

BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE – SERIE S.T.I.  
SPECIALITE GENIE MECANIQUE – OPTION A ET B.

SESSION 2000

EPREUVE : ETUDES DES CONSTRUCTIONS

Durée : 6 heures

Coefficient : 8

<b>DEMARREUR D6RA</b>
-----------------------

**Aucun document n'est autorisé**

Calculatrice électronique de poche, y compris calculatrice programmable et alphanumérique à fonctionnement autonome, non - imprimante, autorisée conformément à la circulaire N°86.228 du 26 juillet 1986, complétée par la note de service du 17 mai 1995 (B.O. n°22 du 01 juin 1995).

Ce sujet comprend trois dossiers :

- |   |                  |
|---|------------------|
| □ Dossier technique ( <i>jaune</i> ) :          | DT1/10 à DT10/10 |
| □ Dossier travail demandé ( <i>vert</i> ) :     | TD1/6 à TD6/6    |
| □ Dossier documents réponses ( <i>blanc</i> ) : | DR1/4 à DR4/4    |

**Toutes les feuilles de copies et tous les documents réponses DR 1/4 à DR 4/4 sont à rendre à la fin de l'épreuve.**

## DOSSIER TECHNIQUE

Ce dossier comporte dix documents numérotés de DT1/10 à DT10/10

<b>DT1 à DT2 :</b>	Introduction au démarreur.
<b>DT3 à DT5 :</b>	Le fonctionnement du démarreur.
<b>DT6 :</b>	Plan d'ensemble.
<b>DT7 :</b>	Nomenclature partielle.
<b>DT8 :</b>	Courbes énergétiques du démarreur.
<b>DT9 :</b>	Courbe de déplacement du pignon.
<b>DT10 :</b>	Documentation relative aux douilles à aiguilles et aux joints à lèvre.

## INTRODUCTION AU DEMARREUR

*Il était une fois...* le démarrage à la manivelle, basé sur une accélération instantanée du piston, associée à une étincelle et à un remplissage au bon moment. Cette conjugaison n'était pas toujours facile à atteindre !!!

Désormais le rôle principal du démarreur est d'entraîner le moteur thermique en rotation pour lui faire atteindre son cycle de fonctionnement.

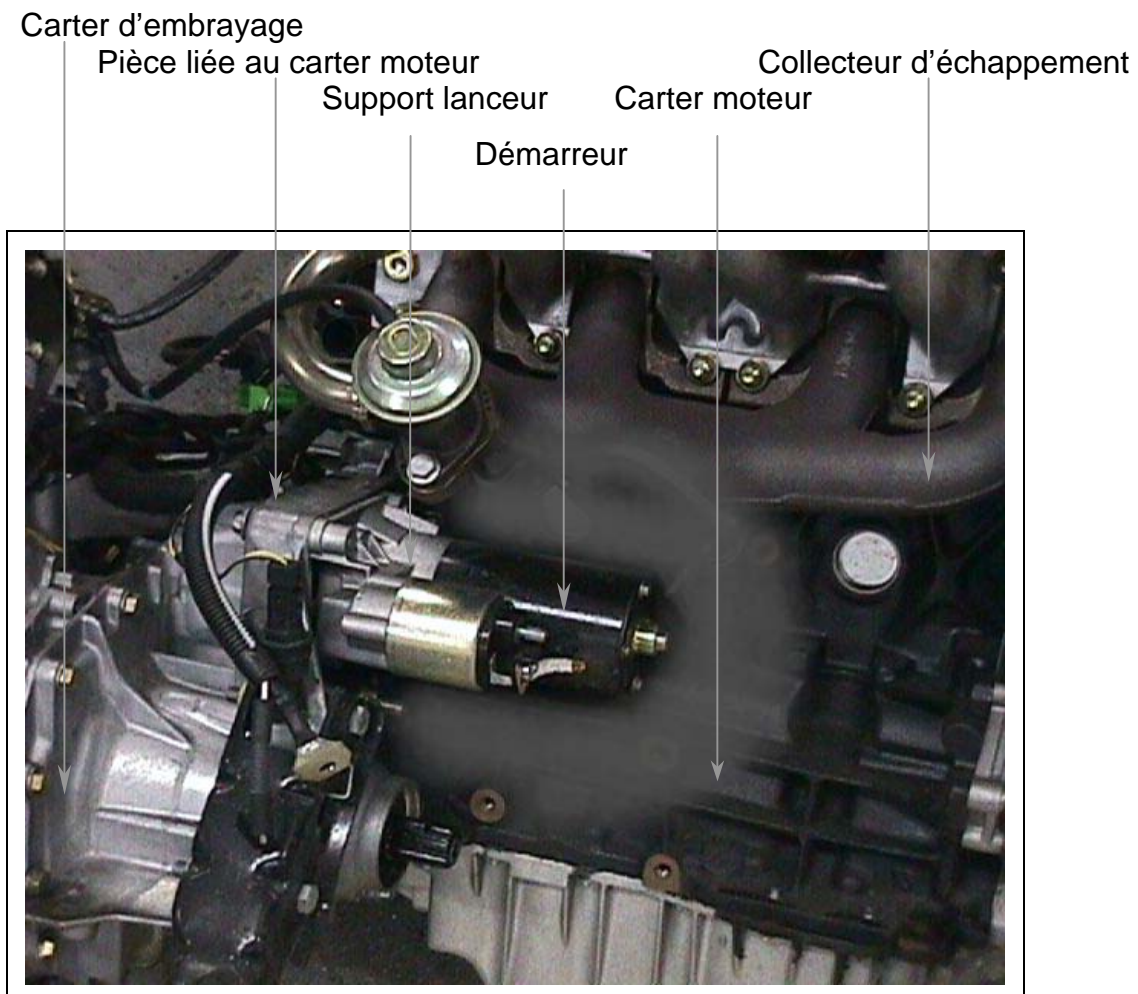
Le moyen choisi dépend de l'importance du moteur thermique et des contraintes présentes. En automobile le démarreur électrique satisfait pleinement la phase de démarrage.

Pour atteindre son cycle d'auto-fonctionnement, un moteur thermique doit être entraîné à :

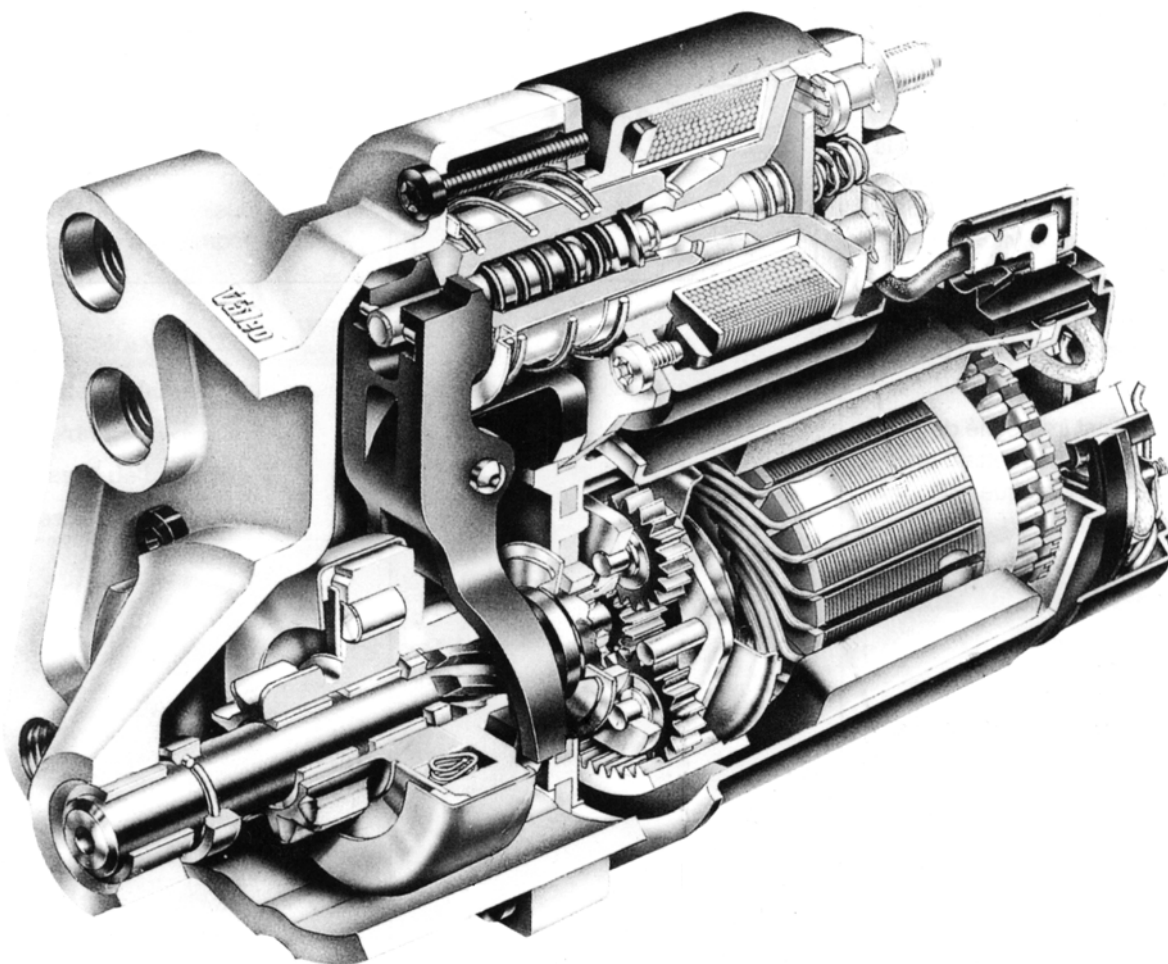
- 100 tr/min environ pour un moteur essence,
- 400 tr/min environ pour un moteur diesel.

### MISE EN SITUATION

Le démarreur est fixé sur le carter moteur, il entraîne une couronne dentée liée au vilebrequin.



Parmi les multiples démarreurs existants, on se propose d'étudier le « **démarrreur réducteur D6RA** » (VALEO) qui répond en matière de nouvelles technologies aux contraintes imposées par l'évolution des véhicules.



## LE FONCTIONNEMENT DU DEMARREUR

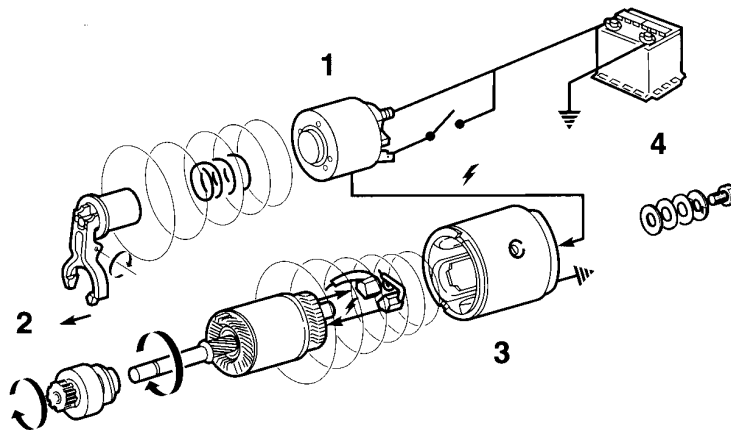
### PRINCIPE GENERAL

**1 - La commande, ou contacteur électromagnétique**, permet d'envoyer le courant de forte puissance au moteur électrique par simple contact : c'est un relais. Elle assure, d'autre part, le déplacement du lanceur par l'intermédiaire de la fourchette.

**2 - Le lanceur assure l'entraînement mécanique** entre le moteur électrique et le moteur thermique. Il ne doit l'assurer que dans UN sens : le moteur thermique ne doit pas entraîner le démarreur.

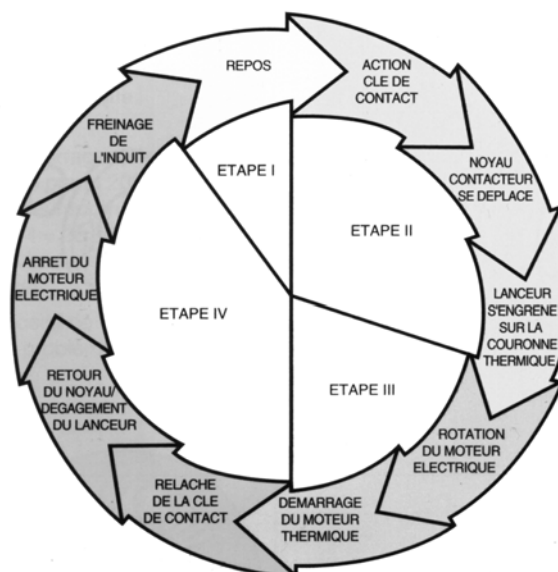
**3 - Le moteur électrique permet la rotation** du lanceur et ainsi du moteur thermique.

**4 - Le frein d'induit arrête** le moteur électrique aussitôt après le démarrage et le maintient au **repos** tant que le démarreur n'est pas utilisé.



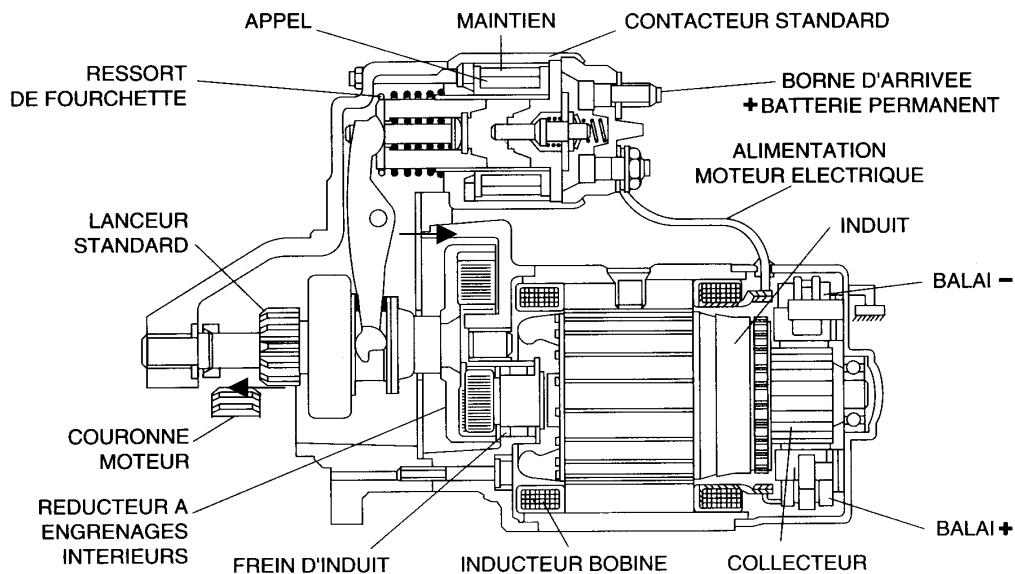
### LES ETAPES DU DEMARRAGE

A ces 4 étapes correspondent 4 états électriques et mécaniques du démarreur. Un cycle dure environ 3 secondes dans de bonnes conditions de fonctionnement du moteur thermique.

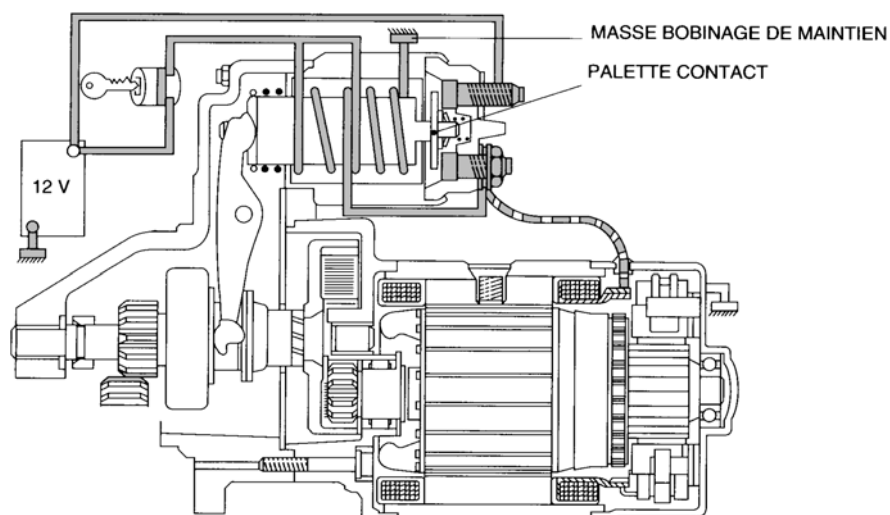


**ETAPE 1 : REPOS**

- L'ensemble fourchette -lanceur est maintenu au repos par le ressort de fourchette,
- Le frein d'induit empêche la libre rotation de l'induit par vibrations.

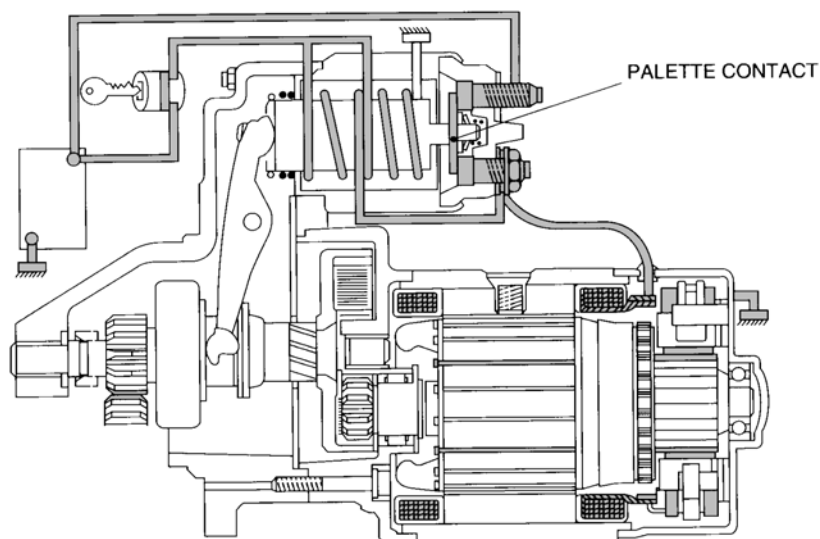
**ETAPE 2 : ENGAGEMENT DU LANCEUR SUR LA COURONNE**

- A la fermeture de la clef de contact, les bobinages d'appel et de maintien sont alimentés. Le champ magnétique créé attire le noyau vers l'arrière. Le lanceur avance par l'intermédiaire de la fourchette. Il effectue une rotation d'une dent environ et vient s'engrener sur la couronne.
- En fin de course du noyau, la palette vient en contact avec les deux bornes électriques et le moteur peut être alimenté.



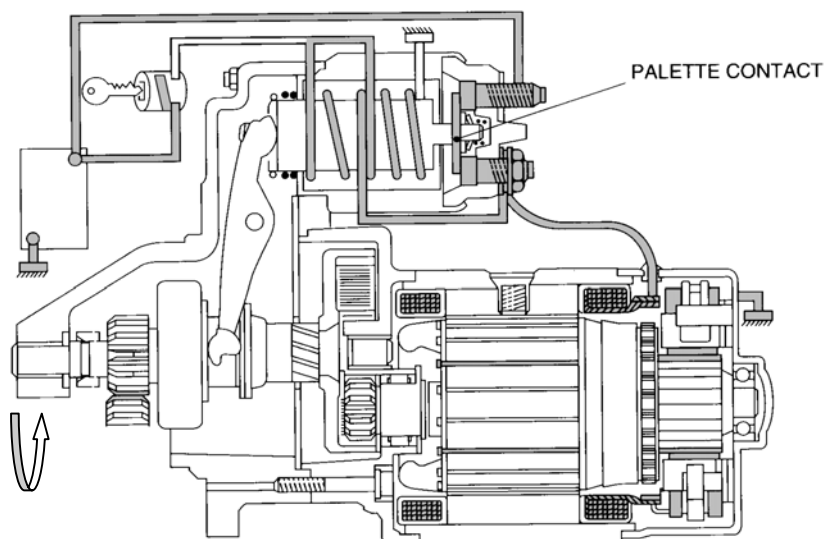
### **ETAPE 3 : ROTATION ET DEMARRAGE**

- La palette en contact avec les bornes électriques permet l'alimentation du moteur sous forte puissance. Il y a rotation de celui-ci et démarrage du moteur thermique.
- Les bobinages du contacteur électromagnétique sont toujours alimentés et maintiennent le lanceur engrené et la palette en contact.
- Dès le démarrage du moteur thermique, la roue libre rentre en action jusqu'au relâchement de la clef de contact.

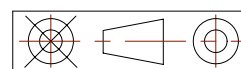
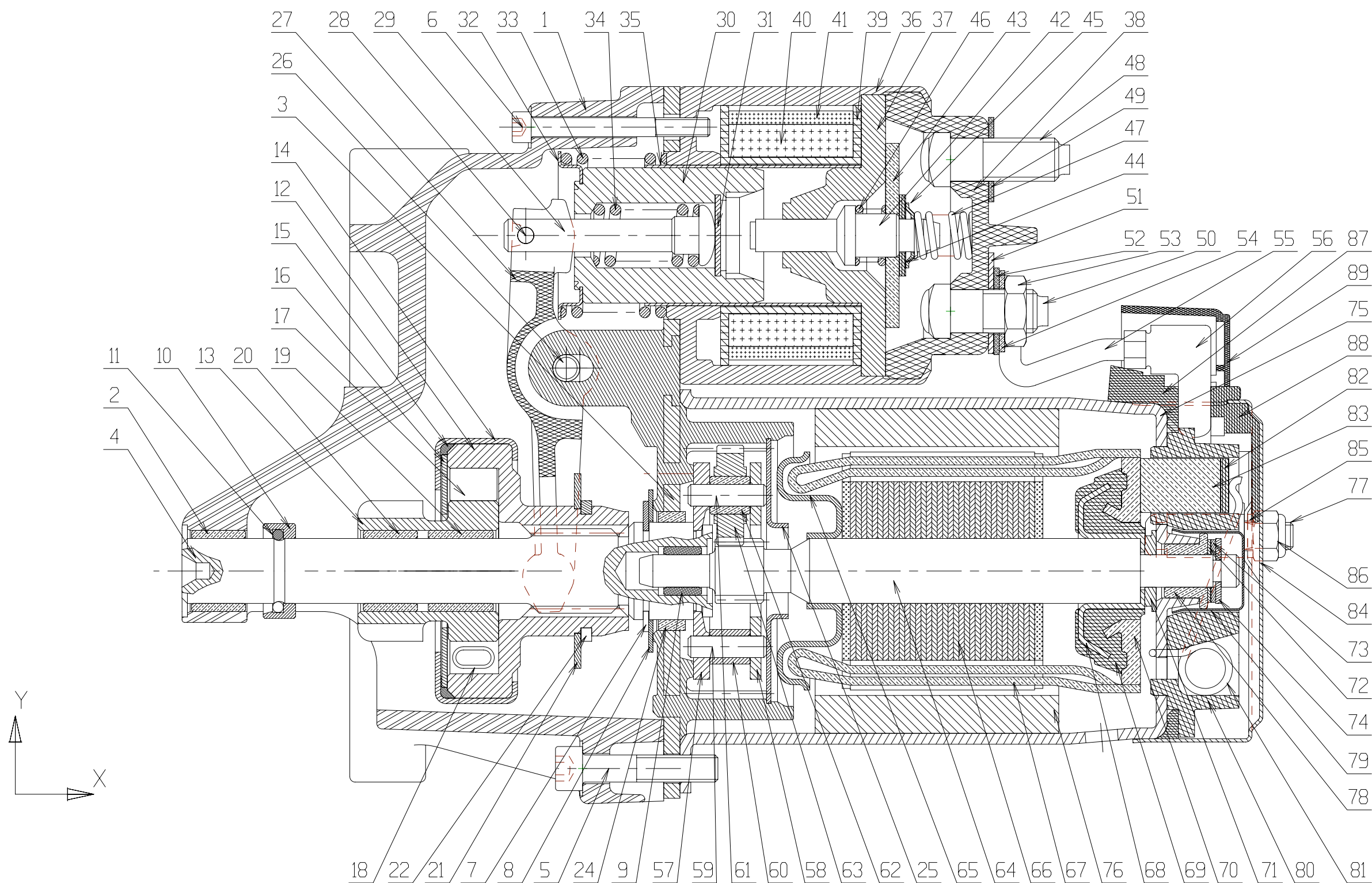


### **ETAPE 4 : COUPURE DU CONTACT**

- Lors du relâchement de la clé de contact, la circulation du courant électrique dans les bobinages est modifiée.
- Le flux du bobinage d'appel s'oppose maintenant au flux du bobinage de maintien.
- La somme des flux étant nulle, le champ magnétique disparaît et le ressort de fourchette ramène le noyau à sa position initiale (*Etape 1 : repos*).



D-D



Format : A3  
Ech. 1.5 : 1

Dessiné par :

Le

Démarrateur D6RA

Document DT6/10

VALEO

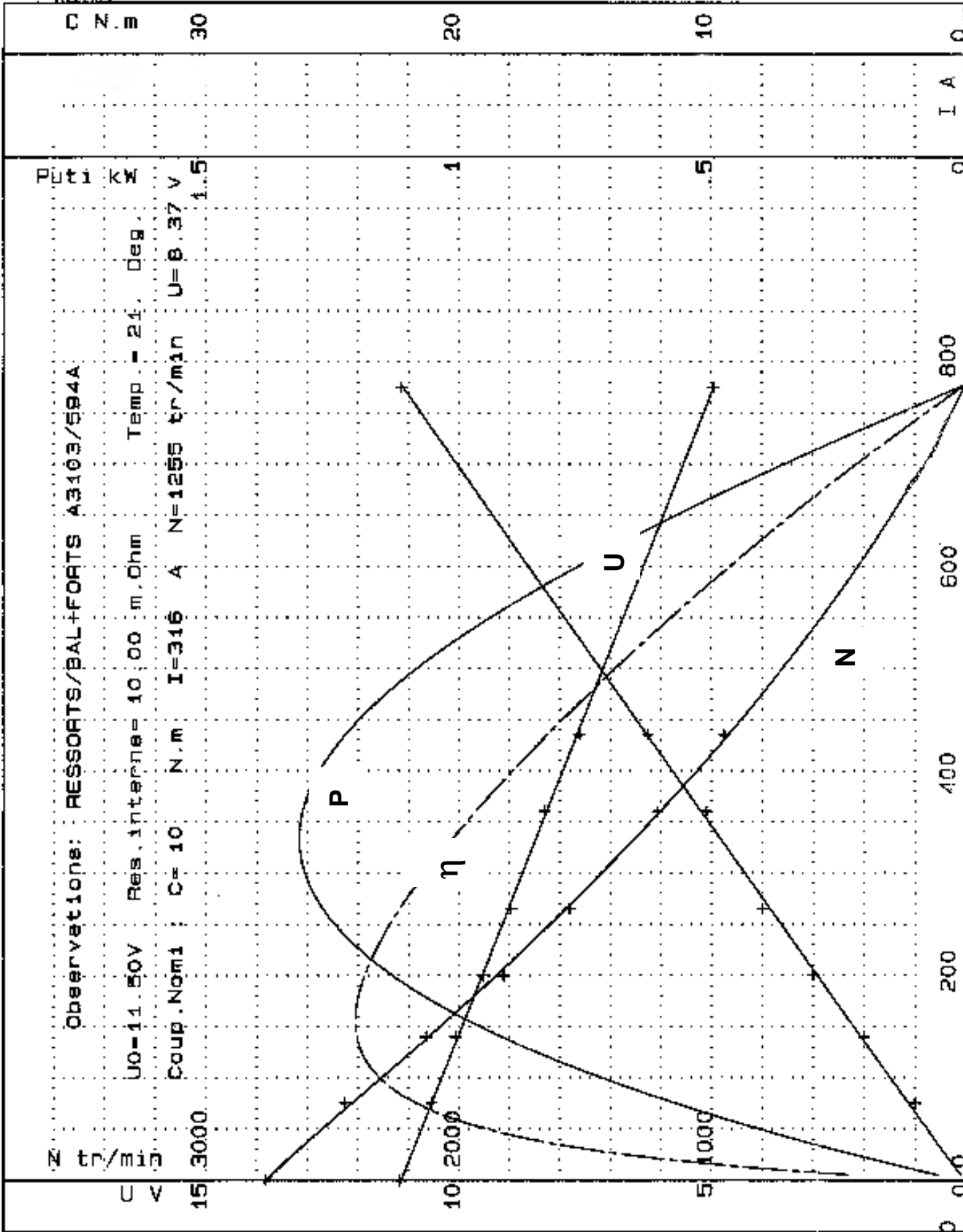
N°01



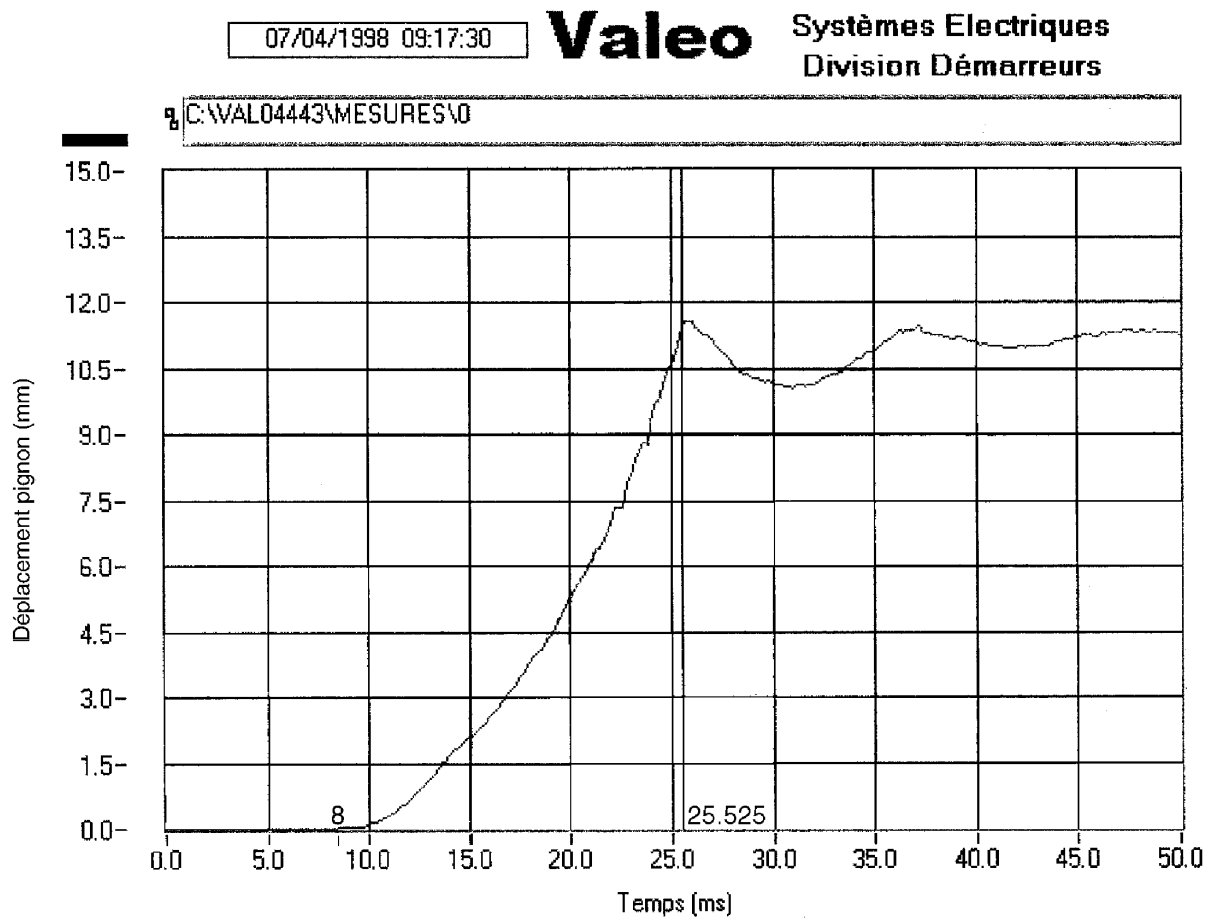
**NOMENCLATURE (partielle) :**

76	4	Aimant permanent		
75	1	Culasse		Embouti profond
66	1	Induit		
64	1	Arbre rotor		
50	1	Borne de contacteur		
48	1	Borne de contacteur		
43	1	Palette contact		
42	1	Poussoir		
41	1	Bobinage de maintien		
40	1	Bobinage d'appel		
39	1	Cadre de bobinage		
33	1	Ressort de fourchette		
32	1	Coupelle		
30	1	Noyau	Acier cuivré	
29	1	Tige de commande		
28	1	Goupille		
27	1	Fourchette	PA 6/6	
26	1	Axe de fourchette		
24	1	Palier	Bronze	Fritté
22	1	Anneau élastique		
21	1	Rondelle d'appui		
20	1	Palier	Bronze	Fritté
19	1	Palier	Bronze	Fritté
18	6	Ressort		
17	6	Rouleau		
16	1	Flasque de protection		
15	1	Joint d'étanchéité		
14	1	Tôle d'enveloppe		Bichromatée
13	1	Pignon		
12	1	Moyeu de fourchette		
11	1	Jonc		
10	1	Bague d'arrêt		
9	1	Palier	Bronze	Fritté
8	1	Rondelle d'appui		
7	1	Anneau élastique		
4	1	Arbre secondaire		
3	1	Plaque de base		
2	1	Palier 10x12x8 (dxDxL)	Bronze	Fritté
1	1	Support lanceur	Aluminium	
Rep.	Nb.	Désignation	Matière	Observations

COURBES ENERGETIQUES DU DEMARREUR

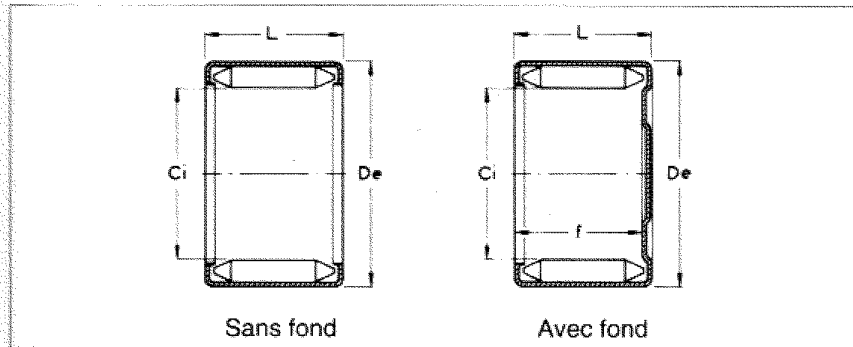


**COURBE DE DEPLACEMENT DU PIGNON**

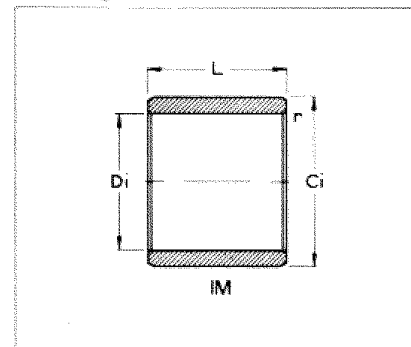


## DOCUMENTATION RELATIVE AUX DOUILLES A AIGUILLES ET AUX JOINTS A LEVRE

### • Douilles à aiguilles



### • Bagues intérieures

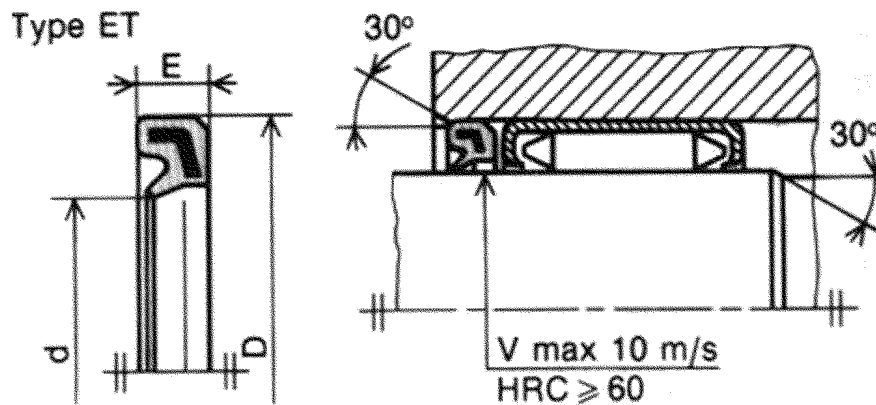


### Dimensions des douilles à aiguilles

Arbre: $\phi$ mm	Ci mm	De mm	L mm	F mini mm	Charge de base N Dyn.C	stat.Co	Charges limites N	Vitesses limites tr/min
8	8	14	10	7.7	4500	6500	2000	37500
9	9	14	12	9.7	6100	9200	2950	33000
10	10	14	12	9.7	7000	10900	3400	30000
12	12	18	10	7.7	6000	9700	2800	25000

### Tolérances

	Arbre		Logement	
	Rotation	Oscillation	Acier	Non ferreux
<b>Sans bague intérieure</b>	H5(h6)	J5(j6)	H6(H7)	M6(M7)
<b>Avec bague intérieure</b>	H5(h6)	J5(j6)	H6(H7)	M6(M7)



### Dimensions des joints à lèvres pour douilles à aiguilles

d	D	E	d	D	E
6	12	3	9	14	3
7	11	2	10	14	3
8	12	3	10	16	3
9	13	3	12	16	3


Exemple de désignation : Joint à lèvres, type ET, d x D

## DOSSIER TRAVAIL DEMANDE

Ce dossier est constitué de six parties indépendantes.



Il est conseillé de consacrer à chacune de ces parties la durée suivante :

- Lecture de l'épreuve et des documents techniques 0h30
- 1<sup>ère</sup> partie : Analyse du fonctionnement du mécanisme 0h45  
 Cette première partie vise à faciliter la compréhension du mécanisme. Il est donc recommandé de la traiter en premier.
- 2<sup>ème</sup> partie : Détermination du rendement global du démarreur 0h30  
(étude énergétique du mécanisme)
- 3<sup>ème</sup> partie : Détermination de la vitesse de fermeture du contacteur 1h15  
(étude cinématique du mécanisme)
- 4<sup>ème</sup> partie : Vérification de la tenue du palier 2 1h00  
(étude statique de l'arbre secondaire)
- 5<sup>ème</sup> partie : Modification du guidage de l'arbre secondaire 1h00  
(dessin de conception)
- 6<sup>ème</sup> partie : Dessin de définition de la fourchette 27 1h00

## 1. Analyse du fonctionnement du mécanisme :

**Le noyau 30 est attiré vers l'arrière grâce au champ magnétique créé par les bobinages (étape 2, DT4/10).**

- 1.1. Lorsque le noyau recule, quelles sont les deux fonctions assurées ?
- 1.2. A l'aide du dossier technique et de l'éclaté, **définir** la classe d'équivalence cinématique constituant le lanceur  $\{E_{\text{lanceur}}\}$ .
- 1.3. Quelle est la fonction principale assurée par le lanceur ?

**Le lanceur est soumis aux vibrations. S'il n'est pas immobilisé, il risque de battre et de toucher la couronne, causant de graves dommages aux dents.**

- 1.4. Quel est l'élément qui assure son immobilisation, **et** dans quelle étape de fonctionnement joue-t-il son rôle ?

**Si le contact n'est pas relâché immédiatement après le démarrage, le moteur thermique risque d'endommager le démarreur (*l'induit tournerait à très haute vitesse*).**

- 1.5. Quel est le dispositif qui évite ce problème ?
- 1.6. **Citer** les éléments principaux assurant ce dispositif ?
- 1.7. **Nommer** la pièce réalisant la mise en position du démarreur sur le carter du moteur thermique.
- 1.8. Comment est réalisé l'assemblage entre la coupelle **32** et le noyau **30** ?

## 2. Détermination du rendement global du démarreur :

Pour démarrer, un moteur thermique à essence doit être entraîné à  $\approx 100 \text{ tr.min}^{-1}$ , la fréquence de rotation du lanceur est alors de  $1400 \text{ tr.min}^{-1}$ . Le démarreur doit également générer un couple suffisant pour vaincre les frottements internes au moteur et permettre la compression du mélange air - essence dans les cylindres. Fréquence de rotation du lanceur et couple fourni au moteur définissent la puissance utile du démarreur. La puissance électrique absorbée est égale à la tension aux bornes du démarreur multiplié par l'intensité qui le traverse.

Le document **DT8/10** contient les courbes :

- de couple, repérée **C**, échelle de mesure à droite, graduée en **N.m**,
- de tension aux bornes du démarreur, repérée **U**, échelle de mesure à gauche, graduée en **V**,
- de fréquence de rotation, repérée **N**, échelle de mesure à gauche, graduée en **tr.min<sup>-1</sup>**,
- de puissance utile, repérée **P**, échelle de mesure à droite, graduée en **kW**.

Remarque : L'axe des abscisses, gradué en **Ampère**, correspond à l'intensité absorbée **I** par le démarreur.

**Afin de déterminer le rendement global du démarreur on demande de :**

- 2.1. **Déterminer** l'intensité absorbée **I**, lorsque **N**=1400 tr.min<sup>-1</sup>.
- 2.2. **Déterminer** la tension aux bornes du démarreur **U** pour la valeur précédente de **I**.
- 2.3. **Calculer** la puissance absorbée. (On rappelle  $P_w = U_v \times I_A$ )
- 2.4. **Déterminer**, pour la valeur de **I** issue de la question 2.1., la valeur de **C**.
- 2.5. **Calculer** la puissance utile **P** du démarreur (*vérifier votre réponse à l'aide de la courbe du document DT8/10*). (On rappelle  $P_w = C_{N.m} \times \omega_{\text{rad.s}^{-1}}$ )
- 2.6. **Calculer** le rendement global du démarreur.

**3. Détermination de la vitesse de fermeture du contacteur :**

Lors de la fermeture d'un circuit électrique sous tension on constate la formation d'un arc électrique. Cet arc électrique vaporise une faible quantité de matière de la pièce établissant le contact et en déplace une autre quantité entre les bornes mises en contact.

Ces phénomènes se présentent entre les pièces **43**, **48** et **50** formant le contacteur du moteur du démarreur. Si la vitesse de fermeture du contacteur est trop faible les phénomènes précédents prennent de l'ampleur et remettent en question le bon fonctionnement du démarreur et sa durée de vie. La vitesse minimale admissible est de 0,48 m.s<sup>-1</sup>.

**Afin de déterminer la vitesse de fermeture du contacteur on demande de calculer, à partir des indications contenues dans DT9/10, la vitesse moyenne du pignon sur l'intervalle de temps [8 ; 25,525].**

- 3.1. **Calculer** la durée de l'intervalle [8 ; 25,525].
- 3.2. **Déterminer** la course du pignon durant cet intervalle (*voir DT9/10*).
- 3.3. **Calculer** la vitesse moyenne du pignon sur l'intervalle de temps [8 ; 25,525].

Dans la question 3.5. il sera pris en compte une valeur voisine de cette vitesse.

**Pour les questions suivantes il faut prendre en compte le schéma cinématique et les classes d'équivalences fournis dans le document DR1/4**

Détermination de la vitesse de la lame du contacteur **43** lors de la fermeture du contact. Les réponses aux questions suivantes se feront sur le document **DR1/4** (*tracés*) et sur feuille de copie (*explications*). On définit pour les questions suivantes une classe d'équivalence : **{1 + 4} = 1 + 4**.

3.4. Quelle est la nature du mouvement de **12** par rapport à **{1 + 4}** ? La norme de  $\vec{V}_{D_{12/\{1+4\}}}$  est égale à  $0,75 \text{ m.s}^{-1}$ , **Mettre** en place  $\vec{V}_{D_{12/\{1+4\}}}$  (échelle de représentation :  $1\text{cm} \Rightarrow 0,1 \text{ m.s}^{-1}$ ).

3.5. Quelle est la nature du mouvement de **27** par rapport à **{1 + 4}** ?

**Tracer** la direction de  $\vec{V}_{D_{27/\{1+4\}}}$ .

3.6. **Ecrire** la composition de vitesse en **D** entre les vecteurs vitesses suivants :

$$\vec{V}_{D_{12/\{1+4\}}}, \vec{V}_{D_{27/\{1+4\}}}, \vec{V}_{D_{27/12}}.$$

**Déterminer** et **tracer** les vecteurs précédents.

**Remarque** :  $\vec{V}_{D_{27/12}}$  est une vitesse de glissement.

3.7. **Calculer**  $\omega_{27/\{1+4\}}$  sachant que  $[CD] = 33 \text{ mm}$ .

**Déterminer** graphiquement et **tracer**  $\vec{V}_{B_{27/\{1+4\}}}$ .

3.8. Quelle est la nature du mouvement de **30** par rapport à **{1 + 4}** ? **Déterminer** et **tracer** la direction de  $\vec{V}_{A_{30/\{1+4\}}}$ .

3.9. **Comparer**  $\vec{V}_{B_{27/\{1+4\}}}$  avec  $\vec{V}_{B_{29/\{1+4\}}}$  et  $\vec{V}_{A_{30/\{1+4\}}}$  avec  $\vec{V}_{A_{29/\{1+4\}}}$ .

3.10. Quelle est la nature du mouvement de **29** par rapport à **{1 + 4}** ? **Déterminer** et **tracer**  $\vec{V}_{A_{30/\{1+4\}}}$ .

3.11. Les conséquences des phénomènes évoqués restent tolérables si la norme de  $\vec{V}_{A_{30/\{1+4\}}}$  est supérieur à  $0.48 \text{ m.s}^{-1}$ . Est-ce le cas ?

#### 4. Vérification de la tenue du palier 2 :

Le démarreur D6RA n'a pas cessé d'évoluer depuis sa première version. La dernière évolution de ce modèle est le D6RA-100. Ce modèle, le plus puissant de la série, est destiné aux moteurs diesel de moyenne cylindrée. Le couple maximum sur l'arbre secondaire est alors de  $C_{\max} = 120 \text{ N.m}$ . Ce couple, plus important que sur le précédent modèle, engendre une augmentation de la pression de contact exercée par l'arbre **4** sur les paliers **2** et **24**.

**Afin de vérifier la tenue du palier 2, on demande de déterminer les torseurs d'actions mécaniques appliqués au système matériel {12+4}.**

**Données :**

Pour les questions suivantes, on définit la classe d'équivalence **{12+4}**, avec **{12+4} = 12 + 4** (voir **DR1/4**).

Le schéma de modélisation statique est donné dans le document **DR2/4**, fig.3.

Les torseurs représentant les actions mécaniques appliquées au système matériel **{12+4}** sont les suivants :

$$\begin{aligned} {}_I \left\{ \tau_{64 \rightarrow \{12+4\}} \right\}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})} &= {}_I \begin{Bmatrix} 0 & -120 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})} & {}_I \left\{ \tau_{1 \rightarrow \{12+4\}} \right\}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})} &= {}_I \begin{Bmatrix} X_I & 0 \\ Y_I & 0 \\ Z_I & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})} \\ {}_G \left\{ \tau_{1 \rightarrow \{12+4\}} \right\}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})} &= {}_G \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_G & 0 \\ Z_G & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})} \end{aligned}$$

${}_H \left\{ \tau_{\text{moteur} \rightarrow \{12+4\}} \right\}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$  torseur modélisant les actions mécaniques exercées par la couronne dentée du moteur sur le lanceur.

4.1. **L'angle** de pression de l'engrenage couronne moteur /  $\{12+4\}$  est  $\alpha = 20^\circ$ .

Représenter, par un torseur, les actions mécaniques de la couronne du moteur sur  $\{12+4\}$ . Écrire les composantes de ce torseur dans  $(H; \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ .

4.2. **Enoncer** le Principe Fondamental de la Statique sur le système matériel  $\{12+4\}$ .

Peut-on déterminer les actions mécaniques inconnues ; justifier la réponse.

Un logiciel de calcul informatique a permis de déterminer  $Z_G = 7\,880\text{ N}$  et  $Y_G = -2720\text{ N}$ . Calculer la norme de l'effort radial dans le palier Z à l'aide des

composantes de  ${}_G \left\{ \tau_{1 \rightarrow \{12+4\}} \right\}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$ .

On considère que la surface de contact palier **2** / arbre **4** est égale au produit du diamètre intérieur du palier par sa longueur. Sachant que la pression maximum admissible par le palier est de 80 Mpa.

4.3. **Justifier** le remplacement ou non du palier **2**.

## 5. Modification du guidage de l'arbre secondaire :

***La totalité de cette partie est à exécuter sur le document réponse DR3/4.***

Dans la version D6RA-100, le palier **2** est incompatible avec la pression de contact générée par l'effort radial. Parmi les solutions techniques envisageables pour remédier à ce problème, le bureau d'étude de la société VALEO a décidé d'utiliser une douille à aiguilles avec fond et de placer un joint à lèvres type « ET ».

**Zone 1 :** Réalisation du guidage de l'arbre **4**.

- 5.1. **Mettre** en place la bague d'arrêt **10** associée au jonc **11**. L'épaulement ainsi créé devra limiter la course du lanceur à 14 mm.

**Contrainte :** *sur le DR3/4, les dimensions fournies de la bague d'arrêt 10 et du jonc 11 ne doivent pas être modifiées.*

- 5.2. **Déterminer** la douille à aiguilles ayant la charge limite la plus élevée. **Mettre** en place cette douille à aiguilles et le joint à lèvres.

**Remarque :** *Ces éléments sont définis sur le document technique DT10/10.*

**Zone 2 :** Cotation.

- 5.3. **Mettre** en place la cotation relative au support lanceur **1** permettant :

- La mise en place de la douille,
- Le montage correct du joint à lèvres.

## 6. Dessin de définition de la fourchette 27 :

A l'aide du plan du mécanisme (*document DT6/10*), **effectuer** le dessin de définition de la fourchette **27** à l'échelle 1,5 : 1 (*document DR4/4*).

- **Compléter** la vue de dessous en ½ B-B,
- **Dessiner** les sections sorties A-A et C-C.

**Nota :** *ne pas représenter les arêtes cachées.*

## DOSSIER DOCUMENTS REPONSES

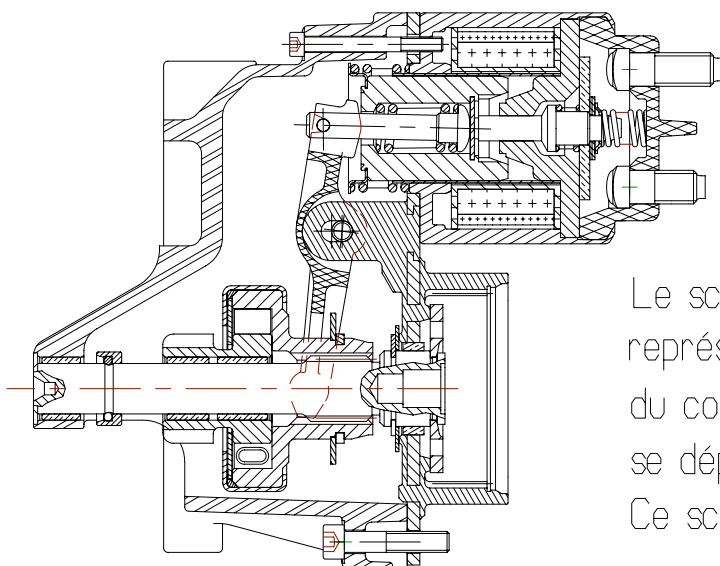
Ce dossier comporte quatre documents numérotés de **DR1/4** à **DR4/4**.



Les documents réponse seront à utiliser pour les études suivantes :

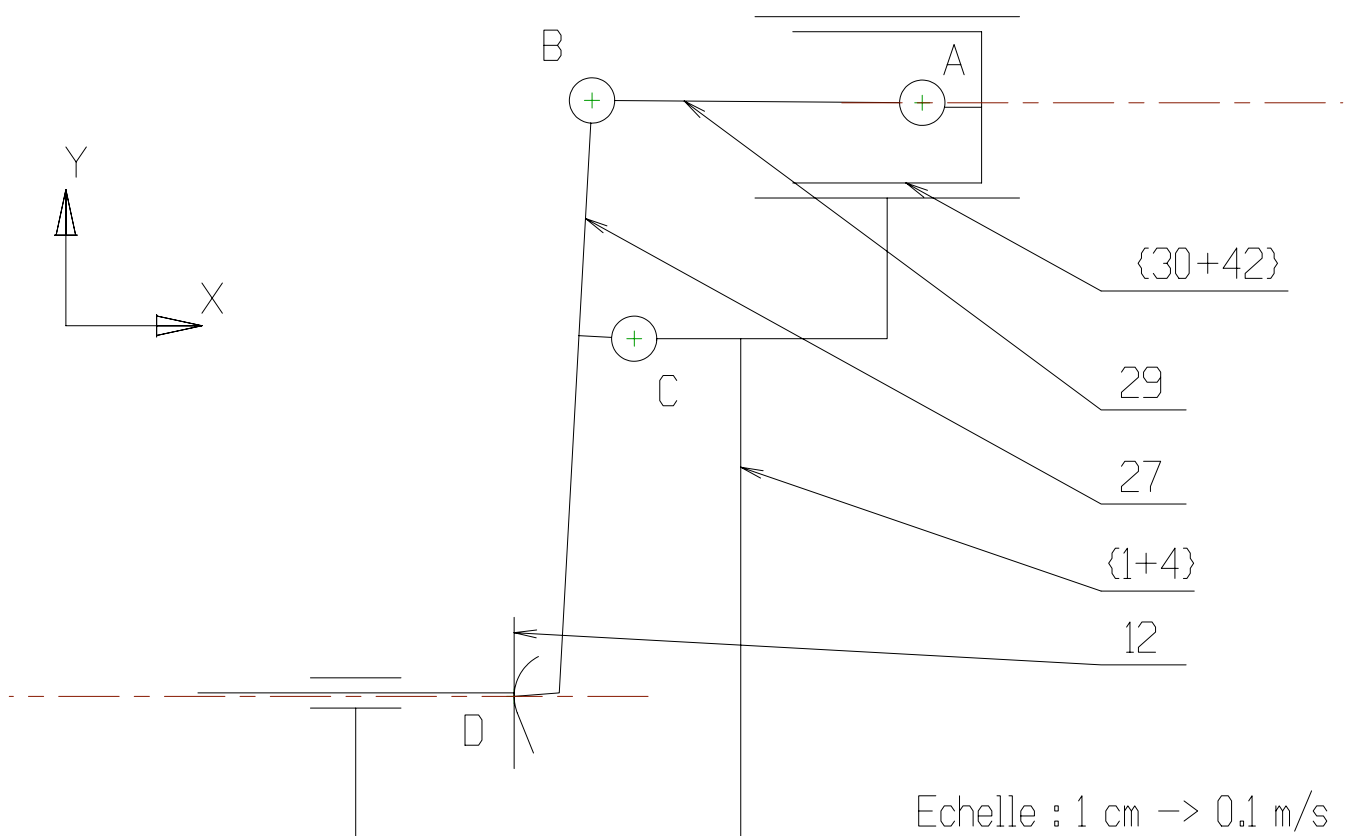
- **DR1** : Détermination de la vitesse de fermeture du contacteur  
*(étude cinématique du mécanisme)*
- **DR2** : Vérification de la tenue du palier **2**  
*(étude statique de l'arbre secondaire)*
- **DR3** : Modification du guidage de l'arbre secondaire.  
*(dessin de conception)*
- **DR4** : Dessin de définition de la fourchette **27**.

Les autres parties de l'étude seront traitées sur feuilles de copie.



Le schéma cinématique ci-dessous représente le mécanisme lorsque la lame du contacteur (pièce 43) commence à se déplacer.

Ce schéma modélise le dessin ci-contre.



1 = {1,2,3,5,6,24,25,35 à 41,48 à 56}

4 = {4, 7 à 11,57 à 61}

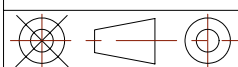
12 = {12 à 22}

30 = {30,31,32}

27 = {26,27}

29 = {28, 29}

42 = {42,43,44,45}



Format : A4

Ech.

Démarreur D6RA

Document DR1/4

Nom :

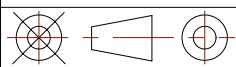
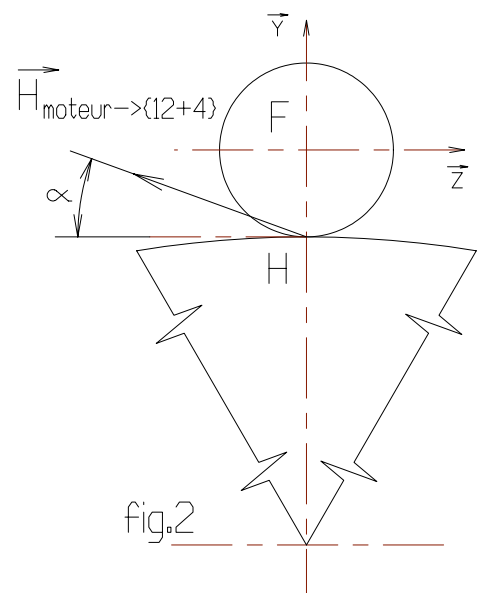
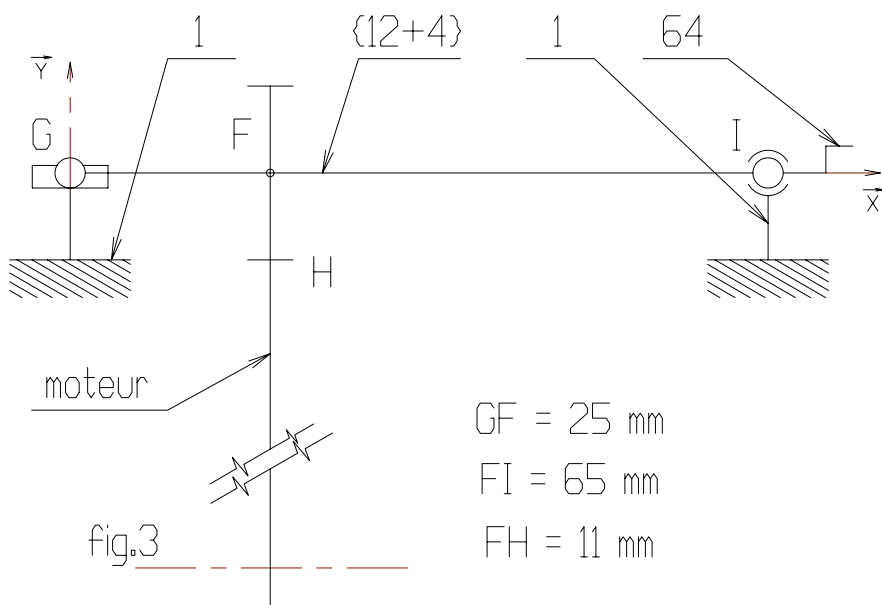
Prénom :

Numéro candidat :

Centre :



## Quatrième partie



Démarreur D6RA

Format : A4

Ech.

Document DR2/4

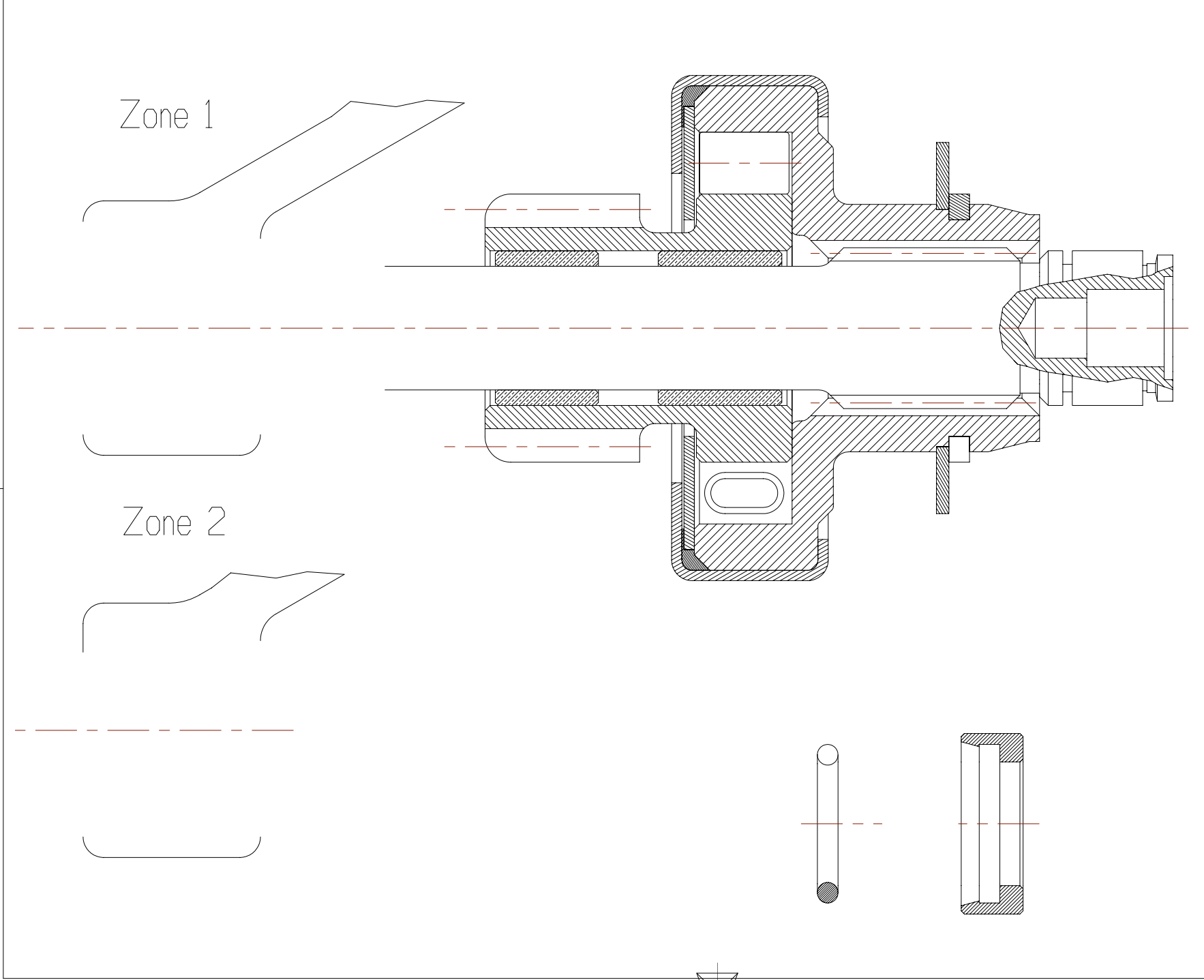
Nom :

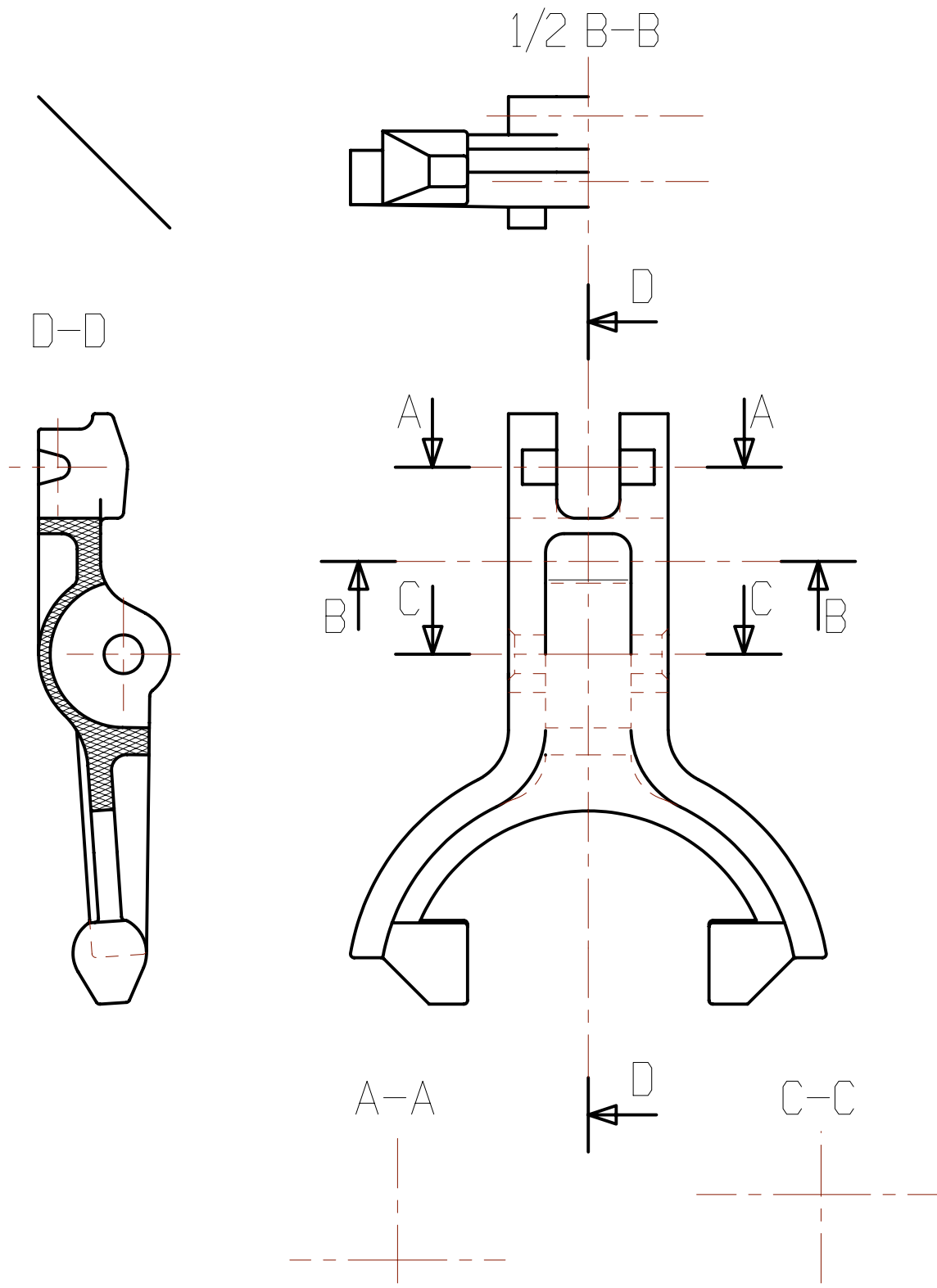
Prénom :

Numéro candidat :

Centre :



		<p>Démarreur D6RA</p>	
<p>Format : A4 Ech. 2 : 1</p>		<p>Document DR3/4</p>	
<p>Nom :</p>		<p>Prénom :</p>	<p>Numéro candidat :</p>
<p>Centre :</p>		<p>Centre :</p>	



27	1	Fourchette	PA 6/6		
Rep	Nb	Désignation	Matériau	Observation	Référence
		Démarreur D6RA			
Format : A4 Ech. 1.5 : 1		Corrigé DC7/7			
Nom :		Prénom :		Numéro candidat :	
				Centre :	