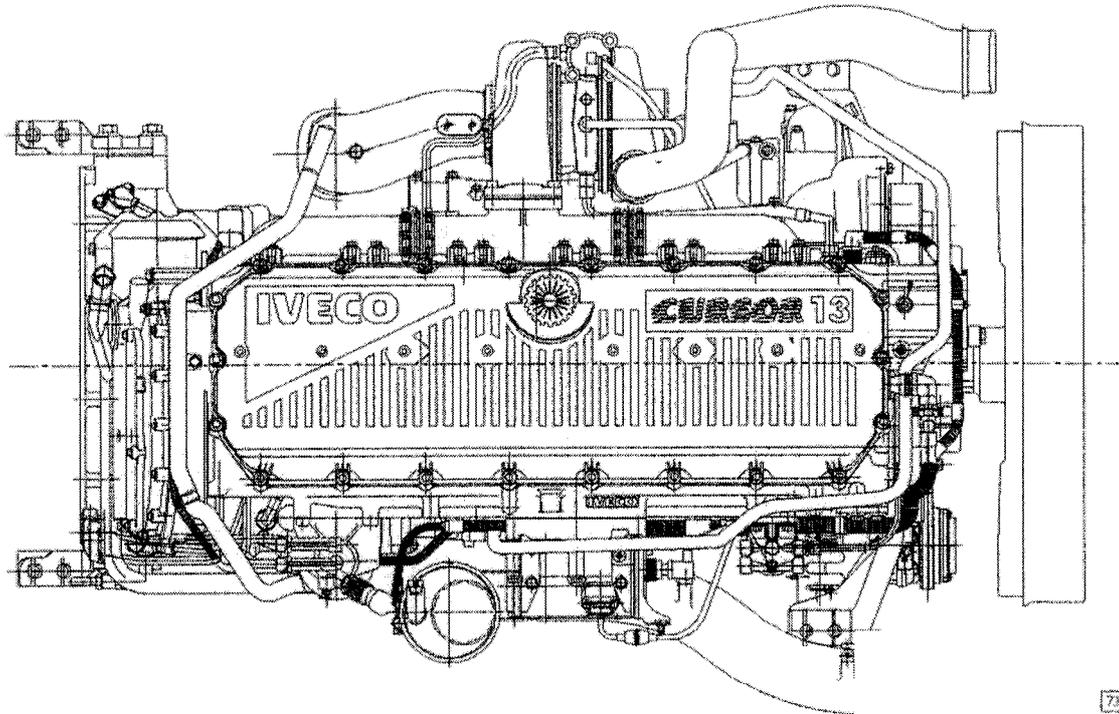
Gaz
d'échappement
avant réduction

Gaz
d'échappement
après réduction

DOSSIER TECHNIQUE

Ce dossier contient 24 pages (y compris celle-ci).

Le moteur IVECO cursor



1° Préambule

Les problèmes de pollution atmosphérique ont contraint les états européens à élaborer des normes fixant les limites des rejets pollués issus de la combustion d'un carburant : Ces normes sont dénommées « EURO »

Les **normes d'émission EURO** fixent les limites maximales de rejets polluants pour les véhicules roulants. Il s'agit d'un ensemble de normes de plus en plus strictes s'appliquant aux véhicules neufs. leurs objectifs est de limiter la pollution atmosphérique due au transport.

La législation européenne est de plus en plus sévère sur les rejets des moteurs diesels. Les normes d'émissions « EURO » se succèdent depuis 1988 et sont planifiées jusqu'en 2009. La mise en œuvre se fait dans des délais légèrement décalés pour les moteurs diesel et essence.

- Euro 0 : véhicules mis en service entre 1988 et 1992
- Euro 1 : véhicules mis en service entre 1993 et 1996
- Euro 2 : véhicules mis en service entre 1996 et 2000
- Euro 3 : véhicules mis en service entre 2000 et 2004
- Euro 4 : véhicules mis en service entre 2005 et 2007
- Euro 5 : applicable à l'horizon 2008/2009

Emissions des différents polluants suivant la norme EURO en g/k.Wh

Norme	Euro 0	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5
Oxydes d'azote (NOx)	14,4	8	7	5	3,5	2
Monoxyde de carbone (CO)	11,2	4,5	4	2,1	1,5	1,5
Hydrocarbures	2,4	1,1	1,1	0,66	0,46	0,25
Particules	-	0,36	0,15	0,1	0,02	0,02

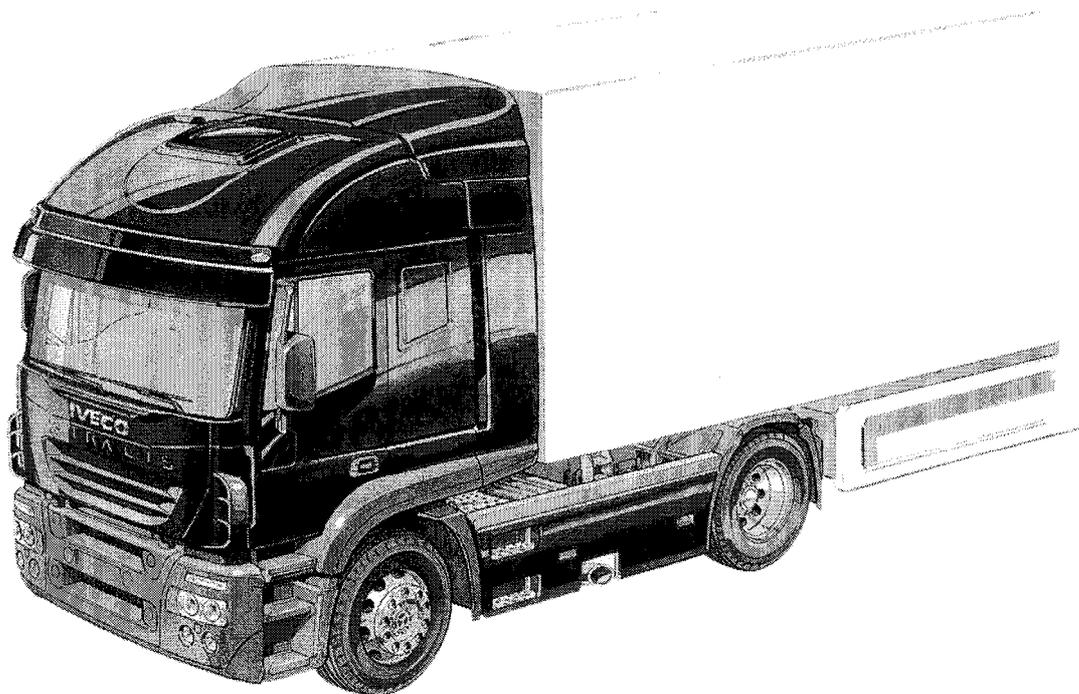
Afin de respecter le cahier des charges des normes EURO, les constructeurs automobile ont dû développer des technologies nouvelles pour lutter contre la production de produits polluants.

Quelques exemples sur les moteurs diesels : Généralisation des injection haute pression, généralisation des systèmes de suralimentation variable refroidis, réduction des polluants à l'échappement...

Le sujet présent propose une étude des moteurs IVECO qui répondent actuellement à la norme EURO 4 en vigueur et déjà à la norme EURO 5, applicable en 2008.

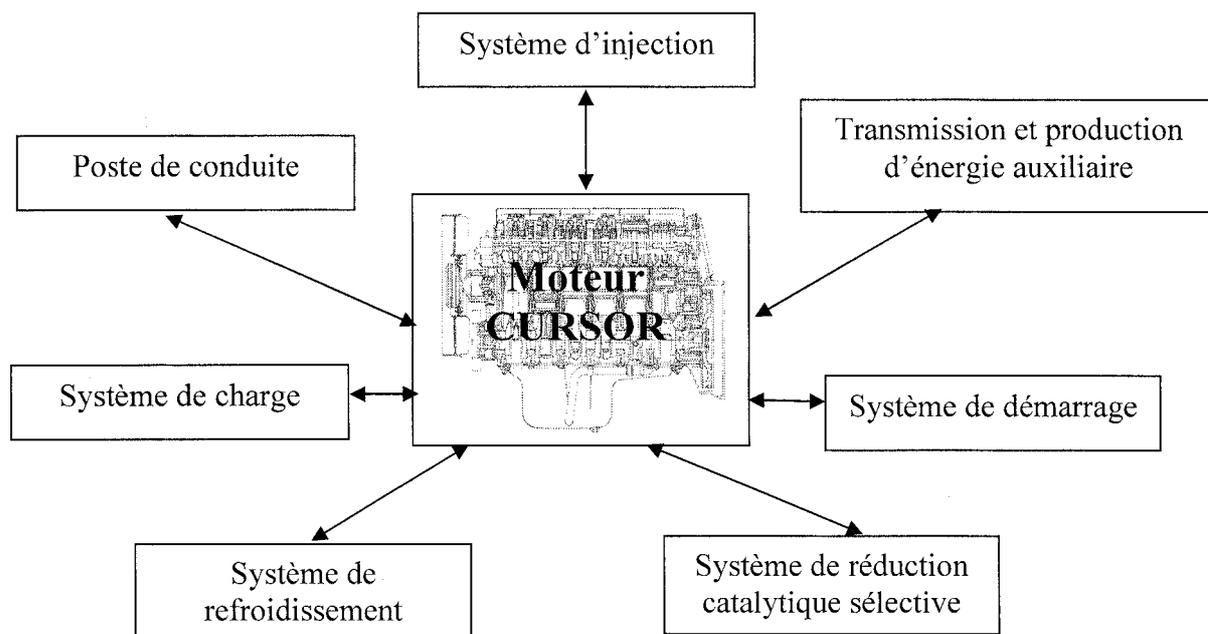
2° Les motorisations IVECO Cursor

Les porteurs et tracteurs IVECO Stralis reçoivent les moteurs six cylindres en ligne Cursor 8,10 et 13.



La technologie des trois moteurs est identique. L'injection directe à très haute pression est assurée par des injecteurs pompes unitaires actionnés par un arbre à cames placé dans la culasse. Cet arbre à cames commande aussi les quatre soupapes de chaque cylindre, il est entraîné par une cascade de pignons placés à l'arrière du moteur. La suralimentation est assurée par un turbocompresseur à géométrie variable optimisé pour que le moteur délivre les meilleures performances à tous les régimes d'utilisation. Le frein moteur à décompression voit son action renforcée par le turbocompresseur. Toutes les fonctions du moteur sont gérées électroniquement : débit d'injection, avance à l'injection, géométrie du turbo, frein à décompression, régulateur de vitesse. La centrale de gestion est connectée avec les autres centrales électroniques régissant la boîte de vitesses, le freinage et le ralentisseur sur transmission. Les émissions de gaz à l'échappement sont conformes à la directive EURO 4.

3° Le moteur Cursor dans l'environnement de l'étude proposée



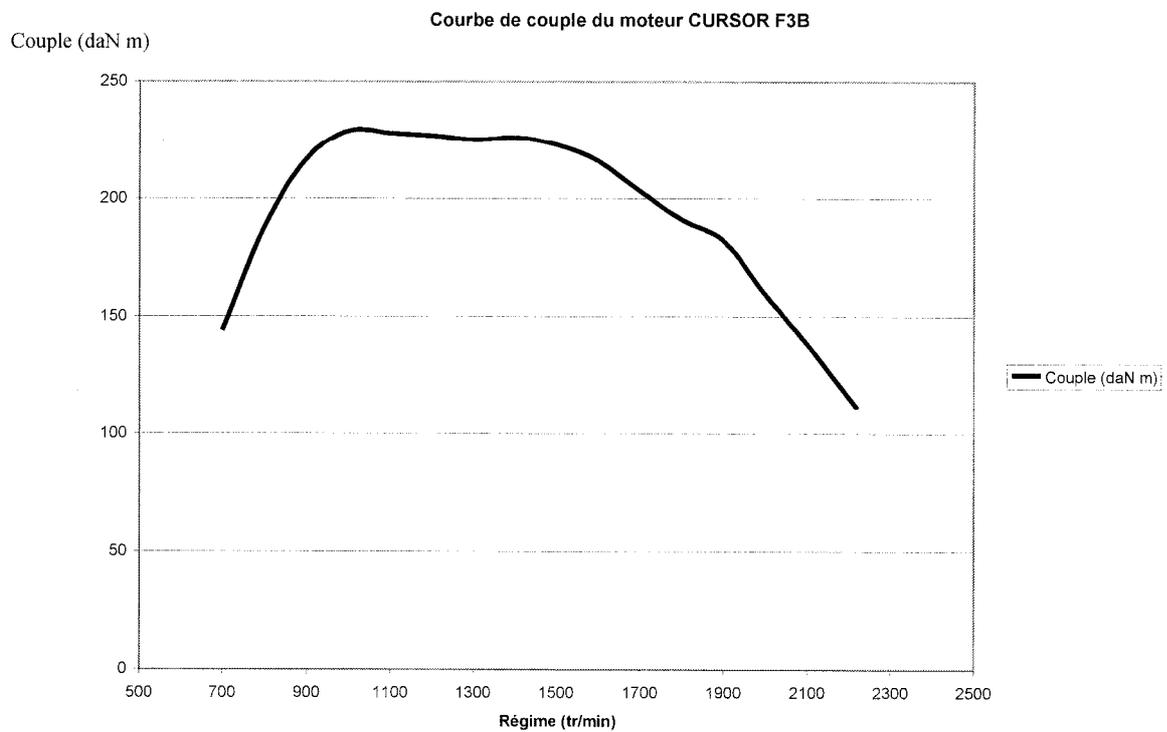
4° Les caractéristiques du moteur Cursor

- Caractéristiques générales

Type	F3B
Cycle	Diesel 4 Temps
Alimentation	Suralimenté avec intercooler
Injection	Directe par injecteurs pompes
Nombre de cylindres	6
Alésage	135 mm
Course	150 mm
Volume mort	138,5 cm ³
Couple maxi	229 daN.m à 1000 tr/min
Consommation spécifique minimum	190 g/kW.h à 1000 tr/min
Régime minimum du moteur à vide	525 tr/min
Régime maximum du moteur à vide	2250 tr/min

- Courbes caractéristiques relevées sur banc d'essai à pleine charge

Régime (tr/min)	Couple (daN m)
700	144
800	188
900	217
1000	229
1100	228
1200	227
1300	225
1400	226
1500	223
1600	216
1700	203
1800	191
1900	182
2000	159
2100	138
2220	111

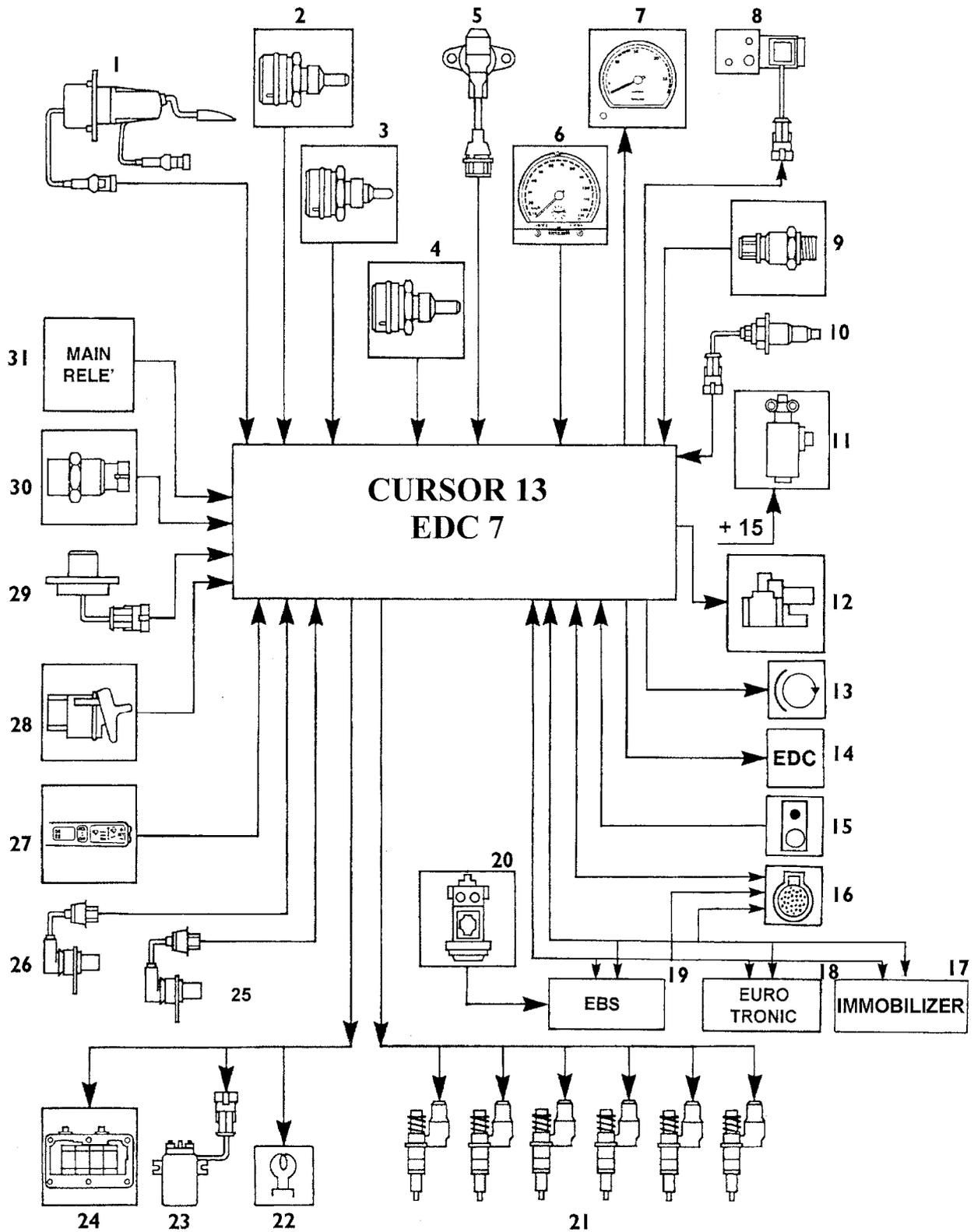


5° Le système d'injection BOSCH EDC 7 du moteur Cursor

Le système d'injection des moteurs Cursor utilise la technologie des injecteurs pompes gérés électroniquement par un calculateur.

Les injecteurs pompes, placés dans la culasse, sont actionnés mécaniquement par des cames spécifiques de l'arbre à cames du moteur.

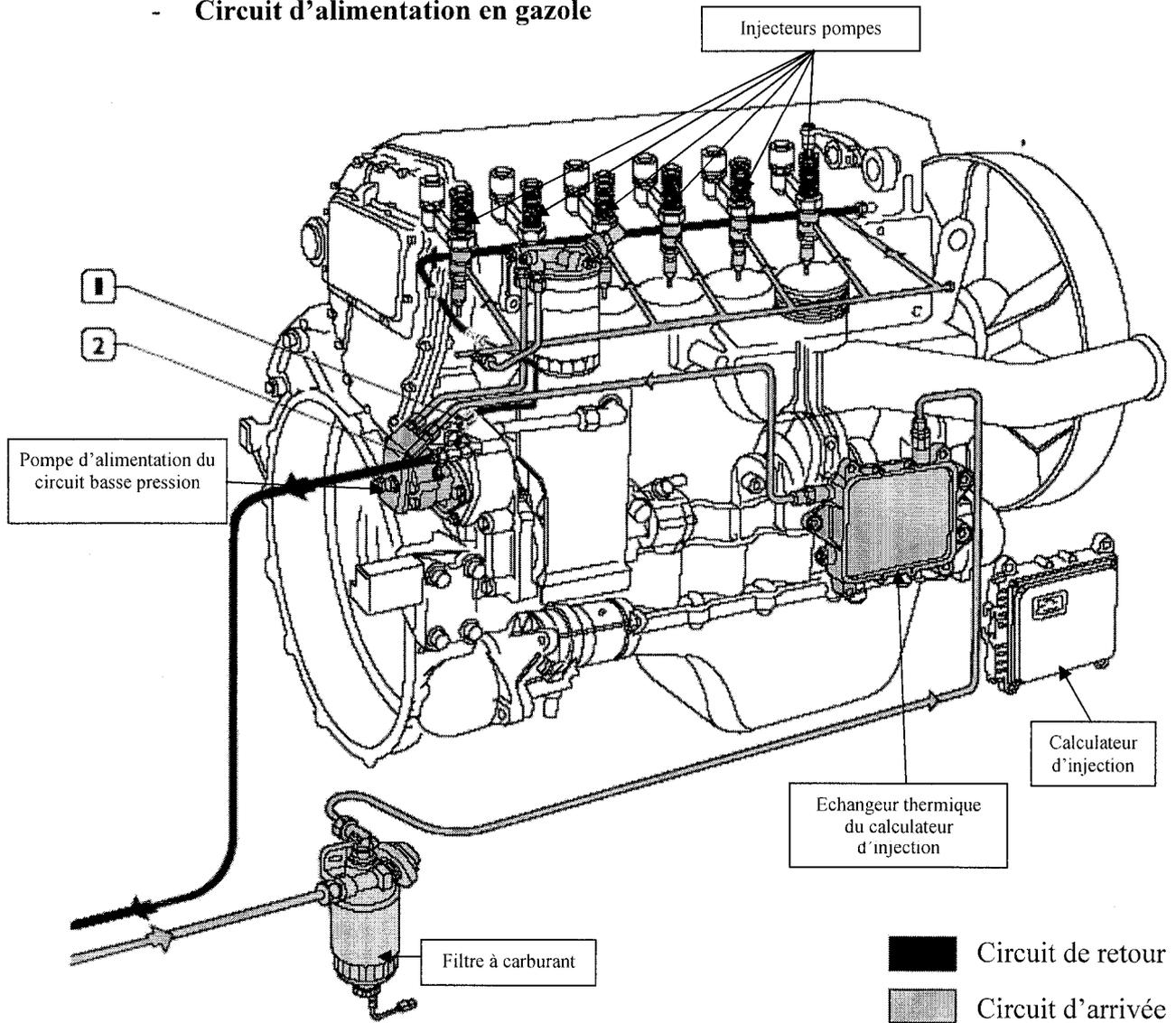
- Synoptique du système d'injection



- Nomenclature

1. Capteur de position pédale d'accélérateur
2. Capteur température liquide de refroidissement
3. Capteur température d'air suralimenté
4. Capteur température combustible
5. Capteur pression de suralimentation
6. Tachygraphe électronique
7. Compte-tours électronique
8. Electrovalve commande turbocompresseur à géométrie variable (VGT)
9. Capteur de position actuateur turbine
10. Capteur régime turbine à géométrie variable
11. Electrovalve shutt-off (Arrêt du moteur)
12. Electrovalve pour commande de frein moteur
13. Témoin de signalisation frein moteur engagé
14. Témoin E.D.C.
15. Poussoir pour blink – code (Lecture des codes défauts)
16. Connecteur de diagnostic à 30 pôles
17. Centrale Immobilizer (Antidémarrage)
18. Centrale électronique pour boîte EUROTRONIC
19. Centrale électronique pour système EBS –ABS
20. Distributeur duplex pour EBS avec interrupteur frein primaire / secondaire
21. Injecteurs pompes
22. Témoin préchauffage
23. Relais commande pré-post chauffage
24. Résistance pour pré-post chauffage
25. Capteur volant moteur
26. Capteur distribution
27. Commande Cruise Control
28. Sélecteur frein moteur
29. Contacteur frein moteur
30. Contacteur embrayage (pas avec boîte de vitesses Eurotronic)
31. Relais principal

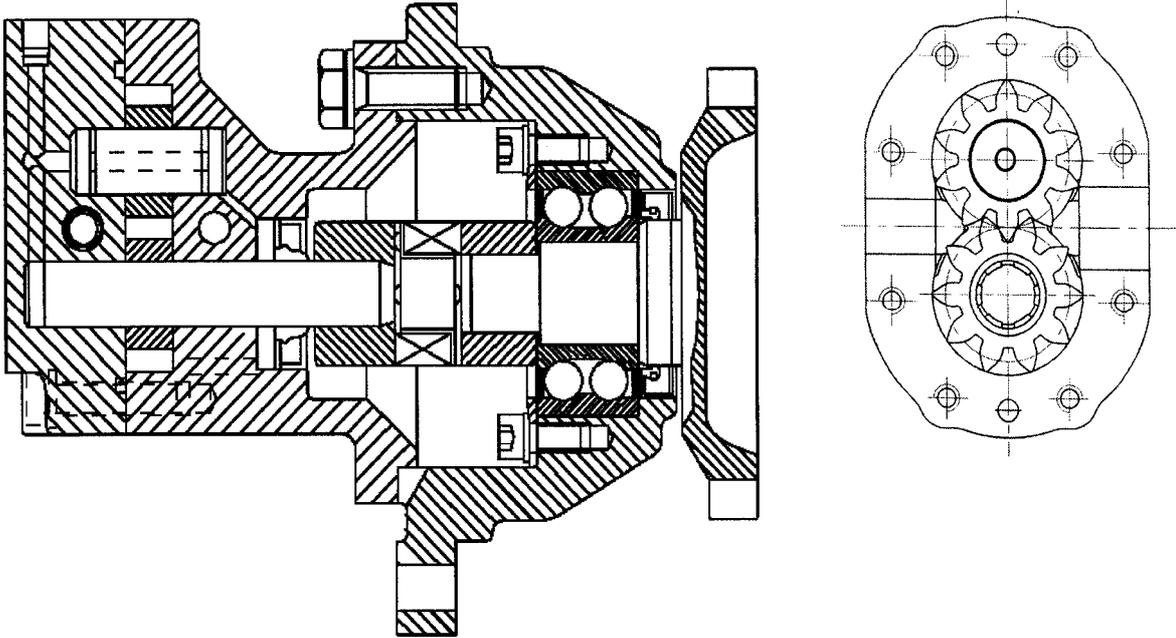
- Circuit d'alimentation en gazole



- 1 : Soupape de pressurisation du circuit de retour des injecteurs (ouverture : 3,5 bars)
2 : Soupape de pressurisation du circuit de retour au réservoir (ouverture : 0,2 bars)

- **Pompe d'alimentation du circuit basse pression**

Cette pompe volumétrique à engrenage débite le gazole sous une pression maximale de 5 bar.



- **Implantation des injecteurs pompes sur le moteur CURSOR.**

Nomenclature (figures 1, 2 et 3 pour les pages suivantes)

0. Culasse
1. Tiroir (visible page 8 du dossier de travail)
2. Piston
3. Orifice de retour de gazole
4. Orifice d'alimentation de gazole
5. Arbre à cames
6. Culbuteur
7. Porte piston
8. Corps
9. Ressort
10. Guide
11. Rotule
12. Vis sans tête, à bout rond
13. Galet
14. Arbre

Figure 1

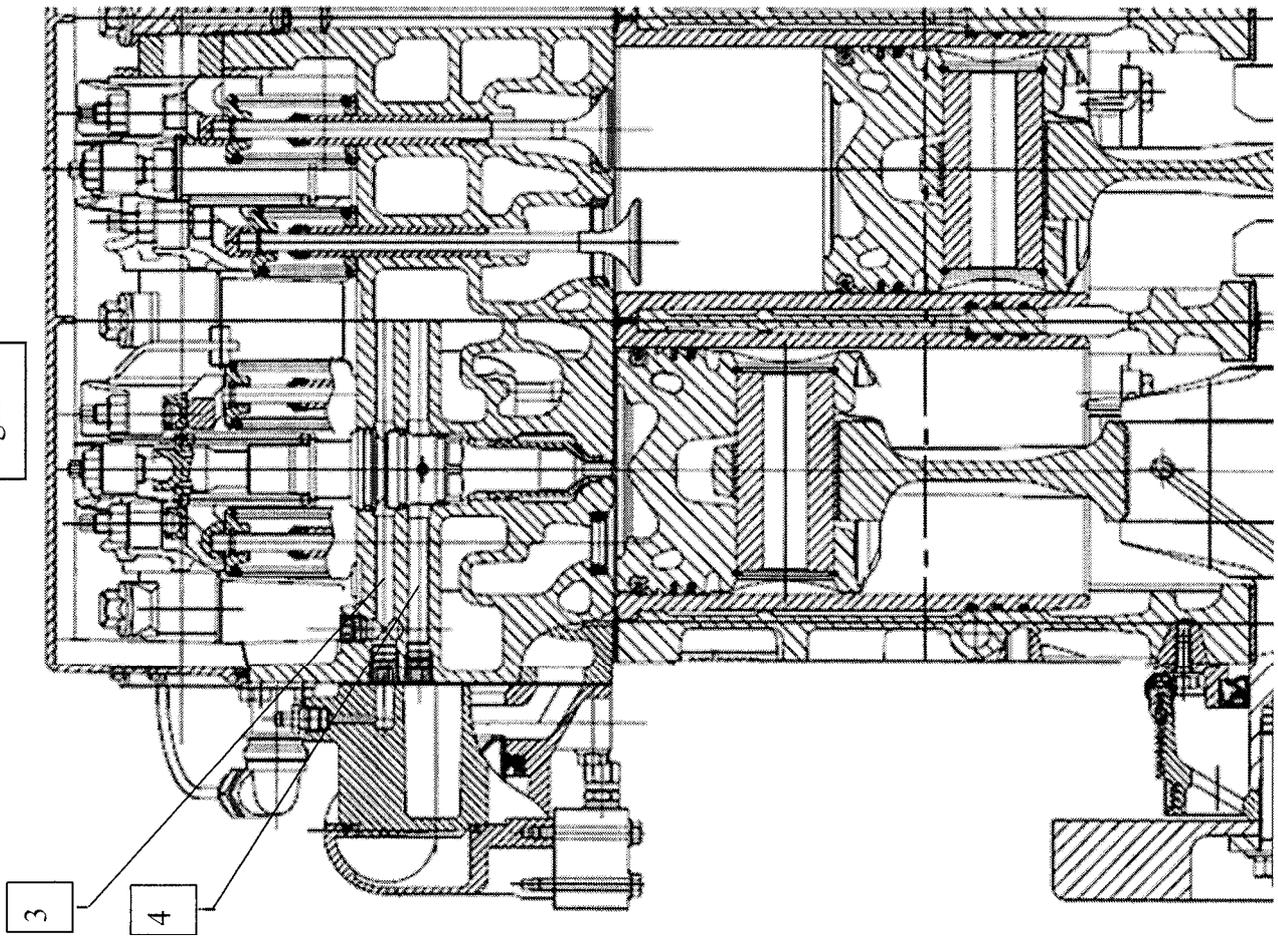
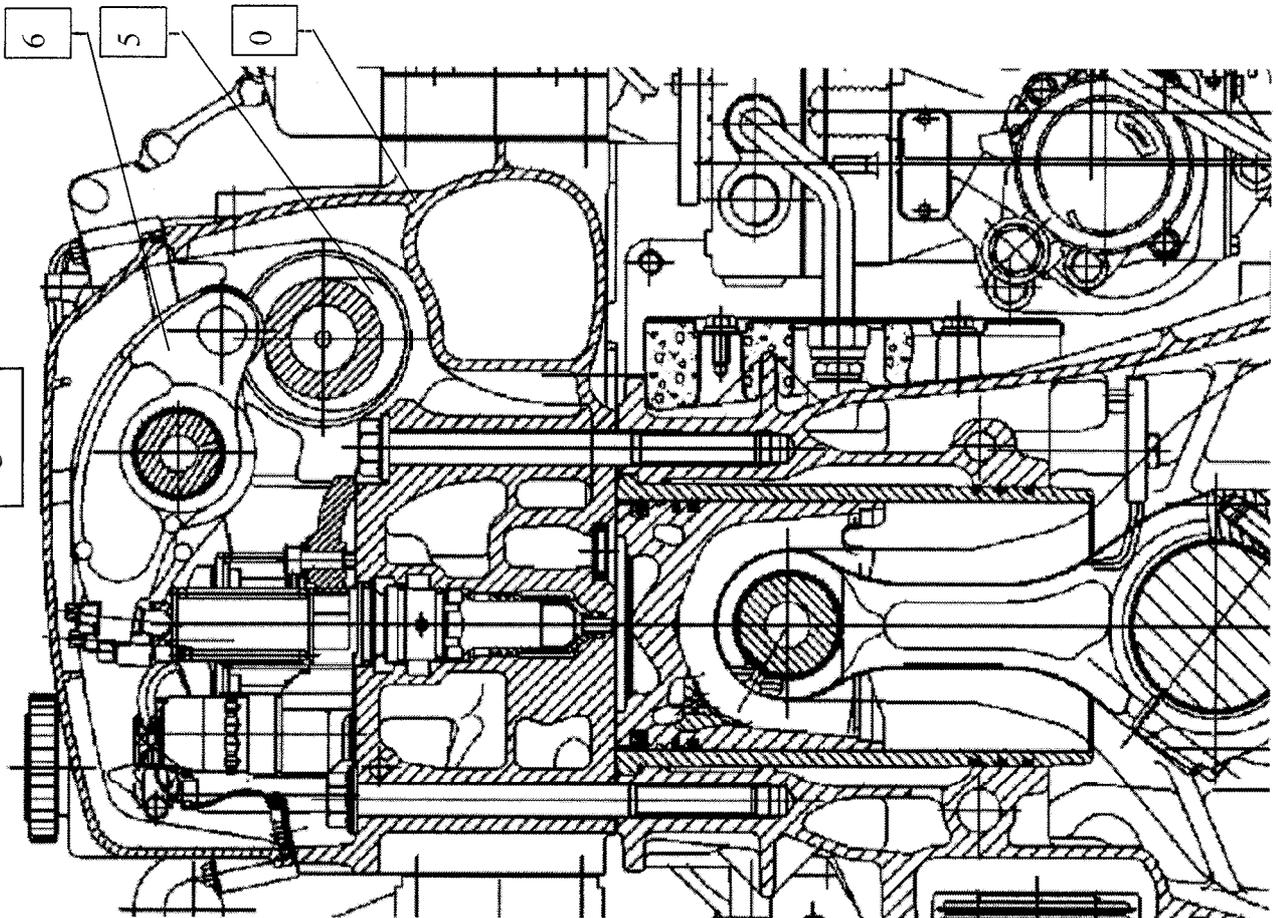
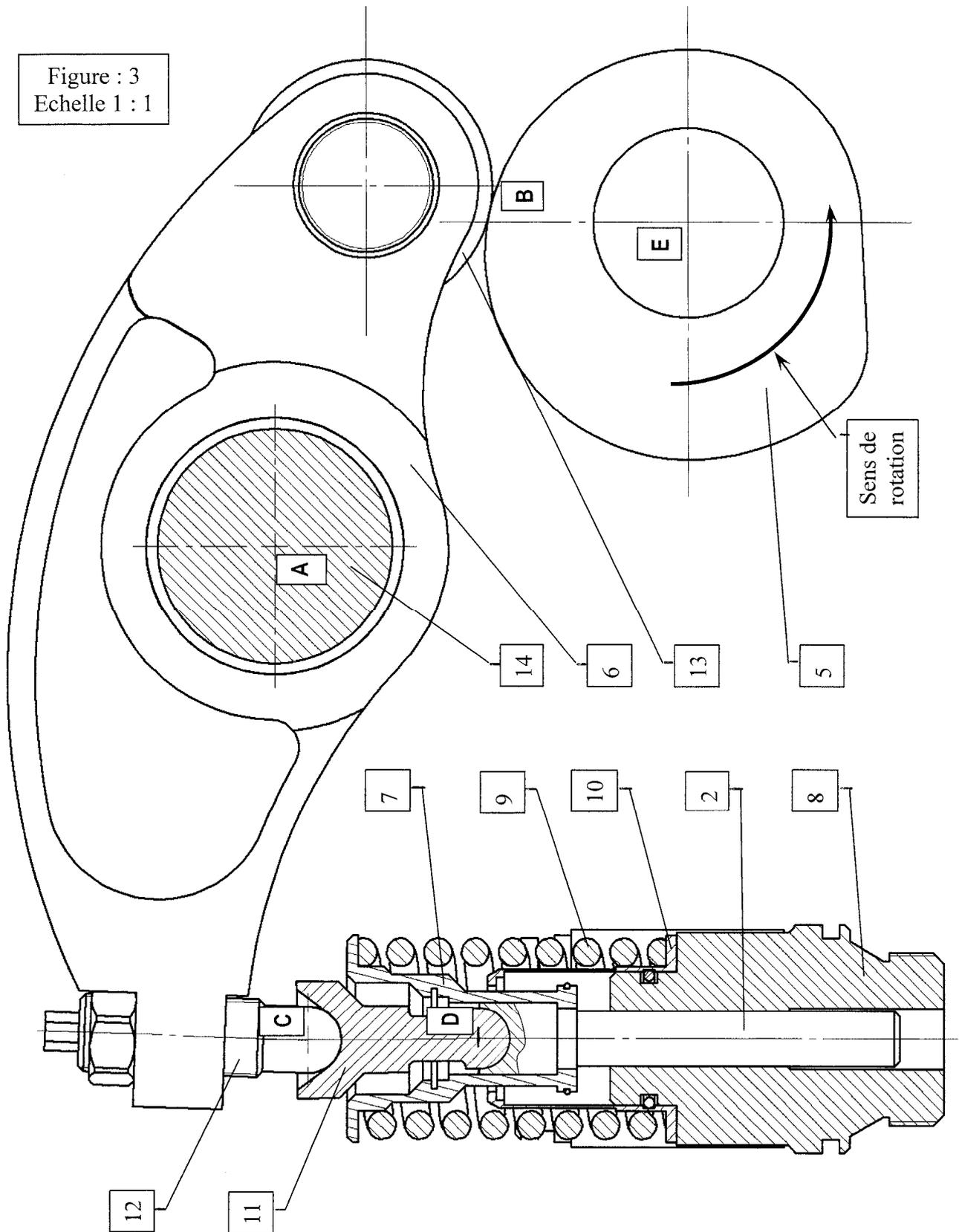


Figure 2



- Dessin de la pompe et de sa partie commande

Figure : 3
Echelle 1 : 1



6° Le système de réduction catalytique sélective (SCR)

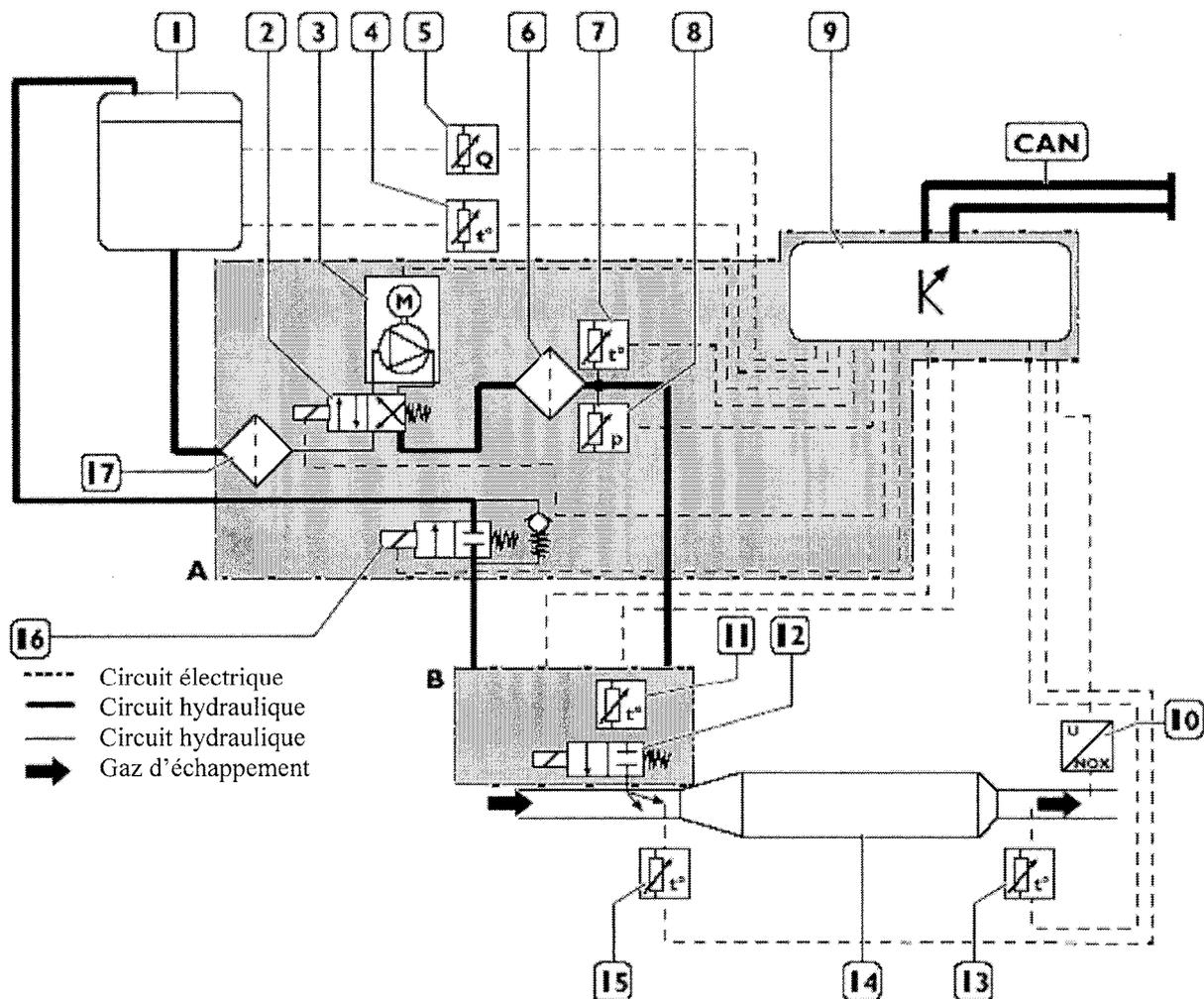
- Principe :

Afin de circonscrire les valeurs d'émission à l'échappement des oxydes d'azote (NOx) à l'intérieur des limites autorisées par la norme EURO 4, le constructeur a installé un système pour le post-traitement de ces rejets, constitué essentiellement d'un catalyseur oxydant à contrôle électronique : Le SCR.

Le système SCR transforme les oxydes d'azote en composés inertes : L'azote libre (N₂) et la vapeur d'eau (H₂O)

Le processus SCR est basé sur une série de réactions chimiques « ammoniac-oxygène » obtenues à partir d'un mélange d'urée et d'eau (Ad Blue) qui réduit les oxydes d'azote présents dans les gaz d'échappement.

- Schéma électro-hydraulique de l'installation :



SCHEMA SYSTEME SCR

A. MODULE POMPE - B. MODULE DE DOSAGE

1. Réservoir solution Ad Blue - 2. Electrovalve d'interception - 3. Pompe volumétrique- 4. Capteur de température solution Ad Blue - 5. Capteur de niveau Ad Blue - 6. Filtre - 7. Capteur de température Ad Blue - 8. Capteur de pression solution Ad Blue - 9. Centrale Module Pompe - 10. Détecteur NOx (*) - 11. Capteur de température - 12. Electrovalve d'injection - 13. Capteur de température gaz d'échappement en sortie- 14. Catalyseur - 15. Capteur de température gaz d'échappement en entrée- 16. Electrovalve de refroidissement - 17. Préfiltre.

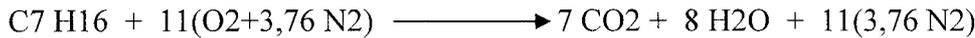
7° La chimie de la combustion : Exemple du moteur essence

Approche théorique de la combustion du moteur essence

Hypothèses :

- On considère la combustion complète
- On assimile l'essence à de l'Heptane (C₇H₁₆)
- On considère que l'air est un mélange d'Azote et d'Oxygène dans les proportions massiques de 79 % d'Azote et 21 % d'Oxygène soit : O₂ + 3,76 N₂.

7.1° Equation chimique :



7.2° Rapport des masses :

Masses molaires des différents éléments :

O = 16 g/mole ; N = 14 g/mole ; H = 1 g/mole ; C = 12 g/mole

D'après l'équation de combustion, on peut calculer la masse des différents corps :

C₇H₁₆ = 100g

11(O₂ + 3,76N₂) = 1510g

7CO₂ = 308g

8H₂O = 144g

11(3,76N₂) = 1158g

7.3° Dosage (d) et coefficient d'air (λ) :

Détermination du dosage (d) :

Le dosage est le rapport de la masse de carburant sur la masse d'air.

Dosage qui découle de l'équation chimique :

$d = 100/1510$ soit $d = 1/15,1$. Ce dosage s'appelle le dosage stoechiométrique.

Détermination du coefficient d'air (λ) :

$\lambda = \text{dosage stoechiométrique} / \text{dosage réel}$

Si le rapport prend une valeur inférieure à 1 /15,1, le coefficient d'air est supérieur à 1 : Le mélange est pauvre.

Si le rapport prend une valeur supérieure à 1 /15,1, le coefficient d'air est inférieur à 1 : Le mélange est riche.

Limite d'inflammabilité :

Les limites d'inflammabilité du carburant sont les valeurs de dosage de 1/8 pour la limite supérieure et 1/24 pour la limite inférieure.

8° Rappels sur les alternateurs triphasés

- Production d'électricité

Le rôle de l'alternateur triphasé consiste à fournir un courant suffisant au réseau de bord, dans toutes les conditions d'utilisation du véhicule, pour assurer à chaque instant la charge efficace de la batterie qui joue le rôle d'accumulateur d'énergie. Le but recherché étant d'obtenir un bilan de charge équilibré, autrement dit, l'alternateur doit générer au minimum la quantité d'énergie consommée par les récepteurs lorsqu'ils sont tous actifs en même temps. Le calcul du bilan de charge est réalisé sur la base de la courbe caractéristique de l'alternateur et de la fréquence d'apparition des différentes vitesses de rotation du moteur au cours d'un cycle de conduite.

Les alternateurs triphasés génèrent d'abord du courant alternatif, mais les circuits électriques automobiles ont besoin de courant continu pour la recharge de la batterie et le fonctionnement de l'appareillage électronique. Il en résulte que le réseau électrique de bord doit être alimenté en courant continu. Un pont redresseur intégré à l'alternateur se charge de redresser le courant alternatif triphasé. Les servitudes imposées à un alternateur automobile sont donc très variées :

- alimentation en courant continu de tous les récepteurs connectés,
- mise à disposition de réserves de puissance pour la charge ou recharge rapide de la batterie, même pendant le fonctionnement des récepteurs permanents,
- maintien à un niveau constant de la tension de l'alternateur à tous les régimes moteur, indépendamment de la sollicitation de l'alternateur,
- construction robuste, résistant à l'ensemble des contraintes extérieures (p. ex. vibrations, températures ambiantes élevées, variations de température, pollution, humidité, etc.),
- faible poids, faible encombrement et grande longévité,
- faible niveau sonore,
- rendement élevé.

- Paramètres d'influence :

Vitesses de rotation : Le taux d'utilisation d'un alternateur (quantité d'énergie pouvant être générée par kg de masse active) augmente avec la vitesse de rotation. Il convient donc de choisir un rapport de démultiplication aussi élevé que possible entre le vilebrequin du moteur et l'alternateur. Facteurs restrictifs :

- les forces centrifuges qui apparaissent à hauts régimes moteur,
- les bruits de l'alternateur et du ventilateur,
- la baisse du rendement aux régimes élevés,
- la répercussion des vitesses de rotation élevées sur la durée d'utilisation des pièces d'usure (paliers, bagues collectrices, balais de charbon),
- le moment d'inertie de l'alternateur agissant sur le vilebrequin et les sollicitations importantes de la courroie de transmission qui en résultent.

Les rapports de démultiplication typiques sont de 1:2 à 1:3 pour les voitures ; ils atteignent parfois 1:5 pour les véhicules utilitaires. Dans les cas extrêmes (p. ex. aux heures de pointe en agglomération), l'alternateur fonctionne les deux tiers du temps au régime de ralenti, autrement dit dans la plage de régimes où le rendement est le plus faible

- Caractéristiques et principe de fonctionnement

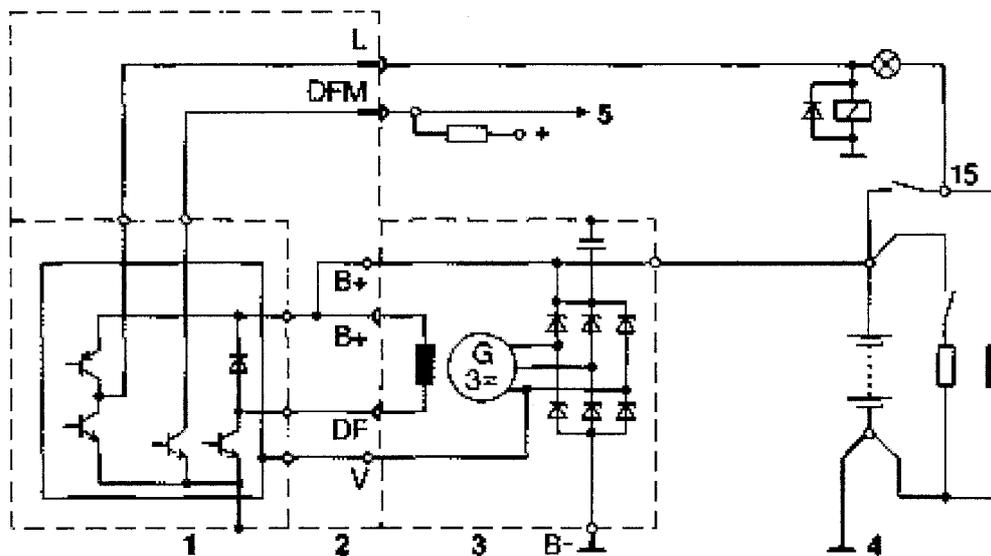
Les alternateurs triphasés des véhicules à moteur sont conçus pour des tensions de charge de 14 V (ou de 28 V sur les véhicules utilitaires, et bientôt même 42 V) afin de permettre la charge correcte des batteries de 12V, 24V OU 36V.

La charge de l'accumulateur d'énergie (batterie) devant être réalisée sous courant continu, un redresseur doit redresser le courant triphasé de l'alternateur. L'alternateur étant relié en permanence à la batterie, les diodes de redressement empêchent par ailleurs une décharge de celle-ci lorsque le véhicule est à l'arrêt. La courbe de débit maximal d'un alternateur n'est pas linéaire. L'alternateur ne commence à débiter du courant qu'à partir d'un certain régime moteur non nul (« vitesse pour zéro ampère »). A hauts régimes, le champ magnétique antagoniste, généré par le courant de charge, empêche le courant d'augmenter. Cette limitation naturelle du courant protège l'alternateur contre les dégradations thermiques consécutives à une

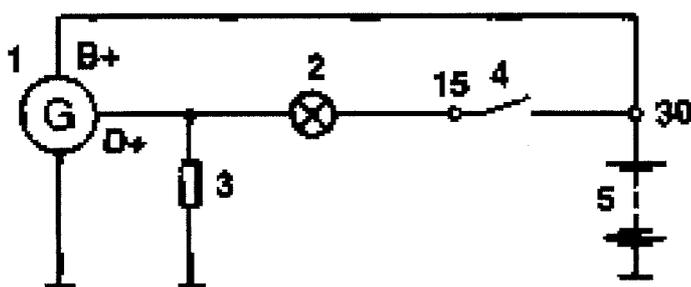
surcharge éventuelle. Les alternateurs utilisés dans le domaine automobile sont des génératrices synchrones triphasées à 12 ou 16 pôles avec rotor à griffes (dans la majorité des cas à auto excitation). Les enroulements de l'induit triphasé sont logés dans les encoches du stator, et l'enroulement d'excitation dans le rotor. L'enroulement d'excitation est traversé par le courant continu, qui est transmis au rotor en rotation par des balais. Le courant produit dans l'enroulement triphasé se divise : la plus grande partie alimente le réseau de bord via les diodes positives du pont redresseur principal, puis reflue via les diodes négatives. Selon le type d'alternateur et de régulateur, le courant d'excitation

- a) passe par des diodes d'excitation (régulateur standard),
- b) est prélevé directement à la borne B+ (régulateur multifonctions).

Alternateur triphasé équipé d'un régulateur multifonctions.
Bornes d'alimentation réseau L, DFM.
1 CI régulateur, 2 boîtier, 3 alternateur, 4 réseau de bord, 5 analyse/contrôle.



Dans le cas des régulateurs standard, une partie du courant généré sert de courant d'excitation. Il passe par les trois diodes d'excitation en direction de la borne D+, traverse le régulateur, les bagues collectrices et l'enroulement d'excitation rotatif, puis revient par les 3 diodes négatives du pont principal.



Circuit de régulateur standard avec affichage des défauts en cas de coupure au niveau du circuit d'excitation.
1 alternateur,
2 lampe témoin de l'alternateur,
3 résistance R,
4 commutateur contact / démarrage,

En présence d'un régulateur multifonctions, l'alternateur ne possède plus de diodes d'excitation. Le courant d'excitation se divise directement en aval du redresseur principal. Informé du régime moteur, le régulateur de tension ne libère le courant d'excitation qu'au moment de la mise en marche du moteur, ce qui rend impossible la décharge de la batterie lorsque le moteur est arrêté. Le régulateur adapte par variation du courant d'excitation la puissance débitée par l'alternateur aux besoins du réseau de bord électrique. La stabilisation de la tension aux bornes de l'alternateur est assurée par modulation de la largeur des impulsions, en jouant sur le rapport cyclique, autrement dit sur le rapport entre le temps à l'état haut et la période du signal.

La borne D+ remplit une double fonction : pendant la phase d'amorçage, c'est par son intermédiaire que le courant de pré excitation de l'alternateur, qui vient de la borne B+ de la batterie, atteint l'alternateur après avoir traversé la lampe témoin. Au terme de la phase d'excitation, elle se trouve à un niveau de tension très proche de celui de la borne B+ et peut donc servir à alimenter en tension différents groupes de récepteurs via un relais.

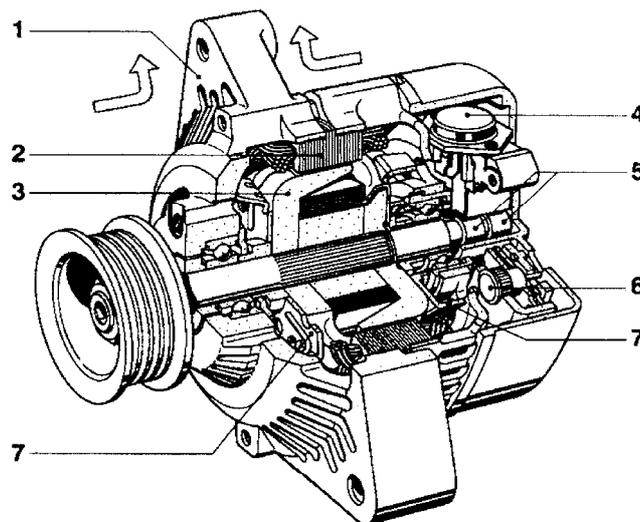
La vitesse d'amorçage, qui s'établit lors de la première excitation qui suit le démarrage en raison de la présence du courant de pré excitation (courant d'amorçage), est nettement supérieure à la vitesse de ralenti (« vitesse pour zéro ampère ») et, pour les alternateurs à diodes d'excitation, dépend fortement de la puissance de la lampe témoin.

Ce témoin doit s'allumer avant le démarrage, au moment de la mise du contact (pour le test de la lampe témoin), puis s'éteindre lors de la montée en régime du moteur.

- Alternateur compact (refroidi par air) :

Alternateur compact.

- 1 carcase,
- 2 stator,
- 3 rotor,
- 4 régulateur de tension électronique avec porte-balais,
- 5 bagues collectrices,
- 6 redresseur,
- 7 ventilateur.



L'alternateur compact, qui est une évolution de l'alternateur à rotor à griffes, se distingue par un refroidissement biflux assuré par deux ventilateurs internes de plus petite taille. L'air de refroidissement est aspiré axialement et ressort radialement au niveau des têtes de l'enroulement statorique, par des trous pratiqués dans les flasques côtés entraînement et bagues collectrices. L'alternateur compact offre par rapport aux alternateurs classiques les avantages suivants :

- meilleur rendement du fait de vitesses de rotation maximales plus élevées,
- bruits aérodynamiques réduits du fait de l'utilisation de ventilateurs de plus petit diamètre,
- bruits magnétiques sensiblement inférieurs,
- longévité accrue des balais en raison de bagues collectrices de plus petit diamètre.

- Conditions annexes d'utilisation

Refroidissement : Les alternateurs triphasés des voitures sont généralement alimentés en air de refroidissement par des ventilateurs radiaux accolés ou incorporés. En présence de températures très élevées dans le compartiment moteur, le refroidissement est assuré par aspiration d'air frais. Le refroidissement doit être conçu de façon à éviter que la température des composants ne dépasse les valeurs limites spécifiques, sous les conditions les plus défavorables.

Les bagues collectrices et les balais des alternateurs pour véhicules utilitaires sont généralement encapsulés pour les protéger de la poussière, de la saleté et des projections d'eau. L'aspiration d'air frais est presque toujours avantageuse, surtout si les puissances sont importantes. Certaines applications spécifiques requièrent l'utilisation d'alternateurs fermés munis d'ailettes de refroidissement pour assurer une ventilation superficielle. D'autres applications encore plus spéciales imposent la mise en œuvre d'alternateurs fermés à refroidissement liquide (par huile p. ex.).

Les alternateurs à refroidissement liquide par circulation d'eau présentent les avantages suivants :

- absence de bruit d'écoulement aérodynamique (-20 dB A),
- utilisation possible même en cas de températures élevées dans le compartiment moteur,
- possibilité de montage dans le carter moteur,
- bonne protection grâce à une encapsulation intégrale,
- la chaleur dégagée par l'alternateur contribue à l'échauffement plus rapide du liquide de refroidissement du moteur.

A l'inverse des alternateurs refroidis par air, les connexions électriques se trouvent du côté de la poulie d'entraînement. Dans le cas où l'alternateur à refroidissement liquide est accolé au moteur dans un carter spécifique, il est nécessaire d'installer des raccords d'eau de refroidissement supplémentaires (p. ex. par des flexibles). Le mode d'alimentation en liquide de refroidissement peut varier d'une application à l'autre.

- Montage mécanique sur le véhicule :

Presque tous les alternateurs entraînés par le moteur au moyen de courroies trapézoïdales standard sont fixés à des supports qui permettent de retendre la courroie par pivotement autour d'un bras de fixation. En cas d'entraînement par courroie trapézoïdale nervurée (« courroie Poly-V »), l'alternateur est en général monté de façon fixe, sans possibilité de pivotement. La tension de courroie requise est obtenue au moyen d'un tendeur spécifique séparé. Dans certains cas particuliers, les alternateurs de grandes dimensions sont fixés directement sur le moteur dans un logement en forme de berceau. Les contraintes, que doit supporter le roulement à billes côté entraînement, sont directement liées aux sollicitations imposées par la courroie. Ces dernières déterminent dans une large mesure le choix du roulement. Les efforts qui s'exercent sur la courroie résultent de la géométrie de la transmission à courroie et de la puissance requise par l'ensemble des appareils entraînés par cette courroie. Un autre paramètre important est le déport de la poulie qui, lorsqu'il est important, engendre un bras de levier considérable entre le point d'application de la charge de la courroie et le roulement à billes côté entraînement. Outre ces forces statiques, il convient également de tenir compte, lors du choix du roulement à billes et des essais de l'alternateur, des forces dynamiques induites par les variations de couple et donc de régime.

La poulie des alternateurs de grande taille à moment d'inertie élevé comporte souvent une roue libre à galets (« poulie à roue libre ») permettant de filtrer les vibrations issues du vilebrequin et donc de stabiliser la transmission par courroie.

Entraînement : Les courroies trapézoïdales normalisées sont de plus en plus remplacées par des courroies trapézoïdales nervurées. Plus souples, elles autorisent de plus petits rayons de courbure et permettent d'équiper les alternateurs de poulies de plus petit diamètre, ce qui se traduit par des rapports de démultiplication plus élevés. Les alternateurs de locomotives électriques sont entraînés directement par l'essieu via un engrenage hélicoïdal. Ce mode d'entraînement direct sans courroie, à partir du vilebrequin ou par l'intermédiaire de roues dentées, oblige à prendre des mesures destinées à amortir les vibrations torsionnelles.

- Régulation de la tension :

Les deux systèmes les plus usités, sont :

- le régulateur standard
- le régulateur multifonctions.

Ils répondent à des exigences différentes. Le régulateur standard a pour fonction de maintenir pratiquement constante la tension de l'alternateur à tous les régimes du moteur, même en cas de forte variation de la charge et de la vitesse de rotation de l'alternateur. Le niveau auquel est limitée la tension varie quelque peu en fonction de la température. Le niveau de tension est ainsi légèrement supérieur en hiver pour améliorer la charge de la batterie plus difficile à basse température. En été, la tension du réseau de bord est limitée par le régulateur à un niveau plus faible pour parer au danger d'une éventuelle surcharge de la batterie.

Autrefois constitués de composants discrets, les régulateurs modernes font appel à la technologie d'intégration hybride ou monolithique. Dans le cas des régulateurs en technologie monolithique, le circuit intégré de commande et de régulation, le transistor de puissance et la diode de récupération sont regroupés sur une puce commune.

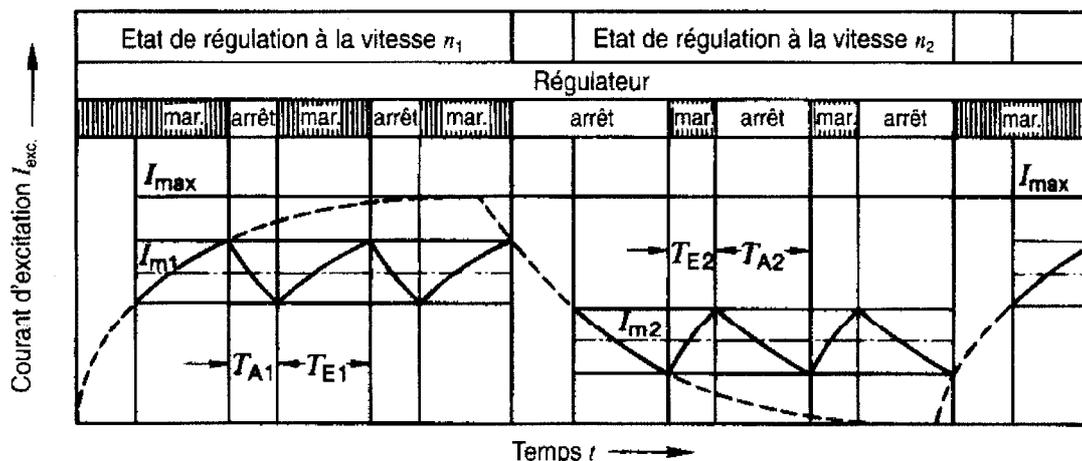
Les régulateurs multifonctions réalisent d'autres fonctions en plus de la régulation normale de la tension. L'une de ces fonctions est la « mise en charge progressive » (load-response drive = LRD). Le fait d'accroître progressivement, suivant une rampe, la puissance débitée permet de régulariser le fonctionnement du moteur et d'améliorer la composition des gaz d'échappement. Cette fonction de mise en charge progressive est souvent combinée à une fonction de temporisation au démarrage (= LRS : load-response start) consistant à ne pas activer l'alternateur immédiatement après le démarrage du moteur, mais après écoulement d'une courte temporisation.

Les besoins croissants d'adéquation entre l'électronique de gestion du moteur et la régulation de l'alternateur ont amené les fabricants à doter les régulateurs d'une interface numérique, qui est le plus souvent de type synchrone. Le codage réalisé consiste à faire varier la durée du signal et non son amplitude. L'échange de données est régi par un protocole fixe. Les avantages d'une telle interface résident dans une meilleure immunité aux perturbations et une plus grande insensibilité aux températures de l'électronique du régulateur.

Les régulateurs à interface permettent une adaptation précise des fonctions LRD et LRS aux conditions de fonctionnement du moteur, une optimisation du couple axée sur la réduction de la consommation et une adaptation de la tension de charge à l'état de charge de la batterie.

Fonctionnement d'un régulateur.

I_{exc} courant d'excitation, I_m courant d'excitation moyen, T_E durée d'enclenchement, T_A durée de coupure, n_1 vitesse de rotation inférieure, n_2 vitesse de rotation supérieure.



- Protection contre les surtensions :

La tension des alternateurs et des régulateurs est généralement suffisamment stable pour permettre un fonctionnement parfait et fiable des composants semi-conducteurs incorporés, en mode d'alimentation par batterie. Un fonctionnement de secours sans batterie donne lieu, en revanche, à de fortes pointes de tension, notamment en cas de rupture de charge (load dump), autrement dit de coupure de liaison quand un grand nombre de récepteurs sont en circuit. Pour éviter les dysfonctionnements, il faut alors faire appel à des dispositifs auxiliaires de protection.

Trois solutions sont possibles :

Protection par diodes Zener :

Cette solution consiste à remplacer les diodes de puissance à pouvoir de coupure élevé du redresseur par des diodes Zener de puissance. Les diodes Zener limitent les fortes pointes de tension générées dans le réseau de bord, de façon à les rendre inoffensives pour l'alternateur et le régulateur. Les diodes Zener permettent également de protéger à distance contre les surtensions certains autres récepteurs du réseau de

bord sensibles aux variations de tension. Dans le cas d'un alternateur 14 V, la tension d'entrée en action d'un redresseur doté de diodes Zener se situe entre 25 et 30 V. 34 à 40 V pour un circuit 24 V. Les alternateurs compacts sont toujours équipés de diodes Zener.

Alternateurs et régulateurs à tenue en tension renforcée :

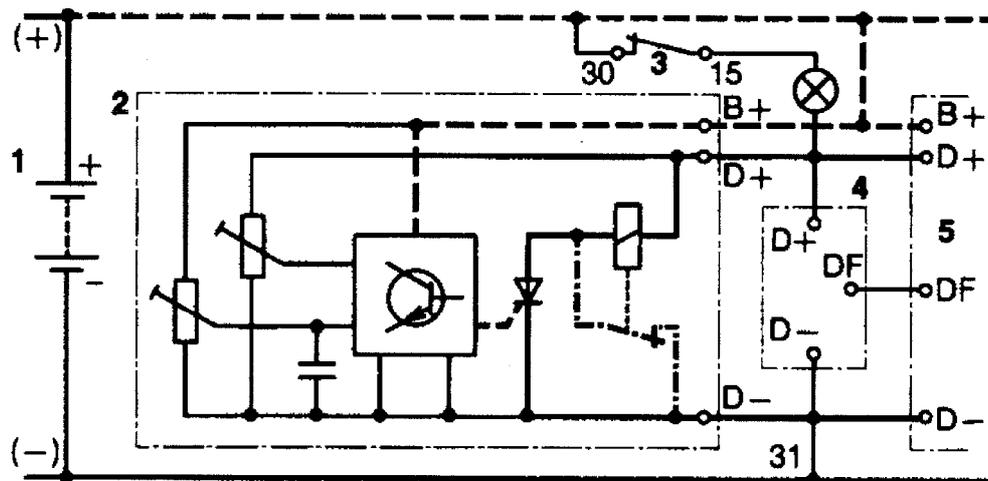
Les alternateurs et régulateurs à tenue en tension renforcée sont équipés de composants semi-conducteurs à haute rigidité diélectrique. Ils ne disposent que d'une autoprotection et ne permettent donc pas de sécuriser à distance d'autres récepteurs sensibles aux variations de tension.

Dispositifs de protection contre les surtensions :

Il s'agit de dispositifs possédant des circuits à semi-conducteurs qui sont reliés aux bornes D+ et D- (masse) de l'alternateur. En cas d'apparition de pointes de tension, l'alternateur est court-circuité par l'intermédiaire de son enroulement d'excitation. La protection contre les surtensions s'applique de façon prioritaire à l'alternateur et au régulateur ; les récepteurs sensibles aux variations de tension ne sont protégés qu'avec certaines restrictions. Combinés à un système de protection contre les incidences, les dispositifs de protection contre les surtensions empêchent le bouillonnement de la batterie dans le cas où le régulateur, défaillant, reste conducteur en permanence.

Les alternateurs triphasés ne disposent en général d'aucune protection contre l'inversion de polarité. Une inversion de polarité de la batterie (p. ex. inversion des pôles en cas de démarrage de fortune avec une batterie auxiliaire) entraîne la destruction des diodes de l'alternateur et met en péril les composants semi-conducteurs d'autres appareils.

Dispositif de protection contre les surtensions à commande automatique de mise en marche (circuit).
 1 batterie, 2 dispositif de protection contre les surtensions, 3 contacteur de démarrage, 4 régulateur, 5 alternateur.



9° Rappels sur les équipements de démarrage

- Contraintes

Les moteurs à combustion des véhicules automobiles requièrent une aide au démarrage. Les équipements de démarrage sont constitués des éléments suivants :

- moteur à courant continu (démarreur),
- appareillage de commutation et de commande,
- batterie,

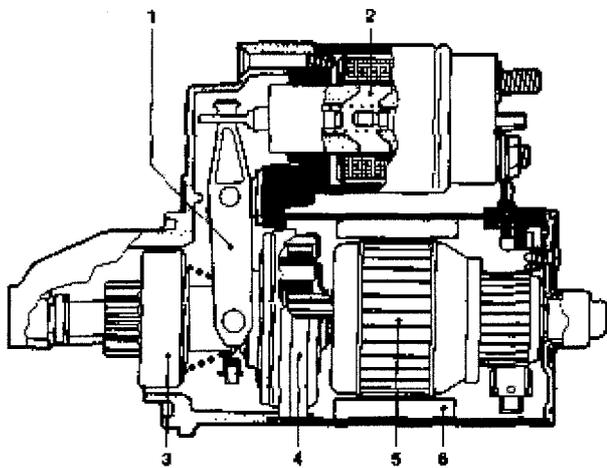
Pour atteindre les régimes nécessaires au lancement du moteur (moteurs à essence : 60 à 100 tr/min ; moteurs diesel : 80 à 200 tr/min) avec un petit démarreur, la vitesse de rotation nettement plus élevée du démarreur doit être adaptée au régime du moteur par une démultiplication élevée (1/10 à 1/20) entre le pignon du démarreur et la couronne dentée du moteur.

- Paramètres d'influence

Pour pouvoir obtenir le mélange air carburant requis (moteurs à essence) et atteindre la température d'auto inflammation (moteurs diesel), le démarreur doit entraîner le moteur à combustion à une vitesse minimale, appelée régime de démarrage. Le régime de démarrage dépend fortement de la température ambiante et des paramètres du moteur à combustion (type de moteur, cylindrée, nombre de cylindres, taux de compression, frottement des paliers, huile moteur, préparation du mélange et charges supplémentaires entraînées).

En général, une baisse de la température impose des couples et des vitesses de démarrage plus élevés, et donc une plus grande puissance de démarrage. La puissance fournie par la batterie de démarrage diminue toutefois à mesure que la température baisse, du fait que la résistance interne de la batterie augmente. Du fait de ce comportement antagonique entre la puissance requise et la puissance disponible, le démarrage à froid constitue la situation de fonctionnement la plus critique et donc le critère essentiel pour la conception et le dimensionnement d'un équipement de démarrage.

- Constitution et fonctionnement d'un démarreur



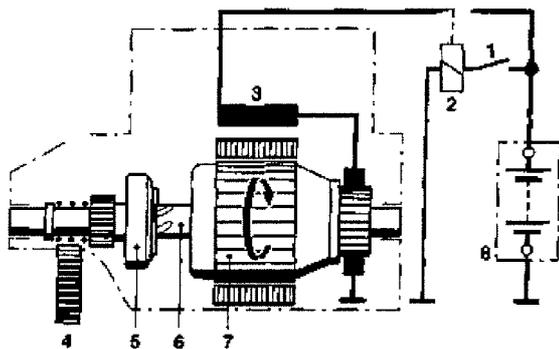
Démarreur à réducteur à excitation par aimants permanents.
1 fourchette d'engrènement,
2 contacteur à solénoïde,
3 roue libre avec pignon,
4 réducteur épicycloïdal,
5 induit,
6 aimants permanents.

Un démarreur se compose essentiellement d'un moteur électrique, d'un lanceur, d'une roue libre, d'un pignon d'engrènement et

parfois d'un train épicycloïdal. Au moment du démarrage, le contacteur à solénoïde repousse le pignon qui vient s'engrener dans la couronne dentée. Le moteur du démarreur est couplé au pignon d'engrènement soit

directement, soit via un réducteur épicycloïdal (rapport 3 à 6) chargé d'abaisser la vitesse de rotation du moteur à courant continu. Via la couronne dentée, le pignon d'engrènement entraîne le moteur à combustion jusqu'à ce qu'il atteigne son régime d'auto fonctionnement. Une fois lancé, le moteur accélère très rapidement. Après seulement quelques cycles d'allumage, la vitesse de rotation du moteur à combustion est telle que le moteur du démarreur ne peut plus suivre. Le pignon « dépasse » le moteur du démarreur. Pour que l'induit du démarreur n'atteigne pas des vitesses de rotation trop élevées pendant la phase de dépassement, une roue libre interrompt la liaison énergétique entre le pignon et l'induit. Une fois la clé de contact relâchée, le relais du démarreur repasse en position de repos, le ressort de désengrènement désolidarise le pignon de la couronne dentée.

- Moteur électrique



Démarrreur à lanceur à Inertie (schéma).
 1 commutateur d'allumage/démarrage,
 2 relais de démarrage,
 3 enroulement d'excitation,
 4 couronne dentée,
 5 roue libre avec pignon,
 6 filetage à pas rapide,
 7 induit,
 8 batterie.

Les matériaux magnétiques désormais disponibles permettent de réaliser des démarreurs non démagnétisables à grande intensité de flux

magnétique et donc à puissance de démarrage élevée. La grande majorité des démarreurs de voitures comporte à l'heure actuelle des moteurs à excitation par aimants permanents. Ce mode d'excitation est désormais la règle.

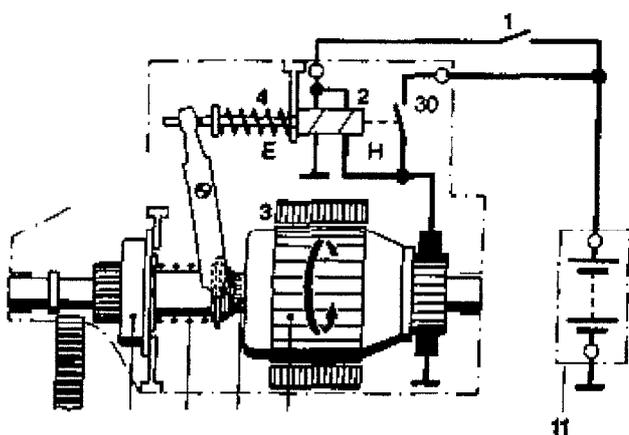
Pour alléger le démarreur et le rendre plus compact, les fabricants s'efforcent de réduire la taille du moteur électrique, ce qui passe inévitablement par une réduction du couple de l'induit. Pour conserver malgré tout la même puissance de démarrage, il faut compenser la baisse du couple d'induit par une augmentation de la vitesse de rotation de ce dernier, ce qui est obtenu en augmentant le rapport de transmission entre le vilebrequin et l'induit au moyen d'un étage démultiplicateur (réducteur). Intégré au démarreur, ce dernier est généralement constitué d'un train épicycloïdal. On parle alors de réducteur épicycloïdal.

Jusqu'à une puissance de démarrage de 2,5 kW, les voitures sont le plus souvent équipées de démarreurs à réducteur à excitation permanente. Ces derniers sont, en termes de poids et d'encombrement, plus avantageux que les démarreurs à entraînement direct. Pour les puissances de démarrage de l'ordre de 3 à 7 kW, les démarreurs à entraînement direct ou à réducteur avec moteur à excitation série constituent la solution la plus appropriée. Les démarreurs de plus forte puissance sont soit des démarreurs à entraînement direct à moteur série, soit des démarreurs à excitation shunt permettant un démarrage en douceur et réalisant une limitation de la vitesse de rotation à vide de l'induit.

- Systèmes d'engrènement (lanceurs)

Le rôle du lanceur est d'engrener le pignon dans la couronne dentée. Il est constitué du pignon, de la roue libre, du ressort d'engrènement et du contacteur à solénoïde.

- Démarreur à commande positive électromécanique



Le démarreur à commande positive électromécanique est le plus utilisé à l'échelle mondiale. Dans ce type de démarreur, la course d'engrènement se compose d'une course axiale et d'une course hélicoïdale. Pour ce qui est de la course axiale, le noyau plongeur du contacteur à solénoïde déplace le pignon en direction de la couronne dentée, par le biais du levier de commande positive. Lorsque les dents du pignon se présentent devant des entre dents (position « dent devant entre dent »), le pignon s'engrène aussi loin que le permet le déplacement du contacteur.

Si la dent du pignon bute contre une dent de la couronne (position « dent contre dent »), ce qui se produit dans env. 80% des cas, le noyau plongeur comprime le ressort d'engrènement via le levier de commande positive. A la fin de la course axiale produite par le contacteur à solénoïde, la plaquette de contact du noyau plongeur ferme le circuit principal du démarreur et l'induit du démarreur commence à tourner. En cas de position « dent devant entre dent », la rotation du moteur électrique provoque l'engrènement complet du pignon dans la couronne dentée par l'intermédiaire du filetage à pas rapide (course hélicoïdale). En cas de position « dent contre dent », le

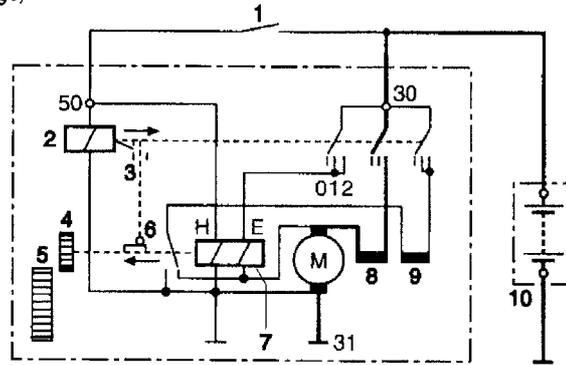
moteur électrique fait tourner le pignon devant la couronne dentée jusqu'à ce qu'une dent du pignon se présente devant un entre dent de la couronne, auquel cas le ressort d'engrènement comprimé pousse le pignon et la roue libre vers l'avant. Par le biais du filetage à pas rapide, le moteur électrique en rotation fait avancer le pignon jusqu'à ce qu'il engrène complètement dans la couronne dentée.

A la mise hors circuit de l'enroulement du contacteur, le ressort de rappel repousse le noyau plongeur et ramène le pignon avec la roue libre en position de repos par l'intermédiaire du levier de commande positive. Pendant la phase de dépassement, ce désengrènement est assisté par le filetage à pas rapide.

- Démarreur à pignon coulissant :

Démarreur à pignon coulissant (schéma).

- 1 commutateur d'allumage/démarrage,
- 2 relais de commande,
- 3 cliquet de blocage,
- 4 pignon,
- 5 couronne dentée,
- 6 inverseur,
- 7 contacteur à solénoïde,
- 8 enroulement série,
- 9 enroulement en dérivation,
- 10 batterie.



Le système à pignon coulissant active le démarreur en deux temps. A la mise en circuit du commutateur contact-démarrage, la force magnétique du contacteur à solénoïde déplace au moyen d'une fourchette et d'un filetage à pas rapide le pignon du démarreur en direction de la couronne dentée et le fait engrèner en douceur dans la couronne pendant que l'induit commence à tourner.

L'engrènement s'effectue en douceur du fait que l'enroulement série du démarreur n'est pas encore alimenté par le courant maximal (première phase d'engrènement). Le contacteur à solénoïde n'applique le courant d'excitation et d'induit maximal que juste avant la fin de la course d'engrènement du pignon (deuxième phase d'engrènement). Le démarreur entraîne alors le moteur à combustion par le biais du pignon à roue libre. Une fois que le moteur à combustion a démarré, la roue libre entre en action ; après coupure du circuit de démarrage, autrement dit relâchement du commutateur contact démarrage, le ressort de rappel ramène le pignon dans sa position de repos. En limitant la vitesse de rotation à vide, le champ de dérivation assure une immobilisation très rapide de l'induit, de façon à pouvoir effectuer, si besoin est, une nouvelle tentative de démarrage quasiment sans délai.

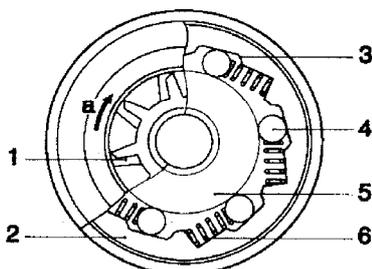
- Dispositifs de roue libre

Sur toutes les versions de démarreurs, le couple d'entraînement est transmis par une roue libre (accouplement de dépassement). Cette roue libre est placée entre le moteur du démarreur et le pignon. Son rôle est d'assurer l'entraînement du pignon tant que le démarreur entraîne le moteur à combustion et de désolidariser le pignon de l'arbre d'entraînement dès que le régime du moteur à combustion devient supérieur à la vitesse de rotation du démarreur. La roue libre évite ainsi que l'induit du démarreur se mette à tourner à une vitesse trop rapide (phénomène de centrifugation) lors de l'accélération du moteur à combustion.

- Roue libre à rouleaux

Roue libre à rouleaux.

- 1 pignon, 2 bague de roue libre, 3 rampe de travail, 4 rouleau, 5 queue de pignon, 6 ressort.



Les démarreurs à commande positive électromécanique disposent en général d'une roue libre à rouleaux constituée des éléments suivants : entraîneur avec bague de roue libre, rampes de travail, rouleaux, ressorts hélicoïdaux, pignon et queue de pignon à filetage à pas rapide. Au repos, les ressorts hélicoïdaux pressent les rouleaux dans les espaces cunéiformes.

Dès que l'induit du démarreur tourne, les rouleaux viennent se caler dans la partie rétrécie des rampes de travail, ce qui assure une bonne liaison entre la queue de pignon centrale et l'entraîneur.

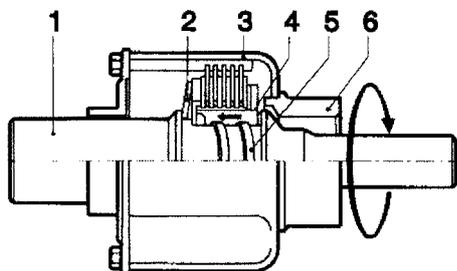
En phase de dépassement, autrement dit quand le moteur à combustion commence à tourner plus vite que le démarreur, les rouleaux

compriment les ressorts hélicoïdaux et sont refoulés dans la partie large des rampes de travail. La roue libre se débloque.

- Embrayage multidisque :

Embrayage multidisques.

1 arbre de sortie (solidaire du pignon),
2 ressort de pression, 3 entraîneur avec
disques extérieurs, 4 écrou de pression avec
disques intérieurs, 5 filetage à pas rapide,
6 côté entraîné (solidaire de l'induit).



Les démarreurs des véhicules utilitaires de grosse cylindrée sont équipés d'un embrayage multi disque (embrayage non asservi au couple). Ce dernier est constitué des éléments suivants : entraîneur à disques extérieurs, rondelle ressort, manchon d'accouplement, bague de butée et filetage à pas rapide. La particularité de ce type de roue libre réside dans le fait que les disques servant à transmettre l'ensemble des forces sont disposés sur le manchon d'accouplement et se déplacent dans le sens axial. Le manchon d'accouplement se déplace lui aussi axialement sur l'arbre d'entraînement via un filetage à pas rapide. A mesure que la charge augmente, le manchon d'accouplement se déplace sur le filetage à pas rapide en direction du ressort de compression ou de la rondelle ressort, ce qui accentue la pression des disques les uns

contre les autres.

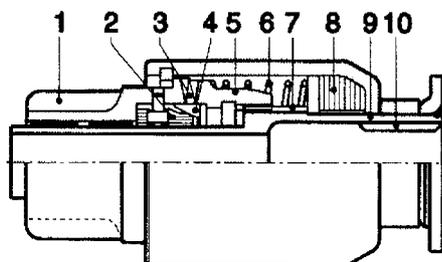
L'embrayage multi disque transmet donc des couples croissants au fur et à mesure que la charge du démarreur augmente.

Dès que le moteur à combustion commence à tourner plus vite que le démarreur et que la vitesse de rotation du pignon devient supérieure à celle de l'induit du démarreur (phase de dépassement), l'embrayage multi disque interrompt par le processus inverse la liaison énergétique entre le pignon et l'induit. Les disques d'embrayage patinent et se séparent.

- Roue libre à denture droite :

Roue libre à denture droite.

1 pignon, 2 masselotte, 3 denture droite,
4 bague de débrayage, 5 écrou de réglage,
6 ressort, 7 filetage à pas rapide, 8 tampon
d'amortissement, 9 manchon d'accouplement,
10 denture droite.



La roue libre à denture droite équipe également les démarreurs des véhicules utilitaires de grosse cylindrée. Elle est constituée des éléments suivants : pignon à denture droite, masselottes, bague de pression conique, manchon d'accouplement à denture droite, ressorts et tampon d'amortissement. Cette roue libre transmet le couple mécaniquement via une denture droite (liaison par obstacle).

Lors de la phase de dépassement, la couronne dentée du moteur à combustion entraîne le pignon solidaire du manchon d'accouplement par le biais de la denture droite. En raison de la forme en dents de scie de la denture, le manchon se déplace alors vers l'intérieur, sur la denture hélicoïdale, en direction du moteur

du démarreur. Les masselottes centrifuges déplacent dans le sens axial la bague extérieure, qui maintient ainsi la denture droite ouverte.

- Commande du démarreur

- Système de démarrage conventionnel

Lors d'un démarrage classique, le conducteur applique (en amenant la clé de contact dans position de démarrage) la tension de la batterie aux bornes du relais de démarreur. Le courant qui alimente le relais (env. 30 A pour les voitures particulières, jusqu'à 70 A pour les véhicules utilitaires) génère au sein du relais une force qui, d'une part, déplace le pignon vers la couronne dentée du moteur et qui, d'autre part, fait circuler le courant principal de démarrage (200 à 1000 A pour les voitures particulières, env. 2000 A pour les véhicules utilitaires).

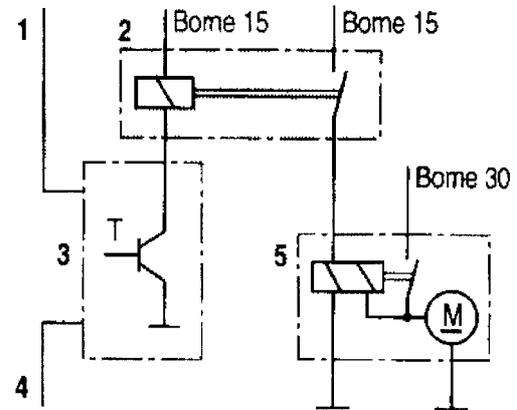
Le démarreur se désactive au moment où la clé de contact est ramenée en arrière : le commutateur ouvre alors le circuit de démarrage et coupe l'alimentation du relais.

- Systèmes de démarrage automatique

Les exigences élevées imposées aux véhicules de nouvelle génération en termes de confort, sécurité, qualité et réduction des émissions polluantes se traduisent par la généralisation progressive des systèmes de démarrage automatique.

Un système de démarrage automatique se différencie d'un système de démarrage conventionnel par la présence de composants supplémentaires, à savoir : un ou plusieurs relais de pilotage (rep. 2) ainsi que des composants électroniques et des fonctions logicielles (p. ex. au sein du calculateur moteur, rep. 3) pour la gestion du processus de démarrage. Désormais, le conducteur n'alimente plus directement en courant le relais du démarreur mais « signale », en tournant la clé de contact, son intention de démarrer au calculateur, lequel réalise toujours un contrôle de sécurité avant de valider et d'initier le démarrage.

Système de démarrage automatique (circuit).
1 signal de démarrage du conducteur, 2 relais de pilotage, 3 calculateur, 4 signal de position P/N ou signal d'embrayage, 5 démarreur.



Ce contrôle, qui peut prendre différentes formes, vise essentiellement à répondre aux questions suivantes :

- le conducteur est-il habilité à démarrer le véhicule (protection antivol) ?
- le moteur est-il à l'arrêt (fonction de protection contre l'engrènement du pignon dans une couronne dentée en rotation) ?
- le niveau de charge de la batterie est-il suffisant (compte tenu de la température du moteur) pour permettre le démarrage ?
- la position neutre est-elle enclenchée (véhicules à transmission automatique) ou la pédale d'embrayage est-elle enfoncée (véhicules à boîte de vitesses manuelle) ?

Si le contrôle est concluant, le calculateur initie le démarrage. Le système de démarrage compare dès lors le régime moteur réel (information déjà disponible dans le calculateur) avec la valeur du régime d'auto fonctionnement du moteur (qui peut dépendre de la température moteur). Dès que le moteur a atteint le régime d'auto fonctionnement, le calculateur désactive le démarreur. Cette démarche garantit un démarrage très rapide, extrêmement silencieux et contribue à ménager le démarreur. Un tel système autorise également un fonctionnement de type « stop and go » (arrêt et démarrage), consistant à couper le moteur lors de l'arrêt du véhicule, p. ex. à un feu rouge, et à le remettre automatiquement en marche au moment voulu. Cette fonctionnalité permet de réduire nettement la consommation en carburant, principalement en agglomération.