

Epreuve de Sciences Industrielles II

Durée : 6h00

Ce sujet est composé de :

- 20 pages de texte, regroupées en un cahier dont les pages sont numérotées de 1 à 16, et un feuillet double mobile dont les pages sont numérotées de 17 à 20 ;
- 14 pages d'annexes regroupées en un cahier : table des annexes (1 page) ; annexe 1 (5 pages), annexe 2 (1 page), annexe 3 (1 page), annexe 4 (2 pages), annexe 5 (1 page), annexe 6 (1 page) et annexe 7 (2 pages) ;
- 2 feuilles format A3 pliées, imprimées recto verso, respectivement intitulées « Notice justificative 1/2 » et « Notice justificative 2/2 », à rendre en fin d'épreuve ;
- 2 feuilles de papier calque format A3, pré imprimées, à rendre en fin d'épreuve.

TOUTE AUTRE DOCUMENTATION EST INTERDITE

Matériel autorisé :

- tous instruments usuels du dessinateur.

TOUTES LES CALCULATRICES SONT INTERDITES, QUEL QU'EN SOIT LE TYPE

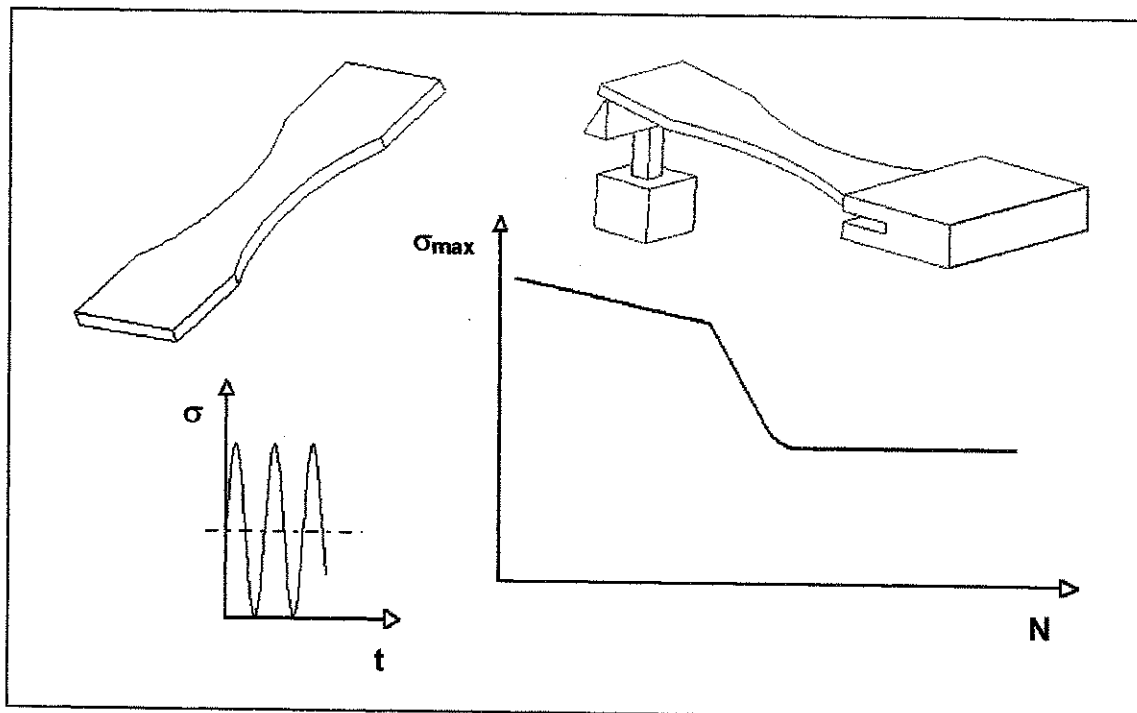


Figure 1 - Essais de fatigue.

ETUDE D'UNE MACHINE D'ESSAIS DE FATIGUE D'ALLIAGE DENTAIRE

A - Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF)

1 – Présentation du problème.

1.1 – Le produit et son marché.

Les personnes partiellement ou totalement dépourvues de dents souffrent d'importantes difficultés pour leur alimentation, en raison de la défaillance des fonctions de mastication et de déglutition. Il s'y ajoute une gêne pour la phonation et un préjudice esthétique. Le port de prothèses dentaires de reconstitution permet de résoudre ces divers problèmes.

Une prothèse est constituée d'un châssis métallique (ou plaque-base) sur lequel sont rapportées une fausse gencive et des dents artificielles en résine ou en céramique. La plaque-base prend appui sur les muqueuses et éventuellement partiellement sur les dents résiduelles.

Les matériaux dentaires utilisés pour la plaque-base doivent présenter :

- une résistance mécanique adaptée aux efforts mis en jeu au cours de son usage et à leur répétition (limite d'élasticité, limite de fatigue) ;
- une dureté suffisamment élevée pour limiter les phénomènes d'usure en service, mais inférieure à celle de l'émail des dents résiduelles contre lesquelles il peut y avoir contact, afin de ne pas le détériorer ;
- une résistance à la corrosion élevée face aux aliments divers et à la salive ;
- une absence d'agressivité envers les tissus et sécrétions diverses ;
- une absence totale d'odeur et de goût propres ;
- une *nettoyabilité* et une *stérilisabilité* parfaites, notamment liées à un état de surface aussi lisse que possible et à l'absence de porosités ;
- une aptitude à l'élaboration de formes complexes en une ou plusieurs parties assemblées, le cas échéant.

Si l'or fut un métal longtemps utilisé, il est maintenant largement remplacé par des alliages de la famille des « *stellites*® », moins chers et plus résistants, mais aussi plus difficiles à mettre en œuvre. Ce type d'alliage ne peut être utilisé que par moulage, la complexité des formes obligeant en général de surcroît à réaliser la plaque-base en plusieurs parties assemblées par soudage : brasage fort ou soudage au laser. Il est à remarquer que ces mêmes techniques d'assemblage peuvent également être utilisées pour la réparation de prothèses rompues accidentellement (choc, écrasement) ou par fatigue en service.

1.2 – Le contexte du projet.

Afin de pouvoir conseiller les dentistes et les prothésistes pour la conception et la réalisation des prothèses, les producteurs de *stellites*® souhaitent connaître de façon précise les divers aspects du comportement mécanique des alliages qu'ils commercialisent, en particulier leur tenue en fatigue, ainsi que le comportement des liaisons soudées réunissant deux parties réalisées dans la même nuance de matériau ou dans des nuances différentes.

L'étude qui vous est proposée s'inscrit donc dans la perspective d'une réalisation en petite série d'une machine d'essais de fatigue à grand nombre de cycles, adaptée à la caractérisation d'éprouvettes (ceci à la demande d'un producteur de *stellites*®), mais dont il est également possible d'envisager l'utilisation pour la réalisation d'essais de caractérisation d'autres matériaux ou liaisons.

Limites de l'étude : l'étude ne portera que sur la partie opérative de la machine.

2 – Enoncé fonctionnel du besoin.

(Présentation simplifiée)

A qui le produit rend-il service ?	A la Société possédant le laboratoire de recherche et s'équipant de la machine d'essais.
Sur quoi agit-il ?	Sur la connaissance du comportement et des caractéristiques des alliages dentaires.
Pour faire quoi ?	Caractériser la résistance en fatigue d'éprouvettes de stellites® et d'éprouvettes de liaisons soudées.
Dans quel but ?	Mieux informer les utilisateurs, dentistes et prothésistes, afin d'améliorer la conception et la réalisation des prothèses.
Pourquoi ?	Observation de ruptures trop fréquentes de prothèses, en pleine matière ou au niveau des liaisons soudées. Insuffisance de définition des règles de conception.

3 – Analyse de l'essai de fatigue.

(Présentation simplifiée)

3.1 - Principe

Au cours de la mastication, les pièces constitutives d'une prothèse et leurs liaisons sont essentiellement soumises à des sollicitations de flexion. En première approximation, on peut considérer que la valeur du moment fléchissant qui caractérise chacune d'elles varie cycliquement entre zéro et une valeur maximale, ce qui fait dire que la flexion est répétée.

Le but de l'essai de fatigue envisagé est d'appliquer à l'éprouvette une sollicitation de flexion plane répétée supposée représenter celle apparaissant dans la prothèse en service. Elle crée dans les sections droites de l'éprouvette un champ de contraintes normales dont la valeur extrême positive σ_{max} varie cycliquement entre zéro et une valeur maximale choisie. La rupture de l'éprouvette survient au bout d'un certain nombre de cycles dépendant de la valeur maximale de la contrainte appliquée ; divers niveaux de valeur maximale sont successivement appliqués à autant d'éprouvettes ; il leur correspond des nombres de cycles à rupture différents. Une courbe, dite « courbe de Wöhler », peut alors être tracée en portant la valeur maximale de contrainte normale appliquée en ordonnée, et le nombre de cycles à rupture correspondant en abscisse ; elle fournit divers renseignements sur le comportement en fatigue du matériau commun aux éprouvettes essayées. La **figure 1, page 1** regroupe de façon stylisée, et en accumulation, la silhouette d'une éprouvette pour essai de fatigue en flexion plane, la même éprouvette fléchie en cours d'essai, une allure sinusoïdale de variation répétée de contraintes en fonction du temps, et une allure possible de courbe de Wöhler.

Pour appliquer la sollicitation de flexion à l'éprouvette, il a été retenu le principe suivant : l'éprouvette est montée en porte-à-faux, fixée au bâti de la machine par encastrement de l'une de ses extrémités ; un effort F exercé transversalement à l'éprouvette à son autre extrémité lui impose la sollicitation de flexion souhaitée, de laquelle résulte une déformation d'ensemble de l'éprouvette, en particulier perceptible au niveau du point d'application de l'effort sous forme d'un déplacement δ (ou flèche) dans la direction et le sens de l'effort F . La **figure 2, page 4** schématise ce principe. La théorie des poutres permet d'établir des relations entre l'effort appliqué F , la valeur du moment fléchissant tout au long de l'éprouvette, la valeur extrême des contraintes normales en chaque section et la valeur de la flèche δ ; le détail de ces relations n'est pas utile pour la suite.

Dans la pratique, et même si c'est ce que l'on souhaiterait, il est impossible de mesurer directement la valeur extrême de contrainte appliquée dans une quelconque section de

l'éprouvette. Le mesurage direct de l'effort appliqué F est possible, mais le réglage fin de sa valeur à un niveau défini à l'avance n'est pas si simple. En revanche, il est facile d'imposer avec précision un déplacement δ de valeur choisie. C'est ce procédé, dénommé « pilotage en déplacement », qui a été retenu pour la machine considérée.

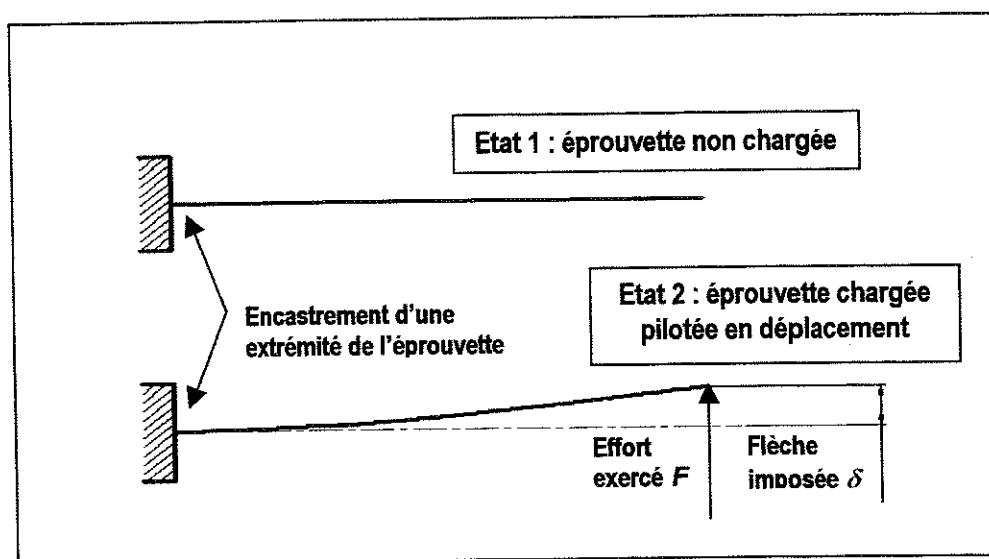
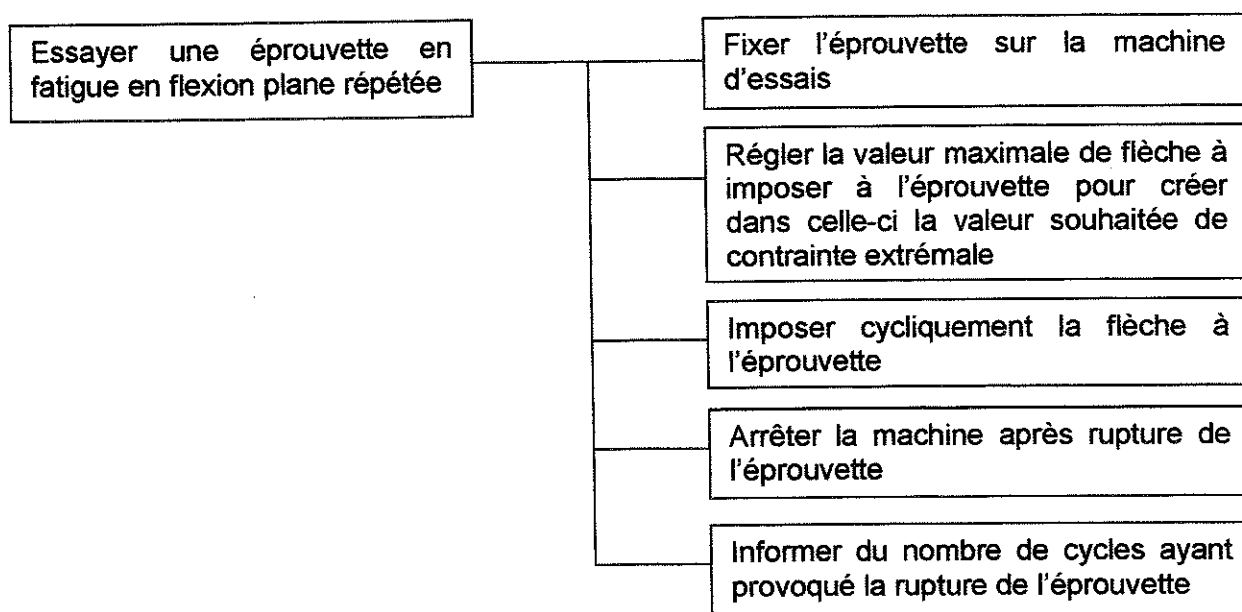


Figure 2 - Principe de l'essai de fatigue en flexion plane répétée.

3.2 - Description fonctionnelle du procédé



4 – Analyse fonctionnelle du besoin.

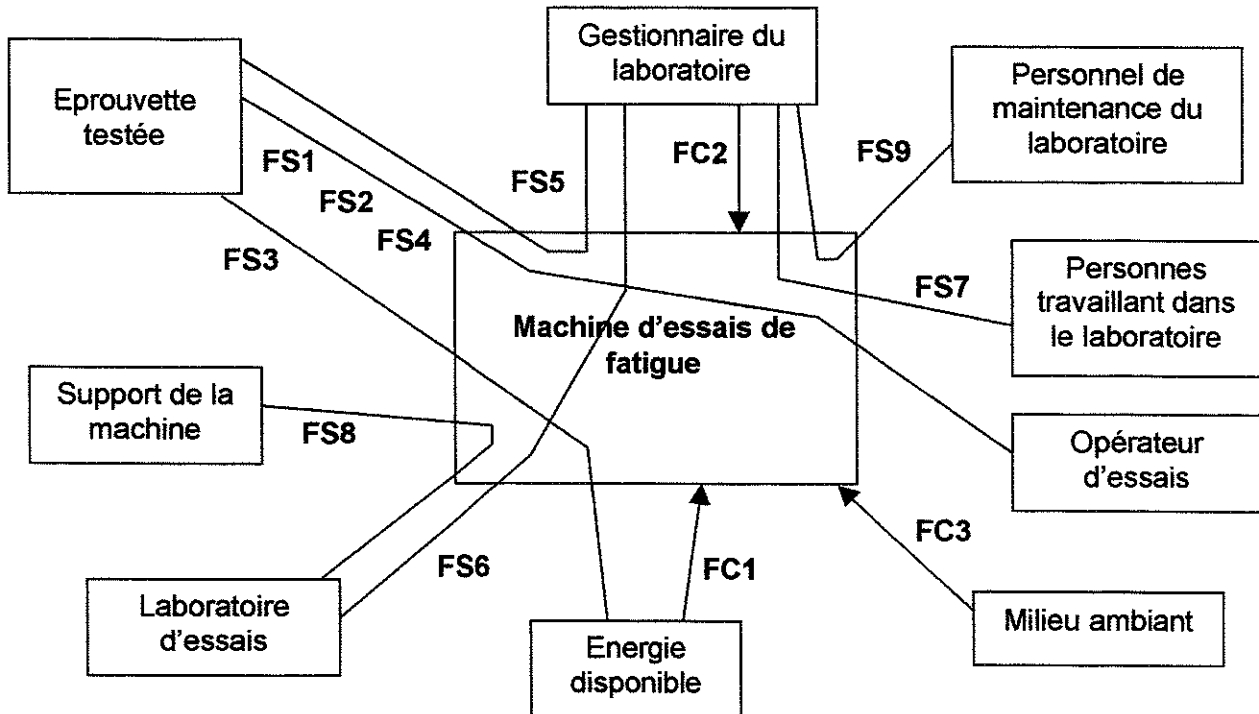
4.1 – Situations de vie du produit.

Parmi toutes les situations du cycle de vie du produit, il ne sera considéré que la situation de fonctionnement opérationnel. Toutefois, certains aspects de la maintenance seront incorporés à cette situation.

4.2 – Etude de la situation de fonctionnement opérationnel. (Présentation simplifiée)

Hypothèses : 1°) les éprouvettes testées sur la machine sont considérées comme n'appartenant pas à la machine ;
2°) il n'est pas prévu de réaliser d'essais en milieu physiologique.

4.2.1 - Graphe des interacteurs.



4.2.2 - Enoncés des fonctions de service et des contraintes

Fonctions principales :

- FS1** Fixer et démonter les éprouvettes sur la machine.
- FS2** Régler la flèche maximale imposée à une valeur définie.
- FS3** Exercer le cycle de chargement prévu sur l'éprouvette.
- FS4** Informer l'opérateur du nombre de cycles ayant entraîné la rupture de l'éprouvette.

Fonctions secondaires :

- FS5** Arrêter la machine dès la rupture de l'éprouvette.
- FS6** S'intégrer dans le laboratoire.
- FS7** Ne pas engendrer de danger pour les personnes travaillant dans le laboratoire.
- FS8** Ne pas engendrer de perturbations dans le laboratoire.
- FS9** Changer les pièces d'usure par le personnel de maintenance du laboratoire.

Contraintes :

- FC1** Utiliser une énergie disponible.
- FC2** Avoir un coût d'exploitation limité.
- FC3** Résister aux agressions du milieu ambiant sans perturbation du fonctionnement.

4.2.3 - Caractérisation des fonctions.

Voir le tableau page suivante.

Fonctions	Critères	Niveaux
FS1	<ul style="list-style-type: none"> • Forme et dimensions des éprouvettes. • Efforts à exercer par l'opérateur. • Durée d'un changement d'éprouvettes. • Accessibilité à l'éprouvette. • Accessibilité au dispositif de fixation. 	<ul style="list-style-type: none"> • Voir figure 3, page 7. • ≤ 200 N. • ≤ 20 min. • Possibilité de passer la main tenant l'éprouvette. • Possibilité de passer la main tenant l'outil nécessaire.
FS2	<ul style="list-style-type: none"> • Valeur maximale de flèche à imposer (valeur estimée pour $\sigma_{\max} = 620$ MPa dans la section la plus contrainte et pour $E = 210$ GPa). • Valeur minimale de flèche à imposer. • Effort maximal exercé (valeur estimée dans les conditions ci-dessus). • Relation entre l'affichage du réglage et la flèche imposée. • Sensibilité de l'affichage du réglage. • Répétabilité du réglage de la flèche. • Rapidité de lecture de l'affichage. • Distance de lecture de l'affichage. • Efforts à exercer par l'opérateur. • Durée d'un réglage. 	<ul style="list-style-type: none"> • 2,5 mm. • 0,5 mm. • 150 N. • Courbe d'étalonnage à établir. • 2 % de la flèche minimale. • 0,5 % de la flèche minimale. • ≤ 10 s. • ≥ 500 mm. • ≤ 200 N. • ≤ 10 min.
FS3	<ul style="list-style-type: none"> • Loi de variation de la flèche. • Pas de calage de la machine. 	<ul style="list-style-type: none"> • Allure sinusoïdale, mode répété, fréquence : 10 à 15 Hz. • Energie fournie suffisante.
FS4	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibilité de l'affichage. • Précision de la mesure. 	<ul style="list-style-type: none"> • 10 cycles de flexion. • 40 cycles de flexion.
FS5	<ul style="list-style-type: none"> • Durée entre rupture et arrêt. 	<ul style="list-style-type: none"> • ≤ 3 s.
FS6	<ul style="list-style-type: none"> • Largeur. • Hauteur. • Masse. 	<ul style="list-style-type: none"> • ≤ 800 mm (largeur d'une porte). • $\leq 1\ 500$ mm. • ≤ 100 kg.
FS7	<ul style="list-style-type: none"> • Formes de la machine. • Normes de sécurité en vigueur 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de formes vives. • Respect total.
FS8	<ul style="list-style-type: none"> • Rigidité de la liaison au support. • Filtrage vibratoire. 	<ul style="list-style-type: none"> • A préciser, hors étude. • A préciser, hors étude.
FS9	<ul style="list-style-type: none"> • Durée de remplacement. • Outillage nécessaire. • Efforts à exercer par l'opérateur. 	<ul style="list-style-type: none"> • ≤ 2 h. • Outillage de base. • ≤ 200 N.
FC1	<ul style="list-style-type: none"> • Tension de courant électrique. • Puissance disponible. 	<ul style="list-style-type: none"> • Monophasé 220 V + T. • $\leq 2,5$ kW.
FC2	<ul style="list-style-type: none"> • Durée de vie. • Coût horaire d'utilisation de la machine sur la durée de vie (consommation énergétique et réparations incluses). 	<ul style="list-style-type: none"> • $\geq 10\ 000$ h. • ≤ 150 F/h.
FC3	<ul style="list-style-type: none"> • Corrosion au bout de 1 000 h d'exposition à l'air humide à 80 % à 30°C. • Influence de la température sur le fonctionnement entre + 5 et + 50°C. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aucune amorce, répartie ou ponctuelle. • Sans effet.

B - Principe et éléments de solutions proposés

1 – Epreuve retenue.

Ses formes et dimensions s'inspirent d'éprouvettes normalisées et en respectent les proportions, mais sont adaptées au problème particulier, pour être représentatives de l'échelle des pièces réelles et être adaptées aux moyens de fabrication (moulage par centrifugation).

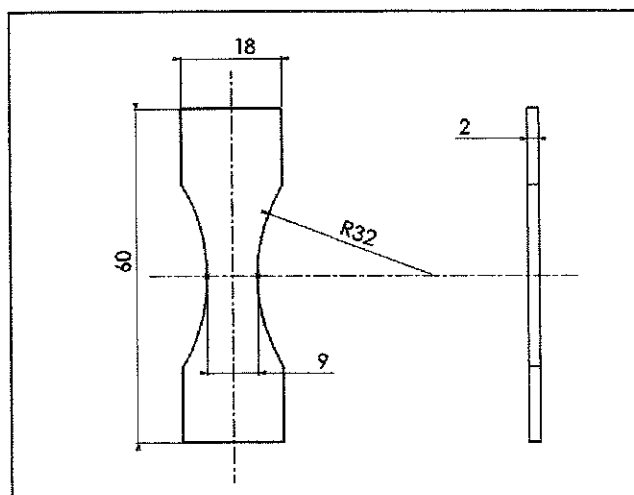


Figure 3 - Définition des éprouvettes.

2 – Schéma cinématique retenu et orientation dans l'espace.

Voir le croquis à main levée numérisé repéré **figure 5, page 17**.

Nomenclature :

Repère	Désignation	Repère	Désignation
0	Bâti	7	Levier coulissant
1	Moteur	8	Arbre intermédiaire
2	Poulie motrice	9	Manivelle à rayon réglable
3	Courroie dentée	10	Galet d'appui
4	Poulie réceptrice	11	Coulisseau
5	Arbre d'entrée	12	Ressort de rappel
6	Manivelle à rayon constant	13	Eprouvette

Commentaires :

L'éprouvette (13), d'allure générale plane, est disposée de telle sorte que son plan soit horizontal. L'une de ses extrémités est encastrée sur le bâti (0). Le déplacement de son autre extrémité dans la direction verticale est imposé par la translation alternative du coulisseau (11), guidé dans le bâti.

Le mouvement ascendant du coulisseau (11) est imposé par la rotation vers le haut de la manivelle à rayon réglable (9) solidaire de l'arbre intermédiaire (8), d'axe horizontal, guidé en rotation par rapport au bâti (0). Le galet d'appui (10) tourillonne autour du maneton de la manivelle (9) et roule sans glisser sous l'extrémité inférieure du coulisseau (11). Le maintien des contacts du coulisseau (11) sous l'éprouvette (13) et sur le galet d'appui (10) est assuré à la descente par, respectivement, le rappel élastique de l'éprouvette et le ressort de rappel (12).

L'arbre (8) est mû en rotation alternative par l'oscillation du levier coulissant (7), elle-même produite par la rotation de la manivelle à rayon constant (6) solidaire de l'arbre d'entrée (5). Le moteur électrique (1) entraîne en rotation l'arbre d'entrée (5) par l'intermédiaire d'une transmission à courroie dentée (3) reliant deux poulies de même diamètre : la poulie motrice (2), solidaire de l'arbre du moteur (1) et la poulie réceptrice (4) solidaire de l'arbre d'entrée (5).

3 – Spécifications générales des liaisons et éléments d'architecture.

Repère de liaison	Modélisation	Fonctions techniques	Indications partielles pour la réalisation
0 - 1	Encastrement démontable.	Positionner et fixer le moteur électrique sur le bâti.	Hors étude.
1 - 2	Encastrement démontable.	Fixer la poulie motrice sur le bout d'arbre du moteur.	Hors étude.
4 - 5	Encastrement démontable.	Fixer la poulie réceptrice sur l'arbre d'entrée.	Voir annexe 2. Le réglage de position axiale relative des deux poulies sera réalisé par la liaison 0 - 1.
5 - 0	Pivot démontable.	Positionner, guider, supporter l'arbre d'entrée par rapport au bâti.	Deux roulements représentés sur le calque 1 .
5 - 6	Encastrement	Lier complètement la manivelle à l'arbre d'entrée.	La conception d'une manivelle arbrée fusionnant l'arbre et la manivelle est possible.
6 - 7	<i>A étudier ultérieurement</i>	Guider le levier par rapport au maneton de la manivelle.	Voir annexe 3.
7 - 8	Pivot glissant démontable.	Positionner, guider et supporter le levier par rapport à l'arbre intermédiaire.	Guidage lisse par deux coussinets (voir annexe 4).
8 - 0	Pivot démontable.	Positionner, guider et supporter l'arbre par rapport au bâti.	Hors étude.
8 - 9	Encastrement réglable démontable.	Positionner, régler et supporter le maneton par rapport à l'arbre intermédiaire.	Réglage <u>continu</u> , à l'arrêt.
9 - 10	<i>A étudier ultérieurement</i>	Guider et supporter le galet par rapport au maneton de la manivelle.	
10 - 11	<i>A étudier ultérieurement</i>	Transmettre le mouvement et l'effort au coulisseau.	
11 - 0	Glissière.	Positionner et guider le coulisseau par rapport au bâti.	Hors étude.
11 - 13	Linéaire rectiligne.	Transmettre le mouvement et l'effort à l'éprouvette.	Hors étude.
13 - 0	Encastrement démontable.	Positionner et fixer l'éprouvette par rapport au bâti.	Hors étude.
11 - 12	Appui plan.	Exercer l'effort de rappel sur le coulisseau.	Hors étude.
12 - 0	Appui plan et centrage court.	Prendre appui sur le bâti.	Hors étude.

4 – Sélection de données techniques.

Se reporter au tableau de la page 19.

C - Etude de conception en construction mécanique

1 – Présentation du travail à rendre.

Les réponses seront fournies uniquement sur les quatre documents présentés ci-dessous.

En admettant une durée d'une heure pour la lecture et l'assimilation du sujet, il est vivement conseillé de consacrer entre 1 h 30 min. et 2 h au maximum à la réponse aux questions de la notice et 3 h à 3 h 30 min. au tracé des dessins.

1.1 – Notice justificative (40 % de la note globale).

Fournir les réponses sur les deux documents respectivement intitulés « Notice justificative 1/2 » et « Notice justificative 2/2 », de format A3 horizontal, pré imprimé recto verso qui sont joints au sujet. Les réponses seront fournies dans les limites des cadres prévus pour chaque question. **Les réponses sur feuilles de copies additionnelles ou sur papier de brouillon ne seront pas acceptées.**

Il sera tenu compte, dans la notation, de la clarté et de la concision des réponses. Les schémas doivent être lisibles, précis, et respecter la normalisation en vigueur.

Les écritures au crayon ne seront pas acceptées. La qualité de l'écriture, de l'orthographe et de la syntaxe sera prise en compte dans l'évaluation.

1.2 – Dessin d'étude de construction mécanique (60 % de la note globale).

Ce travail est à réaliser sur les deux calques pré imprimés de format A3H qui sont joints au sujet. Les dessins sont à exécuter à l'échelle 1:1, aux instruments, avec pour l'essentiel mise au net au crayon respectant les épaisseurs de traits normalisées et les exigences d'une bonne lisibilité ; seuls les axes et les écritures seront tracés à l'encre noire. Les tracés de couleur ne sont pas admis. Les normes AFNOR seront respectées.

2 – Notice justificative.

2.1 – Modélisation mécanique.

2.1.1 – Caractérisation du matériau de l'éprouvette.

La désignation et les caractéristiques d'une nuance de stellite® sont indiquées par le fournisseur sous la forme suivante :

Co Cr30 Mo6 Ni2 ,	$R_{0,002} = 620 \text{ MPa}$,	$R_m = 700 \text{ MPa}$,
	$A = 4,5 \%$,	$E = 210\,000 \text{ MPa}$.

Q1 - Inscrire vos réponses dans le cadre R1 de la notice justificative 1/2.

a - Quels sont les principaux constituants du matériau et leur teneur ?

b - Que représente chacune des quatre valeurs fournies ?

2.1.2 – Isostatisme.

N.B. Pour la question qui suit, il n'est pas demandé de développer l'application des théorèmes de la mécanique ni de résoudre le problème par une méthode matricielle.

Q2 - Inscrire vos réponses dans le **cadre R2 de la notice justificative 1/2**.

- a - Effectuer l'analyse de mobilité du mécanisme représenté par la **figure 5, page 17**, limité au fragment de chaîne cinématique composé de l'arbre-manivelle (5 - 6), du levier coulissant (7) et de l'arbre intermédiaire (8). En déduire le degré d'hyperstaticité de cette chaîne de solides.
- b - Proposer deux agencements cinématiques réalistes pour garantir le fonctionnement isostatique de ce mécanisme partiel : ces solutions seront présentées sous forme de schémas cinématiques minimaux tracés en perspective.

2.1.3 – Caractérisation du réglage du rayon de la manivelle (9).

Q3 - Inscrire vos réponses dans le **cadre R3 de la notice justificative 1/2**.

- a - En **annexe 1**, on trouve l'évolution sur un cycle de l'angle θ_8 égal aux angles θ_7 et θ_9 . Exprimer littéralement et calculer approximativement la valeur $r_{9 \max}$ du rayon de la manivelle (9) qui permettra d'obtenir la flèche maximale à imposer à l'éprouvette.
- b - Pour garantir le fonctionnement correct du mécanisme sur toute la plage de réglage définie dans le **tableau de caractérisation des fonctions, page 6**, fournir une estimation de la largeur minimale $b_{11 \min}$ de la face plane de l'extrémité inférieure du coulisseau (11) sur laquelle roule le galet (10).
- c - Par une épure à l'échelle 1:2, vérifier les ordres de grandeur des résultats obtenus.

2.1.4 – Estimation des actions résistantes.

Les actions résistantes proviennent essentiellement :

- de la flexion de l'éprouvette dont les effets sont modélisés par un ressort de raideur K_e (voir **figure 4 ci-après**) ;
- du ressort de rappel du coulisseau, de raideur K_r .

Q4 - Inscrire vos réponses dans le **cadre R4 de la notice justificative 1/2**.

- a - Isoler le coulisseau et effectuer le bilan des actions des éléments élastiques qui agissent sur lui dans sa direction de mobilité.
- b - En déduire l'expression littérale de la raideur K du ressort fictif, agissant dans la direction du mouvement du coulisseau, qui produirait une action équivalente aux actions élastiques supportées par ce coulisseau.

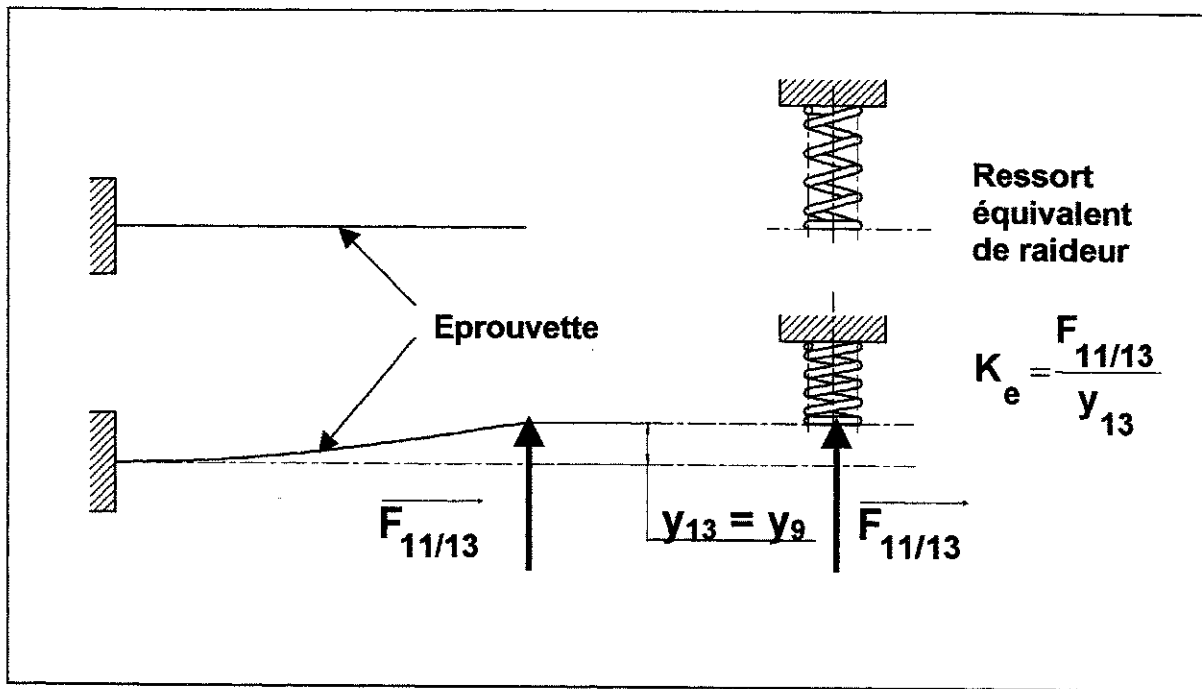


Figure 4 - Modélisation du comportement élastique de l'éprouvette.

2.2 – Prédimensionnement des parties mécaniques.

2.2.1 – Torsion de l'arbre d'entrée (5).

L'annexe 1 fournit l'évolution sur un cycle du couple moteur nécessaire au fonctionnement du mécanisme.

Q5 - Incrire vos réponses dans le **cadre R5 de la notice justificative 1/2**.

- A partir de ces données, déterminer les valeurs extrémales approchées $M_{t \min}$ et $M_{t \max}$ du moment de torsion auquel est soumis l'arbre d'entrée (5).
- Pour une contrainte admissible en torsion τ_{adm} supposée connue, exprimer littéralement le diamètre minimal d_{min} que doit présenter cet arbre pour qu'il résiste au moment de torsion maximal $M_{t \max}$.

2.2.2 – Calcul des roulements de la liaison (5) / (0).

L'annexe 1 fournit l'évolution sur un cycle des efforts radiaux (intensité et direction vectorielle) s'exerçant sur les roulements (A_5) et (B_5) qui matérialisent la liaison pivot (5) - (0).

Q6 - Incrire vos réponses dans le **cadre R6 de la notice justificative 1/2**.

- Sur deux graphes polaires, représenter les intensités et directions vectorielles remarquables¹ des efforts radiaux sur chacun des deux roulements.

¹ Intensité minimale, intensités maximales absolue et relative, positions angulaires extrémales.

- b** - A partir de l'analyse des efforts radiaux, proposer les ajustements des bagues intérieures et extérieures pour les deux roulements.
- c** - Tracer à main levée un schéma technologique de la liaison (5) – (0) sur lequel seront précisés les arrêts axiaux permettant de garantir son fonctionnement isostatique pour les deux solutions suivantes du choix des types de roulements :

	A₅	B₅
Solution 1	Roulement rigide à billes	Roulement rigide à billes
Solution 2	Roulement rigide à billes	Roulement à rouleaux cylindriques type NU

Pour la suite de l'étude, on ne retiendra que la solution 2.

- d** - Proposer une méthode de calcul de la durée de vie du roulement (B₅). Préciser le critère de fiabilité associé au domaine de validité de cette méthode.

2.2.2 – Vérification du levier coulissant (7) à la flexion.

Q7- *Inscrire vos réponses dans le cadre R7 de la notice justificative 1/2.*

- a** - Mettre en place le schéma d'isolement du levier coulissant dans la base $x_7y_7z_7$, en admettant les hypothèses suivantes :
- la masse et l'inertie du levier sont négligés ;
 - les forces agissant sur ce levier s'exercent exclusivement dans le plan $O_7x_7y_7$;
 - les liaisons sont supposées parfaites.
- b** - L'annexe 1 fournit l'évolution des efforts radiaux sur les coussinets lisses I₈ et J₈ matérialisant la liaison (7) – (8). Tracer le diagramme représentant l'évolution du moment fléchissant le long du levier coulissant (7).
- c** - Proposer une méthode simple, de première approximation, pour vérifier la résistance en flexion du levier coulissant (7) en supposant que celui-ci a une section circulaire tubulaire de diamètre extérieur d_{e7} et d'épaisseur e_7 . Poser les équations sans développer les applications numériques.

2.2.3 – Vérification de la liaison (7) - (8).

L'annexe 1 fournit l'évolution au cours d'un cycle des caractéristiques cinématiques relatives du levier coulissant (7) par rapport à l'arbre intermédiaire (8), ainsi que celle des efforts radiaux sur les coussinets lisses I₈ et J₈ matérialisant la liaison (7) – (8).

Q8 - *Inscrire vos réponses dans le cadre R8 de la notice justificative 1/2.*

- a** - Proposer un ou des critères de vérification du comportement des deux coussinets. Fournir des ordres de grandeur des valeurs admissibles usuelles de ces critères.
- b** - Le diamètre extérieur de la section circulaire tubulaire du levier (7) étant fixé à 14 mm, fournir une valeur approximative de la longueur minimale des coussinets (supposée la même pour les deux coussinets) nécessaire pour que le guidage vérifie ces critères avec une marge de 1,5.

2.3 – Recherche de solutions techniques.

2.3.1 – Réglage du rayon de la manivelle (9).

Q9 - *Inscrire vos réponses dans le cadre R9 de la notice justificative 2/2.*

Proposer, sous forme d'un schéma technologique perspectif, éventuellement accompagné de schémas locaux projectifs et de brefs commentaires, une architecture pour la réalisation des fonctions de service et techniques suivantes :

- régler le rayon r_9 ;
- stabiliser ce réglage ;
- être de mise en œuvre aisée et rapide ;
- garantir les niveaux de sensibilité et de répétabilité définis dans le cahier des charges (voir le **tableau de caractérisation des fonctions**, page 6).

2.3.2 – Conception du galet (10).

Q10 - *Inscrire vos réponses dans le cadre R10 de la notice justificative 2/2.*

- a - Justifier l'utilisation du galet (10) pour la réalisation de la liaison entre la manivelle (9) et le coulisseau (11).
- b - En effectuant une analyse de mobilité du mécanisme représenté par la **figure 5, page 17**, limité au fragment de chaîne cinématique composé des pièces (8), (9), (10) et (11), proposer deux schémas technologiques différents pour la réalisation du galet et son implantation. Sur ces schémas, la définition des solutions réalisant les liaisons entre le galet et ses pièces adjacentes (9) et (11) doit clairement apparaître.

2.4 – Etude de fabrication d'une pièce.

Les questions de ce paragraphe portent sur une proposition de réalisation monobloc de l'arbre intermédiaire (8) et de la forme guidant le levier coulissant (7) par la liaison pivot glissant. Dans cette proposition, cet arbre serait obtenu par moulage d'une fonte grise à graphite sphéroïdal. L'image de la **page 2 de l'annexe 7** montre successivement le brut de l'arbre ainsi obtenu et l'arbre usiné, au moins dans ses régions fonctionnelles intervenant dans les liaisons avec le levier (7) et le bâti (0). Les formes restant brutes et celles des parties usinées de cet arbre sont précisées, ainsi qu'un certain nombre de dimensions et spécifications de tolérancement utiles pour la suite, sur le **dessin de définition partielle** fourni en **page 1 de l'annexe 7**.

Pour répondre aux questions, on se reportera également à l'**annexe 6**.

2.4.1 – Interprétation de spécifications.

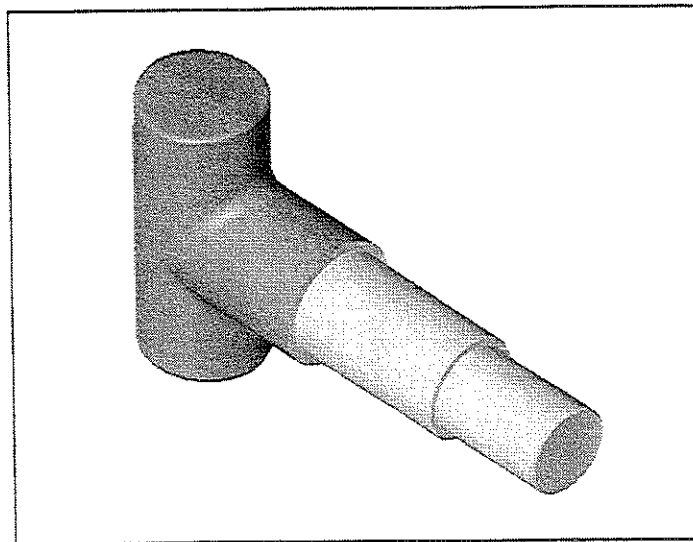
Q11 - *Inscrire vos réponses dans le cadre R11 de la notice justificative 2/2.*

- a - Que signifient les spécifications associées à la partie cylindrique de diamètres 30 ? Justifier leur existence.
- b - Décrire avec précision le tolérancement de la cote de $\varnothing 14,5$, diamètre d'un passage traversant le T de l'arbre, dans lequel évoluera le levier coulissant (7).

- c - Que signifie le contenu de la ligne (1) des tolérancements inscrits en tableau sur le dessin de définition fourni en **page 1 de l'annexe 7** ?
- d - Que signifie le contenu de la ligne (2) ?
- e - Proposer une autre expression pour le tolérancement de la fonction satisfaite par l'expression de la ligne (2).

2.4.2 – Choix de moyens de production.

Cette question porte sur une situation intermédiaire de l'arbre (8) en cours d'usinage : les tournages des formes cylindriques de diamètres respectifs 30 et 25, ainsi que les épaulements qui les limitent, les congés de pied d'épaulements et les chanfreins de sommet d'épaulements sont supposés déjà réalisés lors des n premières phases d'usinage (non détaillées), comme cela apparaît sur l'**image ci-dessous**.



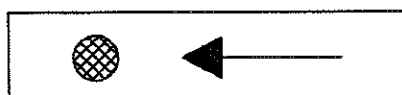
Pour les autres formes à usiner, le processus de fabrication sera :

- phase $n + 1$:
 - sous phase 1 :
 - surfacer D1,
 - percer C,
 - aléser F1 ;
 - sous phase 2 :
 - surfacer D2,
 - aléser F2.

Ces deux sous phases d'usinage seront réalisées sur un centre d'usinage mono broche horizontale 3 axes palettisé. Un outillage de mise en position et de maintien en position rapporté sur la table horizontale du centre d'usinage offrira une mobilité supplémentaire de la pièce en rotation d'axe vertical.

Q12 - Inscrire votre réponse dans le **cadre R12 de la notice justificative 2/2**.

Proposer un schéma décrivant la mise en position isostatique de la pièce dans l'outillage en utilisant la symbolisation géométrique projective dont les deux vues sont :



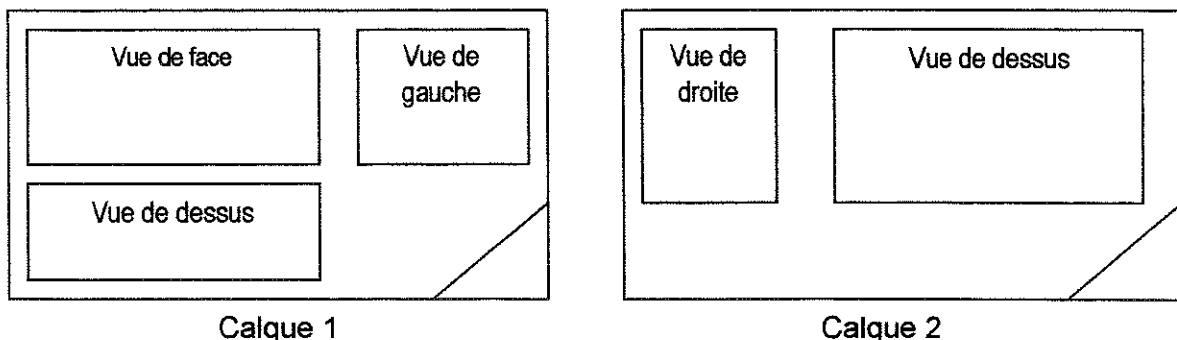
3 – Dessin d'étude de construction mécanique.

3.1 - Présentation des supports du travail.

Pour cette partie de l'étude, il vous est demandé de définir plusieurs sous-ensembles du mécanisme sur les deux calques fournis avec le sujet. Les éléments pré imprimés sur ces calques sont destinés à faciliter la mise en place de ces sous-ensembles.

Le **calque 1** est destiné à l'étude de la région de l'arbre d'entrée (5), de son guidage, de la poulie réceptrice (4), de la manivelle (6) et de sa liaison avec le levier coulissant (7). Les éléments fournis sont définis sur une ou plusieurs des 3 vues choisies : vue de face, vue de gauche et vue de dessus (comme l'indique le **croquis de mise en page ci-dessous**). Vous trouverez sur le calque 1 : l'axe de l'arbre (5), une représentation partielle des deux roulements retenus pour son guidage, l'axe du tube constituant le levier coulissant pour une orientation particulière de la manivelle (6) (verticale vers le haut) ; la plaque de fonte constituant l'embase de la machine d'essais étudiée est également partiellement figurée, ainsi que le socle de béton sur laquelle elle est fixée ; c'est sur cette plaque en fonte que sera rapporté et fixé le corps de palier contenant les deux roulements de guidage de l'arbre (5).

Le **calque 2** est destiné à l'étude de la région de l'arbre intermédiaire (8) et des pièces proches : levier coulissant (7), manivelle (9) et galet (10). Les éléments pré imprimés ne sont fournis qu'en 2 vues : vue de dessus et vue de droite (voir ci-dessous le **croquis de mise en page**). Vous y trouverez : l'axe et des fragments de forme de l'arbre intermédiaire (8), la silhouette de son corps de palier de guidage (lui aussi rapporté sur la plaque formant embase, l'axe et des fragments du levier coulissant (7), l'axe figurant la direction du réglage du rayon de la manivelle (9) pour l'orientation proposée pour sa représentation ; l'axe du galet (10) en position extrême de réglage $r_9 = 30 \text{ mm}$ (voir ci-après au paragraphe 3.2).



Croquis de mise en page.

3.2 - Choix constructifs retenus.

- Pour l'arbre d'entrée (5) et la manivelle (6), c'est la solution de fusion en une même pièce qui a été retenue, formant ainsi une manivelle arbrée (5 – 6).
- La poulie réceptrice est définie sur l'extrait de documentation industrielle de l'**annexe 2**.
- Le levier coulissant (7) sera réalisé à partir d'un tube d'acier sans soudure de diamètre extérieur calibré $\varnothing 14 \text{ f7}$ et d'épaisseur 2 mm.
- L'articulation du levier coulissant (7) sur le maneton de la manivelle arbrée (5 – 6) sera réalisée en utilisant une articulation à roulement standard parmi celles proposées par le document industriel de l'**annexe 3**.
- Contrairement à la solution en une seule pièce temporairement envisagée pour l'étude de fabrication du § 2.4 ci-dessus, le fourreau dans lequel coulisse le levier (7) sera rapporté sur l'extrémité gauche de l'arbre intermédiaire (8) ; le guidage du levier dans ce fourreau sera réalisé par deux coussinets lisses à choisir parmi ceux proposés par le document industriel de l'**annexe 4**.

- La manivelle à rayon réglable (9) est rapportée sur l'arbre (8) auquel elle sera liée.
- Les formes partiellement proposées pour l'arbre intermédiaire (8) pourront être modifiées.
- Il sera admis que le réglage de rayon de la manivelle (9) doive être réalisé entre les valeurs extrémales de 4 et 30 mm. (Ces valeurs ne sont pas la réponse correcte à la question Q3)
- Le galet d'appui (10) sera un galet support à aiguilles, avec maintien axial, cage et joints (série NATR..PP), implanté sur le maneton de la manivelle (9), à choisir parmi ceux proposés par l'extrait de catalogue industriel de l'**annexe 5**.

3.3 - Travail demandé.

En utilisant au mieux les éléments fournis sur les calques, il vous est demandé de dessiner, sur les diverses vues définies sur les calques fournis, vos propositions de solutions pour la définition :

sur le calque 1 :

- de l'implantation de la poulie réceptrice (4) sur le bout d'arbre de la manivelle arbrée (5 – 6) ;
- du guidage par les deux roulements retenus de la manivelle arbrée (5 – 6) par rapport au corps de palier ;
- des formes de ce corps de palier dont une note en marge du dessin précisera, en le justifiant brièvement, votre choix de procédé d'élaboration et de matériau ;
- de la liaison du corps de palier à la plaque support formant l'embase de la machine d'essais ;
- des formes de la manivelle arbrée (5 – 6) ;
- de l'articulation du levier coulissant (7) sur le maneton de la manivelle arbrée ;
- des formes du levier coulissant (7) dans les limites définies sur le calque pré imprimé ;

sur le calque 2 :

- des formes propres du fourreau de guidage du levier coulissant (7) rapporté sur l'arbre intermédiaire (8) et de cette liaison ;
- du guidage du levier coulissant (7) dans ce fourreau ;
- des formes d'ensemble de la manivelle (9) ;
- de la liaison de la manivelle (9) à l'arbre intermédiaire (8) ;
- du dispositif de réglage de rayon de la manivelle (9) ;
- des formes du galet d'appui (10) choisi ;
- de la liaison du galet d'appui (10) à la manivelle (9).

L'implantation et la fixation de la plaque en fonte sur le socle en béton ne sont pas à étudier.

Pour la clarté de l'expression graphique, le candidat pourra utiliser au choix des vues extérieures, des coupes totales ou partielles, des vues locales supplémentaires dans des directions appropriées ; les coupes, les positions de plans de coupes et les directions particulières d'observation seront clairement repérées en respectant les normes AFNOR en vigueur.

Les principales conditions fonctionnelles relatives aux liaisons représentées seront clairement indiquées en respectant les règles normalisées AFNOR.

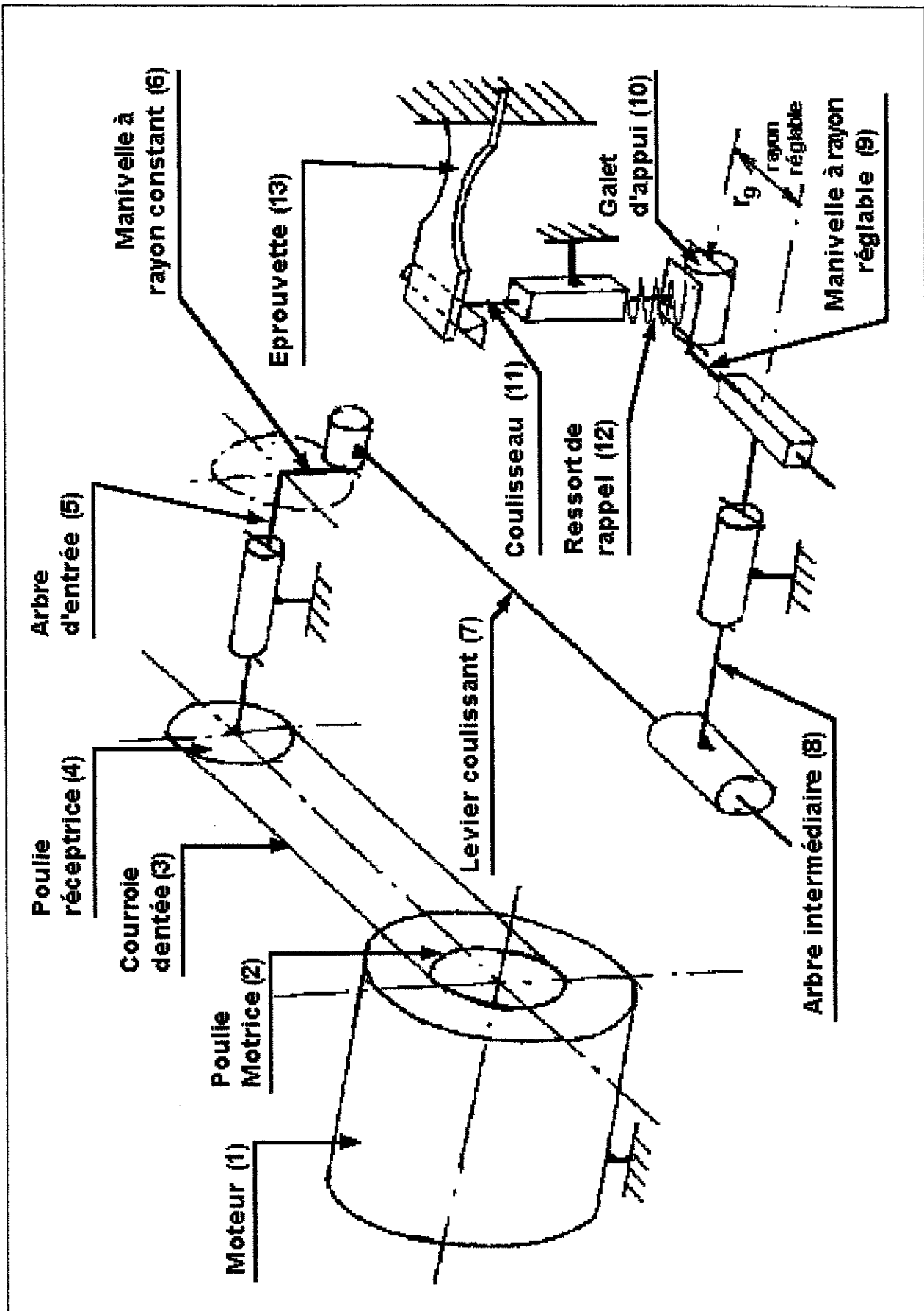


Figure 5 - Schéma cinématique minimal.

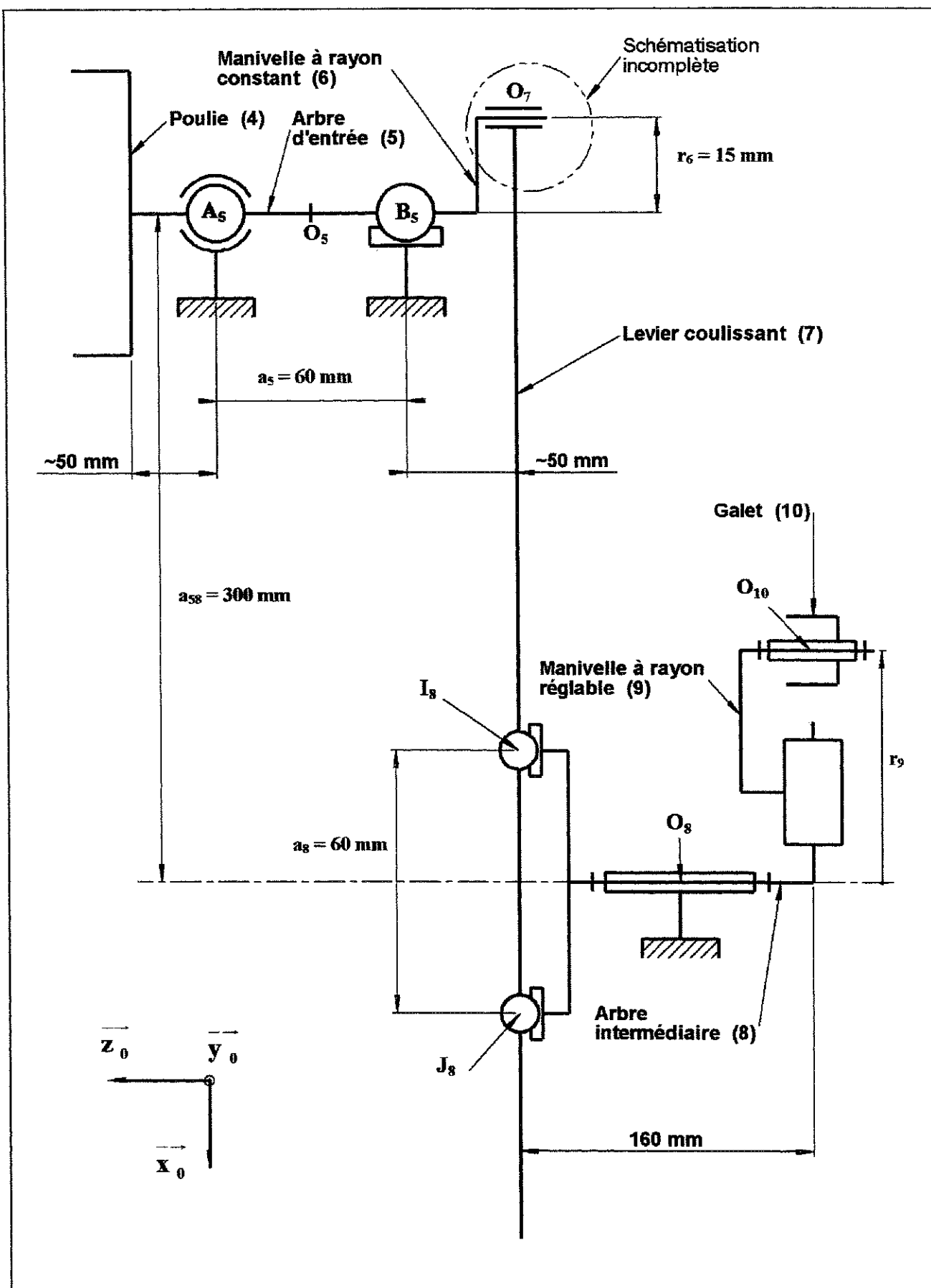


Figure 7 - Schéma cinématique architectural et paramétrage géométrique associé.

Description et évaluation des paramètres géométriques constants du mécanisme.

Pour une bonne compréhension, lire ce tableau en se reportant à la figure 7, page 18 (ci-contre).

Paramètres géométriques constants	Notation	Valeur
Rayon de la poulie motrice (2)	r_2	30 mm
Rayon de la poulie réceptrice (4)	r_4	30 mm
Distance entre le plan de mi-largeur de la poulie réceptrice (4) et le centre du roulement A5		≈ 50 mm
Distance entre les centres des roulements A5 et B5	a_5	60 mm
Distance horizontale entre le centre du roulement B5 et l'axe longitudinal du levier coulissant (7)		≈ 50 mm
Rayon de la manivelle (6)	r_6	15 mm
Longueur totale du levier coulissant (7)	L_{t7}	≈ 350 mm
Diamètre extérieur du tube constitutif du levier (7)	d_{e7}	14 mm
Epaisseur de la paroi du tube constitutif du levier (7)	e_7	2 mm
Distance horizontale entre les axes des arbres (5) et (8)	a_{58}	300 mm
Coordonnées du centre de rotation O_8 de l'arbre (8) et du levier coulissant (7) dans le repère $O_5x_0y_0z_0$ liée au bâti (0)	X_8 Y_8	a_{58} $- r_6$

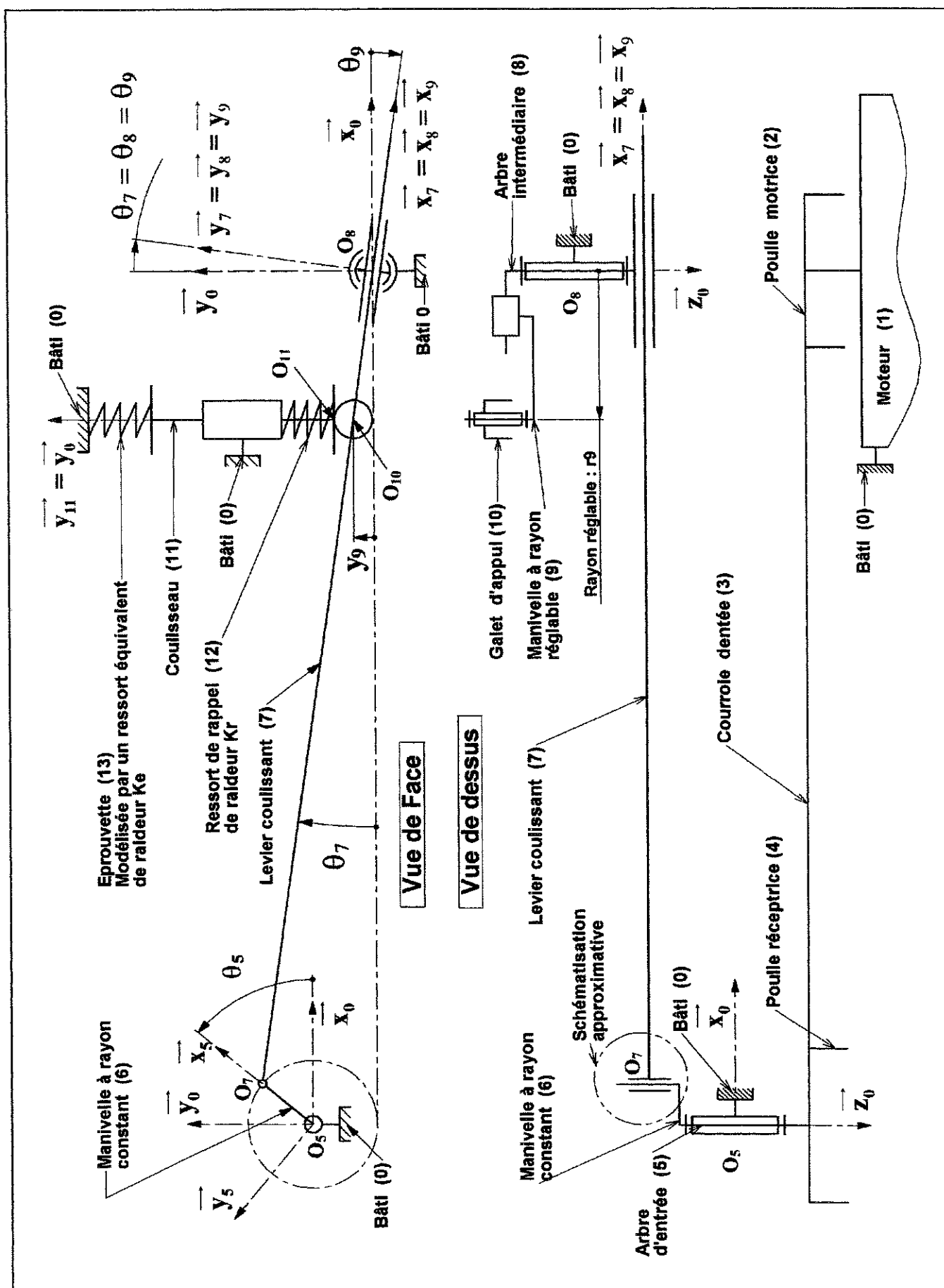


Figure 6 - Modélisation mécanique et paramétrage associé.

ANNEXES**TABLE**

ANNEXE 1	5 pages	Etude mécanique.
ANNEXE 2	1 page	Poulies pour courroies dentées.
ANNEXE 3	1 page	Articulations à roulement.
ANNEXE 4	2 pages	Coussinets lisses.
ANNEXE 5	1 page	Galets supports avec maintien axial.
ANNEXE 6	1 page	Tolérancement général selon ISO 2768.
ANNEXE 7	2 pages	Dessin de définition partielle de l'arbre intermédiaire (8) et images de cet arbre aux états brut et usiné.

Description et évaluation des paramètres instantanés du mécanisme.

Hypothèses :

- les effets de la pesanteur sont négligés ;
- le mouvement de rotation de l'arbre du moteur est stationnaire ;
- l'excentricité de la manivelle (9) est réglée à sa valeur maximale ;
- la masse et l'inertie du levier coulissant (7) et du galet (10) sont négligées ;
- les solides sont indéformables, à l'exception de l'éprouvette de raideur K_e et du ressort de rappel de raideur K_r .

Paramètres cinématiques	Notation	Valeur
Fréquence de rotation du moteur	N	750 tr.min ⁻¹
Rapport de vitesse du système poulie courroie	i	$\omega_M/\omega_5 = 1$

Masses et inerties	Notation	Valeur
Moment d'inertie de l'arbre du moteur par rapport à O_z	J_M	0,1 kg.m ²
Moment d'inertie de l'arbre-manivelle (5 - 6) par rapport à O_5z	J_5	0,06 kg.m ²
Moment d'inertie de l'ensemble (8 - 9) par rapport à O_8z	J_8	0,04 kg.m ²
Masse du coulisseau (11)	M_{11}	0,5 kg

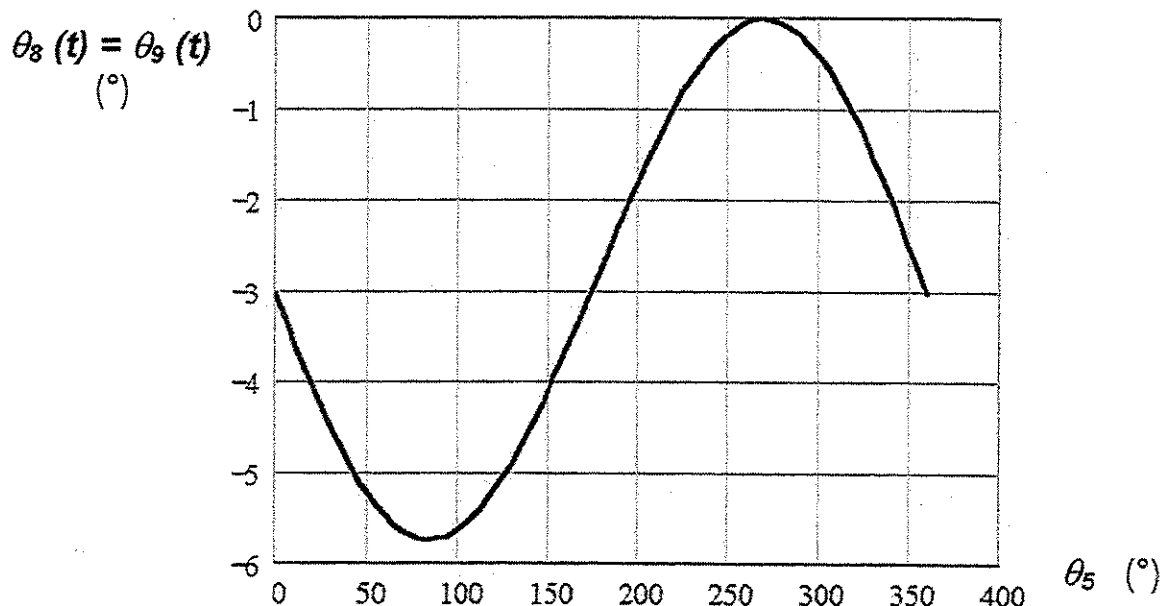
Paramètres dynamiques	Notation	Valeur
Rendement du mécanisme de la sortie du moteur à l'éprouvette (pertes par frottement dans les différentes liaisons)	ρ	0,8
Raideur équivalente de l'éprouvette	K_e	50.10 ³ N/m
Raideur du ressort de rappel	K_r	100.10 ³ N/m

Notation générale :

les symboles \mathbf{x}_i , \mathbf{y}_i , \mathbf{z}_i , écrits en caractères gras, représentent les vecteurs des directions principales de la base i de repérage.

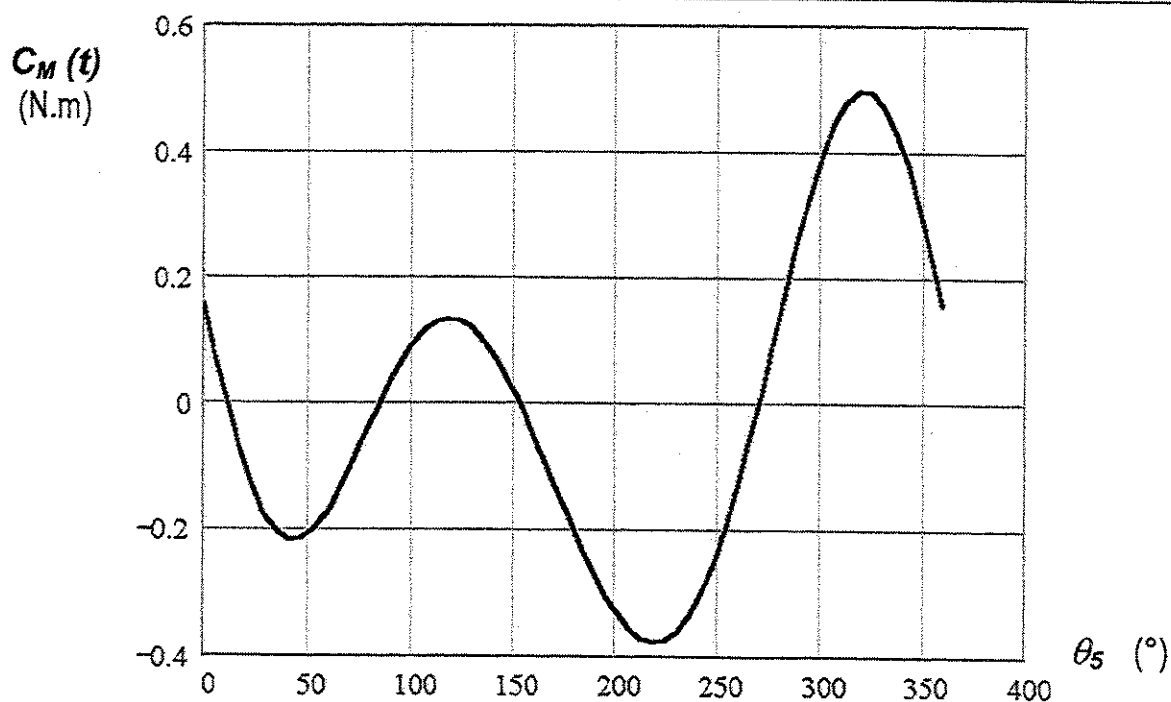
Mouvement de l'arbre (8) et de la manivelle (9) à rayon réglable

Abscisse	Rotation de l'arbre d'entrée (5)	$\theta_5(t)$ (°)	Mouvement d'entrée stationnaire
Ordonnée	Rotation de l'arbre intermédiaire (8)	$\theta_8(t) = \theta_9(t)$ (°)	Mouvement intermédiaire alterné

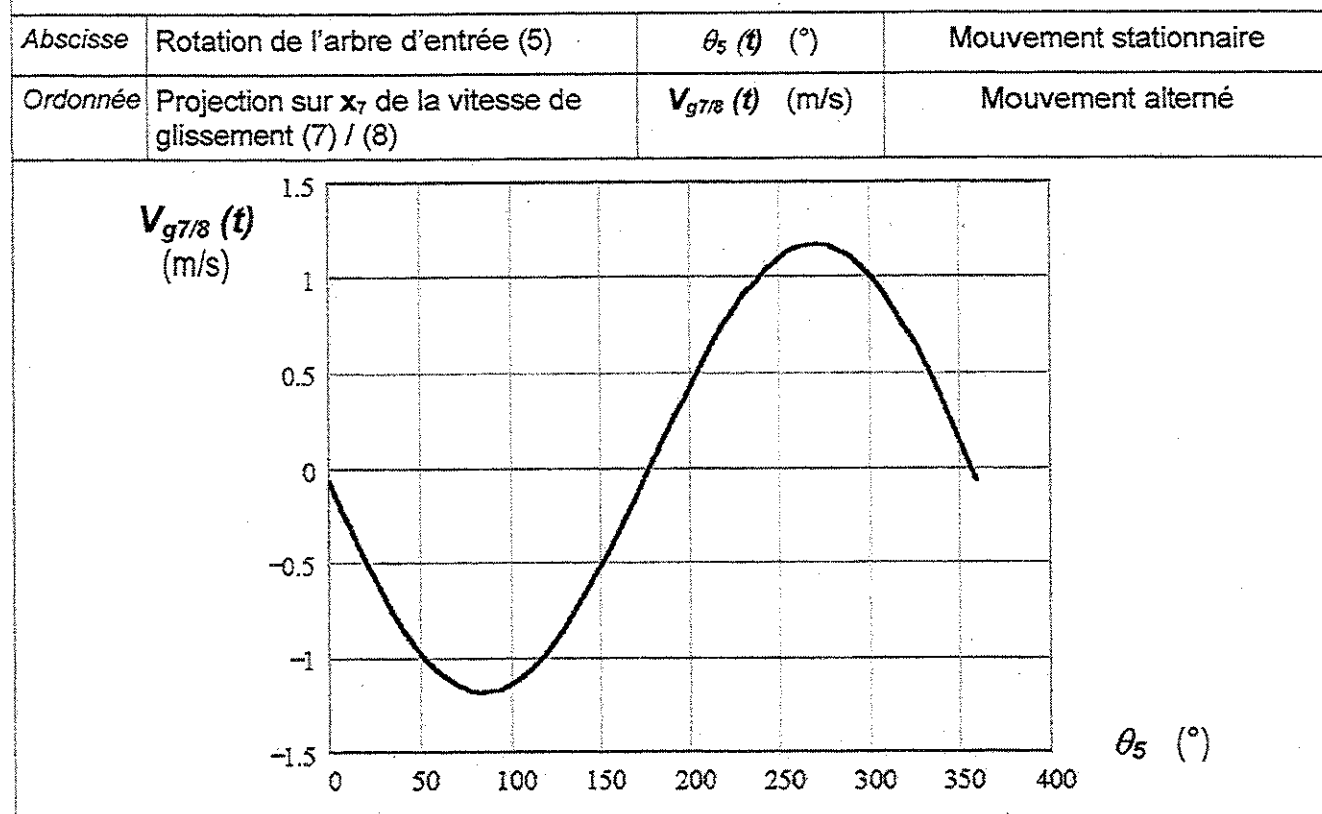


Couple instantané fourni par le moteur

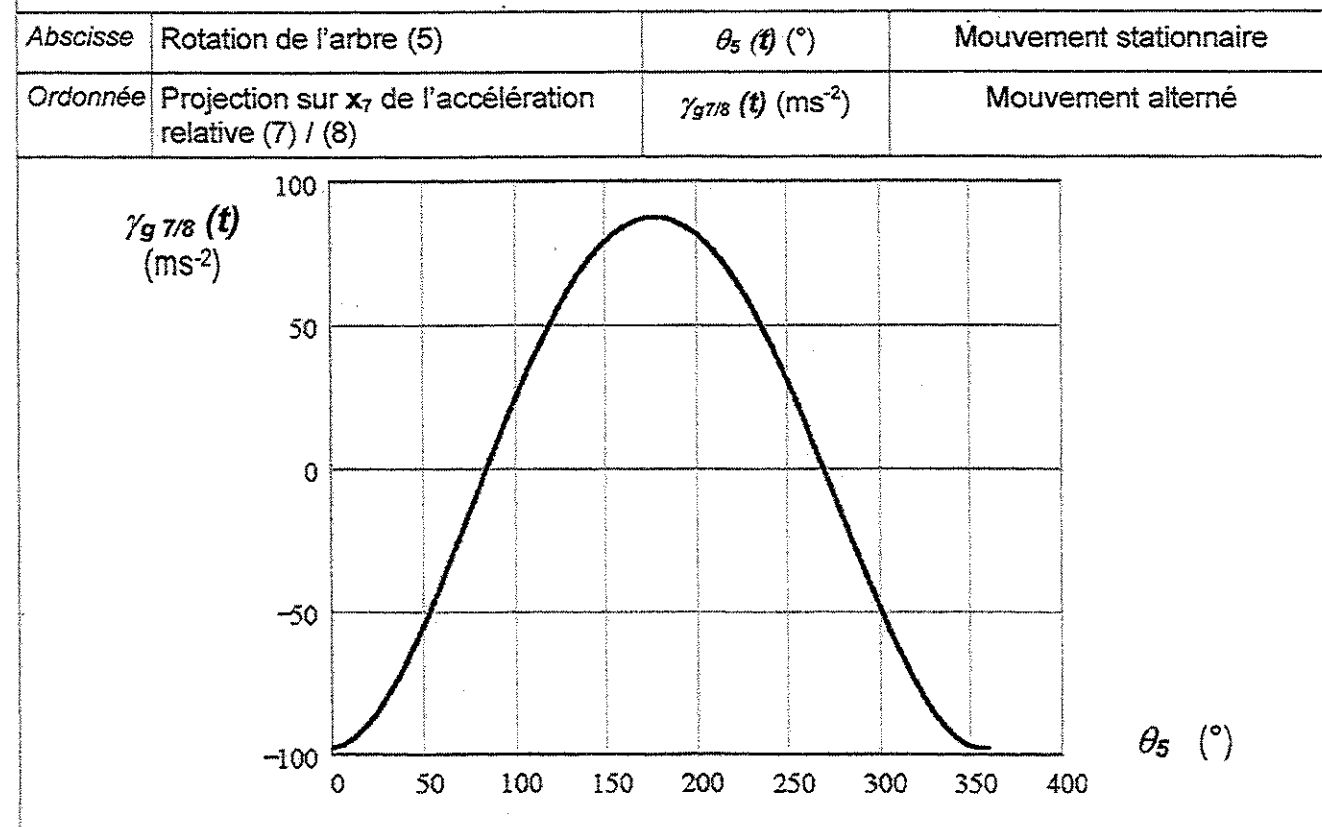
Abscisse	Rotation de l'arbre d'entrée (5)	$\theta_5(t)$ (°)	Mouvement d'entrée stationnaire
Ordonnée	Couple moteur	$C_M(t)$ (N.m)	

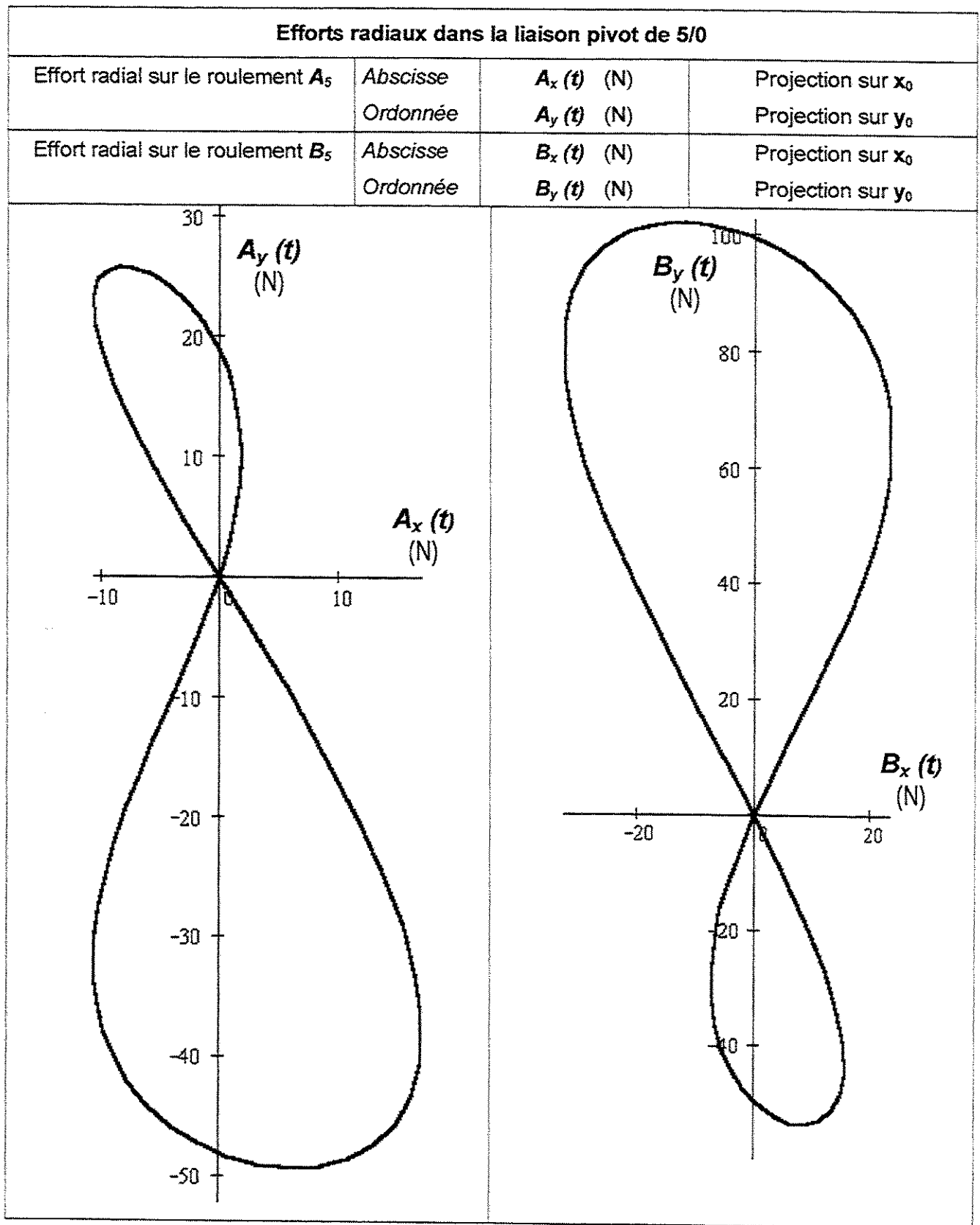


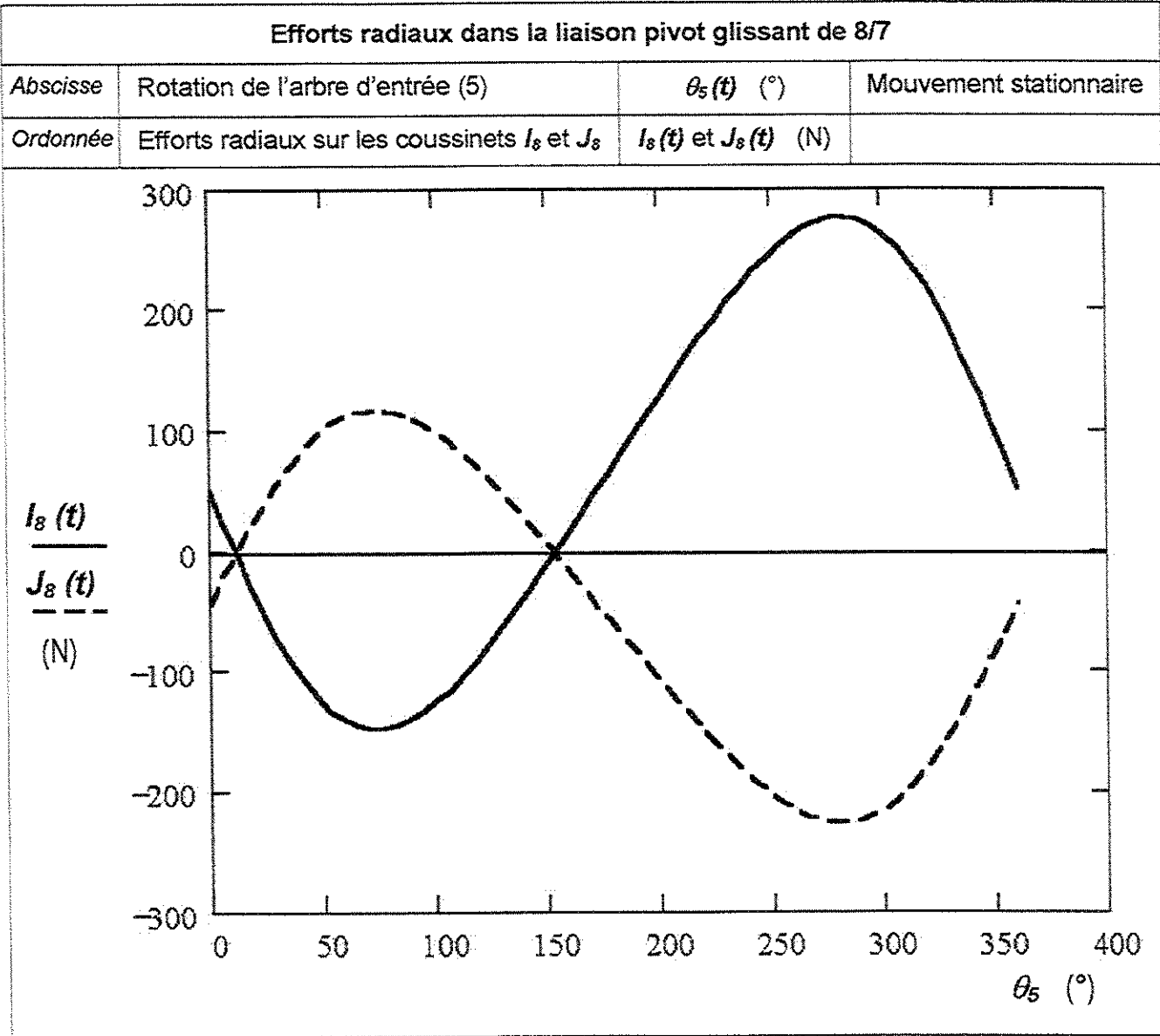
Vitesse de glissement du levier coulissant (7) par rapport à l'arbre (8)



Accélération relative du levier coulissant (7) par rapport à l'arbre (8)







ANNEXE 2

Poulies pour courroies dentées

Toutes les dimensions sont indiquées en mm.

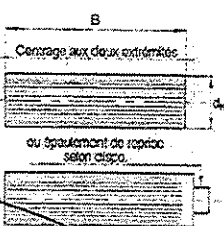
En exécution standard, ces poulies sont livrées avec leur alésage seulement pré percé. Les usinages jugés nécessaires pour leur liaison seront clairement représentés.

La courroie retenue a une largeur $b = 25$ mm.

Les poulies choisies possèdent :

$Z = 40$ dents,
une largeur de denture $B = 32$ mm,
2 flasques (exécution 2),
un épaulement ($B_N = 38$ mm).

POULIES ET BARREUX STANDARD

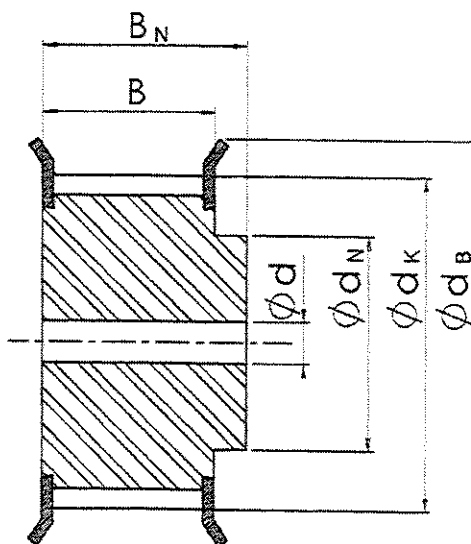
Exécution 2
jusqu'à $Z=44$ Exécution 0
à partir de $Z=48$ 

	10	12	16	20	25	32	50	75	100
Largeurs de poulies	16	18	22	26	32	40	60	85	110
B_N^*	22		28		38	46			

* Selon les poulies en stock ont un épaulement.

Largeur B_N	Nbre de dents Z	d_k	d_f	d_g	d min (mm)	d max
22	12	17.88	23	12	4	8
28	14	21.06	26	14	4	8
38	15	22.65	28		6	10
46	16	24.25	30		6	12
	17	25.85	31			14
140	18	27.40	33		6	16
160	19	29.00	34		6	16
160	20	30.60	36	24	6	18
	21	32.20	37			20
160	22	33.80	39	24	6	22
	23	35.35	40			24
160	24	37.00	42	26	8	24
160	25	38.60	43	26	8	25
	26	40.15	45			25
160	27	41.75	47	30	8	27
	28	43.35	48			29
	29	44.95	50			31
160	30	46.55	51	34	8	33
	31	48.15	53			35
160	32	49.70	55	38	8	37
	33	51.30	56			39
	34	52.90	58			39
	35	54.50	59			40
160	36	56.10	61	38	8	42
	37	57.65	62			43
	38	59.25	64			45
	39	60.85	66			45
160	40	62.45	67	40	8	47
	41	64.05	69			48
	42	65.65	70			50
	43	67.20	72			52
160	44	68.80	74	50	8	52
	45	70.40	75			54
	46	72.00	77			56
	47	73.60	78			58
160	48	75.20	80	50	8	60
	49	76.75	82			60
	50	78.35	83			60
	51	79.95	85			62
	52	81.55	86			64
	53	83.15	88			66
	54	84.70	90			66
	55	86.30	91			68
	56	87.90	93			70
	57	89.50	94			72
	58	91.10	96			74
	59	92.70	97			74
160	60	94.25	99	55	8	76
	61	95.85	101			79
	62	97.45	102			80
	63	99.05	104			82
	64	100.65	105			82

Exécution 2

jusqu'à $Z = 44$ 

ANNEXE 3

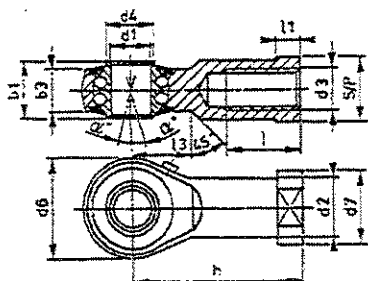
Articulations à roulement

Il sera utilisé, au choix, une articulation de type BRF ou BRM, ayant $8 \leq d_1 \leq 12 \text{ mm}$

TYPE BRF (à 2 rangées de billes - Graissage longue durée)

Selon normes DIN 648 série K

Matériaux utilisés

- Jeu radial : 15-40 μm .- Chape : acier traité
Surface : zinguée bichromatée- Palier intérieur : acier à roulement trempé rectifié.
- Graisse : utilisation -20°C à +120°C

Type	d1	d2	d3	d4	d6	d7	b1	b3	h	l	I1	I3	α°	S/P	Masse (= kg)	Charges (N) dynam. stat.	Vit. max. tr/min
BRF 6	8	10	M 8	9	20	13	9	6,75	30	12	5	10	8,0°	11	0,024	2750 650	1350
BRF 8	8	12,5	M 8	10,5	24	16	12	9	36	16	5	12	8,5°	14	0,044	4000 1000	1300
BRF 10	10	15	M 10	12	28	19	14	10,5	43	20	6,5	15	8,0°	17	0,072	4450 1450	1225
BRF 12	12	17,5	M 12	14,5	32	22	15	12	50	22	6,5	16	7,5°	19	0,107	4950 1800	1125
BRF 14	14	20	M 14	17	36	25	19	13,5	57	25	8	20	6,0°	22	0,180	5800 2000	1025
BRF 16	16	22	M 16	19	42	27	21	15	64	28	8	22	8,0°	22	0,224	6250 2350	975
BRF 18	18	25	M 18x1,5	21,5	48	31	23	18,5	71	32	10	24	8,5°	27	0,293	7100 2900	900
BRF 20	20	27,5	M 20x1,5	24,5	50	34	25	18	77	33	10	26	7,0°	30	0,387	7900 3450	825
BRF 22	22	30	M 22x1,5	26	54	38	28	20	84	37	12	26	8,0°	32	0,480	9300 3980	725
BRF 25	25	30	M 24x2	29,5	64	35	31	22	94	42	10	32	5,0°	30	0,572	11030 5680	600
BRF 30	30	40	M 30x2	34,5	70	50	37	25	110	51	15	35	7,5°	41	0,978	14150 7450	450

Taraudage à gauche : à préciser à la commande. Ex. : BRF 20 à gauche.

Dimensions en pouces

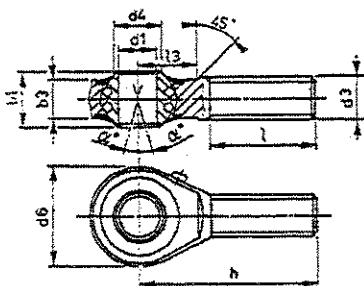
Type	d1 +0.0025 -0.0005	d2	d3 (classe 2)	d4	d6	d7	b1	b3	h	l	I1	I3	α°	S/P	Masse (= kg)	Charges (N) dynam. stat.	Vit. max. tr/min
BRF 1/4	.250	25/64	.2500-28 UNF	23/64	25/32	33/64	23/64	17/64	1 3/16	31/64	13/64	7/16	8,0°	7/16	0,027	2670 645	1350
BRF 3/8	.375	19/32	.3750-24 UNF	15/32	1 7/64	3/4	9/16	27/64	1 45/64	51/64	1/4	19/32	8,0°	43/64	0,072	4360 1425	1225
BRF 1/2	.500	3/4	.5000-20 UNF	37/64	1 5/16	7/8	5/8	15/32	2 9/64	1 7/64	1/4	41/64	7,5°	3/4	0,127	4850 1850	1125
BRF 5/8	.625	55/64	.6250-18 UNF	3/4	1 21/32	1 1/16	53/64	19/32	2 17/32	1 7/64	5/16	55/64	8,0°	55/64	0,220	6250 2350	975
BRF 3/4	.750	1 5/64	.7500-16 UNF	61/64	1 31/32	1 11/32	63/64	23/32	3 3/64	1 19/64	13/32	1 1/32	7,0°	1 3/16	0,390	7750 3380	825
BRF 1 1/8	1.000	1 3/16	1.0000-12 UNF	1 5/32	2 17/32	1 3/8	1 7/32	55/64	3 23/32	1 21/32	25/64	1 3/16	5,0°	1 3/16	0,570	11030 5680	600
BRF 1 1/2	1.000	1 3/16	1.0000-14 UNS	1 5/32	2 17/32	1 3/8	1 7/32	55/64	3 23/32	1 21/32	25/64	1 3/16	5,0°	1 3/16	0,570	11030 5680	600

* Cote d3 à préciser à la commande

TYPE BRM (à 2 rangées de billes - Graissage longue durée)

Selon normes DIN 648 série K

Matériaux utilisés

- Jeu radial : 15-40 μm .- Chape : acier traité
Surface : zinguée bichromatée.
Filetage "roulé".- Palier intérieur : acier à roulement trempé rectifié.
- Graisse : utilisation -20°C à +120°C

Type	d1	d3	d4	d6	b1	b3	h	l	I3	α°	Masse (= kg)	Charges (N) dynam. stat.	Vit. max. tr/min
BRM 6	8	M 8	9	20	9	6,75	36	22	12	8,0°	0,019	2750 650	1350
BRM 8	8	M 8	10,5	24	12	9	42	25	15	8,5°	0,036	4000 1000	1300
BRM 10	10	M 10	12	28	14	10,5	48	29	15	8,0°	0,080	4450 1450	1225
BRM 12	12	M 12	14,5	32	16	12	54	33	19	7,5°	0,087	4950 1800	1125
BRM 14	14	M 14	17	36	19	13,5	60	36	20	6,0°	0,135	5600 2000	1025
BRM 16	16	M 16	19	42	21	15	66	40	22	8,0°	0,190	6250 2350	975
BRM 18	18	M 18x1,5	21,5	48	23	18,5	72	44	25	8,5°	0,270	7100 2900	900
BRM 20	20	M 20x1,5	24,5	50	25	18	78	47	28	7,0°	0,338	7900 3450	825
BRM 22	22	M 22x1,5	26	54	28	20	84	51	26	8,0°	0,450	9300 3980	725
BRM 25	25	M 24x2	29,5	64	31	22	94	57	30	5,0°	0,602	11030 5680	600
BRM 30	30	M 30x2	34,5	70	37	25	110	66	35	7,5°	0,922	14150 7450	450

Filetage à gauche : à préciser à la commande. Ex. : BRM 20 à gauche.

Dimensions en pouces

Type	d1 +0.0025 -0.0005	d3 (classe 2)	d4	d6	b1	b3	h	l	I3	α°	Masse (= kg)	Charges (N) dynam. stat.	Vit. max. tr/min
BRM 1/4	.250	.2500-28 UNF	23/64	25/32	23/64	17/64	1 27/64	7/8	15/32	8,0°	0,022	2670 645	1350
BRM 3/8	.375	.3750-24 UNF	15/32	1 7/64	9/16	27/64	1 57/64	1 5/32	23/32	8,0°	0,060	4360 1425	1225
BRM 1/2	.500	.5000-20 UNF	37/64	1 5/16	5/8	15/32	2 29/64	1 1/2	27/32	7,5°	0,109	4850 1850	1125
BRM 5/8	.625	.6250-18 UNF	3/4	1 21/32	53/64	19/32	2 39/64	1 37/64	15/16	8,0°	0,200	6250 2350	975
BRM 3/4	.750	.7500-16 UNF	61/64	1 31/32	63/64	23/32	3 5/64	1 55/64	1 3/32	7,0°	0,341	7750 3380	825
BRM 1 1/8	1.000	1.0000-12 UNF	1 5/32	2 17/32	1 7/32	55/64	3 23/32	2 1/4	1 3/16	5,0°	0,590	11030 5680	600
BRM 1 1/2	1.000	1.0000-14 UNS	1 5/32	2 17/32	1 7/32	55/64	3 23/32	2 1/4	1 3/16	5,0°	0,590	11030 5680	600

* Cote d3 à préciser à la commande

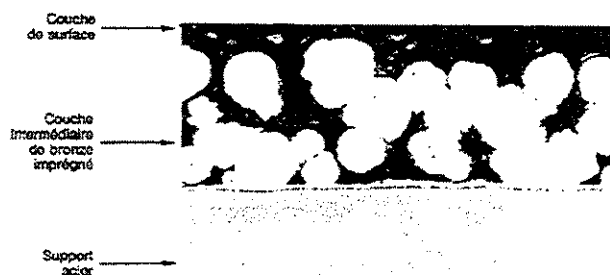
DU

Définition

Le DU est un matériau composite obtenu par frittage d'une mince couche de bronze poreux sur feuillard acier, avec imprégnation à cœur et garnissage superficiel d'un mélange PTFE + fine poudre de plomb (voir schéma ci-contre).

En fonctionnement normal, un mince film de revêtement PTFE/Plomb est transféré sur la surface antagoniste et y subsiste durant toute la durée de vie du palier. Ce lubrifiant solide permet un fonctionnement sans entretien.

Micrographie du "DU"



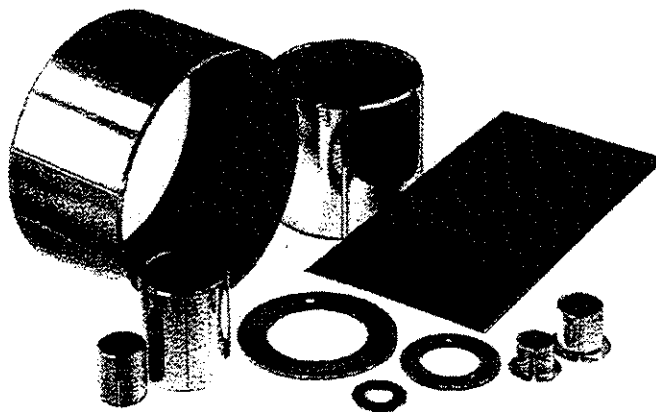
Avantages

- *fonctionne à sec*
- *utilisable dans la gamme de température - 200 à + 280°C*
- *supporte des charges statiques et dynamiques élevées*
- *compatible avec la plupart des solvants, des liquides et gaz industriels*
- *robuste et de faible encombrement*
- *convient pour mouvements rotatifs, oscillants et rectilignes alternatifs*

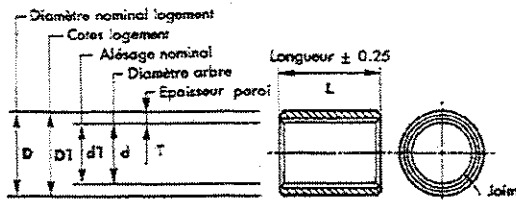
Formes disponibles

Le DU est disponible sur stock sous forme de bagues roulées, rondelles de butées et plaques. Le matériau du dos est normalement de l'acier doux mais une version dos bronze désignée DU (B) est disponible dans le cas d'une recherche de résistance accrue à la corrosion.

Le DU peut être produit sans plomb dans le revêtement PTFE. Sous cette forme le matériau est dénommé DP et est préconisé pour les applications où une possible contamination par le plomb des produits alimentaires est inacceptable, et pour les applications lubrifiées où le plomb dans le DU peut être sujet à une attaque corrosive (voir page 18).



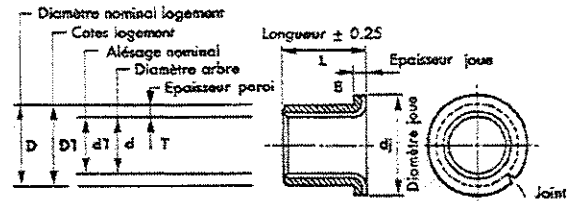
Annexe 4 (suite et fin)



DU BAGUES CYLINDRIQUES

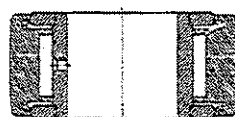
Toutes dimensions en mm.

	dia int. d1	dia ext. D	long. L	dia arbre d	cote logement D1	épaisseur paroi T
MB 0203 DU	2	3,5	3	2,000	3,500	0,750 0,730
MB 0205 DU	2	3,5	5	1,994	3,508	
MB 0303 DU	3	4,5	3	3,000	4,500	
MB 0305 DU	3	4,5	5	2,994	4,508	
MB 0306 DU	3	4,5	6			
MB 0403 DU	4	5,5	3	4,000	5,500	
MB 0404 DU	4	5,5	4	3,992	5,508	0,750 0,730
MB 0406 DU	4	5,5	6			
MB 0410 DU	4	5,5	10			
MB 0505 DU	5	7	5	4,990	7,000	
MB 0508 DU	5	7	8	4,978	7,015	
MB 0510 DU	5	7	10			
MB 0606 DU	6	8	6	5,990	8,000	1,005 0,980
MB 0608 DU	6	8	8	5,978	8,015	
MB 0610 DU	6	8	10			
MB 0710 DU	7	9	10	6,987 6,972	9,000 9,015	
MB 0808 DU	8	10	8	7,987	10,000	
MB 0810 DU	8	10	10	7,972	10,015	
MB 0812 DU	8	10	12			1,005 0,980
MB 1008 DU	10	12	8	9,987	12,000	
MB 1010 DU	10	12	10	9,972	12,018	
MB 1012 DU	10	12	12			
MB 1015 DU	10	12	15			
MB 1020 DU	10	12	20			
MB 1208 DU	12	14	8	11,984	14,000	1,505 1,475
MB 1210 DU	12	14	10	11,966	14,018	
MB 1212 DU	12	14	12			
MB 1215 DU	12	14	15			
MB 1220 DU	12	14	20			
MB 1225 DU	12	14	25			
MB 1310 DU	13	15	10	12,984	15,000	2,005 1,970
MB 1320 DU	13	15	20	12,966	15,018	
MB 1405 DU	14	16	5	13,984	16,000	
MB 1410 DU	14	16	10	13,966	16,018	
MB 1412 DU	14	16	12			
MB 1415 DU	14	16	15			
MB 1420 DU	14	16	20			2,005 1,970
MB 1425 DU	14	16	25			
MB 1510 DU	15	17	10	14,984	17,000	
MB 1512 DU	15	17	12	14,966	17,018	
MB 1515 DU	15	17	15			
MB 1520 DU	15	17	20			
MB 1525 DU	15	17	25			2,005 1,970
MB 1610 DU	16	18	10	15,984	18,000	
MB 1612 DU	16	18	12	15,966	18,018	
MB 1615 DU	16	18	15			
MB 1620 DU	16	18	20			
MB 1625 DU	16	18	25			
MB 1720 DU	17	19	20	16,984 16,966	19,000 19,021	2,005 1,970
MB 1815 DU	18	20	15	17,984	20,000	
MB 1820 DU	18	20	20	17,966	20,021	
MB 1825 DU	18	20	25			
MB 2010 DU	20	23	10	19,980	23,000	
MB 2015 DU	20	23	15	19,959	23,021	
MB 2020 DU	20	23	20			2,005 1,970
MB 2025 DU	20	23	25			
MB 2030 DU	20	23	30			



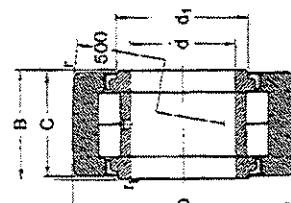
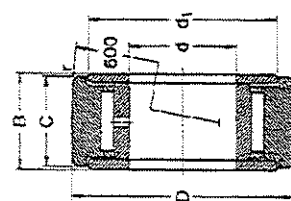
DU BAGUES A COLLERETTE

	dia int. d1	dia ext. D	long. L	dj	dia arbre maxi / mini d	cote logement maxi / mini D1	épaisseur joue B	épaisseur paroi T
FMB 0604 DU	6	8	4	12	5,990	8,015	1,00 0,80	1,005 0,980
FMB 0608 DU	6	8	8	12	5,978	8,000		
FMB 0805.5 DU	8	10	5,5	15	7,987	10,015		
FMB 0807.5 DU	8	10	7,5	15	7,972	10,000		
FMB 0809.5 DU	8	10	9,5	15				
FMB 1007 DU	10	12	7	18	9,987	12,018		
FMB 1009 DU	10	12	9	18	9,972	12,000	1,50 1,30	1,505 1,475
FMB 1012 DU	10	12	12	18				
FMB 1017 DU	10	12	17	18				
FMB 1207 DU	12	14	7	20	11,984	14,018		
FMB 1209 DU	12	14	9	20	11,966	14,000		
FMB 1212 DU	12	14	12	20				
FMB 1217 DU	12	14	17	20			2,00 1,80	2,005 1,970
FMB 1412 DU	14	16	12	22	13,984	16,018		
FMB 1417 DU	14	16	17	22	13,966	16,000		
FMB 1509 DU	15	17	9	23	14,984	17,018		
FMB 1512 DU	15	17	12	23	14,966	17,000		
FMB 1517 DU	15	17	17	23				
FMB 1612 DU	16	18	12	24	15,984	18,018	2,00 1,80	2,005 1,970
FMB 1617 DU	16	18	17	24	15,966	18,000		
FMB 1812 DU	18	20	12	26	17,984	20,021		
FMB 1817 DU	18	20	17	26	17,966	20,000		
FMB 1822 DU	18	20	22	26				
FMB 2011.5 DU	20	23	11,5	30	19,980	23,021	2,00 1,80	2,005 1,970
FMB 2016.5 DU	20	23	16,5	30	19,959	23,000		
FMB 2021.5 DU	20	23	21,5	30				
FMB 2511.5 DU	25	28	11,5	35	24,980	28,021		
FMB 2516.5 DU	25	28	16,5	35	24,959	28,000		
FMB 2521.5 DU	25	28	21,5	35				
FMB 3016 DU	30	34	16	42	29,980	34,025	2,00 1,80	2,005 1,970
FMB 3026 DU	30	34	26	42	29,959	34,000		
FMB 3516 DU	35	39	16	47	34,975	39,025		
FMB 3526 DU	35	39	26	47	34,950	39,000		
FMB 4016 DU	40	44	16	52	39,975	44,025		
FMB 4026 DU	40	44	26	52	39,950	44,000		



Série NATR .. pp avec patins, avec bande de roulement bombe	Série NATV .. pp sans capo, avec patins, avec bande de roulement bombe
--	---

Dimensions				Vitesse de base	Masse	Designations balais supports avec bande de roulement bombes	Cylindrique
D	C	Ø	h				
mm				tr/min	kg		
				r_1 mm	r_2 mm		
16	11	12	5	12	0,1	22 000	NATR 5 X
	11	12	5	12	0,1	26 000	NATR 5 PP
	11	12	5	12	0,1	11 000	NATR 5 X
	11	12	5	12	0,1	11 000	NATR 5 PP
19	11	12	6	14	0,1	20 000	NATR 6 X
	11	12	6	14	0,1	17 000	NATR 6 PP
	11	12	6	14	0,1	10 000	NATR 6 X
	11	12	6	14	0,1	10 000	NATR 6 PP
	13,0	14	6	15	0,3	19 000	NATR 6 P-2Z
24	13,8	14	8	18	0,3	18 000	NATR 8 P-2Z
	14	15	8	19	0,3	17 000	NATR 8 X
	14	15	8	19	0,3	15 000	NATR 8 PP
	14	15	8	19	0,3	8 500	NATR 8 X
	14	15	8	19	0,3	8 500	NATR 8 PP
30	14	15	10	23	0,6	16 000	NATR 10 X
	14	15	10	23	0,6	13 000	NATR 10 PP
	14	16	10	23	0,6	7 500	NATR 10 X
	14	16	10	23	0,6	7 500	NATR 10 PP
	15,8	16	10	23	0,3	15 000	NATR 10 P-2Z
42	14	15	12	25	0,6	14 000	NATR 12 X
	14	15	12	25	0,6	11 000	NATR 12 PP
	14	16	12	25	0,6	7 000	NATR 12 X
	14	16	12	25	0,6	7 000	NATR 12 PP
	16,8	16	12	25	0,3	14 000	NATR 12 P-2Z
45	15,8	16	15	30	0,3	11 000	NATR 15 P-2Z
	16	16	15	27	0,6	13 000	NATR 15 X
	18	16	15	27	0,6	10 000	NATR 15 PP
	18	16	15	27	0,6	6 700	NATR 15 X
	18	16	15	27	0,6	6 700	NATR 15 PP
	18	16	15	27	0,6	5 600	NATR 15 X
60	19,8	20	17	32	0,3	9 500	NATR 17 P-2Z
	20	21	17	32	1	10 000	NATR 17 X
	20	21	17	32	1	9 000	NATR 17 PP
	20	21	17	32	1	5 600	NATR 17 X
	20	21	17	32	1	5 600	NATR 17 PP
	20	21	17	32	1	5 300	NATR 17 X



Série NAST-27
avec bande de roulement
bombée

Série NUTR
sans cage,
avec bande de roulement
bombée

Désignation Gaiot-support ou bande de roulement	Charges de base		Gaiot-support		Limites de fatigue		Charges radiales	
	dyn. G	stat. C ₀	dyn. G	stat. C ₀	roule- ment P _u	Calet- support P _u	dyn. F _r	stat. F _α
N	N	N	N	N	N	N	N	N
NATR 5	3 890	3 900	3 140	3 200	415	345	2 900	4 150
NATR 5 PP	3 930	3 900	3 140	3 200	415	345	2 900	4 150
NATR 5	8 050	8 800	4 730	4 850	985	720	4 050	5 700
NATR 5 PP	8 050	8 800	4 730	4 850	985	720	4 050	5 700
NATR 6	4 180	4 750	3 470	3 800	510	415	3 800	5 520
NATR 6 PP	4 180	4 750	3 470	3 800	510	415	3 800	5 520
NATR 8	6 930	11 000	6 280	8 000	1 220	880	5 100	7 350
NATR 8 PP	6 930	11 000	6 280	8 000	1 220	880	5 100	7 350
NAST 6-22	5 120	8 550	4 130	5 100	735	550	4 150	6 000
NAST 8-22	5 610	7 650	4 730	6 400	865	720	7 350	10 400
NAST 8	6 600	7 800	5 280	6 100	880	695	5 200	7 350
NAST 8 PP	6 600	7 800	5 280	6 100	880	695	5 200	7 350
NAST 8	9 680	16 000	7 480	11 400	1 830	1 320	7 350	10 400
NAST 8 PP	9 680	16 000	7 480	11 400	1 830	1 320	7 350	10 400
NATR 10 PP	7 810	9 800	6 440	8 000	1 100	880	7 800	11 200
NATR 10	7 810	9 800	6 440	8 000	1 100	880	7 800	11 200
NATV 10 PP	11 400	19 300	8 970	14 600	2 200	1 660	11 000	15 600
NATV 10	11 400	19 300	8 970	14 600	2 200	1 660	11 000	15 600
NAST 10-22	10 100	10 800	8 420	8 800	1 280	1 060	7 850	10 800
NAST 12	8 420	11 200	6 800	8 500	1 250	950	7 850	10 800
NATR 12 PP	8 420	11 200	6 800	8 500	1 250	950	7 850	10 800
NATR 12	8 420	11 200	6 800	8 500	1 250	950	7 850	10 800
NAST 12 PP	12 300	22 000	8 950	13 300	2 500	1 760	10 800	15 000
NAST 12-22	12 300	22 000	8 950	13 300	2 500	1 760	10 800	15 000
NAST 12	10 600	12 200	8 850	9 300	1 460	1 120	7 300	10 500
NAST 16-22	12 300	15 600	9 130	10 600	1 900	1 270	7 900	11 200
NAST 16	12 300	15 600	9 130	10 600	1 900	1 270	7 900	11 200
NATR 15 PP	12 300	19 300	9 520	13 700	2 200	1 560	11 400	16 300
NATR 15	12 300	19 300	9 520	13 700	2 200	1 560	11 400	16 300
NATV 15	17 200	35 600	12 300	23 200	4 050	2 700	14 600	20 800
NATV 15 PP	17 200	35 600	12 300	23 200	4 050	2 700	14 600	20 800
NATR 16	24 200	28 600	16 800	17 600	3 950	2 000	8 650	12 200
NAST 17-22	18 300	24 000	13 900	16 600	2 050	2 000	11 400	10 300
NAST 17	13 400	20 400	10 500	14 600	2 100	1 730	12 500	18 000
NATV 17 PP	13 400	20 400	10 500	14 600	2 100	1 730	12 500	18 000
NATV 17	19 400	40 000	14 200	26 500	4 650	3 100	17 000	24 500
NATV 17 PP	19 400	40 000	14 200	26 500	4 650	3 100	17 000	24 500
NATR 17	26 000	32 000	19 000	22 000	3 650	2 500	14 000	20 000

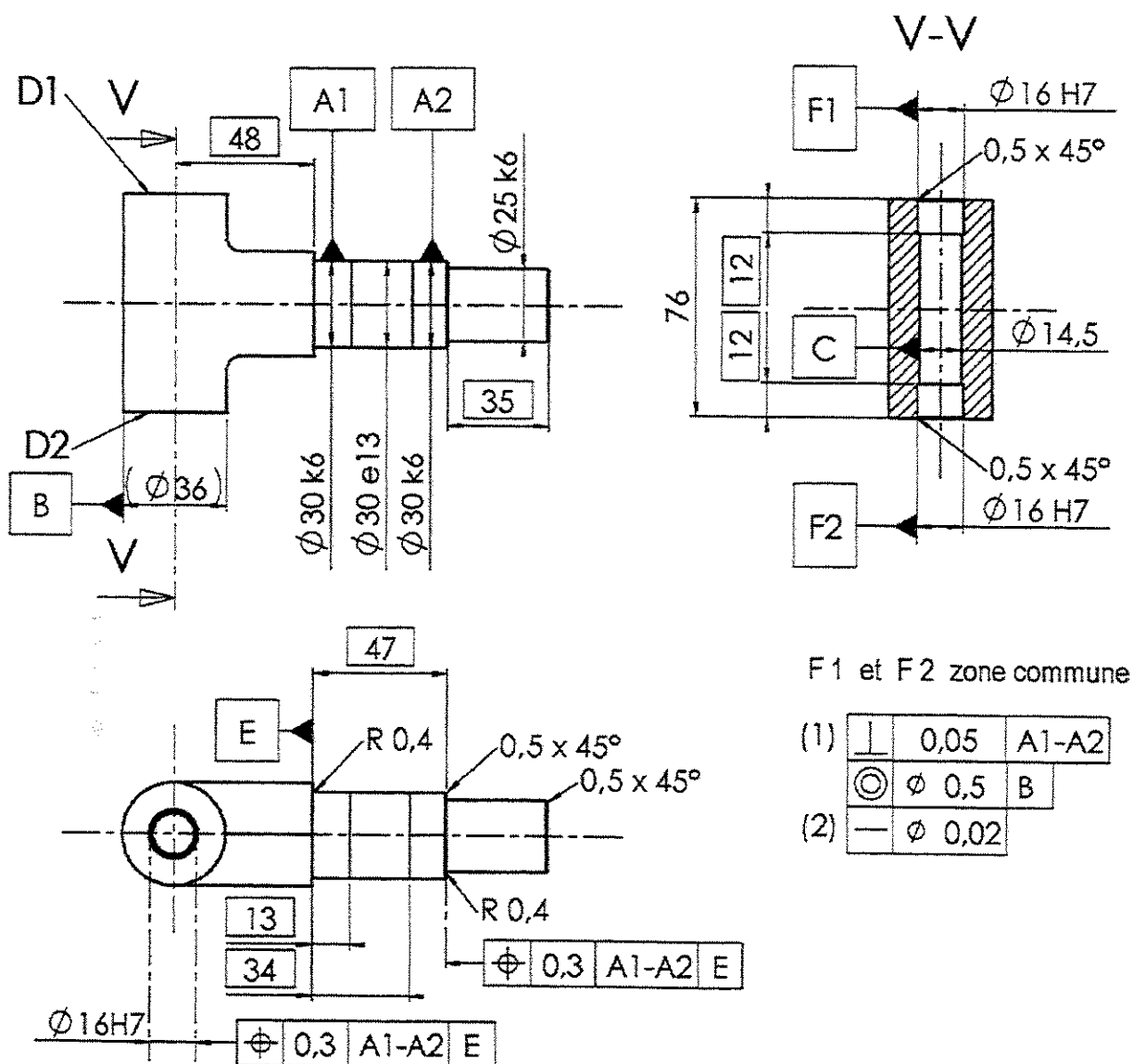
ANNEXE 6 Tolérancement général selon ISO 2768

Tolérances générales pour dimensions sans indications individuelles (ISO 2768-1)															
Ecart pour éléments usinés															
Type de dimension tolérancée ⇨		DIMENSIONS LINEAIRES (en mm)						RAYONS / CHANFREINS (en mm)			ANGLES : sur le côté le plus court (en degrés et minutes)				
Classe de tolérance ⇓ ⇕	Au-delà de à (inclus) ⇨	0,5 3	3 6	6 30	30 120	120 400	400 100 0	0,5 3	3 6	6	≥ 0 10	10 50	50 120	120 400	400
f	fine	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,2	± 0,5	± 1	± 1°	± 30'	± 20'	± 10'	± 5'
m	moyenne	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 0,2	± 0,5	± 1	± 1°	± 30'	± 20'	± 10'	± 5'
c	grossière	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 0,4	± 1	± 2	± 1°30'	± 1°	± 30'	± 15'	± 10'
v	très grossière	—	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2,5	± 4	± 0,4	± 1	± 2	± 3°	± 2°	± 1°	± 30'	± 20'

Tolérances géométriques générales sans indications individuelles (ISO 2768-2)														
Tolérances	RECTITUDE - PLANEITE					PERPENDICULARITE			SYMETRIE D'UN PLAN MEDIAN			BATTEMENT CIRCULAIRE OU RADIAL		
Au-delà de à (inclus) ⇨	0 10	10 30	30 100	100 300	300 1 000 0	0 100	100 300	300 1 000	0 100	100 300	300 1 000	Toutes dimensions		
Classe de tolérance ⇓														
H (fin)	0,02	0,06	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,1		
K (moyen)	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,4	0,6	0,8	0,6	0,6	0,8	0,2		
L (large)	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	0,6	1	1,5	0,6	1	1,5	0,5		
Tolérances	PARALLELISME					CIRCULARITE					CONCENTRICITE - COAXIALITE			
Toutes classes de tolérance	Même valeur que la tolérance dimensionnelle, ou de rectitude ou de planéité si elles sont supérieures.					Même valeur que la tolérance diamétrale, mais à condition de rester inférieure à la tolérance de battement.					Les écarts de coaxialité sont limités par les tolérances de battement.			

ANNEXE 7

Dessin de définition partielle de l'arbre intermédiaire (8) et images de cet arbre aux états brut et usiné

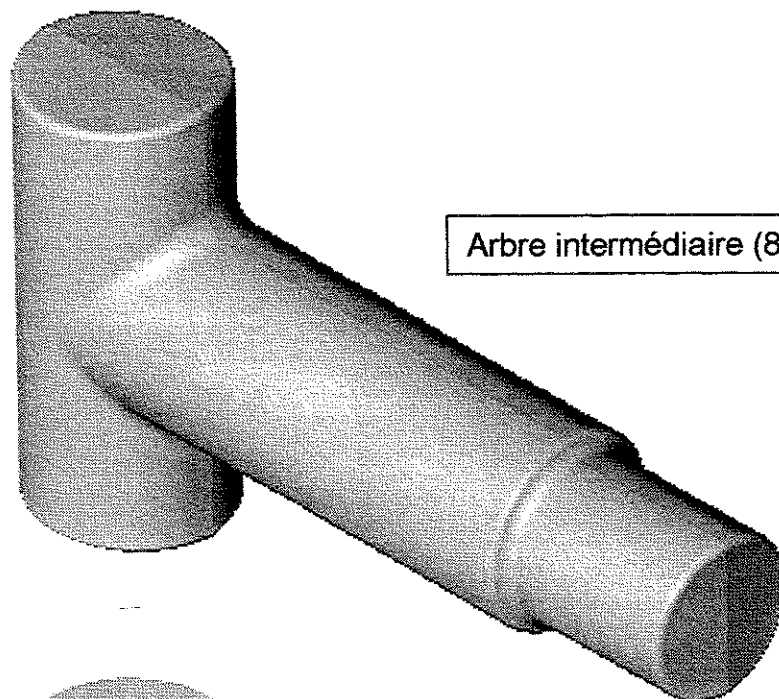


Tolérance générale ISO 2768 - m.K

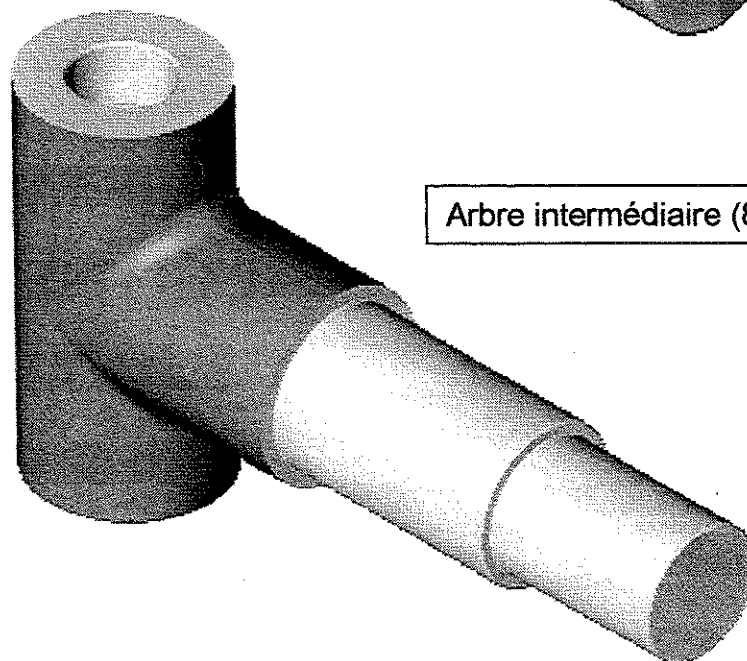
ARBRE (8)*Définition partielle*

Echelle approximative 1 : 2,4

Voir en page 2/2 de la présente annexe les images du brut de cet arbre et de l'arbre usiné.

Annexe 7 (suite et fin)

Arbre intermédiaire (8) brut



Arbre intermédiaire (8) usiné

I34V

NOM :

CONCOURS BANQUE PT

Prénom :

SCIENCES INDUSTRIELLES II

Académie :

NOTICE JUSTIFICATIVE 1/2

N° d'inscription :

A rendre à la fin de l'épreuve

Ne
rien
écrire
dans
ce
cadre

R1

a) Principaux constituants.

b) Signification des valeurs fournies.

R2

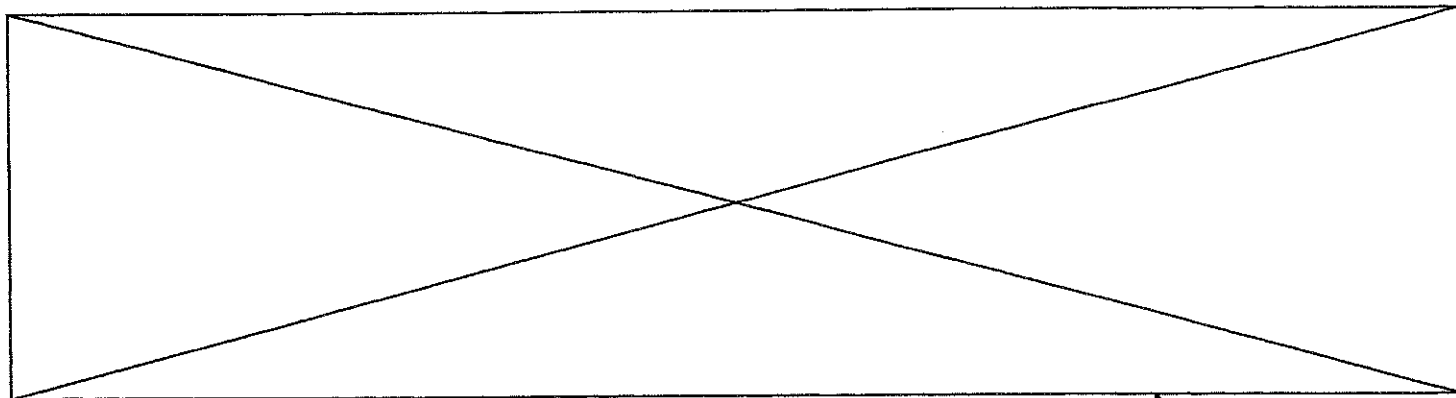
a) Analyse de mobilité de l'ensemble (5/6) + (7) + (8).

Degré d'hyperstaticité.

b1) Agencement 1.

b2) Agencement 2.

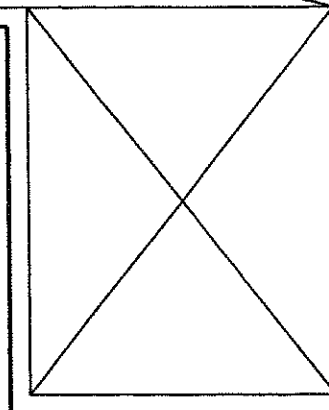
Tournez la page S.V.P.



R3

a) $r_9 \text{ max.}$

b) $b_{11} \text{ min.}$

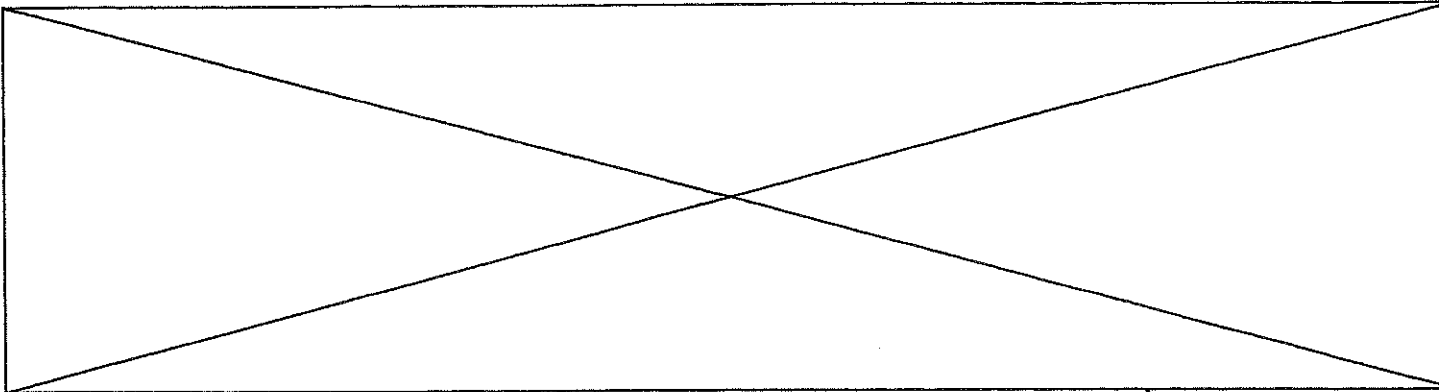


c) Epure à l'échelle 1 : 2 .

R4

a) Isolement du coulisseau.

b) Raideur équivalente K.



R7

a) Schéma d'isolement du levier coulissant (7).

c) Vérification
de la résistance
du levier coulissant (7).

b) Diagramme d'évolution du moment fléchissant le long du levier (7).

R8

a) Critères de vérification du comportement des coussinets.

b) Largeur minimale des coussinets.

I34V

NOM :

CONCOURS BANQUE PT

Prénom :

SCIENCES INDUSTRIELLES II

Académie :

NOTICE JUSTIFICATIVE 2/2

N° d'inscription :

A rendre à la fin de l'épreuve

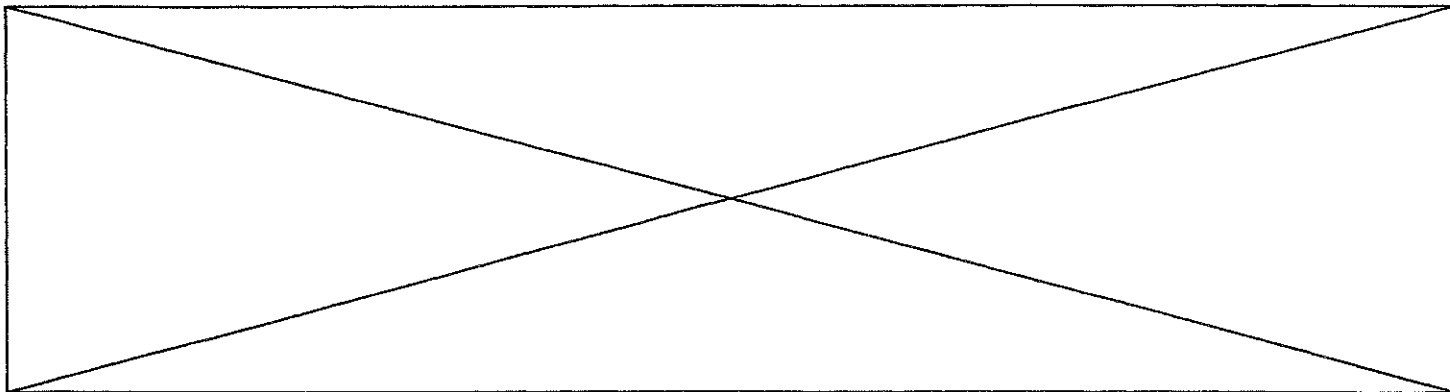
Ne
rien
écrire
dans
ce
cadre

R9

Réglage du rayon de la manivelle (9).

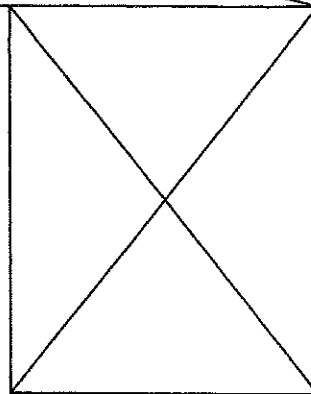
Schémas :

Commentaires :



R10

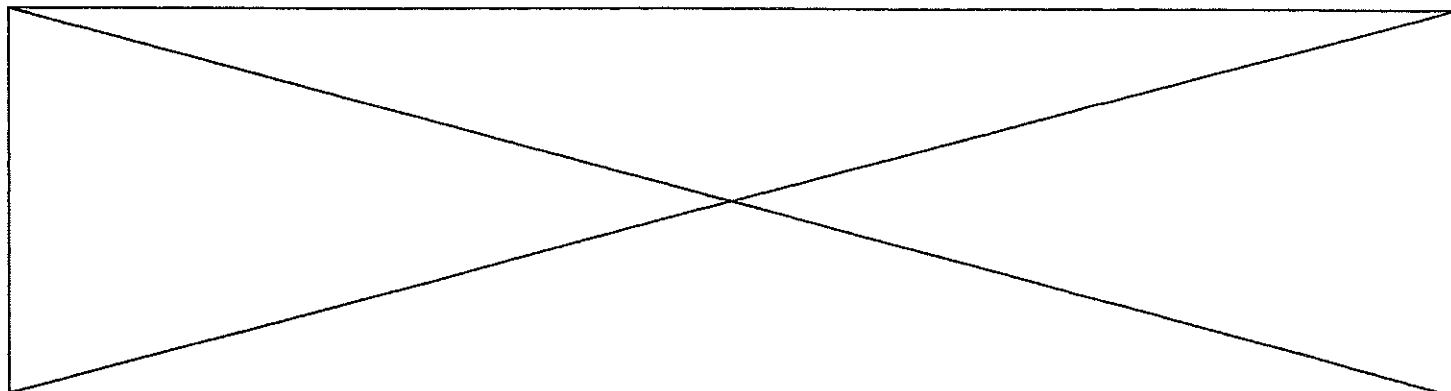
a) Justification de l'utilisation du galet (10).



b) Analyse de mobilité locale de la chaîne (8) + (9) + (10) + (11).

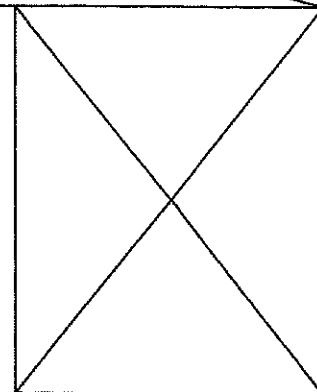
Schéma 1.

Schéma 2.



R11

a) Spécifications de la forme cylindrique de diamètres 30.

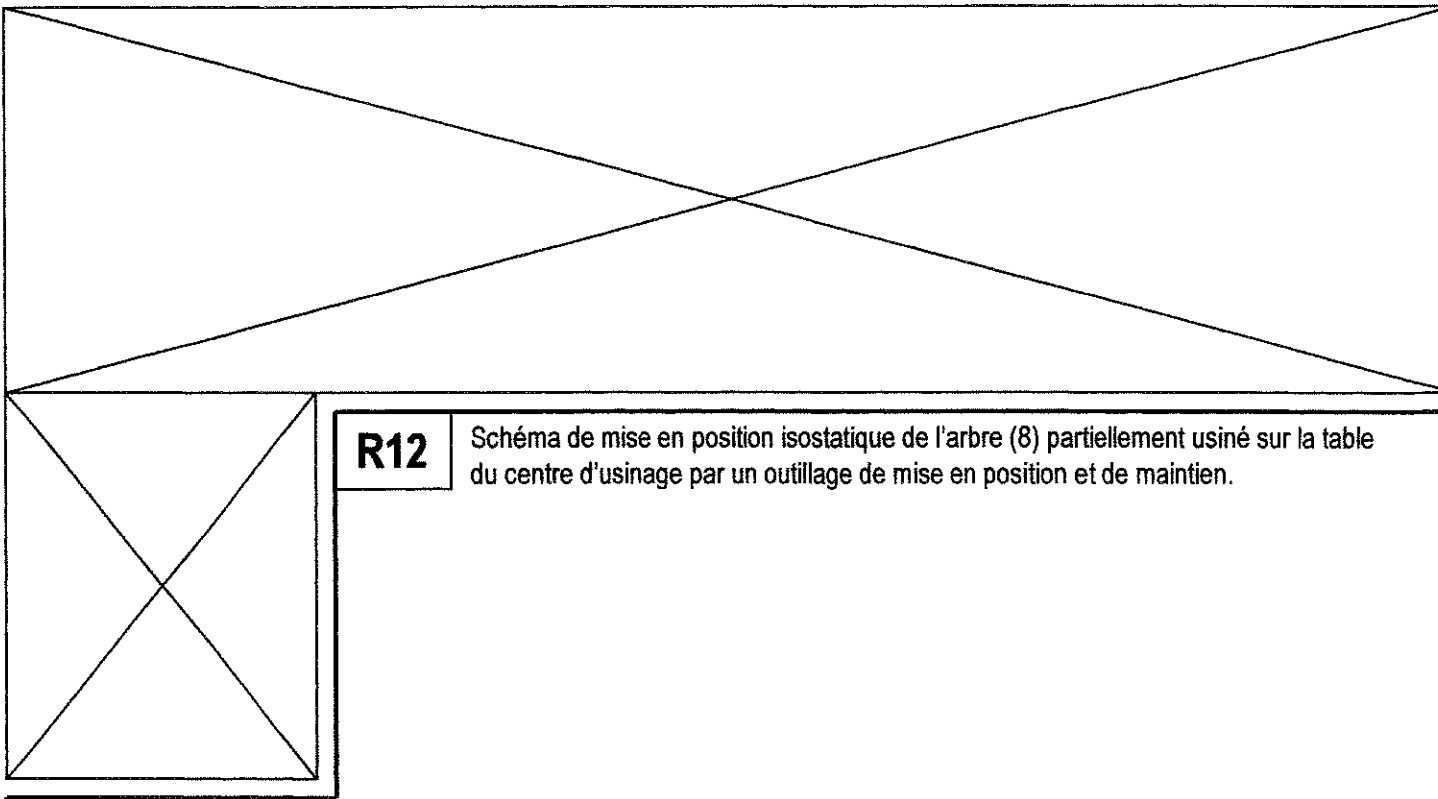


b) Tolérancement de la cote de $\varnothing 16,5$.

c) Signification de la ligne (1) du tableau de tolérances.

d) Signification de la ligne (2) du tableau de tolérances.

e) Variante d'expression du tolérancement fonctionnel de la ligne (2) du tableau de tolérances.



R12

Schéma de mise en position isostatique de l'arbre (8) partiellement usiné sur la table du centre d'usinage par un outillage de mise en position et de maintien.

N° :
 Prénom :
 NOM :
 Centre d'examen :
 Cadre réservé

Calque 1 Echelle 1:1

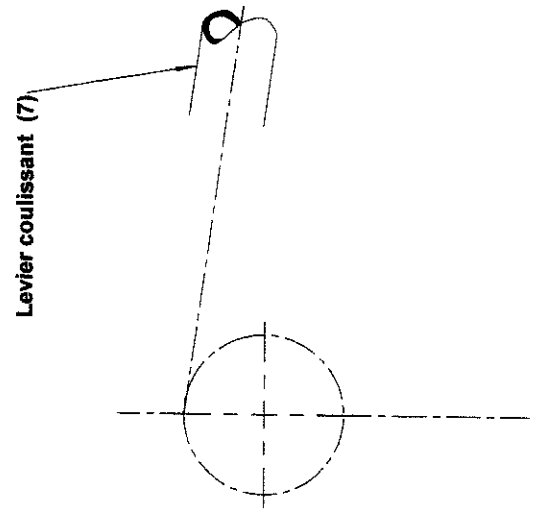
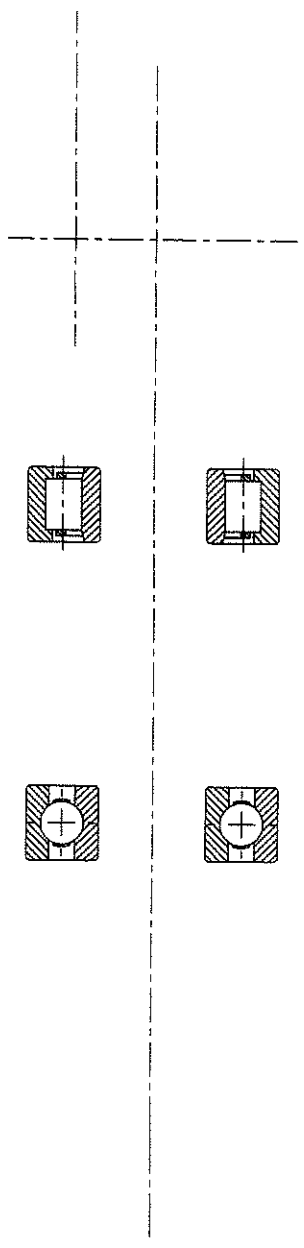
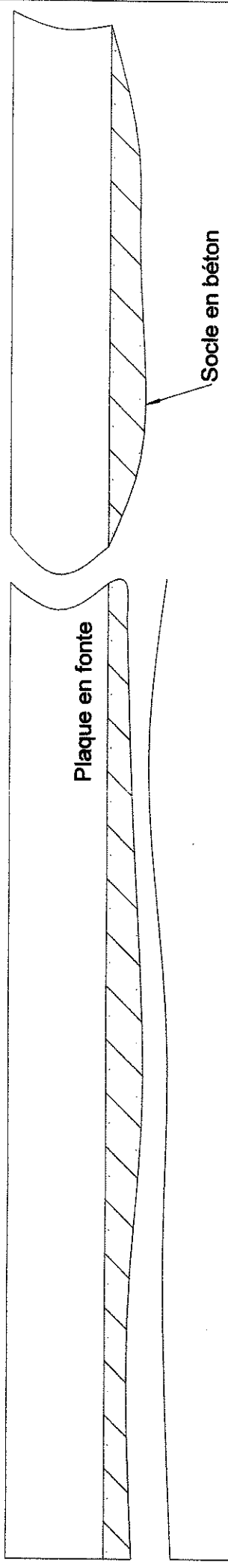
A rendre obligatoirement en fin d'épreuve

A	B	C	T
---	---	---	---

Concours banque PT
 Sciences Industrielles II
 Construction Mécanique

134V Cadres réservés

Levier coulissant (7)



N° :
 Prénom :
 NOM :
 Centre d'examen :
 Cadre réservé

Concours Banque PT
 Sciences Industrielles II
 Construction Mécanique

Calque 2 Echelle 1:1
 A rendre obligatoirement en fin d'épreuve

A	B	C	T
---	---	---	---

Cadres réservés

B34V

