

SESSION
2009

Épreuve : étude des constructions
Durée : 6 Heures
Coefficient : 8

DISPOSITIF D'ATTELAGE
DE MOTRICE DE TGV

AUCUN DOCUMENT AUTORISÉ

MOYENS DE CALCUL AUTORISÉS :

Calculatrice de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (conformément à la circulaire 99-186 du 16 novembre 1999).

Ce sujet comprend 3 dossiers de couleurs différentes :

- Dossier Documents Techniques (DT 1 à DT 10)jaune
- Dossier Travail demandé (pages 1 à 6)vert
- Dossier Documents Réponses (DR 1 à DR 7).....blanc

Les candidats rédigeront les réponses aux questions posées sur feuille de copie et, lorsque cela est indiqué dans le sujet, sur les documents réponses prévus à cet effet.

Tous les documents réponses, même vierges, sont à remettre en fin d'épreuve.

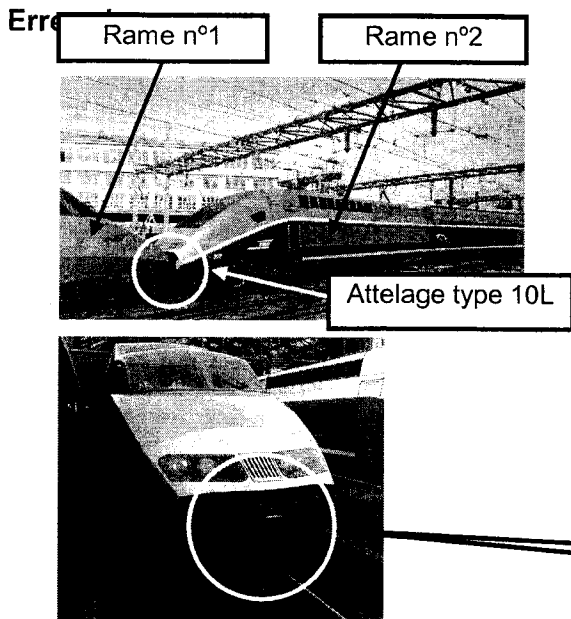
DOSSIER DOCUMENTS TECHNIQUES

Ce dossier comporte 10 documents numérotés de DT1 à DT10.

- **DT1 : présentation de l'attelage type 10L**
- **DT2 : pièces principales du coupleur mécanique d'un demi-attelage
position accouplée des coupleurs mécaniques
des deux demi-attelages**
- **DT3 : principe de l'accouplement mécanique des deux demi-attelages**
- **DT4 : détail du cliquet, du poussoir et du corps**
- **DT5 : plan du coupleur mécanique d'un demi-attelage**
- **DT6 : nomenclature et FAST du coupleur mécanique**
- **DT7 : courbes des vitesses**
- **DT8 : section de la manille**
- **DT9 : documents ressources**
- **DT10 : documents ressources**

PRÉSENTATION DE L'ATTELAGE AUTOMATIQUE TYPE 10L

I) Introduction



Pour offrir aux passagers des déplacements à très grande vitesse, la SNCF dispose de rames TGV composées chacune de 2 motrices encadrant 8 voitures.

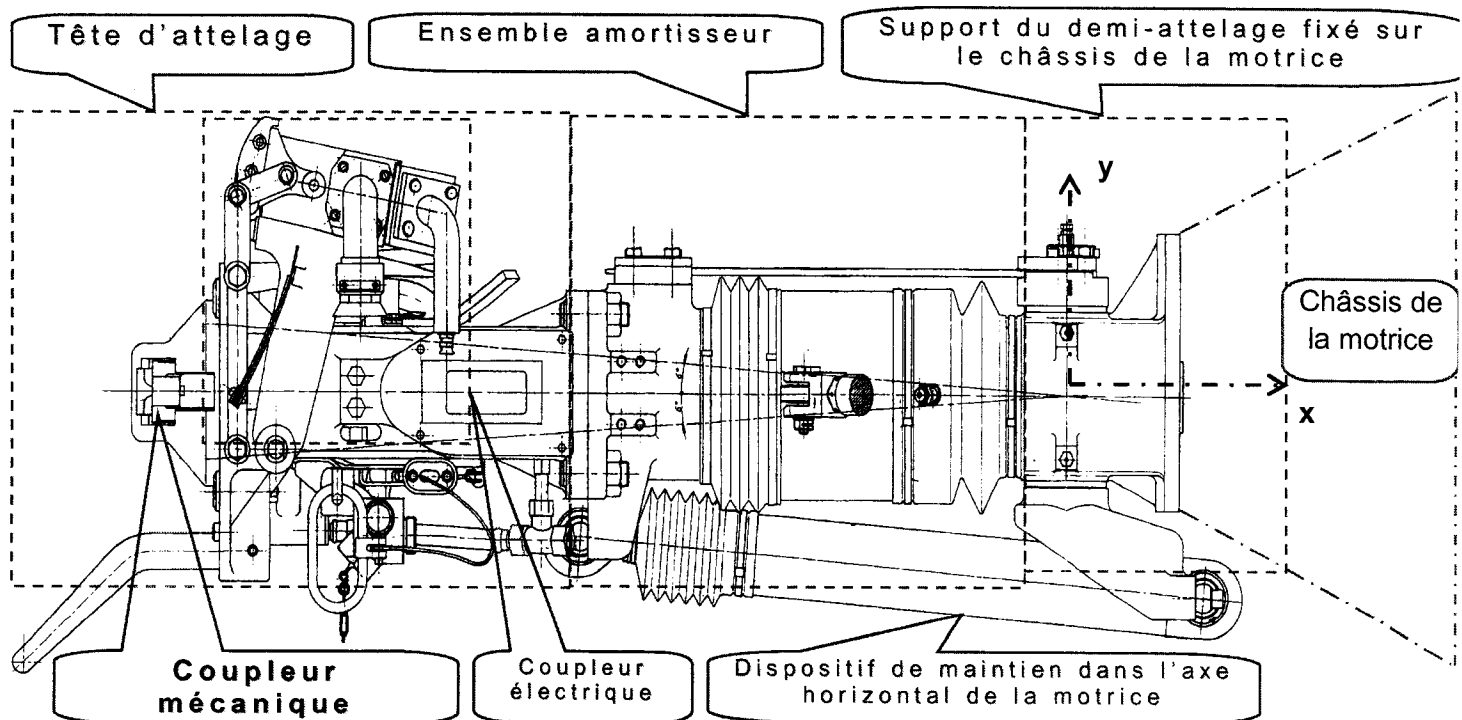
Dans certains cas d'affluence, veille de « grand week-end » ou vacances scolaires, afin de transporter un maximum de passagers, la SNCF réalise l'assemblage de 2 rames, au niveau des motrices, par le biais d'un **attelage de type 10L**. Cet attelage est composé de deux demi-attelages.

Au désaccouplement, il reste un demi-attelage sur chacune des motrices.

II) Présentation du dispositif d'attelage SCHARFENBERG type 10L

La société SCHARFENBERG a mis au point le dispositif d'attelage dénommé « Attelage automatique type 10L » composé de deux demi-attelages comprenant chacun (voir schéma ci-dessous):

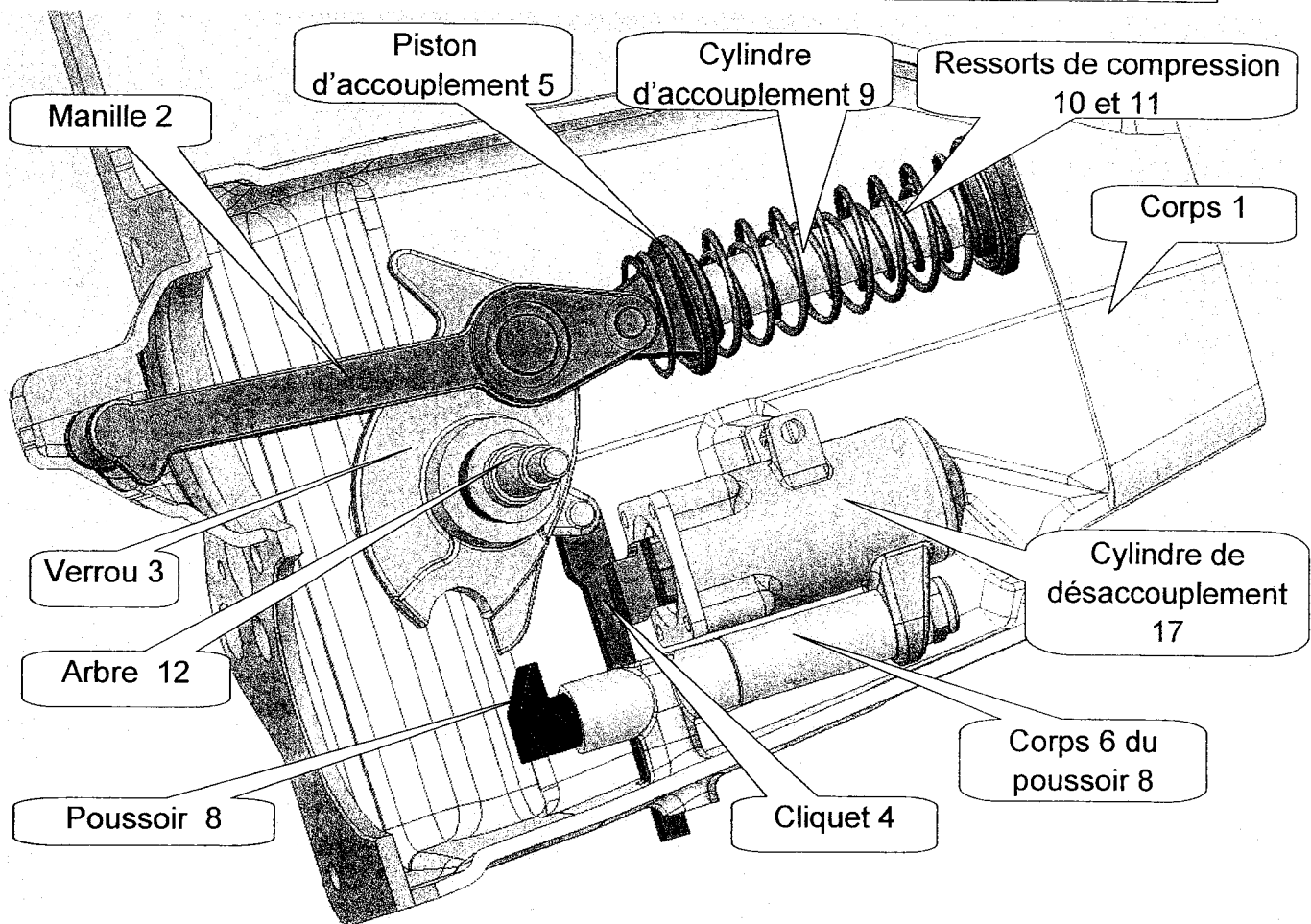
- un **ensemble amortisseur** pour absorber les chocs en traction ou en freinage, monté en liaison rotule avec le **châssis de la motrice** par l'intermédiaire d'un **support**. Cet ensemble est maintenu horizontalement dans l'axe longitudinal de la motrice par des **dispositifs de maintien**,
- une **tête d'attelage**, fixée sur l'ensemble amortisseur, composée d'un **coupleur électrique**, d'un coupleur pneumatique et d'un **coupleur mécanique** (objet de l'étude).



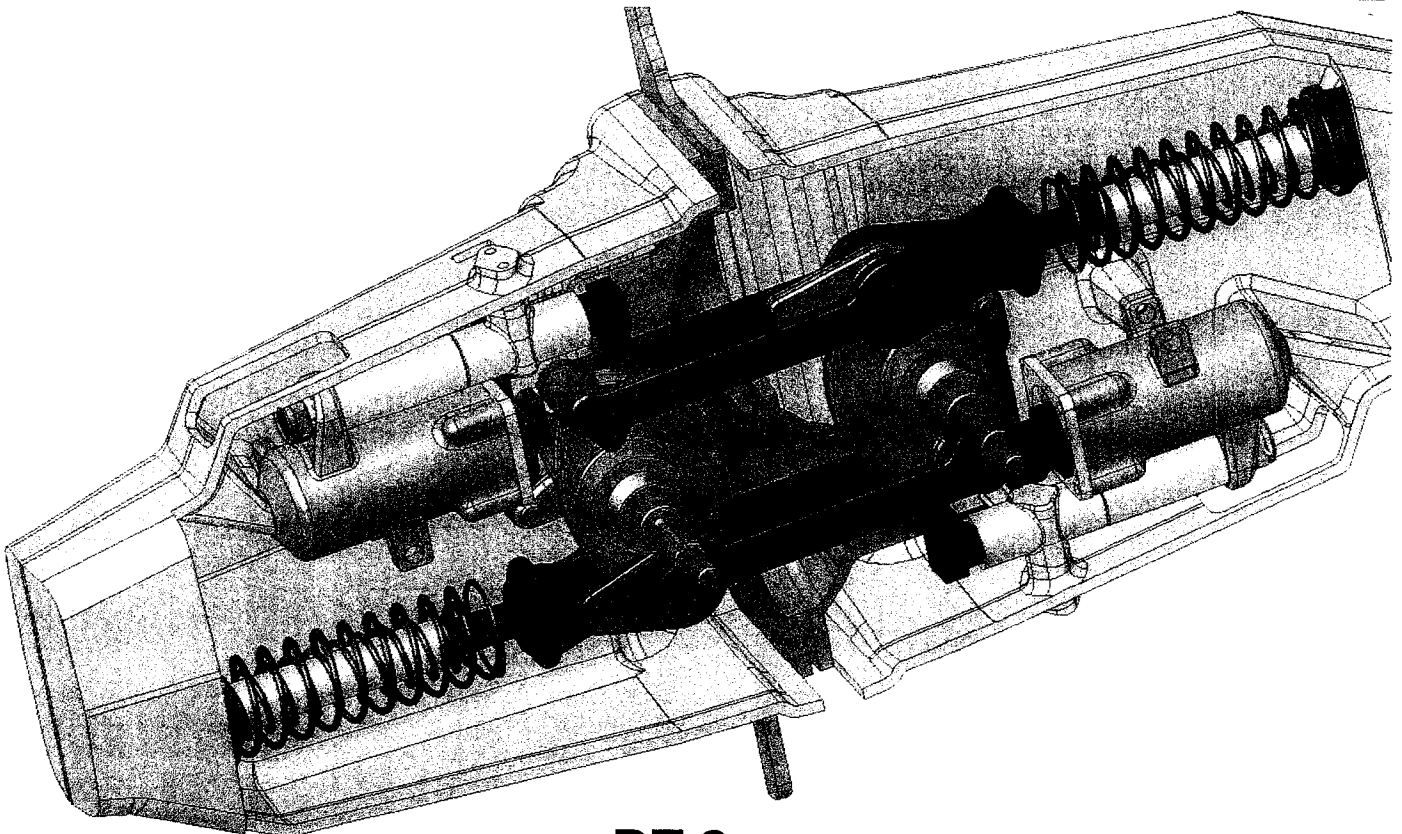
L'étude qui suit est limitée à l'accouplement mécanique des deux têtes d'attelage par leurs coupleurs mécaniques. Le désaccouplement ne sera pas étudié.

PRÉSENTATION DE L'ATTELAGE AUTOMATIQUE TYPE 10L

Pièces principales du coupleur mécanique d'un demi-attelage



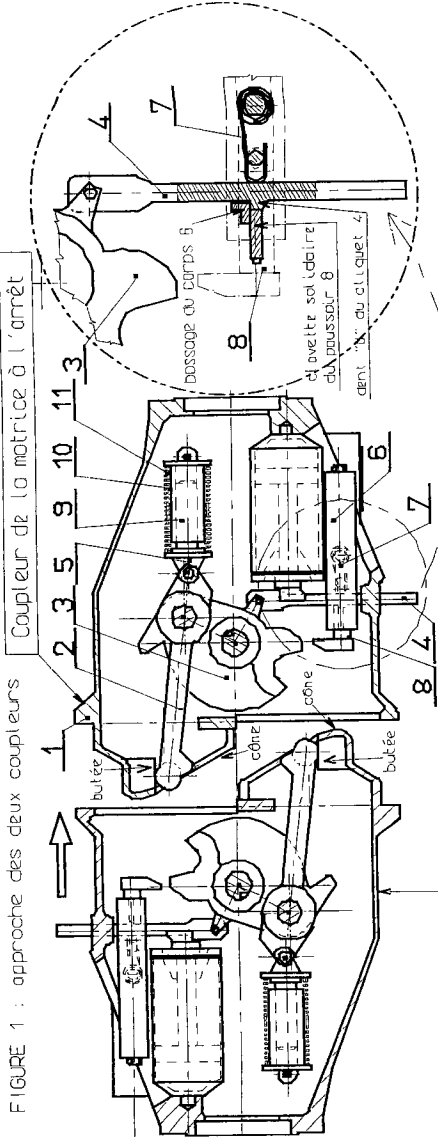
Position accouplée des coupleurs mécaniques des deux demi-attelages



DT 2

PRINCIPE DE L'ACCOUPLEMENT MÉCANIQUE DES DEUX DEMI-ATTELAGES

FIGURE 1 : approche des deux coupleurs



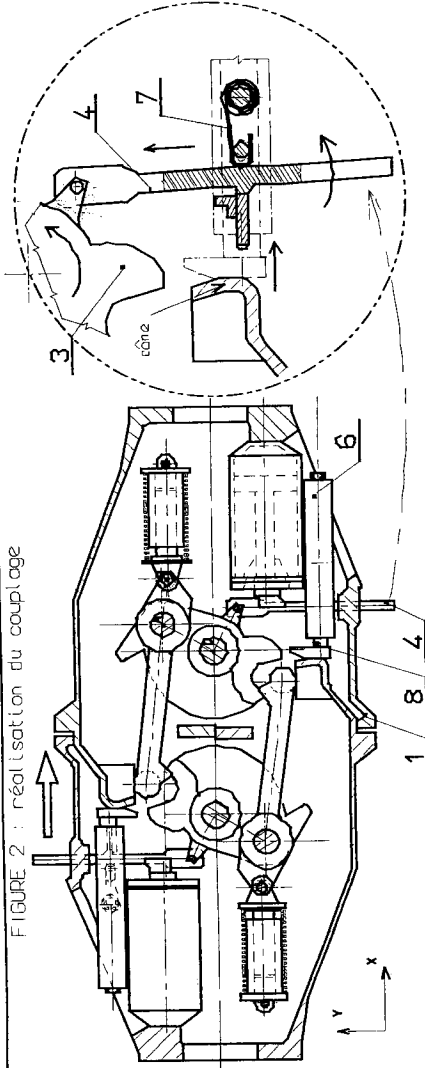
Phase 1 : approche des deux coupleurs

Voir figure1 ci-contre ainsi que les documents DT2, DT4 et DT5

Une motrice se déplace vers la seconde motrice qui est arrêtée.

La dent « d » du cliquet 4, en appui sur un bossage du corps 6, empêche la rotation du verrou 3 poussé par les ressorts de compression 10 et 11.

FIGURE 2 : réalisation du couplage



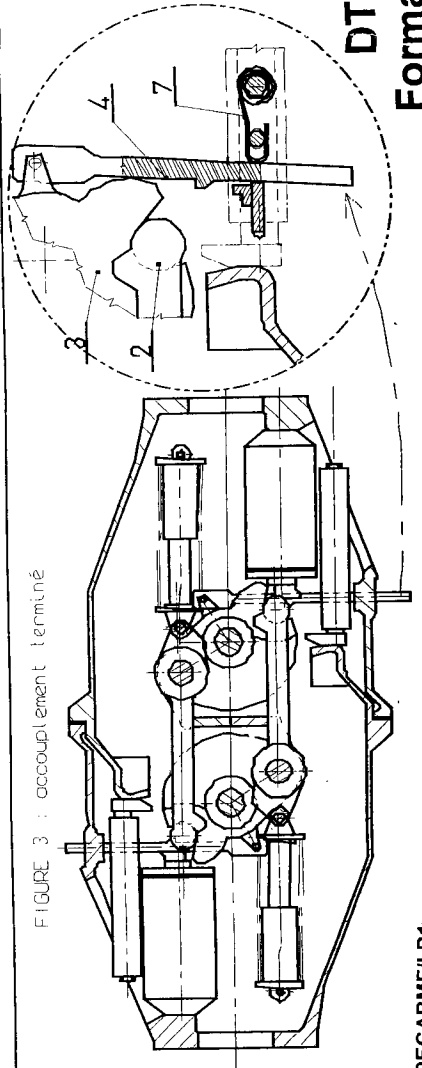
Phase 2 : réalisation du couplage

Voir figure2 ci-contre ainsi que les documents DT2, DT4 et DT5

Quand les deux coupleurs sont suffisamment rapprochés, le cône du corps 1 provoque le déplacement du poussoir 8.

La clavette solidaire du poussoir 8 pousse la dent du cliquet 4, qui est libéré. Le verrou 3 peut tourner.

FIGURE 3 : accouplement terminé



Phase 3 : accouplement terminé

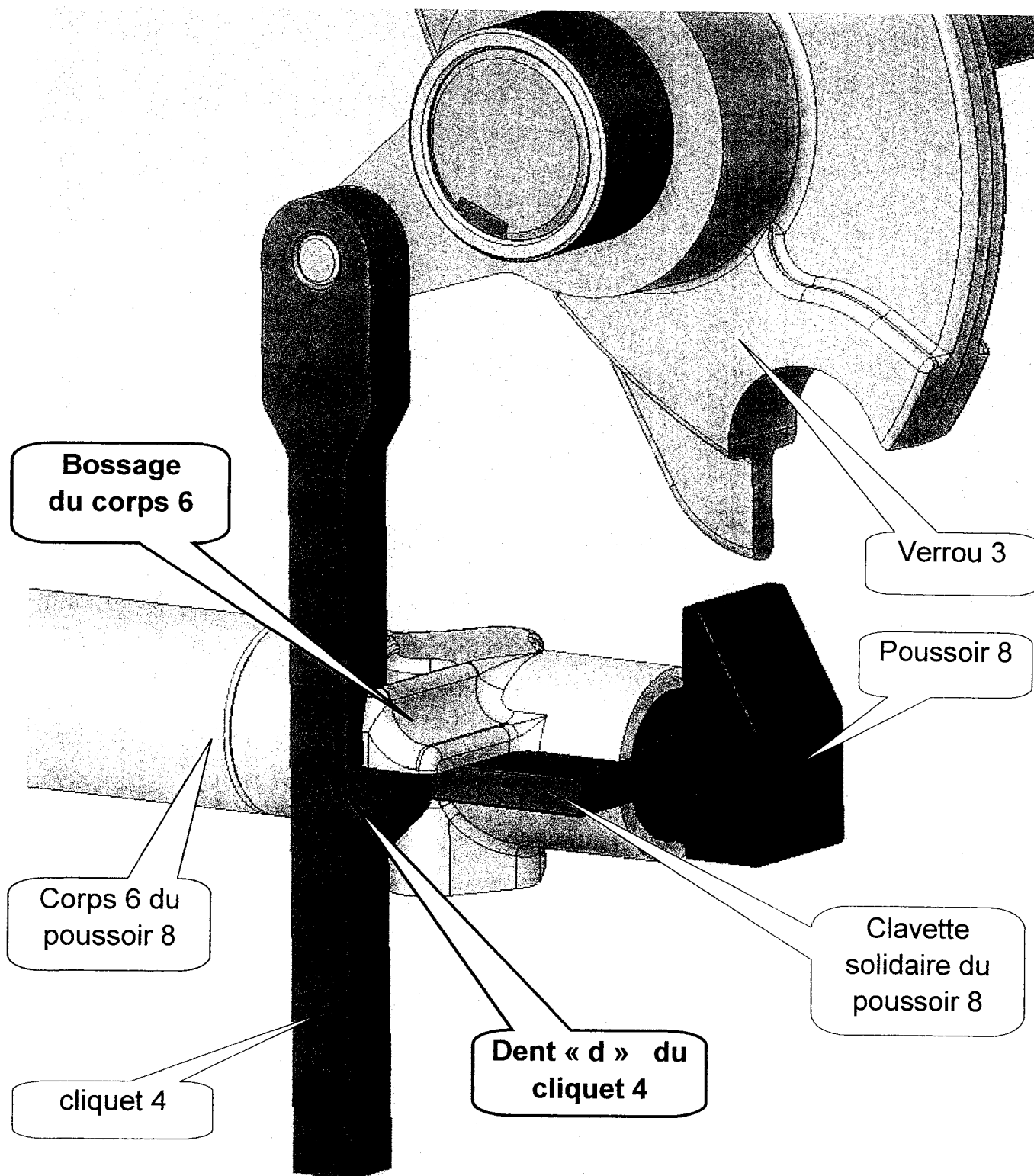
Voir figure3 ci-contre ainsi que les documents DT2, DT4 et DT5
La tête de chacune des manilles 2 bascule et s'accroche dans la gorge du verrou 3 du coupleur opposé. Les deux manilles 2 accrochées dans les deux verrous 3 réalisent ainsi l'accouplement.

Le désaccouplement est réalisé grâce aux cylindres 17 mis sous pression, cette phase ne sera pas étudiée.

DT 3

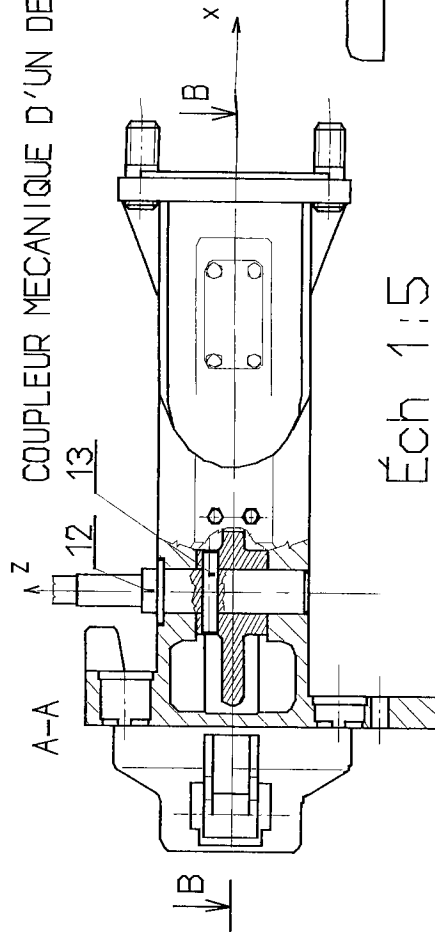
Format A3

**Détail montrant la dent du cliquet 4
en butée sur le bossage du corps 6
(attention : point de vue opposé par rapport aux autres documents)**



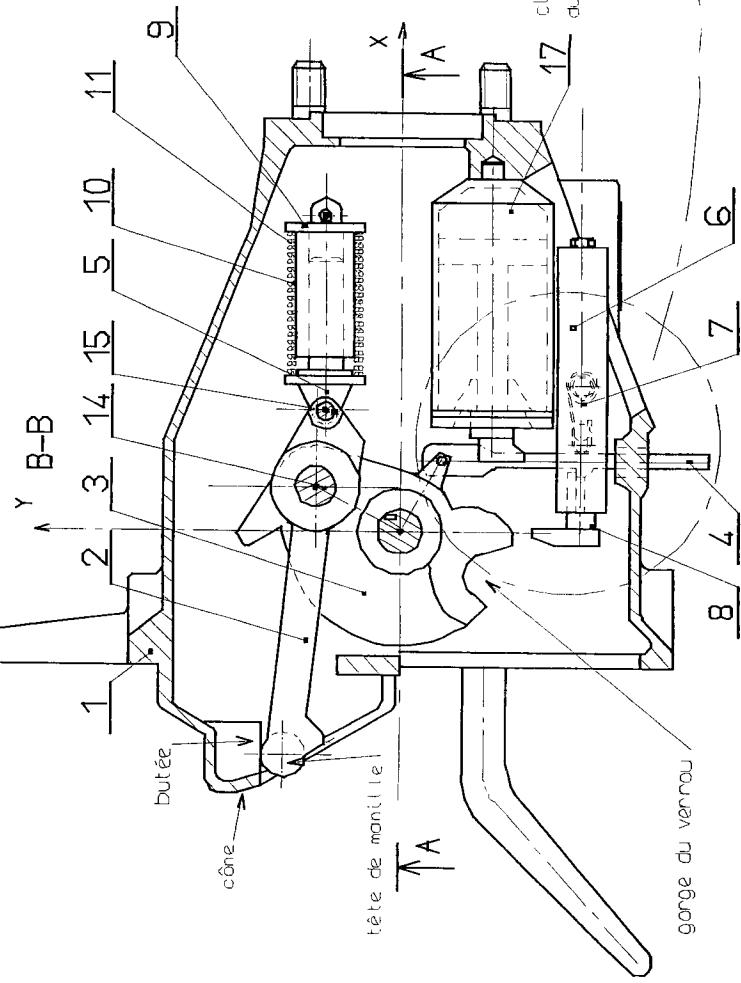
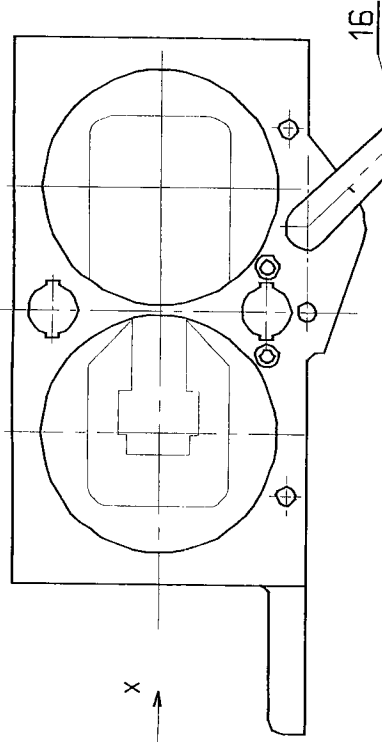
DT4

PRÉSENTATION DE L'ATTELAGE AUTOMATIQUE TYPE 10L

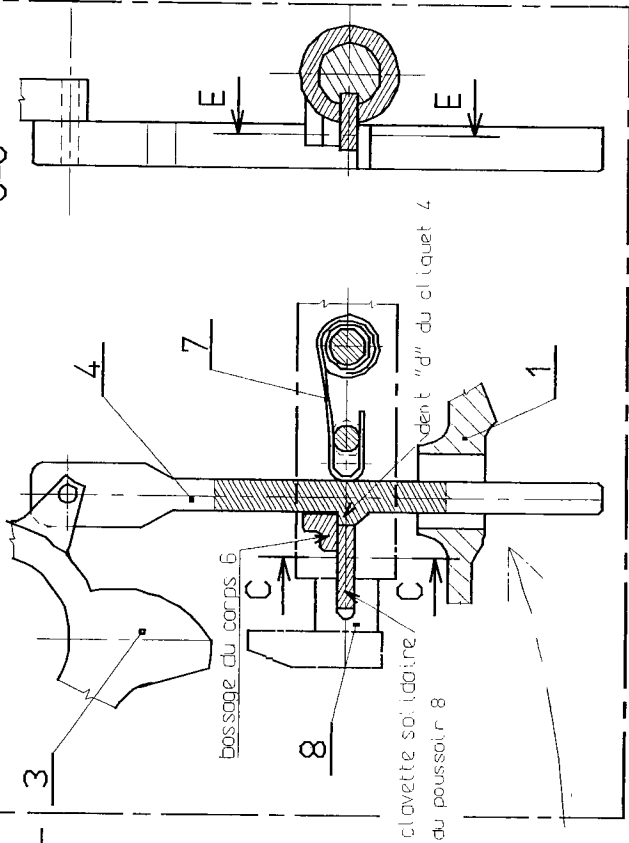


COUPLEUR MÉCANIQUE D'UN DEMI-ATTELAGE

Vue de 1 seul



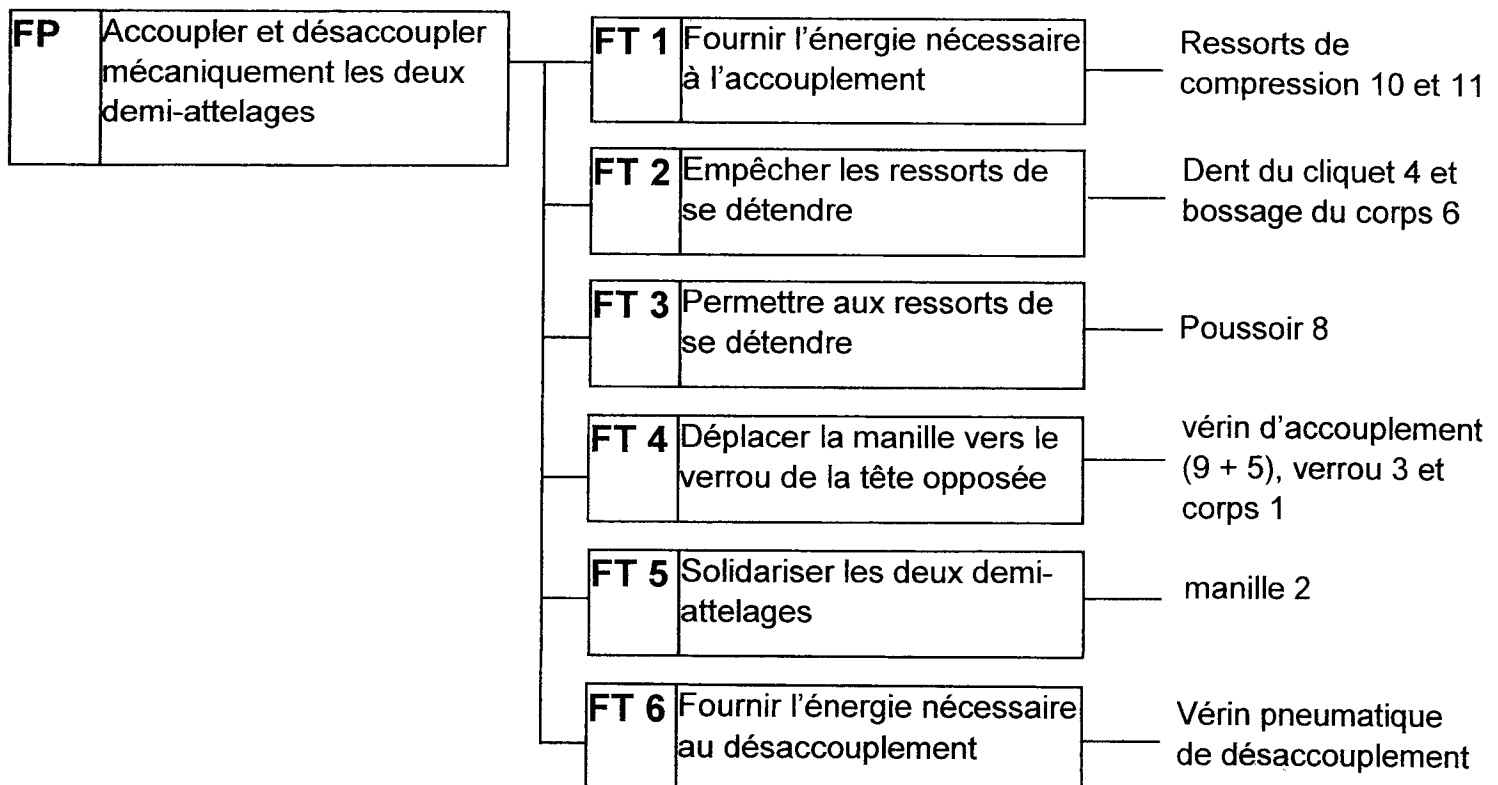
Détails en coupe E-E montrant la dent du cliquet 4 en butée sur le bossage du corps 6. Voir également le document DT4.



Nomenclature du coupleur mécanique représenté sur les documents DT2 à DT5

17	1	Cylindre de désaccouplement
16	1	Corne de guidage
15	1	Axe
14	1	Axe
13	1	Goupille
12	1	Arbre principal
11	1	Ressort de compression
10	1	Ressort de compression
9	1	Cylindre d'accouplement
8	1	Poussoir
7	1	Ressort de pression
6	1	Corps du poussoir
5	1	Piston d'accouplement
4	1	Cliquet
3	1	Verrou
2	1	Manille
1	1	Corps
Rep	Nbre	Désignation

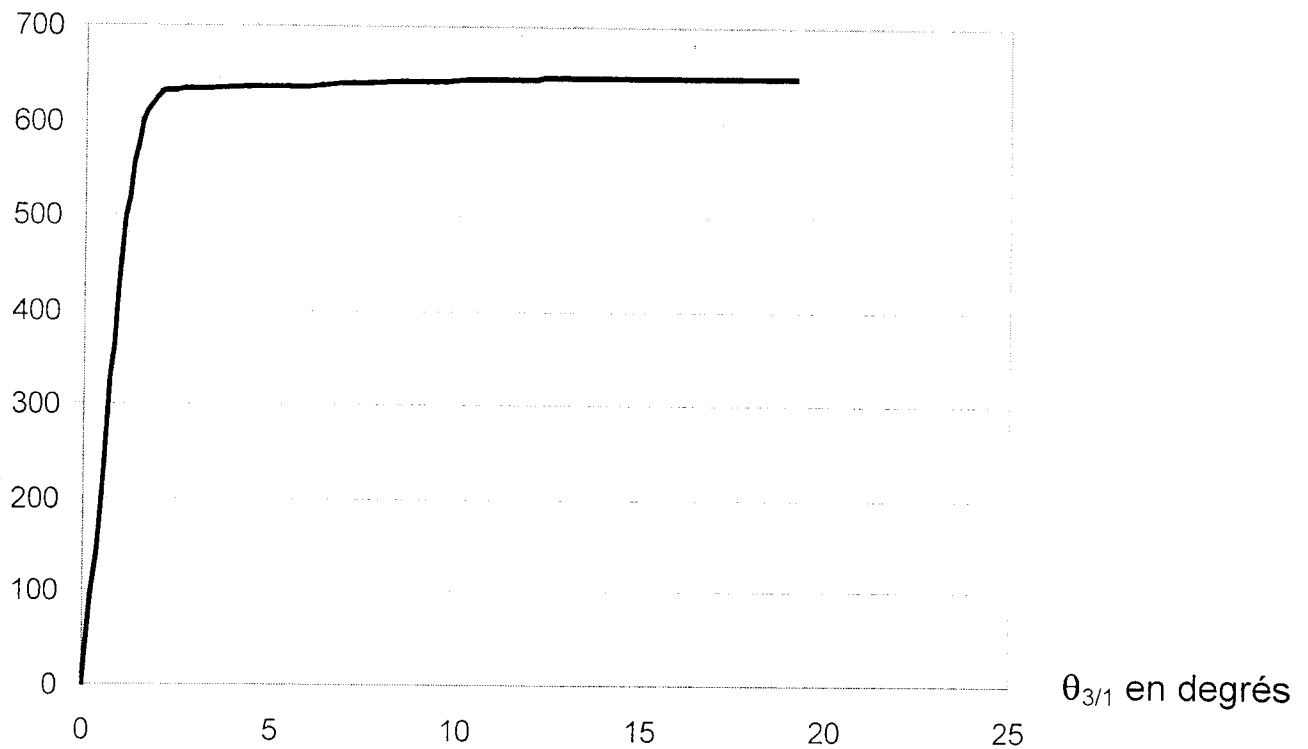
Diagramme FAST du coupleur mécanique



Variation des vitesses aux points E et B

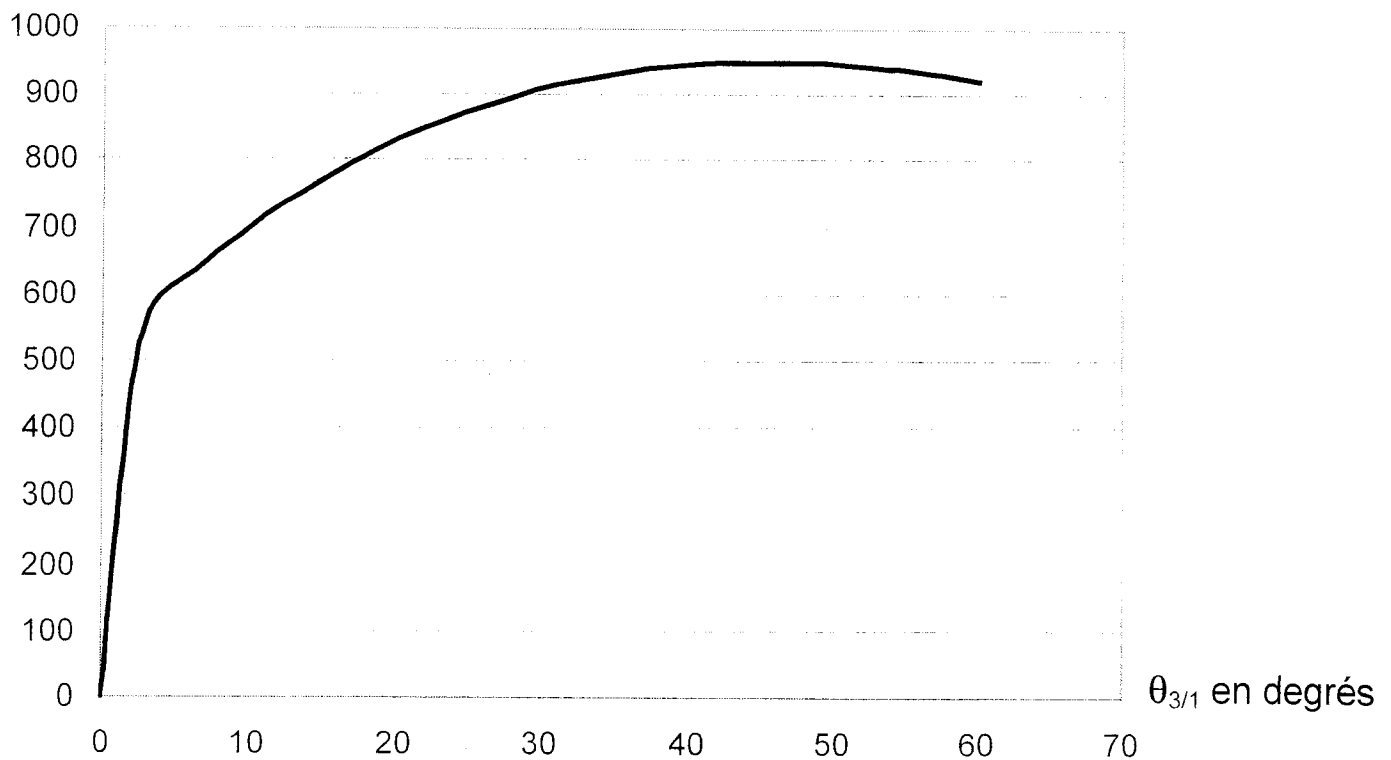
$\vec{V}_{E \in 2/1}$ en mm.s⁻¹

$$\vec{V}_{E \in 2/1} = f(\theta_{3/1})$$

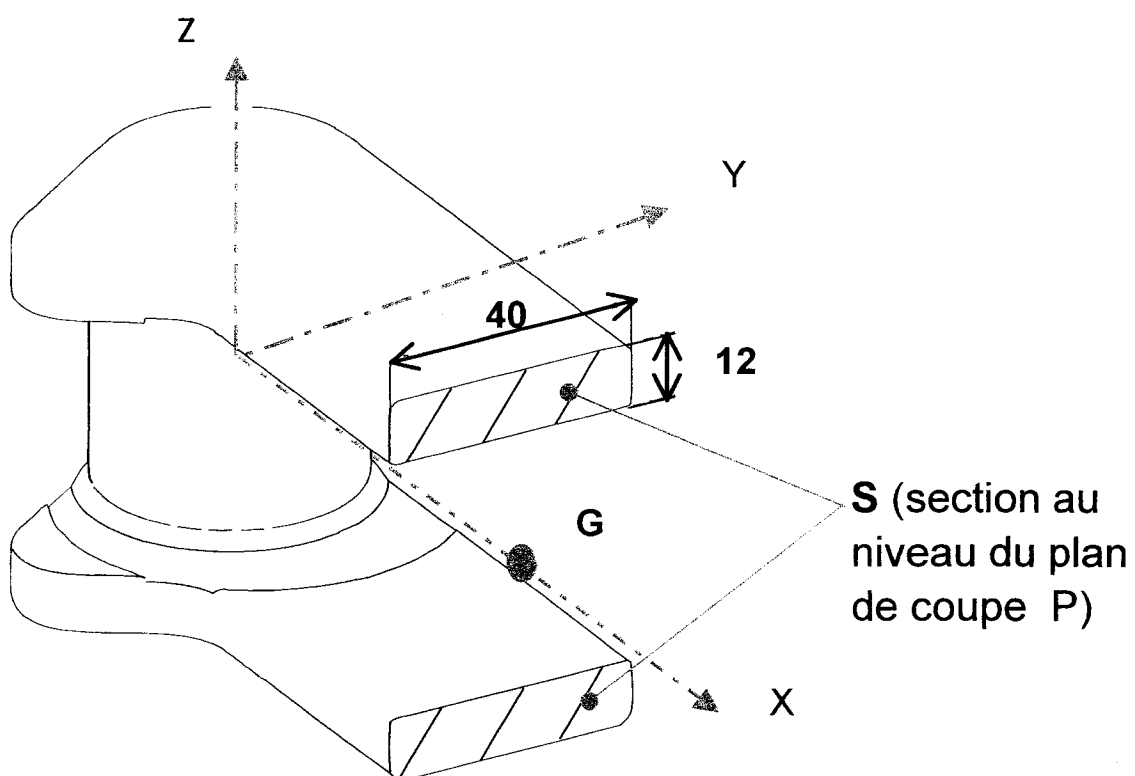
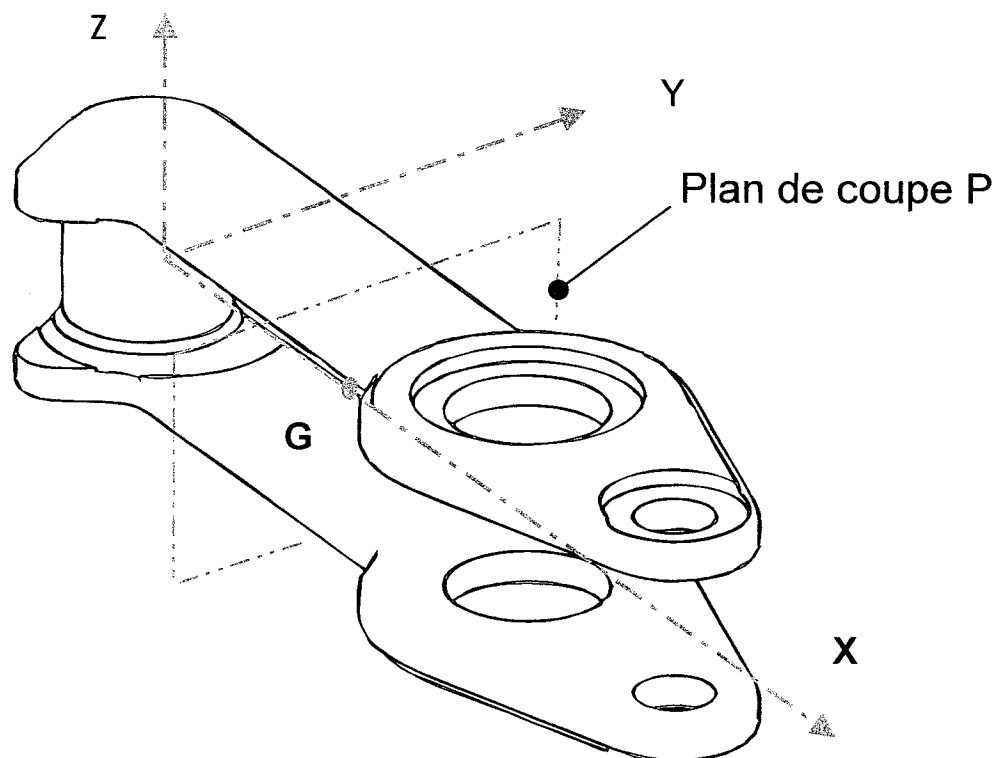


$\vec{V}_{B \in 5/9}$ en mm.s⁻¹

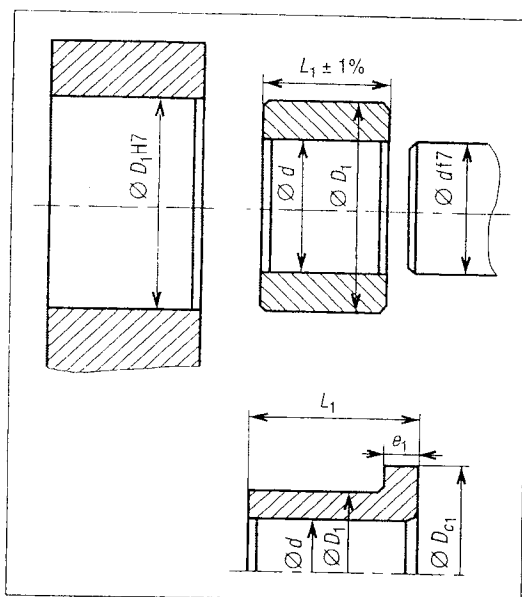
$$\vec{V}_{B \in 5/9} = f(\theta_{3/1})$$



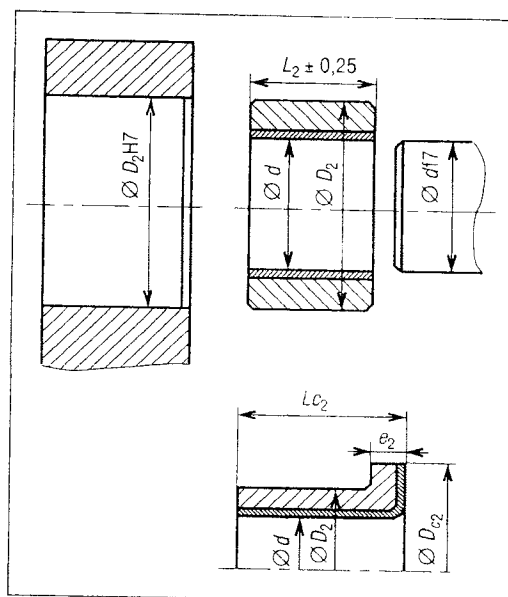
MANILLE repère 2



Coussinets



Coussinets autolubrifiants (Métafram...)



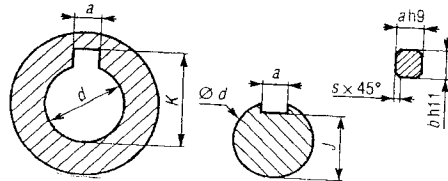
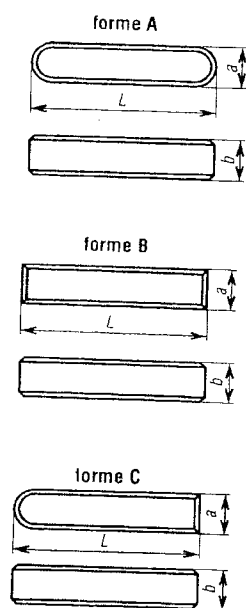
Coussinets glaciers (INA, SIC, SKF...)

Extraits de dimensions normalisées de quelques coussinets

diamètre alésage d (mm)	autolubrifiants (Métafram)				coussinets glaciers (INA, SKF...)				
	D_1 (mm)	L_1 (mm)	D_{c1} (mm)	e_1 (mm)	D_2 (mm)	L_2 (mm)	D_{c2} (mm)	e_2 (mm)	L_{c2} (mm)
3	6	4-6-10			4,5	3-4-5-6			
4	7	4-8-12			5,5	3-4-6-10			
	8	4-8-12	12	2					
5	8	4-5-8			7	5-8-10			
	9	5-8-10-12-16							
6	9	6-10-12-16			8	6-8-10	12	1	4-7-8
	10	6-10-(12)-16	14	2					
8	11	8-12-16-20			10	8-10-12	15	1	5,5-7,5-9,5
	12	8-12-16-(20)	16	2					
10	13	10-16-20-(25)	16	1,5	12	8-10-12-15-20	18	1	7-9-12-17
	14	10-16-20-25							
	15	10-16-20-(25)	20	2,5					
12	15	12-16-20-(25)	18	1,5	14	8-10-12-15-20	20	1	9-12-17
	16	12-16-20-25							
	17	12-16-20-25	22	1,5					
14	18	14-18-22-(28)	22	2	16	12-15-20	22	1	12-17
	19	14-18-22-28	26	3					
15	20	16-20-25-(32)	23	2	17	12-15-20-25	23	1	9-12-17
	20	16-20-25-32	27	3					
16	21	16-20-25-(32)	24	2	18	10-12-15-20-25	24	1	12-17
	22	16-20-25-32	28	3					
18	22	18-22-28-(36)	26	2	20	15-20-25	26	1	12-17-22
	24	18-22-28-(36)	30	3					
20	24	16-20-25-(32)	28	2	23	15-20-25-30	30	1,5	11,5-16,5-21,5
	25	16-20-25-32							
	26	16-20-25-32	32	3					
22	27	18-22-28-(36)	32	2,5	25	5-20-25-30			
	28	18-22-28-36							
	29	18-22-28-36	36	3,5					
25	30	20-25-32-(40)	35	2,5	28	15-20-25-30-50	35	1,5	11,5-16,5-21,5
	32	20-25-32-(40)	39	3,5					
28	33	22-28-36-(45)	38	2,5	32	20-30			
	36	22-28-36-(45)	44	4					
30	38	20-25-32-(38)	46	4	34	15-20-25-30-40	42	2	16-26
32	38	20-25-32-(40)	44	3	36	40			
	40	20-25-32-(40)	48	4					
35	44	22-28-36			39	20-30-40-50	47	2	16-26
36	42	22-28-36-(45)	48	3					
	45	22-28-36-(45)	54	4,5					
40	46	25-32-40-(50)	57	3	44	20-30-40-50	53	2	26
	50	25-32-40-(50)	60	5					
45	51	28-36-45-(56)	57	3	50	30-50			
	56	28-36-45-(56)	67	5					
50	56	32-40-50-(63)	62	3	55	20-30-40-60			
	60	32-40-50-(63)	72	5					

Extrait du guide des sciences et technologies industrielles

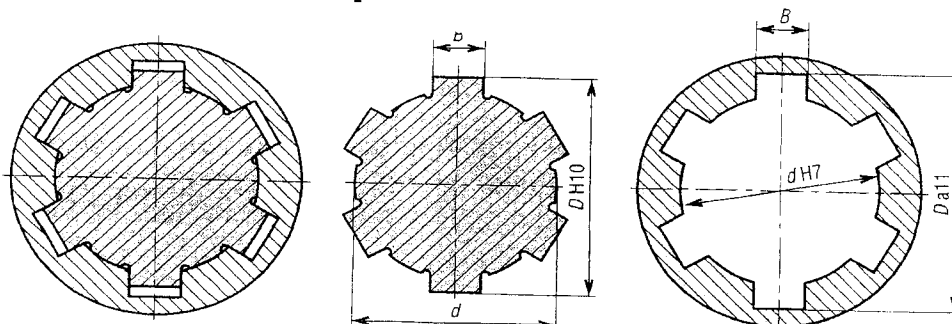
Clavettes parallèles



Clavettes parallèles : principales dimensions normalisées (NF E 22-177)

d	a	b	s	série normale			série mince		
				J	K	L	b*	J*	K*
6 à 8 inclus	2	2	0,08	d-1,2	d+1	6 à 20			
8 à 10	3	3	à	d-1,8	d+1,4	6 à 36			
10 à 12	4	4	0,16	d-2,5	d+1,8	8 à 45			
12 à 17	5	5	0,16	d-3	d+2,3	10 à 56	3	d-1,8	d+1,4
17 à 22	6	6	à	d-3,5	d+2,8	14 à 70	4	d-2,5	d+1,8
22 à 30	8	7	0,25	d-4	d+3,3	18 à 90	5	d-3	d+2,3
30 à 38	10	8	0,25	d-5	d+3,3	22 à 110	6	d-3,5	d+2,8
38 à 44	12	8	à	d-5	d+3,3	28 à 140	6	d-3,5	d+2,8
44 à 50	14	9	à	d-5,5	d+3,5	36 à 160	6	d-3,5	d+2,8
50 à 58	16	10		d-6	d+4,3	45 à 180	7	d-4	d+3,5
58 à 65	18	11	0,4	d-7	d+4,4	50 à 200	7	d-4	d+3,5
65 à 75	20	12	0,4	d-7,5	d+4,9	56 à 220	8	d-5	d+3,3
75 à 85	22	14	à	d-9	d+5,4	63 à 250	9	d-5,5	d+3,8
85 à 95	25	14	0,6	d-9	d+5,4	70 à 280	9	d-5,5	d+3,8
95 à 110	28	16		d-10	d+6,4	80 à 320	10	d-6	d+4,5

Cannelures à flancs parallèles



Cannelures à flancs parallèles : principales dimensions normalisées (NF E 22-131)

série légère								série forte							
d	D	N	B	d	D	N	B	d	D	N	B	d	D	N	B
23	26	6	6	56	62	8	10	11	14	6	3	28	34	6	7
26	30	6	6	62	68	8	12	13	16	6	3,5	32	38	8	6
28	32	6	7	72	78	10	12	16	20	6	4	36	42	8	7
32	36	8	6	82	88	10	12	18	22	6	5	42	48	8	8
36	40	8	7	92	98	10	14	21	25	6	5	46	54	8	9
42	46	8	8	102	108	10	16	23	28	6	6	52	60	8	10
46	50	8	9	112	120	10	18	26	32	6	6	56	65	8	10
52	58	8	10												
tolérances de l'arbre				d	D	B		tolérances du moyeu				d	D	B	
	glissant			f7	a11	d10			non traité			H7	H10	H9	
tolérances de l'arbre				h7	a11	h10		tolérances du moyeu	traité			H7	H10	H9	

Pour les séries légères et moyennes, le centrage de l'arbre est réalisé sur le diamètre d, pour la série forte sur D.

Extrait du guide des sciences et technologies industrielles

DOSSIER TRAVAIL DEMANDÉ

Ce dossier comporte 6 feuilles numérotées de page 1 à page 6.

Il est conseillé de consacrer à chacune des parties, qui sont indépendantes, les durées suivantes.

Lecture du sujet et des documents techniques	30 min
1 ^{ère} partie : validation de la fonction technique « déplacer la manille vers le verrou du coupleur du demi-attelage opposé »	1h 30 min
2 ^{ème} partie : validation de la fonction technique « empêcher les ressorts de compression de se détendre »	1h 30 min
3 ^{ème} partie : validation de la fonction technique « solidariser les deux demi-attelages »	20 min
4 ^{ème} partie : analyse d'une solution constructive du coupleur mécanique	1h
5 ^{ème} partie : modification d'une solution constructive du coupleur mécanique	1h 10 min

1^{ère} partie : validation de la fonction technique « déplacer la manille vers le verrou du coupleur du demi-attelage opposé ».

Voir les documents DT1 à DT7 et les documents réponses DR1 et DR2.

Le déplacement de la manille 2 commence à la phase 2 de l'accouplement (voir DT3 fig. 2), lorsque le cliquet 4 est libéré. Les ressorts de compression 10 et 11, en se détendant suivant la droite d'action (BC), mettent en mouvement la manille 2 et le verrou 3 (voir DR1).

A) Description du mouvement de la manille 2 par rapport au corps 1

- 1^{ère} étape du mouvement : approche de la manille vers le verrou du coupleur du demi-attelage opposé, voir figure 2 du document DT3 et document DR1.

Le point A se trouve au dessus de la droite (BC). La position de la manille 2 est déterminée, à chaque instant, par les deux obligations suivantes :

- le contact entre 2 et 1 est maintenu au point E,
- la manille 2 glisse sur le corps 1 et $\overrightarrow{V_{E \in 2/1}}$ caractérise la vitesse de ce glissement.

- 2^{ème} étape du mouvement : basculement de la tête de manille vers la gorge du verrou du coupleur opposé, voir figure 3 du document DT3.

Le point A se trouve en-dessous de la droite (BC). Le contact en E entre 2 et 1 n'existe plus, la manille 2 bascule vers la gorge du verrou du coupleur opposé.

Pour les questions suivantes (1 à 4), les tracés seront réalisés sur le document DR1.

Question 1 - Définir les mouvements suivants :

- verrou 3 par rapport au corps 1, $M^{vt} 3/1$,
- manille 2 par rapport au verrou 3, $M^{vt} 2/3$,
- manille 2 par rapport au corps 1, $M^{vt} 2/1$.

L'accouplement sera totalement réalisé lorsque l'extrémité de chacune des manilles sera venue se loger dans la gorge du verrou opposé. Sur le document DR1, les pièces sont représentées dans la position qu'elles occupent au moment où le cliquet 4 vient d'être libéré (sauf le verrou du coupleur opposé, représenté en trait mixte en fin d'accouplement).

Question 2 - Définir, tracer et repérer la trajectoire du point A appartenant au verrou 3 dans son mouvement par rapport au corps 1, la nommer $[TA_{\in 3/1}]$.

Le verrou 3 tournant, l'orientation de l'axe BC du cylindre d'accouplement change, mais les distances DA et DB sont constantes au cours du mouvement (et les points D, A et B, qui appartiennent à la même pièce, demeurent alignés).

Question 3 - Construire avec précision les nouvelles positions A1 et B1 des points A et B quand le point D vient en D1. Les points A1, B1 et C occupent une position relative particulière, indiquer laquelle.

Question 4 - Construire avec précision les nouvelles positions A2 et B2 des points A et B quand le point D vient en D2. Préciser quel a été le sens de basculement (trigonométrique ou horaire) de la manille 2 par rapport au corps 1.

B) Objectif de l'étude : avant son basculement, la manille 2 glisse sur le corps 1. Le contact est direct, graissé, et dans ces conditions la vitesse maximale de glissement admise est de 1 m.s^{-1} . Il en est de même pour le glissement du piston 5 dans le cylindre 9. L'étude qui suit propose de vérifier la conformité du mécanisme à cette obligation.

Dans une première approche, l'étude est menée pour une position donnée du mécanisme, les tracés seront réalisés sur le document réponse DR2. Les justifications seront rédigées sur feuille de copie.

Hypothèse : pendant le glissement de la manille, on admet que la vitesse angulaire $\omega_{3/1}$ du verrou 3 est constante.

Donnée : avant le basculement de la manille, on constate que le verrou 3 tourne d'un angle $\theta_{3/1}$ de 20° en 0,05 seconde.

Question 5 - Calculer la vitesse de rotation angulaire moyenne $\omega_{3/1}$ et la norme du vecteur vitesse $\overrightarrow{VA_{\epsilon_{3/1}}}$ sachant que $OA = 85 \text{ mm}$.

Quel que soit le résultat obtenu à la question précédente, prendre $\|\overrightarrow{VA_{\epsilon_{3/1}}}\| = 0,6 \text{ m.s}^{-1}$.

Question 6 - Montrer que $\overrightarrow{VA_{\epsilon_{2/1}}} = \overrightarrow{VA_{\epsilon_{3/1}}}$

Pour les questions suivantes, les tracés seront réalisés sur le document réponse DR2, figure 1.

Question 7 - Déterminer graphiquement la position du centre instantané de rotation « $I_{2/1}$ » du mouvement de la manille 2 par rapport au corps 1. Justifier votre construction.

Question 8 - Tracer $\overrightarrow{VA_{\epsilon_{2/1}}}$ et déterminer graphiquement $\overrightarrow{VE_{\epsilon_{2/1}}}$ par la méthode de votre choix. Justifier les étapes de votre démarche.

Question 9 - Déterminer graphiquement $\overrightarrow{VB_{\epsilon_{2/1}}}$. Justifier les étapes de votre démarche.

Pour les questions suivantes, les tracés seront réalisés sur le document réponse DR2, figure 2. Quel que soit le résultat obtenu à la question précédente, prendre le support de $\overrightarrow{VB_{\epsilon_{2/1}}}$ indiqué sur la figure 2 et prendre $\|\overrightarrow{VB_{\epsilon_{2/1}}}\| = 0,65 \text{ m.s}^{-1}$.

Question 10 - Définir les mouvements suivants :

- manille 2 par rapport au piston 5, $M^{vt} 2/5$,
- piston 5 par rapport au cylindre 9, $M^{vt} 5/9$,
- cylindre 9 par rapport au corps 1, $M^{vt} 9/1$.

Question 11 - Justifier que $\overrightarrow{VB_{\epsilon_{2/5}}} = \vec{0}$.

Question 12 - Justifier et tracer le support de $\overrightarrow{VB_{\epsilon_{5/9}}}$ et le support de $\overrightarrow{VB_{\epsilon_{9/1}}}$.

Question 13 - Écrire la relation de composition des vecteurs vitesses au point B.

Question 14 - Traduire graphiquement cette relation et en déduire la vitesse de glissement du piston 5 dans le cylindre 9 : $\overrightarrow{VB_{\epsilon 5/9}}$.

Question 15 - À l'aide des résultats obtenus aux questions 8 et 14, conclure quant au respect du cahier des charges relatif aux vitesses de glissement entre 2 et 1 et entre 5 et 9, dans la position particulière de la figure.

Question 16 - Une étude plus complète à l'aide d'un logiciel de simulation a permis d'obtenir les courbes de variation de la norme des vecteurs vitesses $\overrightarrow{VE_{\epsilon 2/1}}$ et $\overrightarrow{VB_{\epsilon 5/9}}$ en fonction de l'angle $\theta_{3/1}$ du verrou 3, voir document DT7.
Relever la valeur maximale de la norme des deux vecteurs vitesses.
Les vitesses de glissement entre 2 et 1 d'une part et entre 5 et 9 d'autre part, tout au long du mouvement de guidage de la manille, sont-elles conformes aux exigences du cahier des charges ? Justifier votre réponse.

2^{ème} partie : validation de la fonction technique « empêcher les ressorts de compression de se détendre »

Voir les documents DT2 à DT7 et les documents réponses DR3 et DR4.

Dans cette partie, on étudie le mécanisme dans la phase d'approche des deux coupleurs (voir figure 1 du document DT3). Le verrou 3 et la manille 2 sont immobiles par rapport au corps 1, le cliquet 4 n'est pas libéré.

Pour empêcher les ressorts de compression 10 et 11 de se détendre, la dent du cliquet 4, repérée « d » sur les documents DT4 et DT5, est soumise à un effort de contact important.

Objectif de l'étude : la surface de contact entre la dent « d » du cliquet 4 et le bossage du corps 6 est restreinte et soumise à une pression importante. La pression superficielle de contact maximale admise, dans ces conditions, est de 50 MPa. On se propose de comparer la pression effective à cette pression admissible afin de valider ou non la dimension de la surface de contact.

Pour obtenir le résultat recherché, il est nécessaire d'étudier successivement :

- l'équilibre du cylindre d'accouplement {5, 9, 10, 11},
- l'équilibre de la manille 2,
- l'équilibre du verrou 3,
- l'équilibre du cliquet 4.

Hypothèses :

- le problème est considéré comme plan dans le plan (O, \vec{x}, \vec{y}) dans la position de la coupe B-B du document DT5,
- les liaisons pivots de centres O, A, B, C et F sont considérées comme parfaites (voir DR3 et DR4),
- le centre F de la liaison pivot entre le cliquet 4 et le verrou 3 est ramené dans ce plan (O, \vec{x}, \vec{y}) ,
- la liaison au point E entre le corps 1 et la manille 2 est considérée comme parfaite,

- la liaison au point H entre la dent du cliquet 4 et le corps 6 est assimilée à une ponctuelle de normale (H, \vec{y}) , il n'existe pas d'autre liaison entre 4 et 6 et l'action du ressort de pression 7 est négligée,
- en H, il y a un phénomène d'adhérence de coefficient $\mu = 0,2$,
- les poids des différentes pièces sont négligés devant les autres actions mécaniques,
- l'action des ressorts 10 et 11 sur le piston 5 donne une action mécanique de 5 sur la manille 2 telle que $\|\vec{B}_{5/2}\| = 2500 \text{ N}$.

Les tracés seront effectués sur les documents DR3 et DR4. Les bilans, les justifications et les calculs seront rédigés sur feuille de copie.

- Question 17** - Étudier l'équilibre du cylindre d'accouplement {5, 9, 10, 11} et justifier que le support des actions mécaniques extérieures appliquées est la droite passant par les points B et C. Préciser le sens de chacune de ces actions. Représenter et désigner ces actions en indiquant la valeur de leur norme sur le document DR3 (figure 1).
- Question 18** - Étudier l'équilibre de la manille 2 en faisant le bilan des actions mécaniques. Tracer les directions des actions mécaniques sur le document DR3 (figure 2). Déterminer analytiquement ces actions mécaniques.
- Question 19** - Étudier l'équilibre du cliquet 4 et justifier que le support des actions mécaniques extérieures appliquées est la droite passant par les points H et F (voir DR4, figure 1).
- Question 20** - Tracer le cône d'adhérence au point H sur la figure 1 du DR4. Vérifier et justifier que le support de $\vec{H}_{6/4}$ est compatible avec l'hypothèse d'adhérence au point H.
- Quel que soit le résultat trouvé à la question 2, prendre $\|\vec{A}_{2/3}\| = 2500 \text{ N}$. $\vec{A}_{2/3}$ est représentée sur le document DR4.*
- Question 21** - Étudier l'équilibre du verrou 3 en faisant le bilan des actions et déterminer graphiquement, sur la figure 2 du document DR4, les actions mécaniques agissant sur le verrou 3.
- Question 22** - Représenter sur la figure 1 du document DR4, en les désignant, les actions mécaniques extérieures agissant sur le cliquet 4 et indiquer la valeur de leurs normes.
- Question 23** - En réalité le contact en H n'est pas ponctuel mais surfacique. Sachant que l'aire de la surface de contact entre la dent du cliquet 4 et le bossage du corps 6 est de 75 mm^2 , calculer la pression de contact supposée uniforme.
- Question 24** - La pression superficielle admissible étant de 50 MPa , conclure quant à la validité de la dimension de la surface de contact. Justifier votre réponse.

3^{ème} partie : validation de la fonction technique « solidariser les deux demi-attelages »

Extrait du cahier des charges : quand l'accouplement mécanique est réalisé, tout effort de traction qui s'exerce entre les deux rames est transmis par les deux manilles. Dans le cas le plus défavorable (motricité de la deuxième rame défaillante) la valeur maximale de l'effort de traction F est de 250 000 N. En conception de produits ferroviaires, le coefficient de sécurité minimal imposé est $s = 3$.

Objectif de l'étude : vérifier la conformité des manilles au cahier des charges. Chaque manille est en acier forgé de limite élastique $R_e = 460$ MPa. Le document technique DT8 montre la forme d'une manille ainsi que la section droite la plus mince sollicitée à la traction.

Question 25 - Calculer l'effort de traction maximal N qui s'exerce à part égale sur chaque manille. Pour la section droite S , calculer la contrainte maximale σ correspondante.
En déduire la valeur du coefficient de sécurité réel, noté « s' ».

Question 26 - À l'aide du résultat obtenu, conclure quant au respect du cahier des charges.

4^{ème} partie : analyse d'une solution constructive du coupleur mécanique.

Voir le document technique DT5 et les documents réponses DR5 et DR6.

Objectif de l'étude : préciser certaines dispositions constructives.

Question 27 - Décrire les solutions technologiques adoptées pour réaliser :

- la liaison complète entre le verrou 3 et l'arbre 12,
- la liaison pivot entre l'ensemble { verrou 3, arbre 12 } et le corps 1.

Sur le dessin d'ensemble du document DR5, repasser en couleur les surfaces fonctionnelles relatives à ces liaisons :

- verrou 3 / arbre 12 , en rouge,
- { verrou 3, arbre 12 } / corps 1, en vert.

Question 28 - Choisir le matériau et le procédé d'obtention pour les pièces intervenant dans ces liaisons : le corps 1, le verrou 3 et l'arbre 12.

Remarques.

Pour la famille de matériaux, choisir parmi les propositions suivantes : acier, alliage d'aluminium, alliage de cuivre ou plastique.

Pour le procédé d'obtention, choisir parmi les propositions suivantes : moulage en sable, moulage métallique, emboutissage, forgeage, usinage, estampage.

Il se peut que plusieurs procédés d'obtention soient nécessaires pour une même pièce.

Question 29 - L'épaulement de l'arbre 12 transmet par contact au corps 1 les efforts verticaux dus aux poids des pièces liées à l'arbre 12. Pour assurer ce contact, les deux jeux fonctionnels \vec{a} et \vec{b} sont nécessaires (voir le document réponse DR5).

Sur le document DR5, établir les chaînes de cotes qui installent les jeux \vec{a} et \vec{b} . Donner l'expression vectorielle de \vec{a} et \vec{b} . Préciser l'expression des valeurs algébriques des jeux a et b . Compléter le dessin de définition du verrou 3 en indiquant les cotes fonctionnelles relatives aux jeux \vec{a} et \vec{b} .

Remarque : on suppose que les axes de la goupille 13 et des perçages dans les pièces 3 et 12 sont confondus.

Question 30 - Proposer un ordre de montage des pièces qui interviennent dans cet assemblage en complétant le tableau du document réponse DR6.

Pour chaque étape de l'assemblage, préciser les pièces et les surfaces concernées et utiliser les contraintes « coaxiale », « coïncidente » ou « tangente ».

- coaxiale : positionne deux surfaces cylindriques de manière à ce qu'elles partagent le même axe.
- coïncidente : positionne deux surfaces planes de manière à ce qu'elles soient coplanaires.
- tangente : positionne deux surfaces de manière à ce qu'elles soient tangentes.

5^{ème} partie : modification d'une solution constructive du coupleur mécanique.

Voir les documents techniques DT5, DT 9, DT10 et le document réponse DR7.

Objectif de l'étude : proposer une amélioration constructive.

L'ensemble {verrou 3, arbre 12, goupille 13} est en liaison pivot avec le corps 1.

L'arbre 12 du coupleur mécanique assure deux fonctions :

- guider en rotation le verrou 3 par rapport au corps 1,
- mettre en mouvement le coupleur électrique (non représenté) situé au dessus de l'arbre 12.

Le service de maintenance a constaté deux problèmes sur le coupleur mécanique :

- une usure prématurée de l'alésage de diamètre 40 mm du corps 1, qui entraîne un changement onéreux de cette pièce,
- la rupture fréquente, par fatigue, de la goupille 13 liant le verrou 3 à l'arbre 12, qui entraîne le dysfonctionnement du coupleur électrique.

Pour remédier à ces deux problèmes, il est envisagé la conception suivante :

- intercaler des coussinets cylindriques, entre l'arbre 12 et le corps 1 afin de diminuer le frottement,
- remplacer la goupille 13 par une solution technologique plus robuste et plus fiable.

Question 31 - Proposer, sur feuille de copie, des croquis commentés des solutions constructives à envisager pour assurer les fonctions suivantes à moindre coût:

- la liaison pivot entre l'arbre 12 et le corps 1,
- l'arrêt en rotation du verrou 3 par rapport à l'arbre 12,
- l'arrêt en translation du verrou 3.

Question 32 - Définir sur le document réponse DR7, à l'échelle 1:2, vos solutions constructives.

Indiquer les conditions fonctionnelles (jeux, ajustements « serrés » ou « glissants ») nécessaires au bon fonctionnement du mécanisme.

Ajouter une ou plusieurs vues supplémentaires, si nécessaire, pour définir vos solutions.

Préciser, toujours sur feuille de copie, les dimensions des éléments standards utilisés (voir documents DT9 et DT10).

DOSSIER DOCUMENTS RÉPONSES

Ce dossier comporte 7 documents numérotés de DR1 à DR7.

DR1 : étude du mouvement de la manille et du verrou

DR2 : recherche des vitesses de glissement

DR3 : étude de l'équilibre du cylindre
étude de l'équilibre de la manille

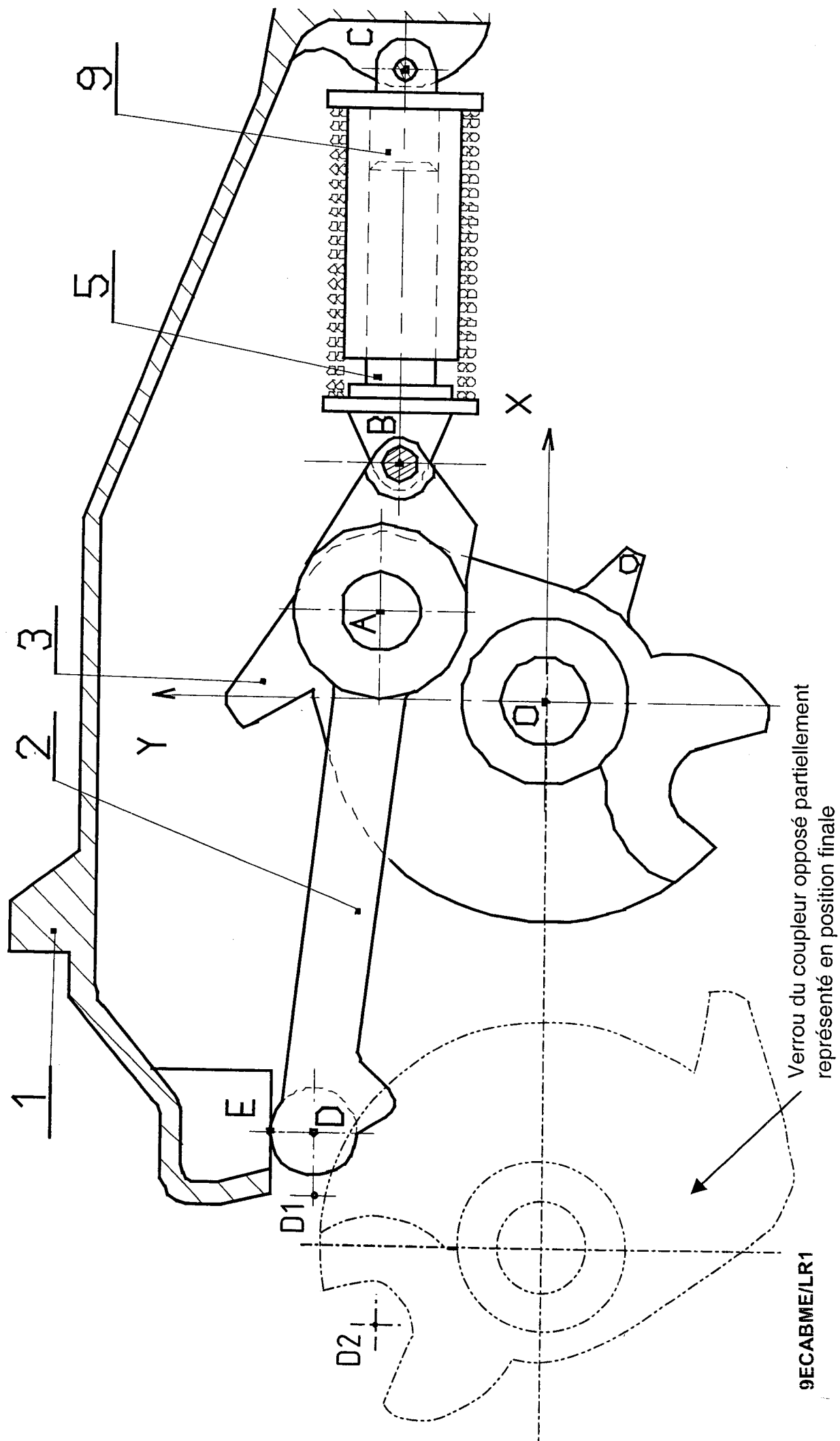
DR4 : étude de l'équilibre du cliquet
étude de l'équilibre du verrou

DR5 : tracé des chaînes fonctionnelles

DR6 : tableau d'assemblage du verrou avec le corps

DR7 : modification d'une solution constructive

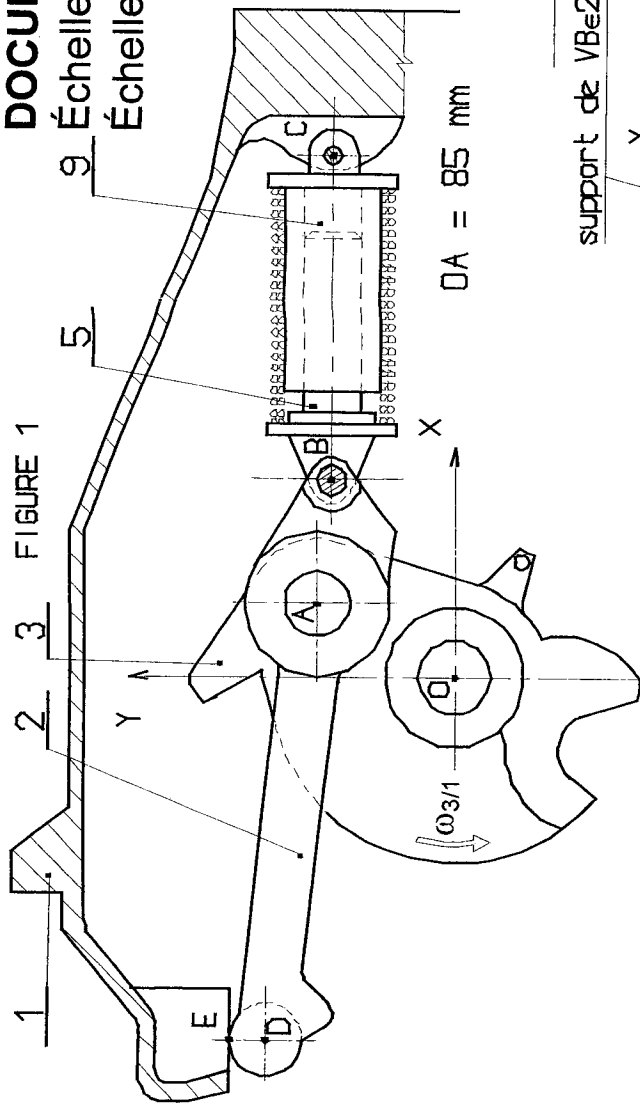
**Tous ces documents, même non remplis,
sont à joindre à la copie en fin d'épreuve.**



DOCUMENT RÉPONSE DR2

Échelle des distances 1: 3,3

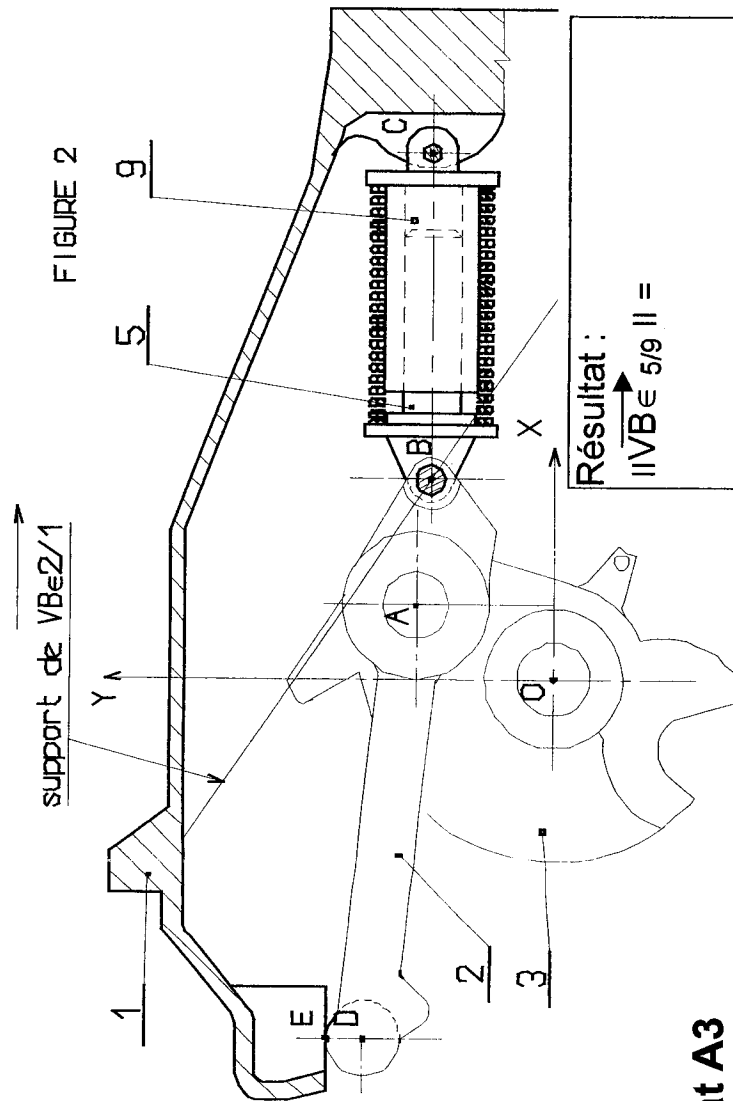
Échelle des vitesses : 1 cm pour $0,1 \text{ m.s}^{-1}$



Résultats :

$\vec{V_E} \in 2/1 \parallel =$

$\vec{V_B} \in 2/1 \parallel =$



Résultat :

$\vec{V_B} \in 5/9 \parallel =$

Format A3

DOCUMENT RÉPONSE DR3

Échelle des distances 1:4

Figure 1
Échelle des forces : 1 cm pour 1000 N

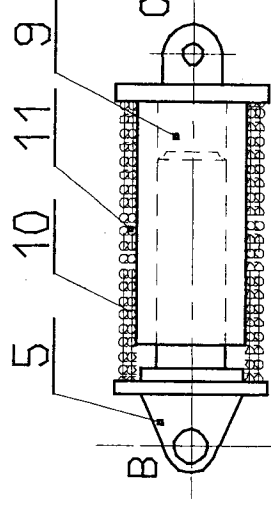
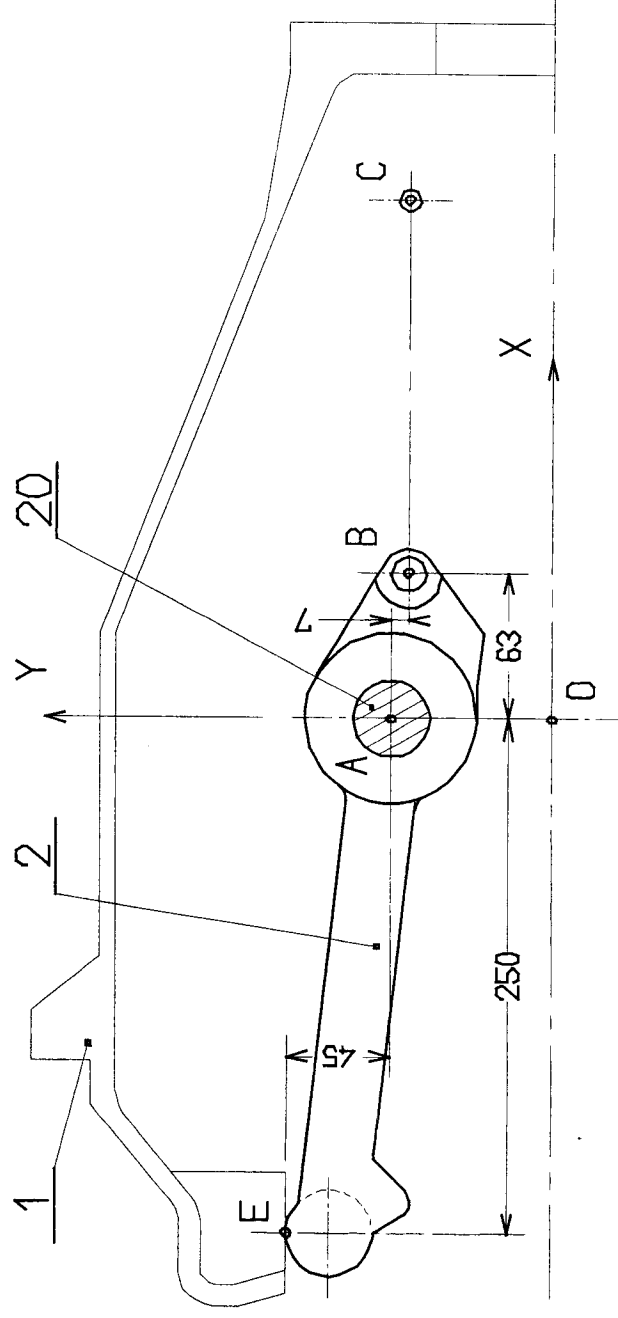


Figure 2



DOCUMENT RÉPONSE DR4

Échelle des distances 1 : 2,5

Échelle des forces : 1cm pour 250 N

Figure 2

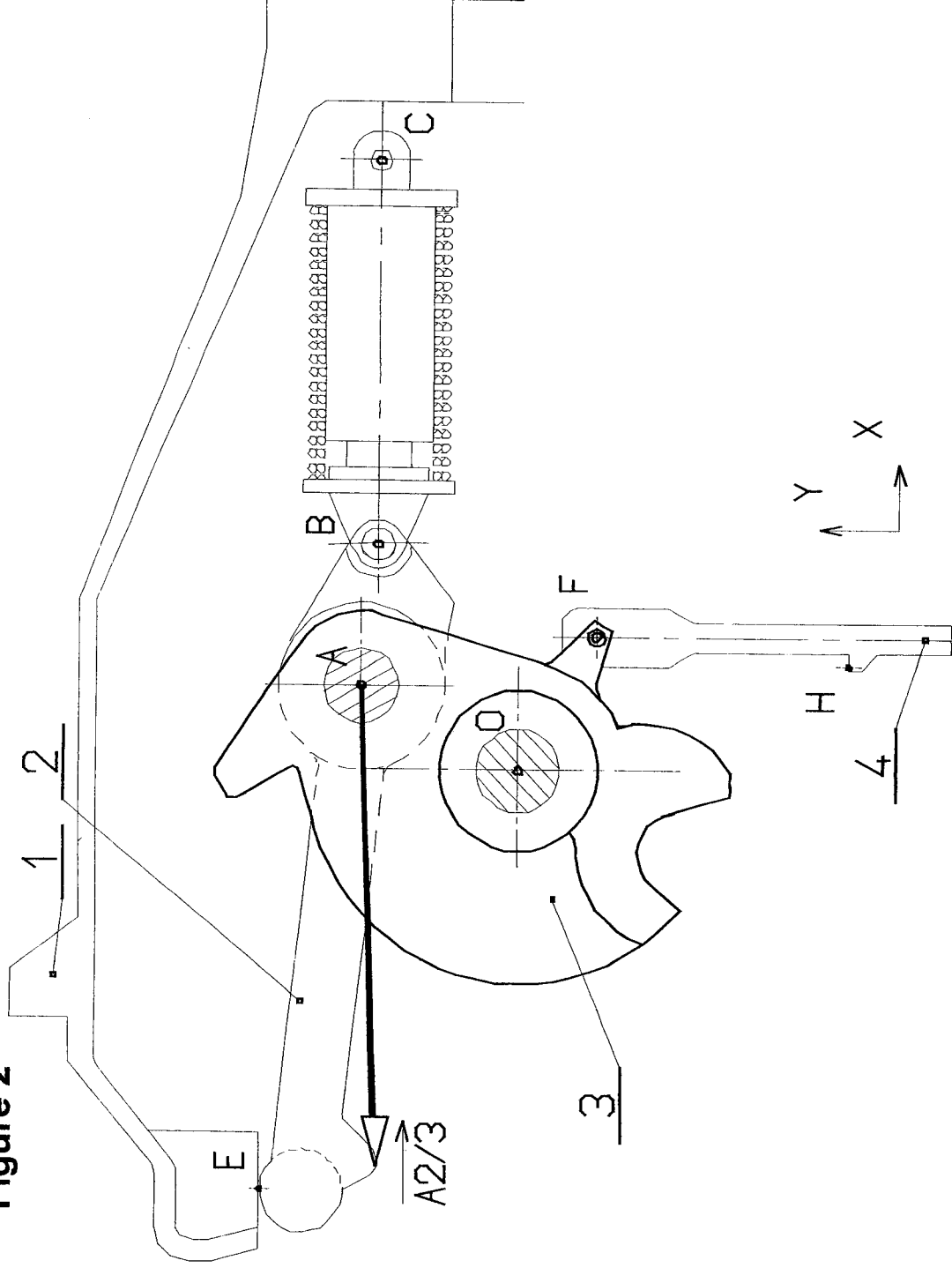
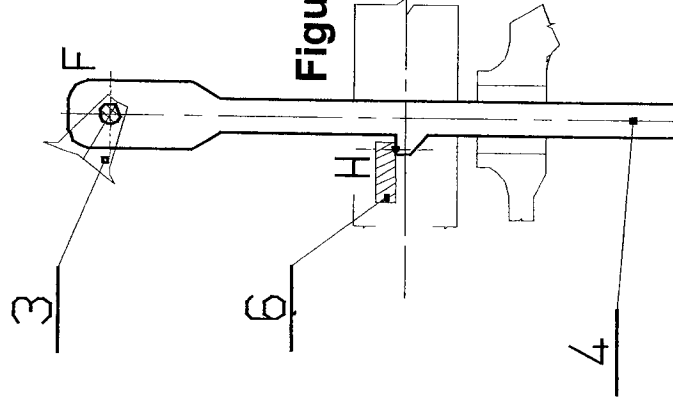
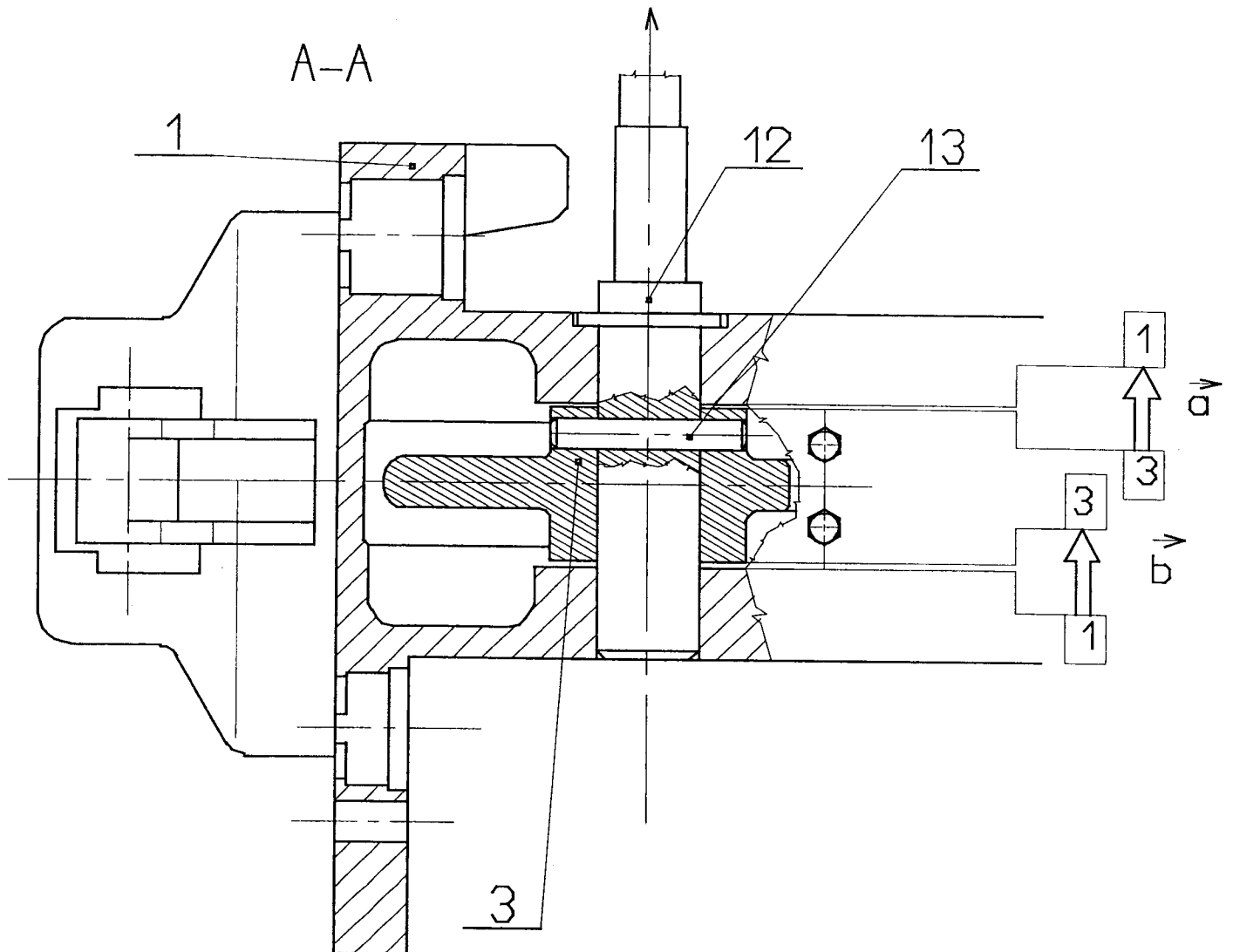


Figure 1

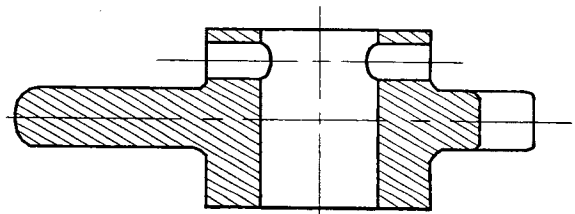


DOCUMENT RÉPONSE DR5



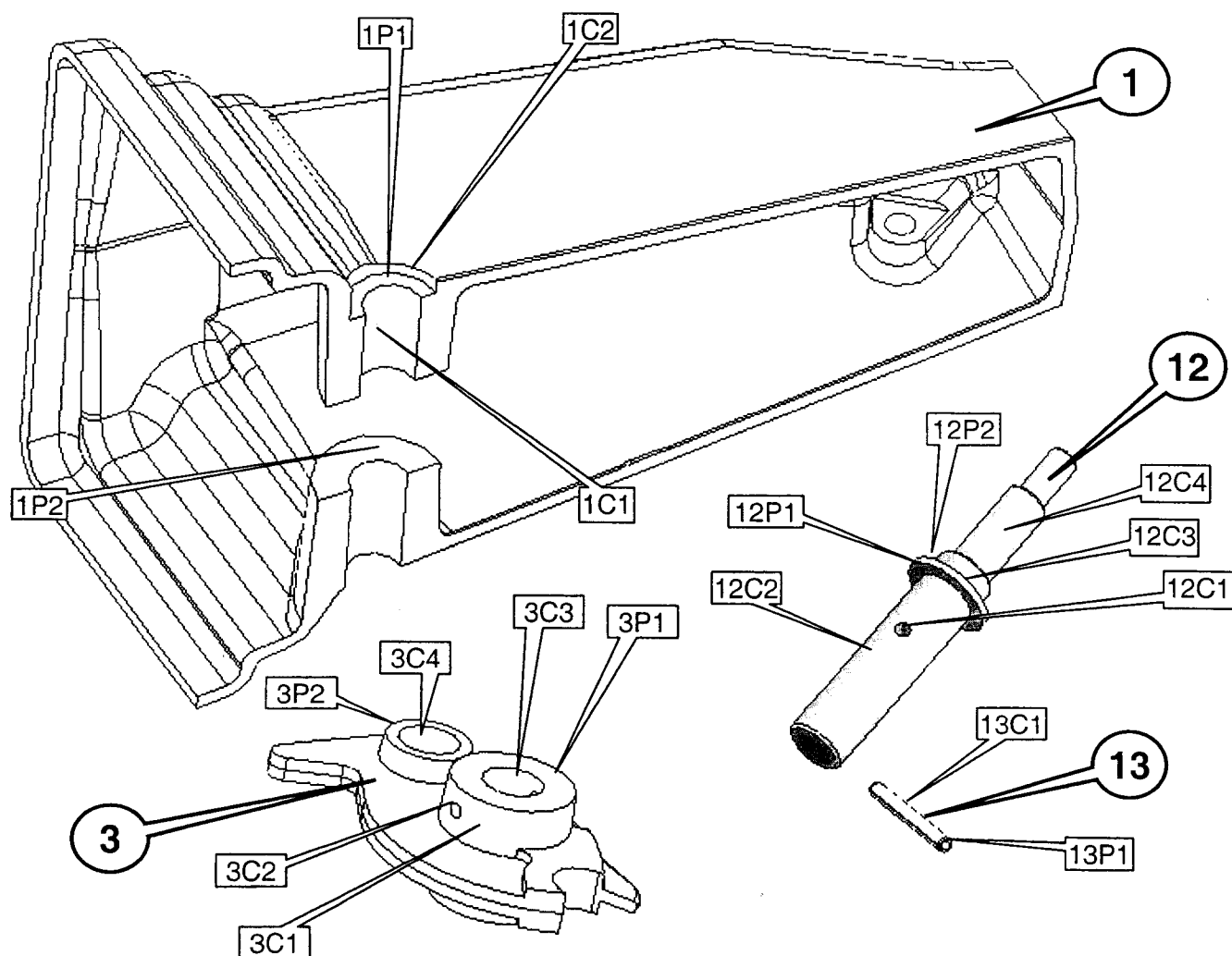
$\vec{a} =$
 $a =$
 $\vec{b} =$
 $b =$

9ECABME/LR1

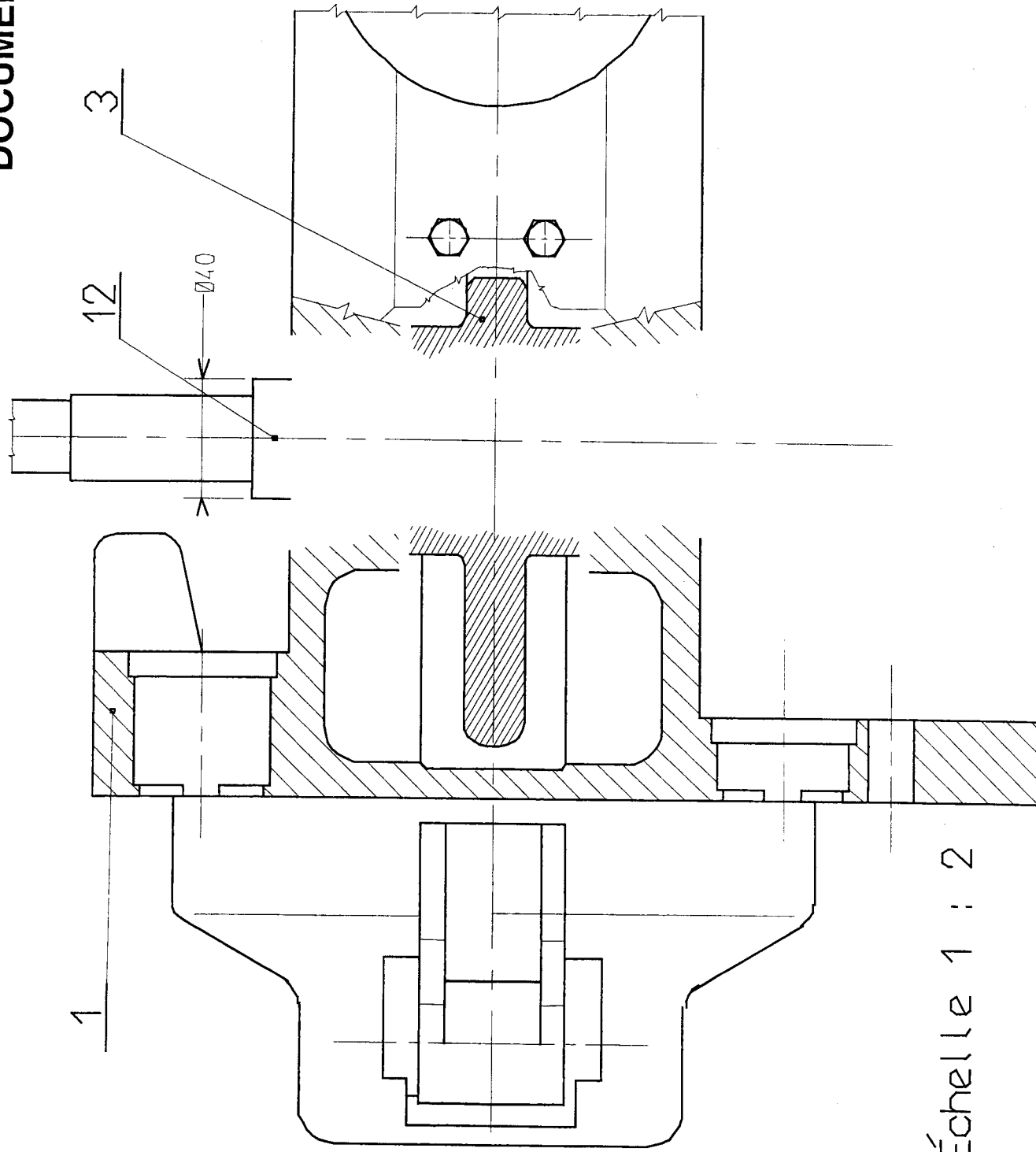


Cotes fonctionnelles relatives au verrou 3

DOCUMENT RÉPONSE DR6



N° d'ordre des opérations	Pièces assemblées	Pièce apportée	Surfaces concernées	contraintes
1	Corps 1	Verrou 3	1C1 et 3C3	Coaxialité
2	1+3			



Échelle 1 : 2