

## Epreuve de Sciences Industrielles II

Durée : 6h00

### Ce sujet est composé de :

- 20 pages de texte, numérotées de 1 à 20 ;
- 6 pages d'annexes : annexe 1 (2 pages), annexe 2 (1 page), annexe 3 (1 page), annexe 4 (1 page) et annexe 5 (1 page) ;
- 2 feuilles format A3 pliées, imprimées recto verso, intitulées respectivement « Notice justificative 1/2 » et « Notice justificative 2/2 », à rendre en fin d'épreuve ;
- 1 feuille de papier calque format A2 vertical, pré imprimée, à rendre en fin d'épreuve.

**TOUTE AUTRE DOCUMENTATION EST INTERDITE**

### Matériel autorisé :

- tous instruments usuels du dessinateur ;
- calculatrice de poche autonome, non imprimante, non programmable, et sans documents d'accompagnement.

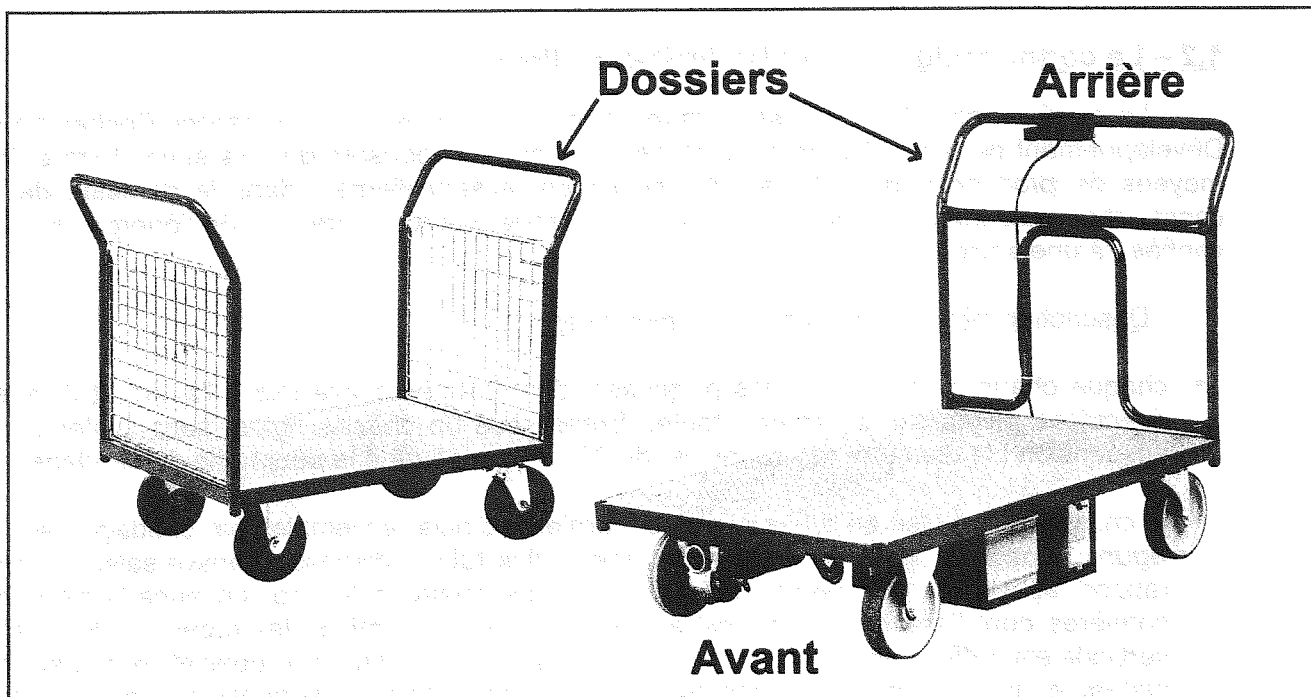


Figure 1 - Chariot manuel de manutention, à plateau simple et deux dossiers.

Figure 2 - Chariot motorisé avec un dispositif simple remplaçant une roue à axe fixe par rapport au chariot.

# ETUDE D'UN DISPOSITIF OPTIONNEL DE MOTORISATION DE CHARIOTS INDUSTRIELS

## A - Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF)

### 1 – Présentation du problème.

#### 1.1 – Le produit et son marché.

Dans les ateliers industriels de production de petites pièces ou de petits ensembles, peu encombrants et de masse modeste<sup>1</sup>, le transport de pièces ou de bacs de pièces, ou encore d'ensembles montés, peut être assuré à l'aide de chariots de manutention. Ces chariots sont dotés d'un dossier simple ou de deux dossiers (*voir fig. 1, page 1*). Les dossiers retiennent les objets transportés, et offrent surtout à l'utilisateur piéton qui marche derrière le chariot, une prise pour la conduite : poussée vers l'avant et maîtrise manuelle de la direction par poussée latérale simultanée.

Une société productrice de tels chariots propose déjà un dispositif optionnel de motorisation électrique simple, alimenté par des batteries embarquées, destiné à être : soit monté en usine, sur demande, avant expédition de chariots neufs, soit vendu en kit et monté plus tard par le client, en transformation de chariots existants et précédemment manuels (*voir fig. 2, page 1*). Ce dispositif simple vient remplacer une roue fixe et n'assure donc qu'une motorisation unilatérale. Il n'assiste l'utilisateur que très partiellement dans ses manœuvres de changement de direction du chariot.

La société envisage de proposer à ses clients un dispositif haut de gamme, plus complet et plus performant, assurant la motorisation bilatérale des chariots, et susceptible d'assister l'utilisateur pour les changements de direction. Cette société estime pouvoir vendre environ 1 000 dispositifs nouveaux par an, sur chariots neufs ou en kits de modification.

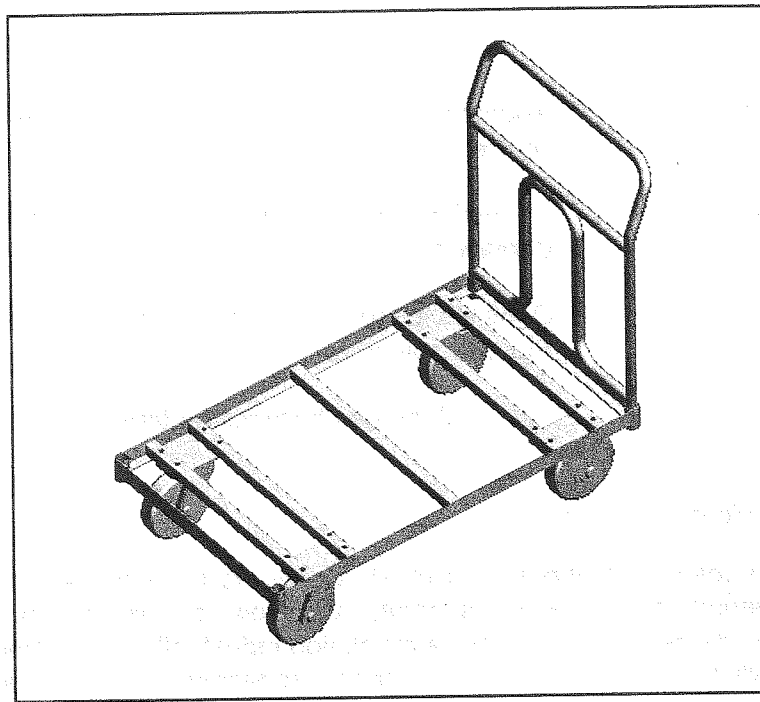
#### 1.2 – Le contexte du projet et les limites de l'étude.

Le candidat admettra qu'il assure la fonction de concepteur dans le service Recherche et Développement de la société productrice des chariots. Il supposera que les savoir-faire et les moyens de production de cette société se situent essentiellement dans le domaine de la construction mécanique, et que les parties commande, source et gestion de l'énergie, seront confiées à une société partenaire.

##### Description générale des chariots à motoriser :

- chaque chariot possède 4 roues porteuses, dont 2 roues à axe fixe à l'avant et 2 roues directrices pivotantes à l'arrière, toutes fixées sous un châssis rigide, sans système de suspension ; le diamètre des roues est de 200 mm, mesuré à la périphérie du bandage ;
- le châssis est réalisé en tubes carrés et cornières d'acier assemblés par soudage ; sur la *figure 3, page 3*, on peut observer le réseau des tubes, disposés transversalement par rapport au chariot ; ce réseau est bordé sur les quatre côtés par un encadrement en cornières dont l'aile horizontale est soudée sous les extrémités des tubes, et dont l'aile verticale est suffisamment haute pour couvrir à la fois la hauteur des tubes et l'épaisseur du plateau en bois d'épaisseur 11 mm fixé sur ce châssis ; on retrouvera ces éléments dans le *cadre A du calque pré imprimé* ; c'est sous deux tubes transversaux parallèles situés à l'avant du chariot que sont fixées les deux roues à axes fixes par rapport au chariot ;

<sup>1</sup> Jusqu'à quelques décimètres cubes et quelques kilogrammes.



**Figure 3 - Châssis d'un chariot à motoriser.**

- les dimensions principales du chariot sont :
  - largeur du plateau : 700 mm ;
  - longueur du plateau : 1 200 mm ;
  - hauteur de la face supérieure du plateau par rapport au sol : 280 mm ;
  - hauteur du ou des dossiers par rapport au sol : 1 050 mm ;
- la masse à vide du chariot est de : 50 kg (version la plus lourde, suivant les équipements),  
et la masse maximale transportable est de : 500 kg.

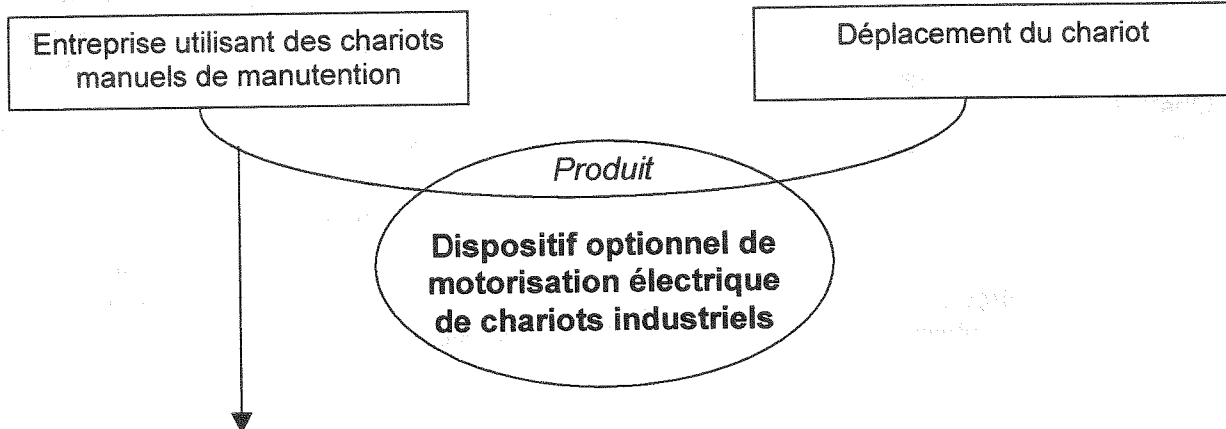
Le dispositif à concevoir est destiné à remplacer les deux roues avant à axe fixe, et comportera donc lui-même deux roues motrices à axe fixe.

## 2 – Enoncé fonctionnel du besoin.

(Présentation simplifiée)

A qui le produit rend-il service ?

Sur quoi agit-il ?



<i>Dans quel but ?</i>	Augmenter la productivité des opérateurs de manutention et de l'entreprise.
<i>Pourquoi ?</i>	La pénibilité de la poussée tout en conduisant le chariot ralentit le déplacement et rend plus incertaine la trajectoire effective.
<i>Où ?</i>	Dans les locaux industriels : bureaux ou ateliers. Sur des sols durs.
<i>Quand ?</i>	Tout au long des horaires de travail.

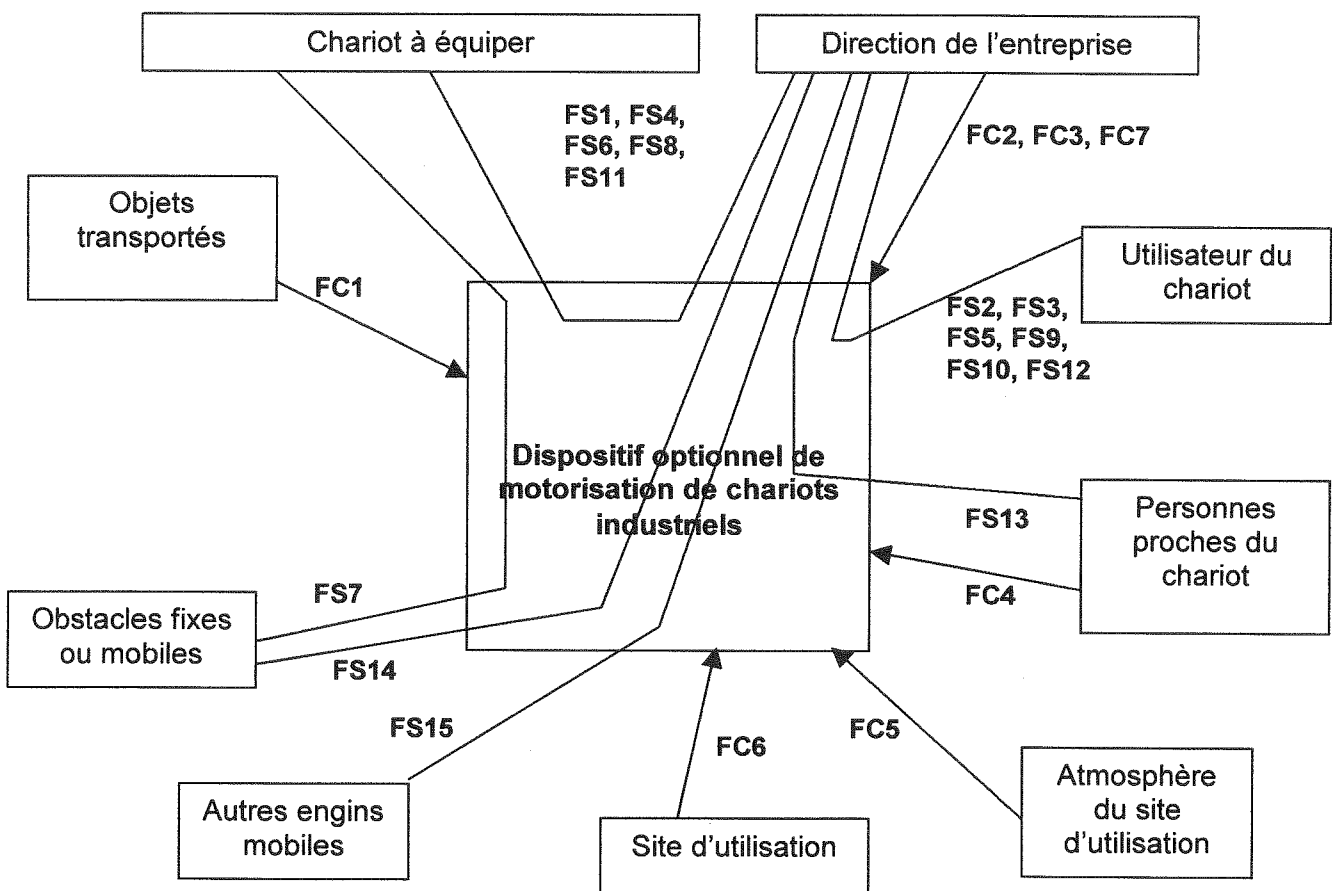
Situations de vie considérées.

Parmi toutes les situations du cycle de vie du produit, il ne sera considéré que la situation de fonctionnement en mode opérationnel ; toutefois, afin de couvrir une plus large part du champ des fonctions à assurer dans la résolution industrielle du problème, et par simplification, il lui a été adjoint quelques autres fonctions apparaissant dans d'autres situations de vie, comme celles de fonctionnement en mode dégradé ou de réparation après panne.

**3 – Etude de la situation de fonctionnement normal.**

*(Présentation simplifiée)*

**3.1 - Graphe des interacteurs.**



### 3.2 – Enoncé des fonctions de service et des contraintes.

Remarque : le produit analysé est le dispositif de motorisation seul, et non le chariot motorisé dans son ensemble.

- FS 1 Mouvoir le chariot à plat ou en rampe.
- FS 2 Assister l'utilisateur dans la poussée du chariot.
- FS 3 Assister l'utilisateur dans le freinage du chariot.
- FS 4 Mouvoir le chariot dans les deux sens de marche.
- FS 5 Assister l'utilisateur dans le pilotage de la direction du chariot.
- FS 6 Permettre la poussée en mode manuel en cas de manque d'énergie.
- FS 7 Faire franchir au chariot de petits obstacles en relief.
- FS 8 S'intégrer sous le chariot existant.
- FS 9 Pouvoir être piloté par un personnel peu qualifié.
- FS 10 Limiter l'utilisation du chariot au personnel autorisé.
- FS 11 S'intégrer à l'esthétique du chariot.
- FS 12 Ne pas présenter un danger énergétique pour l'utilisateur.
- FS 13 Ne pas être dangereux pour les personnes proches du chariot.
- FS 14 Résister aux chocs du chariot heurtant des obstacles.
- FS 15 Résister aux chocs du chariot heurté par d'autres engins mobiles.

- FC 1 Conserver l'horizontalité et la stabilité du plateau du chariot par rapport à la version non motorisée.
- FC 2 Fonctionner en autonomie entre deux approvisionnements en énergie électrique.
- FC 3 Fonctionner sans panne.
- FC 4 Emettre peu de bruit.
- FC 5 Résister aux agressions atmosphériques.
- FC 6 Respecter le site d'utilisation.
- FC 7 Permettre de maintenir le chariot opérationnel sans appel à des services spécialisés.

Remarque : le freinage de stationnement du chariot, qui n'était pas assuré par les roues à axe fixe non motorisées, n'est pas davantage attendu des roues motorisées.

### 3.3 - Caractérisation des fonctions.

Fonctions	Critères	Niveaux	Flexibilité
FS 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Masse maximale transportée (dispositif de motorisation inclus).</li> <li>▪ Pente maximale à monter ou à descendre.</li> <li>▪ Vitesse nominale de roulage à charge maximale, en ligne droite, sur sol lisse, horizontal, ou en pente (montée ou descente).</li> <li>▪ Accélération maximale au démarrage à charge maximale, en montée à pente maximale.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 500 kg.</li> <li>▪ 2 %.</li> <li>▪ <math>3 \pm 1</math> km/h, soit environ <math>0,84 \pm 0,28</math> ms<sup>-1</sup>.</li> <li>▪ 0,20 ms<sup>-2</sup>.</li> </ul>	
FS 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Action manuelle de l'utilisateur dans la direction du mouvement, à charge maximale, à vitesse maximale, en ligne droite, sur sol horizontal lisse.</li> <li>▪ <i>idem</i>, en montée à pente maximale.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ≤ 10 N par main.</li> <li>▪ ≤ 30 N par main.</li> </ul>	

FS 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Action manuelle de l'utilisateur en sens contraire du mouvement, en descente à pente maximale, à charge maximale.</li> <li>▪ <i>idem</i>, en freinage pour l'arrêt.</li> <li>▪ distance d'arrêt du chariot portant la charge maximale, à partir de la vitesse nominale, sur sol horizontal, ou en pente (montée ou descente).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <math>\leq 30</math> N par main.</li> <li>▪ <math>\leq 50</math> N par main.</li> <li>▪ <math>\leq 1</math> m.</li> </ul>	
FS 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Comparaison des performances dans les deux sens de mouvement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Identiques.</li> </ul>	
FS 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Action manuelle latérale exercée par l'utilisateur, pour la charge maximale, sur sol horizontal lisse, à la vitesse nominale, pour un rayon de braquage de 2 m.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <math>\leq 40</math> N pour les deux mains.</li> </ul>	
FS 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Efforts maximaux exercés par l'opérateur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Les mêmes que pour le chariot non motorisé + 30 N.</li> </ul>	
FS 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Garde au sol (distance au sol des éléments les plus bas du dispositif autres que les roues).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 20 mm mini.</li> </ul>	
FS 8	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Modification du volume transporté.</li> <li>▪ Modification du châssis.</li> <li>▪ Modification du plateau.</li> <li>▪ Utilisation des fixations des roues enlevées.</li> <li>▪ Dépassement du dispositif par rapport aux bords du plateau.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Non.</li> <li>▪ Non.</li> <li>▪ Non.</li> <li>▪ Oui.</li> <li>▪ Non.</li> </ul>	
FS 9	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Durée d'apprentissage.</li> <li>▪ Latéralisation de l'utilisateur (droitier, gaucher).</li> <li>▪ Posture de l'utilisateur.</li> <li>▪ Distance de lisibilité par l'utilisateur des affichages et des pictogrammes.</li> <li>▪ Distance de visibilité des voyants.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <math>\leq 30</math> min.</li> <li>▪ Indifférente.</li> <li>▪ Identique à celle adoptée pour le chariot non motorisé ;</li> <li>▪ <math>\geq 1</math> m.</li> <li>▪ <math>\geq 1</math> m.</li> </ul>	
FS 10	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Type de l'interrupteur de mise en service.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Contacteur à clef de sûreté.</li> </ul>	
FS 11	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Avis d'un panel d'acheteurs et d'utilisateurs potentiels.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Favorable.</li> </ul>	
FS 12	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tension maximale des sources et circuits électriques embarqués.</li> <li>▪ Classe d'isolation des parties des circuits à raccorder au réseau.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 24 V.</li> <li>▪ Réseau 230 V AC / 50 Hz,</li> <li>▪ Classe 2 selon NF C 15-100.</li> </ul>	
FS 13	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Signal visuel d'approche.</li> <li>▪ Signal sonore d'approche.</li> <li>▪ Formes vives du dispositif.</li> <li>▪ Possibilité de contact de parties corporelles ou de vêtements avec des parties tournantes autres que les roues.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lumière clignotante visible à 10 m.</li> <li>▪ Pression acoustique du signal <math>\geq 80</math> dBA à 5 m.</li> <li>▪ Non.</li> <li>▪ Non.</li> </ul>	
FS 14	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bon fonctionnement du dispositif de motorisation après un certain nombre de chocs du chariot à charge maximale contre un mur massif à la vitesse nominale.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 200 chocs frontaux, + 200 chocs sur angle, à 45°, à 3 km/h.</li> </ul>	

FS 15	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bon fonctionnement du dispositif de motorisation après un certain nombre de heurts, du chariot à charge maximale par un autre chariot à charge maximale, à vitesse nominale, dans une direction quelconque (frontale, avant ou arrière, latérale).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 200 chocs frontaux, + 200 chocs latéraux, masse totale roulante de chacun des deux chariots : 550 kg.</li> </ul>	
FC 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Diamètre des roues.</li> <li>▪ Hauteur du plateau par rapport au sol.</li> <li>▪ Distance entre axes des roues avant et arrière (empattement).</li> <li>▪ Distance entre plans médians des roues avant (voie).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 200 mm (inchangé).</li> <li>▪ 280 mm (inchangé).</li> <li>▪ 950 mm (inchangé).</li> <li>▪ 540 mm (inchangé).</li> </ul>	
FC 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Autonomie de roulage du chariot à pleine charge sur sol horizontal lisse, à vitesse nominale, avant décharge de la batterie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 120 h.</li> </ul>	
FC 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Temps moyen avant première défaillance.</li> <li>▪ Nombre de cycles de démarrages et d'arrêts avant panne.</li> <li>▪ Nombre d'inversions brutales du sens de marche avant panne.</li> <li>▪ Durée de roulage continu sans arrêt n'entraînant pas d'anomalies.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 2 ans, à 8 h / jour, 250 j / an.</li> <li>▪ 250 000 cycles.</li> <li>▪ 50 000 inversions.</li> <li>▪ 8 h.</li> </ul>	
FC 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pression acoustique au démarrage, au roulage ou au freinage.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ≤ 60 dBA à 1 m.</li> </ul>	
FC 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Protection à l'eau.</li> <li>▪ Protection contre les poussières.</li> <li>▪ Corrosion au bout de 1 000 h d'exposition à l'air humide à 80 % à 30 °C.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Etanchéité au ruissellement d'eau.</li> <li>▪ Etanchéité totale pour poussières de taille ≥ 1 µm.</li> <li>▪ Non.</li> </ul>	
FC 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Traces de roues sur les sols, au démarrage, au roulage rectiligne ou en courbe, au freinage.</li> <li>▪ Traces de corps gras tombés du chariot.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aucune trace visible, même en pleine lumière.</li> <li>▪ Aucune.</li> </ul>	
FC 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Modularité des parties du dispositif.</li> <li>▪ Démontabilité des liaisons.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Totale.</li> <li>▪ Un seul opérateur et outillage courant.</li> </ul>	

## B - Etude de conception en construction mécanique

### 1 – Présentation du travail à rendre.

***Les réponses seront fournies uniquement sur les trois 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 une heure trente minutes à la réponse aux questions de la notice et trois heures trente minutes au tracé des dessins.

#### 1.1 – Notice justificative.

Fournir les réponses sur les deux documents respectivement intitulés « Notice justificative 1/2 » et « Notice justificative 2/2 », de format A3 horizontal, pré imprimés recto verso, qui sont joints au sujet. Les réponses y seront rédigées dans les limites des cadres prévus pour chaque question. ***Les réponses sur feuilles de copies 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 appréciée.

#### 1.2 – Dessin d'étude de construction mécanique.

Ce travail est à réaliser sur le calque pré imprimé de format A2 vertical qui est joint au sujet. Le dessin est 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 : premier groupe de questions.

***Attention ! Les deux groupes de questions sont indépendants (premier groupe dans le présent paragraphe 2 et second groupe dans le paragraphe 4 ci-après). Il est fortement conseillé de ne pas consacrer plus de 35 minutes aux questions du premier groupe.***

#### 2.1 – Analyse d'architecture.

Le cadre R1 de la notice justificative 1/2 contient 4 schémas d'architecture possibles pour la motorisation d'un chariot :

- **schéma 1** : deux roues motrices solidaires d'un arbre commun entraîné par un motoréducteur unique ;



- **schéma 2** : une roue motrice solidaire de l'arbre entraîné par un motoréducteur unique, et une seconde roue, folle sur l'arbre (schéma proche de celui de la solution déjà réalisée présentée par la figure 2, page 1) ;
- **schéma 3** : deux roues motrices, chacune solidaire d'un arbre, chaque arbre étant entraîné par un motoréducteur indépendant ;
- **schéma 4** : deux roues motrices, chacune solidaire d'un arbre, ces deux arbres étant entraînés par un motoréducteur unique à deux sorties, via deux embrayages.

On peut remarquer que d'autres solutions sont possibles, comme celle faisant intervenir un différentiel ; dans un souci d'allègement de l'étude, elles ne seront pas considérées.

**Q1** - Indiquez brièvement, en regard de chaque schéma du **cadre R1**, les avantages et inconvénients qu'il présente selon vous, et les principales fonctions qu'il ne satisfait pas.

- Choix pour la suite** :
- le schéma retenu sera le schéma 4 ;
  - les roues rendues motrices sont celles situées à l'avant dans le sens usuel d'usage du chariot, et qui restent à axe fixe, les roues directrices étant à l'arrière pour la commodité de la conduite.

## 2.2 – Choix du motoréducteur.

- Hypothèses** :
- le chariot roule suivant une trajectoire rectiligne ;
  - le chariot gravit une montée de pente nominale 2 % ;
  - les deux roues avant sont motrices ;
  - le chariot transporte la masse maximale ;
  - il a été choisi une gamme de moteurs à courant continu à fréquence nominale de rotation de 2 000 tr/min ;
  - l'inertie propre des roues, de la transmission et du moteur sera négligée devant celle du chariot et des objets transportés.

### 2.2.1 – Choix du réducteur.

**Q2** - Quel doit être le rapport de réduction « k » du réducteur<sup>1</sup> pour obtenir la vitesse nominale de roulage à la fréquence nominale de rotation du moteur ? Inscrire votre réponse justifiée dans le **cadre R2** de la **notice justificative 1/2**.

**Choix pour la suite** : Pour des raisons d'approvisionnement, on retient une réduction de vitesse entre le moteur et la roue motrice réalisée par un **système roue et vis sans fin** (voir fig. 4 ci-après), de rapport  $k = 25$  (valeur différente de la réponse à la question Q2).

### 2.2.2 - Choix du moteur.

- Hypothèses** :
- celles du début du paragraphe 2.2, ainsi que les quatre ci-après :
  - il sera admis que le réducteur a un rendement  $\eta = 0,45$  ;

<sup>1</sup> Ce rapport de réduction sera défini comme le rapport de la vitesse d'entrée à la vitesse de sortie :  $k = \omega_e / \omega_s$ .

- il sera également admis que la répartition de la charge sur les roues du chariot présente une symétrie par rapport au plan longitudinal médian de ce chariot ;
- on notera «  $I_1$  » et «  $I_2$  » les points d'application des glisseurs définissant les actions exercées par le plan incliné du sol sur la périphérie des roues, et on notera «  $F_1$  » et «  $F_2$  » les normes de ces glisseurs ; on notera «  $\theta_1$  » et «  $\theta_2$  » les angles repérant les directions des actions de contact du sol sur les roues par rapport aux normales en  $I_1$  et  $I_2$  au plan incliné du sol ;
- on négligera le frottement dans les guidages en rotation des roues ;
- la résistance au roulement des roues sur le sol sera modélisée par leur paramètre de résistance au roulement noté «  $\delta$  ».

**Q3** - Dans le cadre R3 de la notice justificative 1/2, isoler une des roues directrices.

Mettre en place graphiquement :

- 1°) l'action de contact du sol sur la roue ;
- 2°) l'action du châssis sur l'axe de la roue ;
- 3°) le paramètre de roulement «  $\delta$  ».

**N.B.** On s'attachera à la clarté plus qu'au strict respect des valeurs exactes.

**Q4** - Dans le cadre R4 de la notice justificative 1/2, isoler une des roues motrices.

A - Mettre en place graphiquement :

- 1°) l'action de contact du sol sur la roue ;
- 2°) le couple d'entraînement  $C_r$  de la roue quand celle-ci gravit la pente ;
- 3°) l'action du châssis sur l'axe de la roue ;
- 4°) le paramètre de roulement «  $\delta$  », qui sera supposé égal à celui des roues directrices.

B – Définir sur cette figure le non glissement de la roue sur le sol.

**N.B.** On respectera approximativement les directions des actions, et exactement leur sens.

**Q5** - On considère une situation de démarrage du chariot dans une montée de pente 2 %, avec une accélération de  $0,2 \text{ ms}^{-2}$ . Pour déterminer le couple que doit délivrer le moteur :

- 1°) Isoler l'ensemble du chariot (châssis et charge transportée, roues, transmission et moteur) ; sur la figure du cadre R5 de la notice justificative 1/2, mettre en place les actions de contact du sol sur les roues, ainsi que les actions de pesanteur et les quantités d'accélération au centre d'inertie du chariot.
- 2°) Appliquer les théorèmes appropriés de la Mécanique en s'appuyant sur le paramétrage proposés sur la figure du cadre R5 et exprimer littéralement les équations nécessaires pour déterminer les actions aux contacts des roues sur le plan incliné du sol.
- 3°) Appliquer les théorèmes appropriés de la Mécanique pour déterminer, littéralement puis numériquement, le couple d'entraînement  $C_{RM}$  des roues motrices. Il sera pris  $\delta = 1 \text{ mm}$ .

- 4°) En déduire l'expression littérale et la valeur numérique du couple  $C_m$  à fournir par le moteur.

### 3 – Bilan des principes de solutions proposés.

#### 3.1 – Architecture générale.

Pour des raisons technico-économiques, il a été retenu à la question Q1, parmi tous les principes de solutions envisageables, le schéma 4 du cadre R1, comportant deux embrayages à disques à commande électromagnétique de l'embrayage par mise sous tension. Cela laisse libre le mouvement du chariot qui est manœuvrable manuellement lorsque les embrayages ne sont pas alimentés, par exemple si la batterie est déchargée (fonction FS6).

L'implantation de la motorisation sur le chariot est définie en demi vue de face et vue de gauche sur le schéma de la figure 4 ci-dessous.

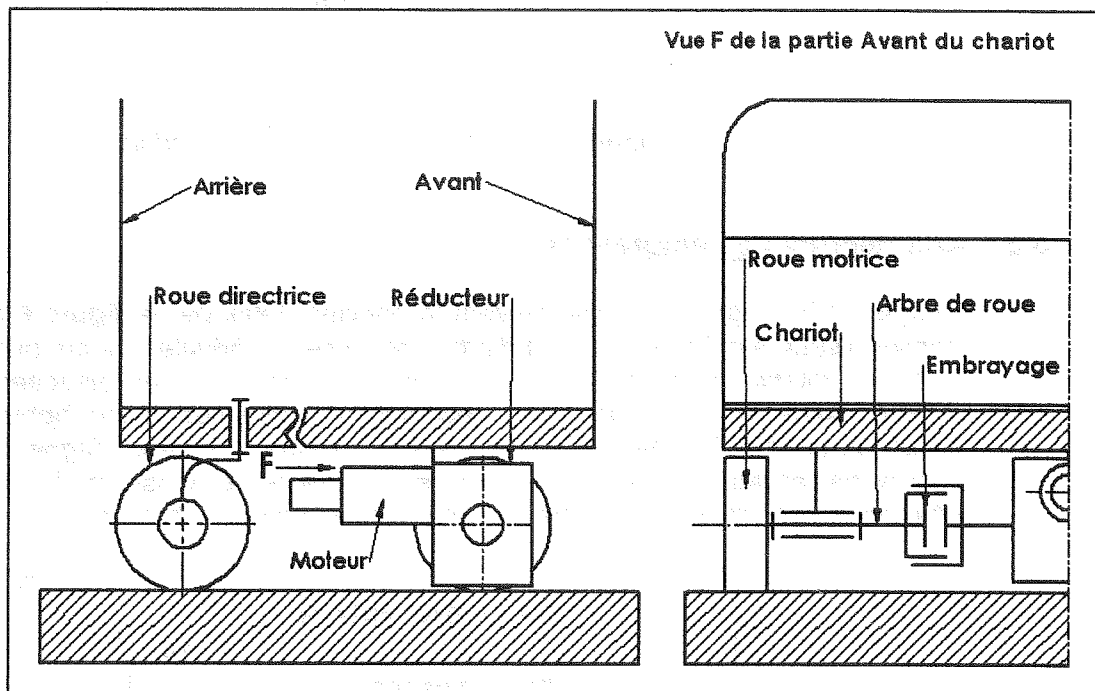


Figure 4 – Architecture générale du dispositif optionnel implanté sous un chariot.

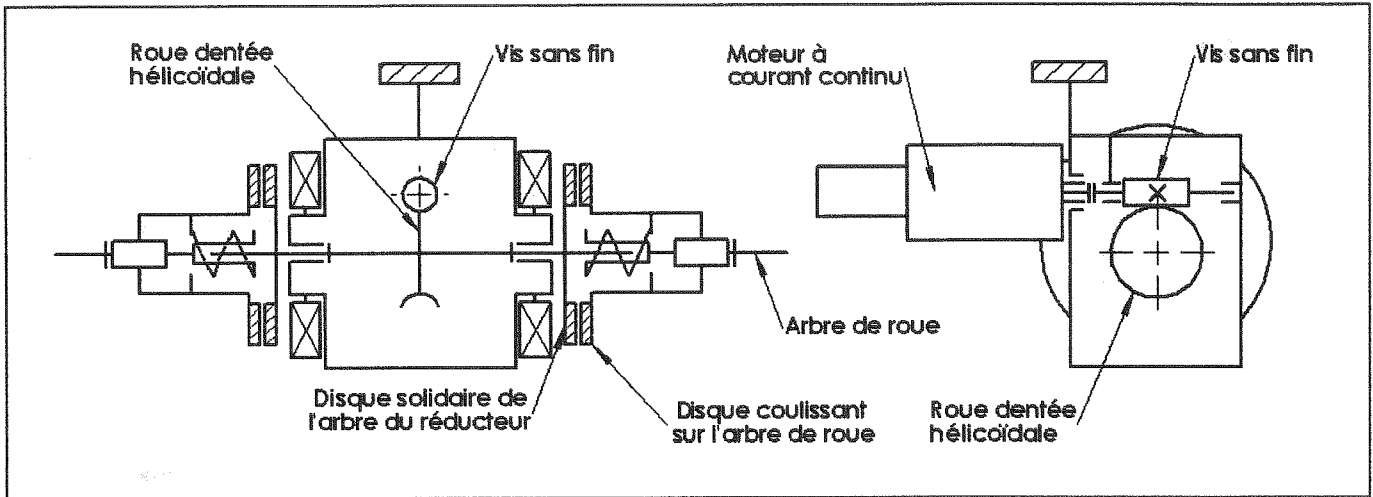
Le motoréducteur fixé sous le châssis, dans son plan de symétrie, à l'avant du chariot, est doté de deux bouts d'arbres de sortie, un vers chaque roue motrice du chariot ; de ce fait, l'axe du moteur est orthogonal à l'axe des roues motrices, et situé dans le plan de symétrie du chariot.

L'arbre de chaque roue motrice est guidé par une liaison pivot rapportée sous le châssis à l'emplacement de la roue porteuse à axe fixe non motorisée qui a été remplacée.

L'embrayage situé de chaque côté du chariot, assure la transmission de puissance entre le bout d'arbre de sortie du réducteur et l'arbre de roue correspondant.

### 3.2 – Architecture du motoréducteur.

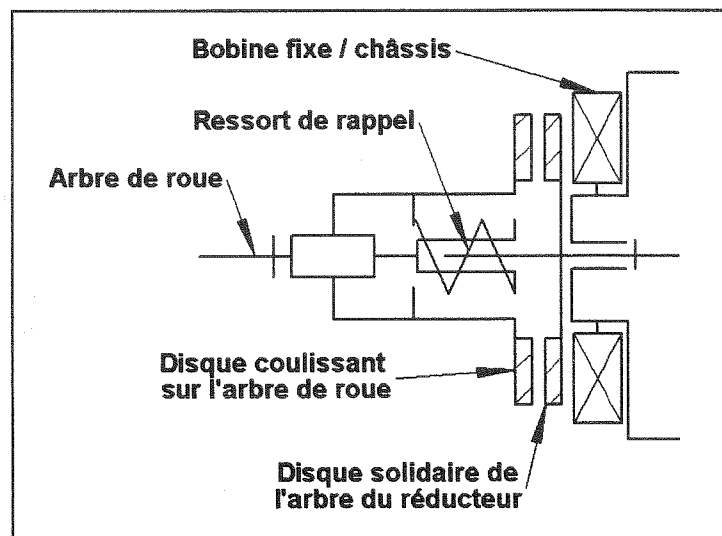
Dans le principe retenu, le moteur à courant continu entraîne directement l'arbre d'entrée d'un réducteur roue et vis sans fin à deux bouts d'arbre de sortie : voir le schéma ci-dessous **figure 5**. Ce moteur est porté par le réducteur, lui-même fixé sous le châssis du chariot.



**Figure 5 – Architecture de la motorisation.**

### 3.3 – Architecture des embrayages.

Chaque embrayage est réalisé suivant le principe défini par la **figure 6** ci-dessous. Un premier disque est fixé sur le bout d'arbre de sortie du réducteur, alors que l'autre disque est lié en rotation à l'arbre de roue de ce même côté, tout en disposant d'une courte mobilité axiale en translation. Un électroaimant, constitué d'une bobine fixée sur le réducteur, et donc fixe par rapport au châssis, produit un champ magnétique capable de plaquer par attraction le second disque sur le premier et d'assurer la transmission par adhérence mutuelle des deux disques, sans contact avec la bobine.



**Figure 6 – Architecture des embrayages.**

Sur la figure 6 ci-dessus, le jeu figuré entre les disques n'existe donc que dans la situation de non embrayage, alors que le jeu figuré entre le disque solidaire de l'arbre du réducteur et la bobine est permanent.

### 3.4 – Conditions d'utilisation de la motorisation.

Remarque préliminaire : pour chacun de ses deux sens de rotation, le moteur n'a que deux états : alimenté et non alimenté.

3.4.1 – En marche avant sur sol horizontal. (pour alléger, les situations de montée ou de descente ne seront pas évoquées)

Marche avant à vitesse constante	Etat du moteur	Etat de l'embrayage gauche (pour l'utilisateur marchant derrière le chariot)	Etat de l'embrayage droit
trajet rectiligne	alimenté	alimenté	alimenté
virage à gauche	alimenté	non alimenté	alimenté
virage à droite	alimenté	alimenté	non alimenté

Remarque sur les virages : si l'utilisateur n'agit pas manuellement sur le chariot, et en raison de l'inertie importante du chariot chargé, l'assistance motorisée ne produit spontanément que des virages à très grand rayon, ce qui n'est pas très adapté au besoin de la desserte d'un local industriel. Pour obtenir des rayons de virage plus serrés, l'utilisateur doit amorcer le mouvement tournant du chariot par une action manuelle latérale qui fera pivoter les deux roues arrières.

Dans les phases de démarrage (accélération), une carte électronique pilote automatiquement une variation de vitesse selon une rampe prédéfinie.

Dans les phases de freinage de ralentissement :

Marche avant en freinage	Etat du moteur	Etat de l'embrayage gauche (pour l'utilisateur marchant derrière le chariot)	Etat de l'embrayage droit
trajet rectiligne	alimenté avec rampe de ralentissement	alimenté	alimenté

Remarque sur ce freinage : afin d'éviter le patinage, et donc l'usure des embrayages, une rampe de vitesse décroissante est automatiquement activée lors de la commande par l'opérateur de l'arrêt du moteur, avec maintien forcé de l'alimentation pendant quelques secondes.

3.4.2 – En marche arrière.

Un tableau analogue à celui de la marche avant pourrait être établi, mais serait sans objet pour la suite de l'étude.

3.4.3 – A l'arrêt : freinage de stationnement.

La situation de freinage de ralentissement peut être entretenue à l'arrêt afin d'obtenir un freinage de stationnement, mais ce sera au prix d'une consommation énergétique non négligeable. Il est préférable de couper l'alimentation des deux embrayages et de stabiliser l'arrêt du chariot par le blocage par l'utilisateur du frein à pédale incorporé à chaque roue directrice.

## 4 – Notice justificative : seconde partie.

### 4.1 – Etude interne du réducteur.

#### 4.1.1 – Engrenage roue et vis sans fin.

Le réducteur à roue et vis sans fin participe à la réalisation des fonctions de service et des fonctions techniques suivantes :

- Transmettre le mouvement en adaptant la vitesse de rotation du moteur à la translation du chariot.
- Transmettre les efforts.
- Freiner le chariot.
- Maintenir le chariot en position d'arrêt.
- S'adapter au chariot.

La figure du cadre **R6** de la **notice justificative 1/2** présente les organes de transmission du réducteur. La vis sans fin et la roue sont guidées en rotation par le corps du réducteur. La vis est cylindrique. Le filet de la vis est en contact linéique avec la denture de la roue qui enveloppe partiellement la vis (roue dite « creuse »), ce qui donne un comportement équivalent à celui d'un demi écrou.

**Q6** - Dans le cadre **R6**, et en complétant éventuellement la figure, préciser les conditions géométriques, en terme de contraintes de position et d'orientation entre la vis et la roue qui garantissent le fonctionnement isostatique de ce système.

**Q7** - Dans le cadre **R7** de la **notice justificative 1/2**, proposer, en les justifiant, un ou deux choix de matériaux et de mode de lubrification pour la roue et la vis sans fin.

#### 4.1.2 – Guidages de la vis sans fin et de la roue.

Les figures du cadre **R10** de la **notice justificative 1/2** présentent un schéma d'architecture du réducteur. La roue est guidée par deux roulements à une rangée de billes à contact oblique, et la vis par deux roulements rigides à une rangée de billes (ce dernier guidage est représenté 4 fois).

**Q8** - Dans le cadre **R8** de la **notice justificative 1/2**, justifier le choix du type de roulements et de la disposition utilisée pour la réalisation des guidages de la vis sans fin et de la roue.

**Q9** - Choisir les tolérances des arbres et des alésages qui vont recevoir les bagues extérieures et intérieures des roulements. Inscire les réponses dans le tableau du cadre **R9** de la **notice justificative 1/2**.

**Q10-1** - Sur le schéma situé en bas à gauche du cadre **R10**, mettre en place les arrêts axiaux des bagues des roulements qui garantiront un fonctionnement isostatique du guidage de la roue dentée. Préciser les dispositions particulières à prévoir pour la réalisation du montage des roulements.

**Q10-2** - Sur les 4 schémas situés à droite du cadre **R10**, proposer les 4 possibilités de choix des arrêts axiaux des bagues de roulements pour assurer le guidage isostatique de la vis sans fin. Proposer le choix d'une solution, et justifier ce choix.

#### 4.1.3 – Vérification des roulements de guidage de la roue dentée.

Les deux roulements de guidage de la roue dentée sont identiques, de référence 7205 BE, et de dimensions 25 x 52 x 15. Leur fabricant fournit les valeurs suivantes :

$$\begin{aligned} C &= 15,6 \text{ kN}; & C_0 &= 10,2 \text{ kN}; & e &= 1,14; \\ P &= X.F_r + Y.F_a & & \text{avec} & & \\ & X = 1 \text{ et } Y = 0 & & \text{si } F_a / F_r \leq e, & & \\ & X = 0,35 \text{ et } Y = 0,57 & & \text{si } F_a / F_r > e; & & \\ P_0 &= X_0.F_r + Y_0.F_a & & \text{avec} & & \\ & X_0 = 0,5 \text{ et } Y_0 = 0,26 & & \text{si } P_0 \geq F_r, & & \\ & \text{sinon } P_0 = F_r. & & & & \end{aligned}$$

Il sera admis que l'étude mécanique des actions exercées ait conduit aux valeurs suivantes :

- charge radiale sur chaque roulement :  $F_{r1} = 1\,050 \text{ N}; F_{r2} = 815 \text{ N};$
- charge axiale globale sur le guidage, orientée vers la droite sur la figure du cadre R10 :  $F_a = 265 \text{ N}.$

**A partir de maintenant, les réponses sont à fournir sur la notice justificative 2/2.**

**Q11** - Calculer, dans cette situation, les charges axiales effectivement supportées par chacun des deux roulements ; les éléments de calcul et leurs explications sont à rédiger dans le cadre R11 de la notice justificative 2/2.

**Q12** - Toujours pour cette même situation, supposée s'exercer de façon permanente et correspondre à la rotation à vitesse nominale du moteur, calculer, dans le cadre R12 de la notice justificative 2/2, la durée de vie nominale en heures de chacun des roulements.

#### 4.2 – Intégration des arbres de roues dans la structure.

L'objectif est maintenant de définir l'implantation de l'ensemble de la motorisation sous le châssis du chariot. On considère le motoréducteur comme un sous-ensemble de la motorisation qu'on ne détaillera pas dans cette partie d'étude.

Les arbres de roue doivent assurer les fonctions techniques suivantes :

- en situation d'alimentation de l'embrayage :
  - transmettre un mouvement de rotation aux roues motrices ;
  - transmettre un couple.
- en situation de non alimentation de l'embrayage (roue désaccouplée du réducteur) :
  - tourner librement par rapport à l'arbre de sortie du réducteur.
- dans toutes les situations :
  - tourner librement par rapport au châssis ;
  - être adaptés aux formes des roues ;
  - être adaptés aux formes du réducteur ;
  - être adaptés aux formes de l'embrayage.

Le schéma cinématique minimal de la **figure 7** ci-après décrit une solution possible d'implantation de la transmission.

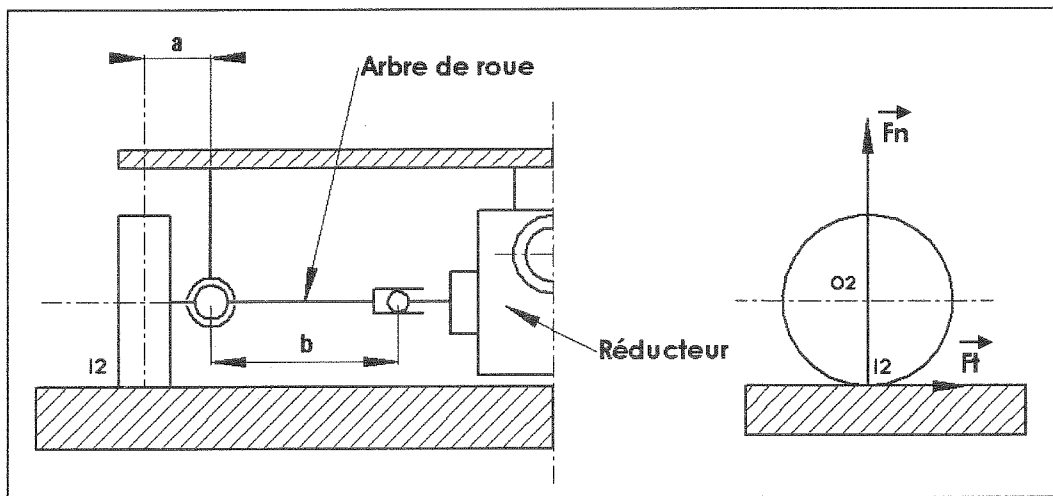
Mais avant de procéder à la mise en place graphique des solutions techniques qui réaliseront cette intégration, il faut encore procéder à un premier dimensionnement de divers éléments.

### 4.3 – Prédétermination des éléments de guidage et de transmission.

Les caractéristiques du motoréducteur sont :

- fréquence nominale de rotation du moteur : 2 000 tr/min ;
- puissance nominale délivrée par le moteur : 400 W ;
- couple maximal délivré par le moteur au démarrage : 5 N.m ;
- rapport de réduction du réducteur : 25 ;
- possibilité de rotation du moteur, et donc des arbres de roues, dans les deux sens ;
- réducteur irréversible ;
- rendement du réducteur : 0,45.

Sur la **figure 7** ci-dessous, on admettra que les actions du sol sur la roue sont modélisées par la force  $\vec{F}$  appliquée au centre  $I_2$  de l'aire effective du contact roue sur sol, de projections  $\vec{F}_n$  et  $\vec{F}_t$ . On considère que le moteur fournit le couple maximal qu'il est susceptible de fournir.



**Figure 7** – Schéma cinématique minimal d'une solution d'implantation de la transmission vers une roue motrice.

#### 4.3.1 – Analyse de la fonction « transmettre le couple » (embrayage alimenté).

**Q13** – Quelles sont les sollicitations supportées par l'arbre de roue ? Rédiger la réponse dans le cadre **R13** de la **notice justificative 2/2**.

**Q14** – Dans le cadre **R14**, proposer une valeur du paramètre de position « a » qui permette de diminuer certaines des sollicitations dans l'arbre de roue. On admettra que les roues du chariot ont une largeur de 50 mm.



**Q15** – Déterminer en ne considérant que la transmission de couple, le diamètre minimal de l'arbre de roue. Ce calcul sera rédigé dans le cadre **R15**. Il sera admis que pour le matériau de l'arbre, les contraintes normales et de cisaillement admissibles valent respectivement 200 MPa et 100 MPa.

**Q16** – La liaison entre l'arbre de roue et la roue motrice utilise une clavette parallèle. Rédiger dans le cadre **R16**, la méthode proposée pour le dimensionnement de cette clavette.

#### 4.3.2 – Analyse de la fonction « tourner librement par rapport à l'arbre de sortie du réducteur » (embrayage non alimenté).

La liaison linéaire annulaire de l'arbre de roue avec le bout d'arbre de sortie du réducteur est réalisée par un coussinet lisse (voir l'extrait de documentation fourni en **annexe 1**).

Pour les questions de ce paragraphe, on admettra les choix suivants des paramètres de position :

$$a = 100 \text{ mm} \quad \text{et} \quad b = 350 \text{ mm},$$

et un diamètre d'arbre de roue dans la région du coussinet approximativement compris entre 10 et 15 mm.

Rappel : lorsque l'embrayage n'est pas alimenté, l'arbre de roue tourne librement par rapport au châssis et par rapport au bout d'arbre de sortie du réducteur.

La situation la plus défavorable pour la résistance du guidage local correspond à une manœuvre de pivotement du chariot autour de la roue libérée. Dans ce cas la projection sur son axe de la vitesse angulaire de l'arbre de roue par rapport au châssis est nulle.

**Q17** – Calculer alors la vitesse angulaire relative entre l'arbre de sortie du réducteur et l'arbre de roue. Réponse à rédiger dans le cadre **R17** de la notice justificative.

**Q18** – Pour les valeurs de  $a$  et  $b$  fournies ci-dessus, et en admettant que la roue motrice considérée supporte effectivement un quart de la masse totale du chariot chargé au maximum, rédiger dans le cadre **R18** le calcul de l'effort sur le coussinet.

**Q19** – En utilisant la documentation fournie en **annexe 1**, choisir un coussinet et calculer sa durée de vie prévisionnelle en admettant que les conditions extrêmes des questions précédentes soient représentatives des conditions de service courantes de ce coussinet. Cette réponse sera rédigée dans le cadre **R19** de la notice justificative.

#### 4.4 – Etude de la fabrication d'une pièce.

Le document fourni en **annexe 2** représente un extrait de la documentation du constructeur des roues pivotantes qui équipent le chariot ainsi que le dessin de définition d'un corps de chape pivotante formant support de roue.

**Q20** - Caractériser le matériau de ce corps de chape pivotante et définir son procédé de mise en œuvre. Justifier le choix du procédé et du matériau. Rédiger les réponses dans le cadre **R20** de la **notice justificative 2/2**.

**Q21** - Rédiger dans le cadre **R21** de la **notice justificative 2/2** votre interprétation des spécifications géométriques figurant sur le dessin de définition du corps de chape.

**Q22** - En utilisant l'extrait de norme relatif aux intervalles de tolérances fourni en **annexe 3**, calculer, dans le cadre **R22** de la **notice justificative**, les valeurs minimales et maximales du diamètre des portées de roulements du corps de chape pivotante.

**Q23** - Le brut de la pièce étant obtenu par moulage, mettre en place dans le cadre **R23** de la **notice justificative 2/2** :

- les formes de la pièce brute de fonderie ;
- la position de la ou des attaques de coulées ;
- la position du plan de joint ;
- les formes du ou des noyaux ;
- les positions des événements éventuels.

## **5 – Dessin d'étude de construction mécanique.**

Le candidat s'appuiera sur l'analyse technologique développée précédemment, sur les différents documents fournis, en particulier le dessin d'architecture locale du châssis du chariot (**calque A2 vertical pré imprimé**), les vues à l'échelle du moteur et du roulement de guidage de roue (**annexe 4**), la documentation sur l'embrayage retenu (**annexe 5**), ainsi que sur sa propre culture technologique (estimations, ordres de grandeurs, etc.).

Dans cette partie, il n'est demandé aucun développement rédigé, ni qualitatifs, ni quantitatifs.

L'étude porte sur l'intégration du système de motorisation sur le châssis de chariot.

Les dessins seront réalisés sur le **calque pré imprimé de format A2 vertical** qui comporte trois cadres, repérés A, B et C.

### **Etude 1 : Conception du motoréducteur roue et vis sans fin (cadre B)**

L'étude porte sur la réalisation des fonctions techniques suivantes :

- guider l'arbre de la vis ;
- guider l'arbre de la roue dentée ;
- accoupler l'arbre de vis avec celui du moteur (le dessin à l'échelle 1:1 du moteur est fourni en **annexe 4**) ;
- réaliser le « carter » : supporter l'ensemble des éléments du motoréducteur et des fonctions associées ;
- fixer le moteur sur le carter du réducteur ;
- lier le carter du réducteur au châssis.

Pour ce dernier point, il sera admis qu'il est possible de percer dans les tubes carrés du châssis des trous analogues à ceux déjà percés pour la liaison des roues, et qu'il est à la rigueur possible de percer de nouveaux trous dans le plateau en bois qui en présentait déjà. En revanche, rien ne doit dépasser de la surface supérieure de celui-ci.

## Etude 2 : Intégration de l'embrayage (cadre B)

Le type d'embrayage utilisé et ses conditions d'utilisation sont précisés en **annexe 4**. Cette annexe précise également le modèle à utiliser, dont le volant rigide et le volant porte disque sont livrés non percés, non alésés.

Le volant rigide du modèle à utiliser est représenté complètement, dans son état de livraison, sur le dessin en coupe du modèle utilisé fourni en **annexe 4** ; il est également représenté partiellement sur le **calque pré imprimé de format A2**.

Le volant porte disque figure sur l'écorché de l'**annexe 4**, mais n'est pas représenté sur le dessin en coupe du modèle utilisé fourni par cette même annexe 4 ; Il est en revanche représenté partiellement sur le **calque pré imprimé de format A2**.

L'étude porte sur la réalisation des fonctions suivantes :

- transmettre la puissance par embrayage de l'arbre de sortie du réducteur à l'arbre de roue ;
- lier le volant rigide à l'arbre de sortie du réducteur ;
- lier le volant porte disque à l'arbre de roue ;
- lier par une liaison linéaire annulaire lisse l'arbre de roue à l'arbre de sortie du réducteur.

Pour le dernier point, il est rappelé que la **page 2/2 de l'annexe 1** fournit la table des dimensions possibles des coussinets lisses du type retenu.

## Etude 3 : Conception du guidage de la roue motrice (cadre A)

L'étude porte sur la réalisation des fonctions suivantes :

- lier la roue à l'arbre de roue par une liaison de type « encastrement » ;
- lier par une liaison de type « rotule » l'arbre de roue avec le palier, en utilisant le roulement à rotule sur deux rangées de billes défini à l'échelle 1:1 à l'**annexe 4** ;
- fixer le palier sous le châssis du chariot en s'adaptant aux formes existantes : fixation des anciennes roues par 4 trous percés  $\varnothing 13$  mm écartés de 65 mm dans le plan de coupe B-B et de 140 mm dans la direction orthogonale.

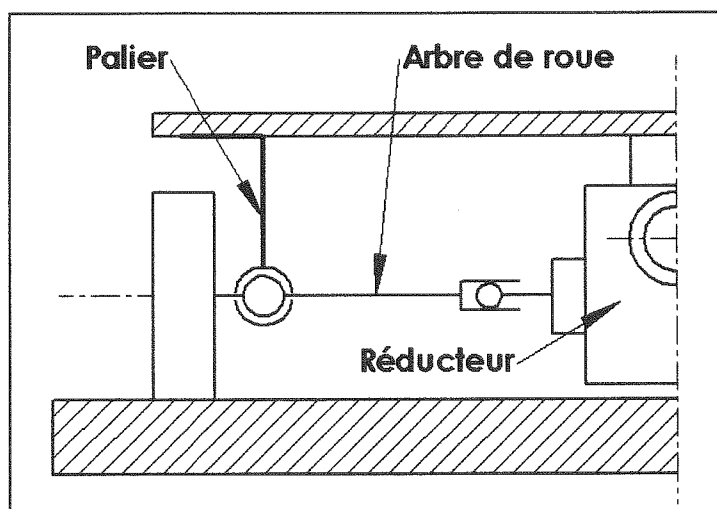


Figure 8 – Architecture du palier de l'arbre de roue.

#### **Etude 4 : Conception tridimensionnelle de l'adaptation de la transmission sur le châssis. (cadre C)**

A main levée et au crayon, dessiner en perspective cavalière les formes générales du palier support de roue défini dans l'étude 3. Le candidat choisira un point de vue permettant la mise en évidence au mieux des formes principales et des surfaces fonctionnelles de la pièce. Les détails de forme tels que les arrondis ou congés de raccordement ne seront pas représentés.



## Coussinets lisses

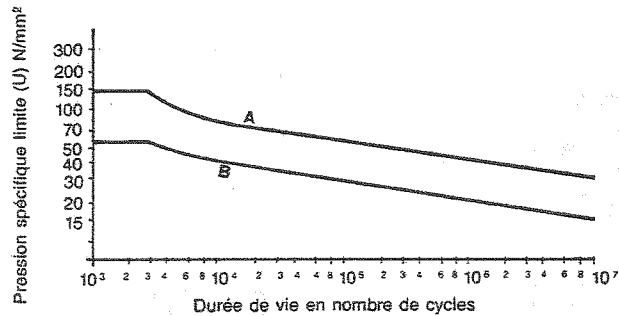
1/2

## DU Données techniques

**Pression spécifique limite**

Bien que le DU puisse supporter des pressions spécifiques jusqu'à 250 N/mm<sup>2</sup>, il est recommandé que les pressions maximales n'excèdent pas les valeurs indiquées dans le schéma ci-contre.

(Rappel : la pression spécifique est calculée en divisant la charge appliquée par la surface projetée du palier qui pour une bague est le produit longueur x diamètre).



Valeurs maximales de la pression spécifique limite pour conditions spécifiées ci-dessus :

- A - Charge permanente avec mouvement d'oscillation
- B - Charge dynamique (rotative, alternative ou fluctuante)

**PV limite**

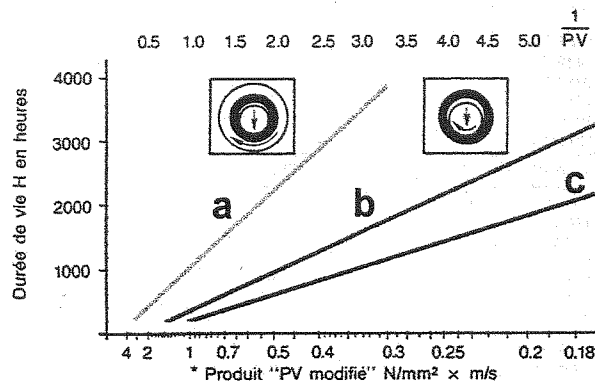
Les performances des paliers à sec dépendent du facteur PV qui est le produit pression spécifique x vitesse relative de glissement. (La vitesse est déterminée à partir de la vitesse de rotation et du diamètre du palier).

En régime continu, nous conseillons de limiter les produits pression x vitesse (PV) aux valeurs suivantes :

- 0,8 N/mm<sup>2</sup> x m/s pour bague diam. 16
- 0,4 N/mm<sup>2</sup> x m/s pour bague diam. 30
- 0,3 N/mm<sup>2</sup> x m/s pour bague diam. 50
- 0,2 N/mm<sup>2</sup> x m/s pour bague diam. 100

**Durée de vie**

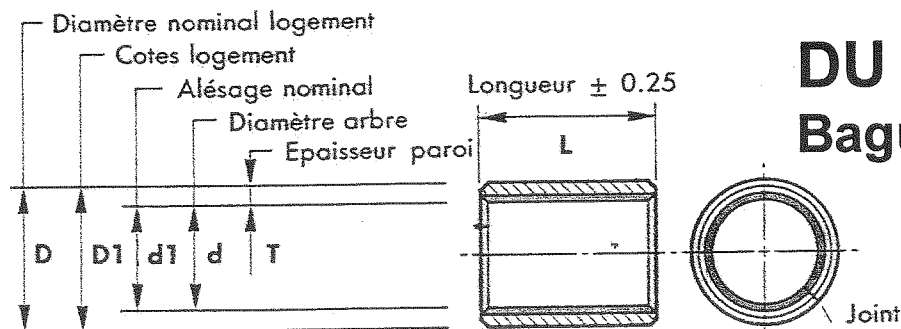
La relation de base entre le produit PV et la durée de vie du palier est présentée sous forme graphique ci-contre. Les valeurs indiquées sont valables pour un palier fonctionnant dans de bonnes conditions de dissipation calorifique avec une qualité d'arbre correcte.



Relation de base entre produit PV et durée de vie pour différents types de paliers DU.

- Nota : pour matériaux DP
- durée de vie  $H^* = \frac{H}{6}$
- a** - Charge rotative par rapport à la bague
  - b** - Charge de direction fixe par rapport à la bague
  - c** - Rondelle de butée

# Annexe 1



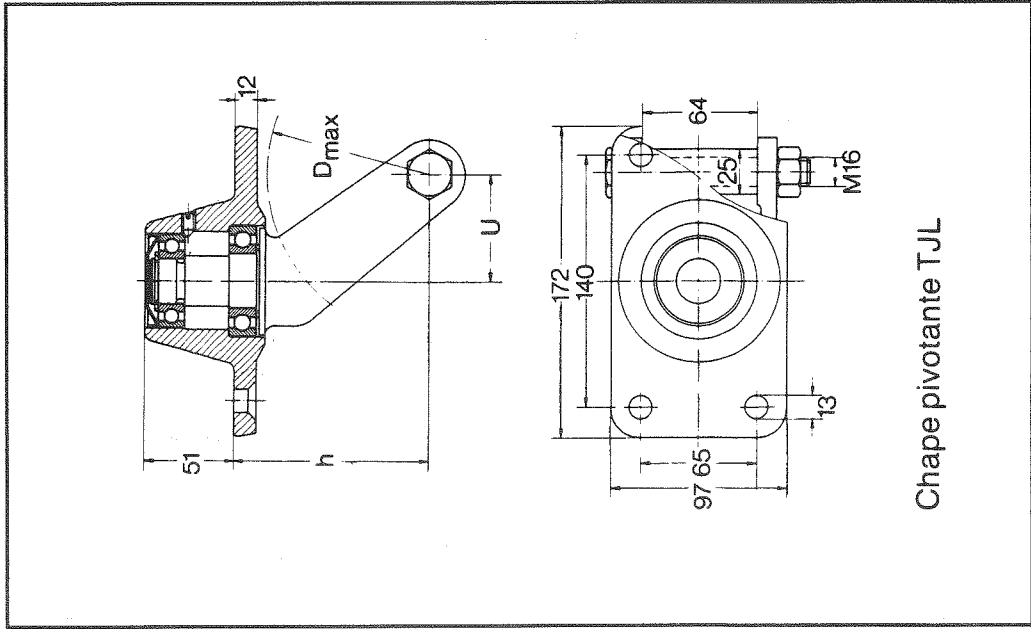
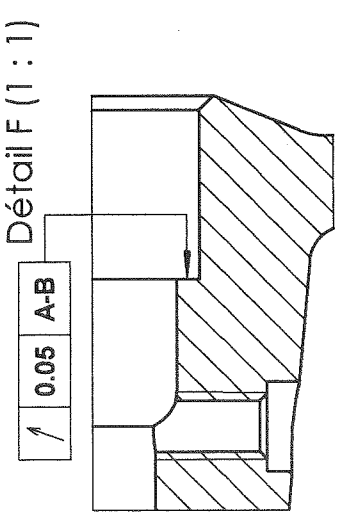
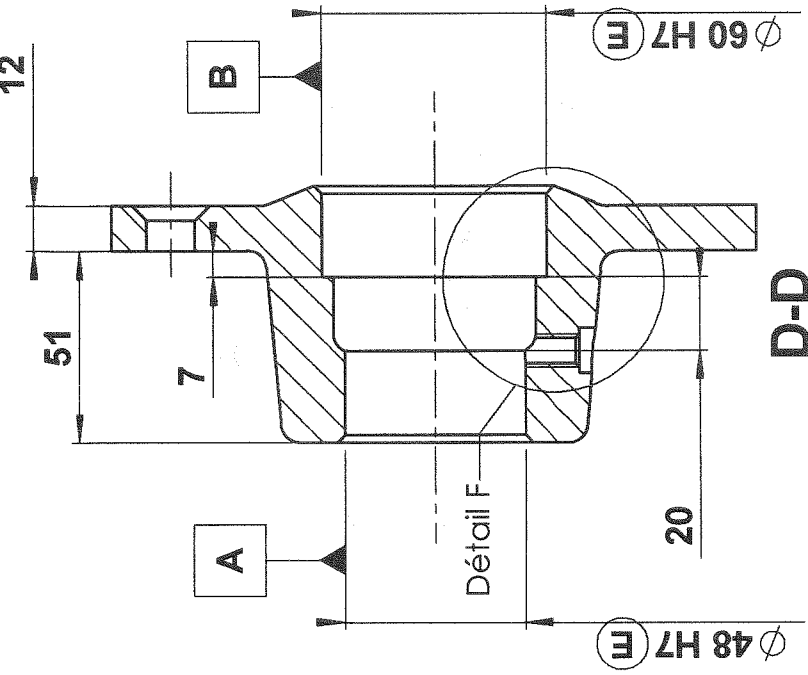
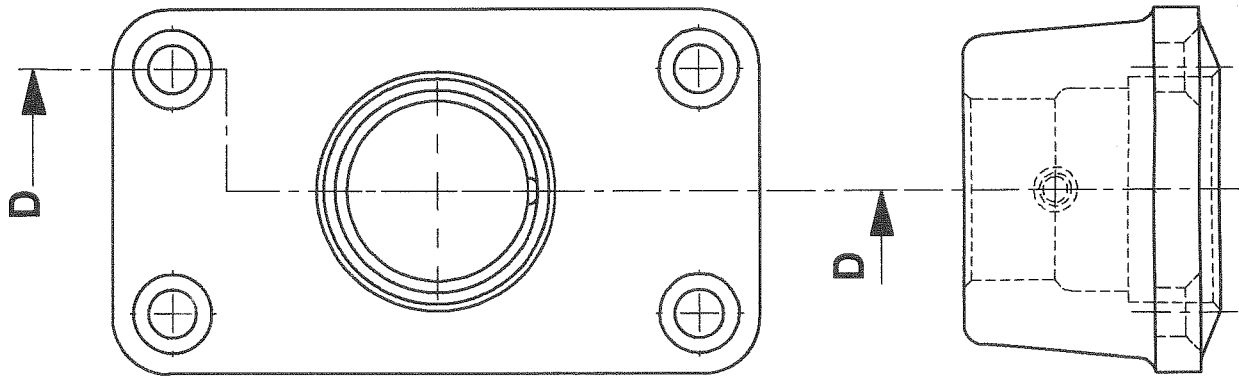
## DU

### Bagues cylindriques

Nous recommandons les tolérances arbres et logement indiquées dans le tableau afin d'obtenir des jeux de fonctionnement convénables. (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	4,000	5,500	
MB 0406 DU	4	5,5	6	3,992	5,508	
MB 0410 DU	4	5,5	10			
MB 0505 DU	5	7	5	4,990	7,000	1,005 0,980
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	
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			
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			
MB 1210 DU	12	14	10			
MB 1212 DU	12	14	12	11,984	14,000	
MB 1215 DU	12	14	15	11,966	14,018	
MB 1220 DU	12	14	20			
MB 1225 DU	12	14	25			
MB 1310 DU	13	15	10	12,984	15,000	
MB 1320 DU	13	15	20	12,966	15,018	
MB 1405 DU	14	16	5			
MB 1410 DU	14	16	10			
MB 1412 DU	14	16	12	13,984	16,000	
MB 1415 DU	14	16	15	13,966	16,018	
MB 1420 DU	14	16	20			
MB 1425 DU	14	16	25			
MB 1510 DU	15	17	10			
MB 1512 DU	15	17	12	14,984	17,000	
MB 1515 DU	15	17	15	14,966	17,018	
MB 1520 DU	15	17	20			
MB 1525 DU	15	17	25			
MB 1610 DU	16	18	10			
MB 1612 DU	16	18	12			
MB 1615 DU	16	18	15	15,984	18,000	
MB 1620 DU	16	18	20	15,966	18,018	
MB 1625 DU	16	18	25			
MB 1720 DU	17	19	20	16,984 16,966	19,000 19,021	
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			
MB 2015 DU	20	23	15			
MB 2020 DU	20	23	20	19,980	23,000	
MB 2025 DU	20	23	25	19,959	23,021	
MB 2030 DU	20	23	30			

	dia int. d1	dia ext. D	long. L	dia arbre d	cote logement D1	épaisseur paroi T
MB 2215 DU	22	25	15			1,505 1,475
MB 2220 DU	22	25	20	21,980	25,000	
MB 2225 DU	22	25	25	21,959	25,021	
MB 2230 DU	22	25	30			
MB 2415 DU	24	27	15			1,505 1,475
MB 2420 DU	24	27	20	23,980	27,000	
MB 2425 DU	24	27	25	23,959	27,021	
MB 2430 DU	24	27	30			
MB 2515 DU	25	28	15			2,005 1,970
MB 2520 DU	25	28	20			
MB 2525 DU	25	28	25	24,980	28,000	
MB 2530 DU	25	28	30	24,959	28,021	
MB 2550 DU	25	28	50			
MB 2815 DU	28	32	15			2,005 1,970
MB 2820 DU	28	32	20	27,980	32,000	
MB 2825 DU	28	32	25	27,959	32,025	
MB 2830 DU	28	32	30			
MB 3015 DU	30	34	15			
MB 3020 DU	30	34	20			
MB 3025 DU	30	34	25	29,980	34,000	
MB 3030 DU	30	34	30	29,959	34,025	
MB 3040 DU	30	34	40			
MB 3220 DU	32	36	20			
MB 3230 DU	32	36	30	31,975	36,000	
MB 3240 DU	32	36	40	31,950	36,025	
MB 3520 DU	35	39	20			
MB 3530 DU	35	39	30			
MB 3535 DU	35	39	35	34,975	39,000	
MB 3540 DU	35	39	40	34,950	39,025	
MB 3550 DU	35	39	50			
MB 3720 DU	37	41	20	36,975 36,950	41,000 41,025	
MB 4020 DU	40	44	20			
MB 4030 DU	40	44	30	39,975	44,000	
MB 4040 DU	40	44	40	39,950	44,025	
MB 4050 DU	40	44	50			
MB 4520 DU	45	50	20			
MB 4530 DU	45	50	30			
MB 4540 DU	45	50	40	44,975	50,000	
MB 4545 DU	45	50	45	44,950	50,025	
MB 4550 DU	45	50	50			
MB 5020 DU	50	55	20			
MB 5030 DU	50	55	30			
MB 5040 DU	50	55	40	49,975	55,000	
MB 5050 DU	50	55	50	49,950	55,030	
MB 5060 DU	50	55	60			
MB 5520 DU	55	60	20			
MB 5525 DU	55	60	25			
MB 5530 DU	55	60	30			
MB 5540 DU	55	60	40	54,970	60,000	
MB 5550 DU	55	60	50	54,940	60,030	
MB 5555 DU	55	60	55			
MB 5560 DU	55	60	60			
MB 6020 DU	60	65	20			
MB 6030 DU	60	65	30			
MB 6040 DU	60	65	40	59,970	65,000	
MB 6060 DU	60	65	60	59,940	65,030	
MB 6070 DU	60	65	70			
MB 6530 DU	65	70	30			
MB 6550 DU	65	70	50	64,970	70,000	
MB 6570 DU	65	70	70	64,940	70,030	



Chape pivotante TJL

**Annexe 2 1/1 Corps de chape pivotante**

Matériau : EN GJS 400-15

**Annexe 3**

**Intervalles de tolérance normalisés**

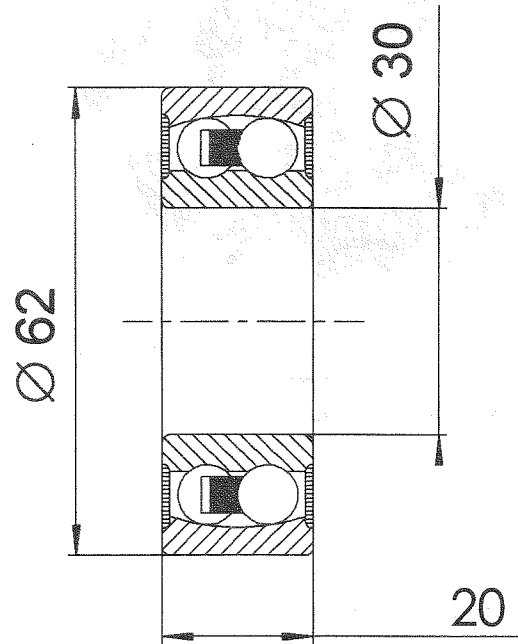
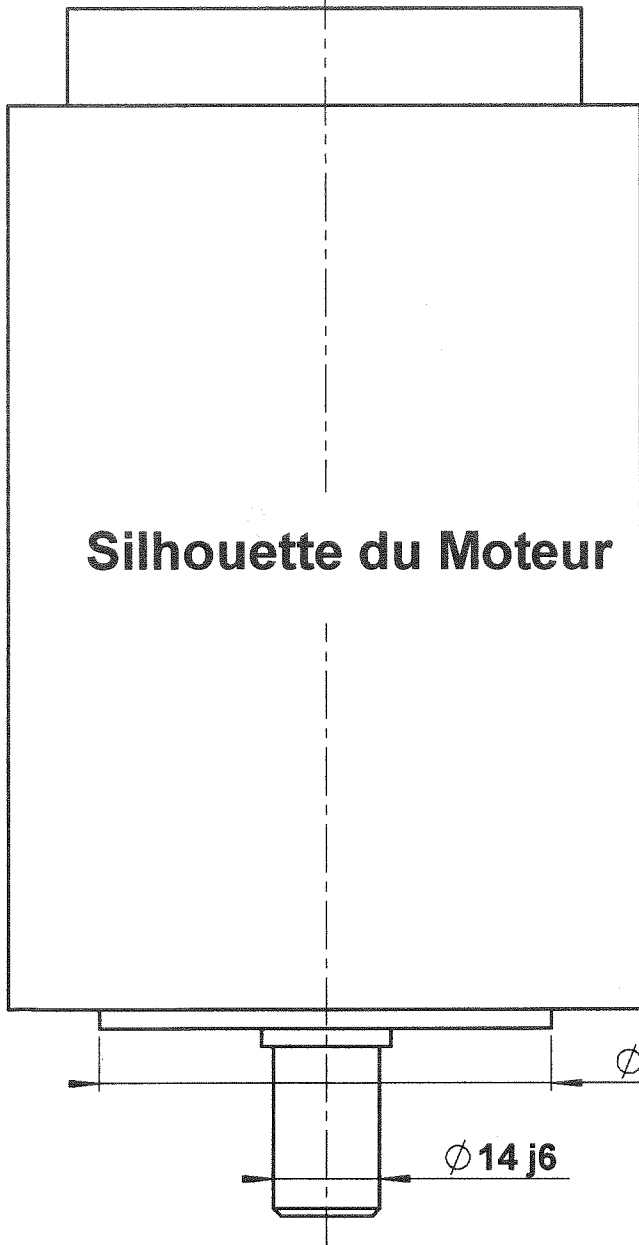
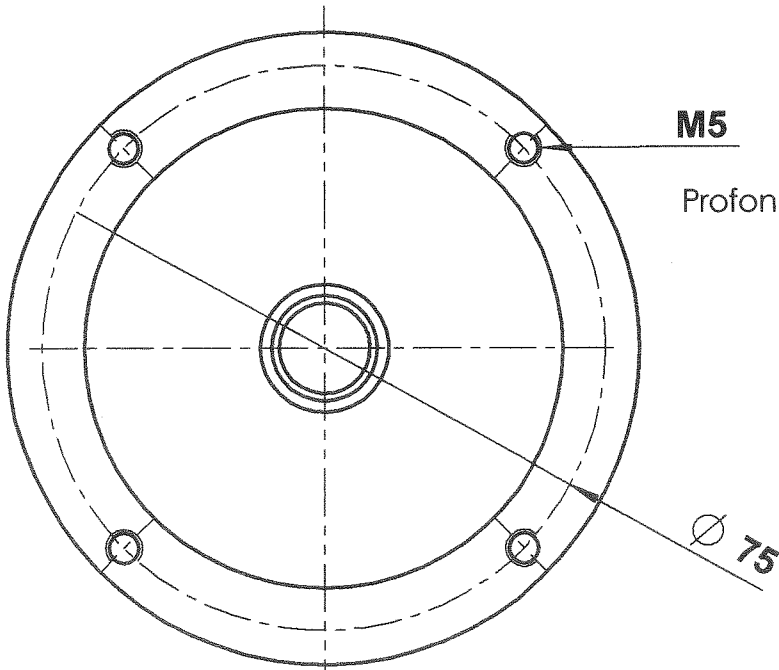
Extrait de NF EN ISO 20286-1

Tolérances fondamentales en  $\mu\text{m}$

Dimensions nominales en mm		Degrés de tolérance normalisés								
Au-dessus de	Jusqu'à et y compris	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12
-	3	3	4	6	10	14	25	40	60	100
3	6	4	5	8	12	18	30	48	75	120
6	10	4	6	9	15	22	36	58	90	150
10	18	5	8	11	18	27	43	70	110	180
18	30	6	9	13	21	33	52	84	130	210
30	50	7	11	16	25	39	62	100	160	250
50	80	8	13	19	30	46	74	120	190	300
80	120	10	15	22	35	54	87	140	220	350
120	180	12	18	25	40	63	100	160	250	400
180	250	14	20	29	46	72	115	185	290	460



51HK3



Roulement à rotule sur billes  
2206E-2RS1

Moteur et roulement de guidage  
de l'arbre de roue

Echelle 1:1

## Annexe 5

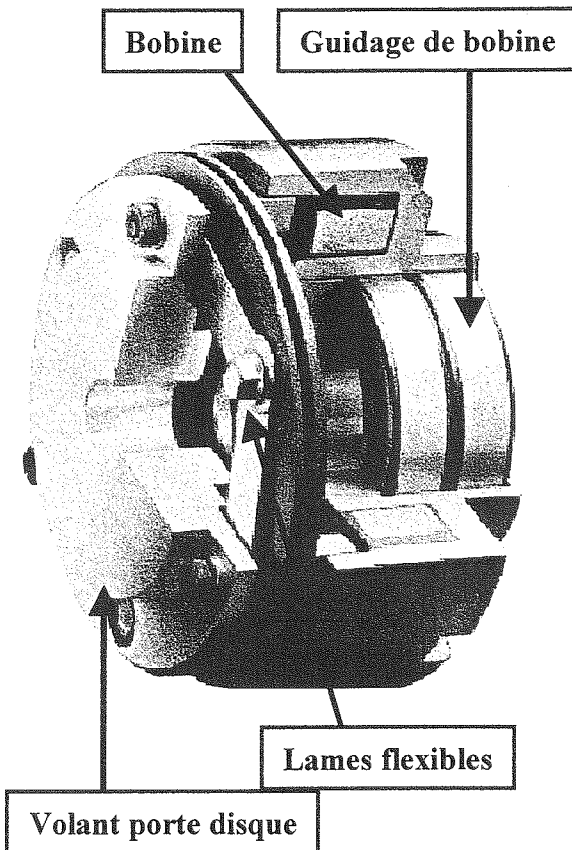
1/1

### Embrayage mono-disque par mise sous tension

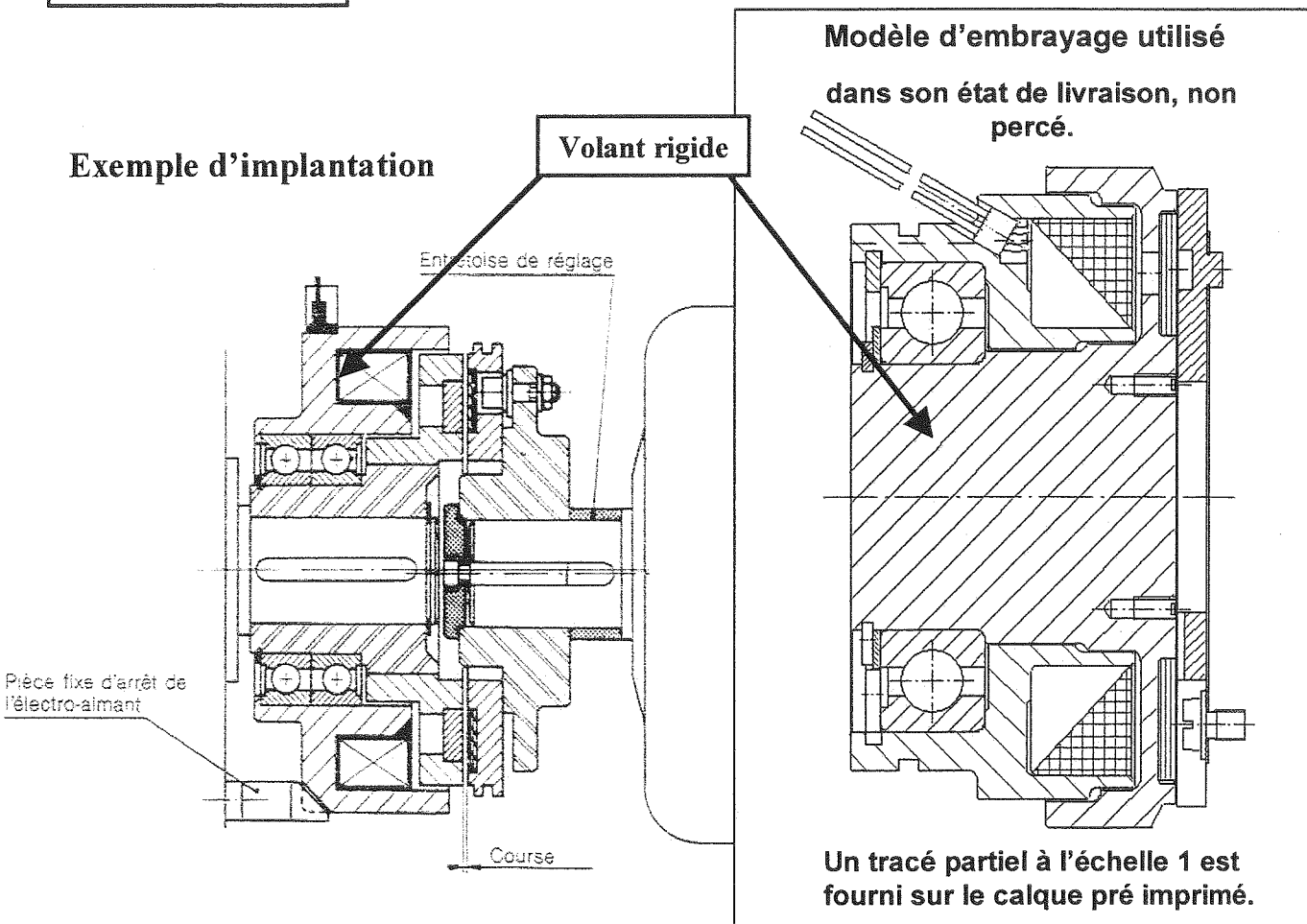
L'embrayage est composé de trois modules :

- un volant rigide ;
- un électroaimant constitué d'une bobine montée en liaison pivot sur le volant rigide et à maintenir fixe par rapport au bâti ;
- un volant porte disque constitué d'une embase rigide et du disque liés entre eux par des lames flexibles qui permettent un rappel du disque lorsque la bobine n'est pas alimentée.

Ces embrayages sont modulaires et peuvent être livrés semi-finis (non percés et non alésés) de manière à faciliter leur intégration dans un mécanisme.

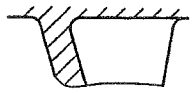
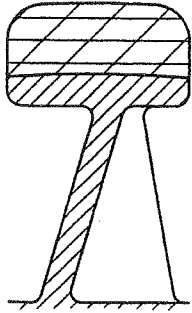
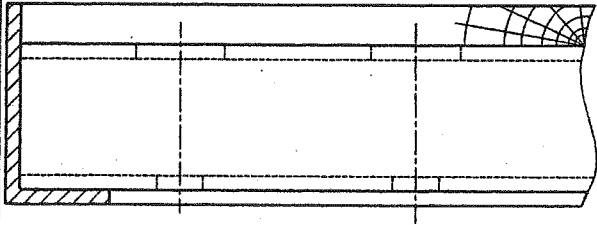


### Exemple d'implantation

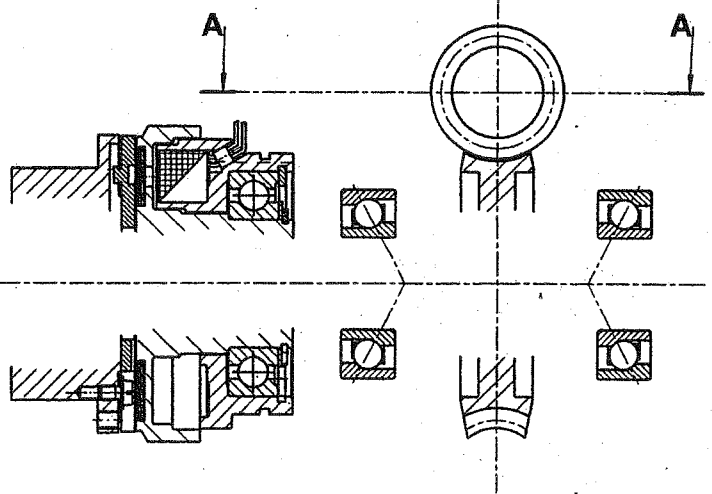
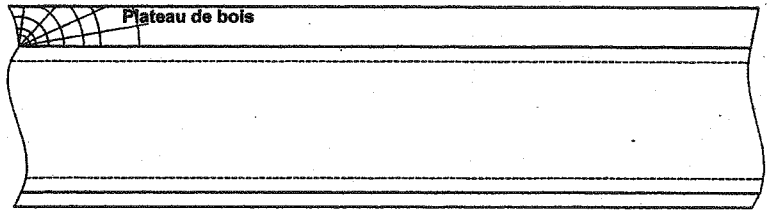


**CADRE A**  
Implantation de la roue motrice

**B-B**



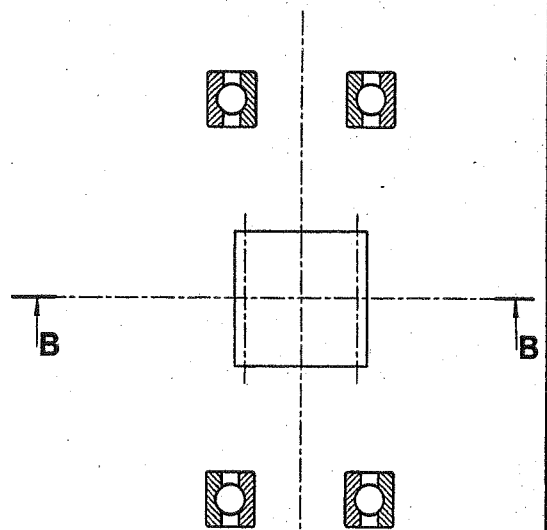
**B-B**



**CADRE B**  
Implantation de la transmission

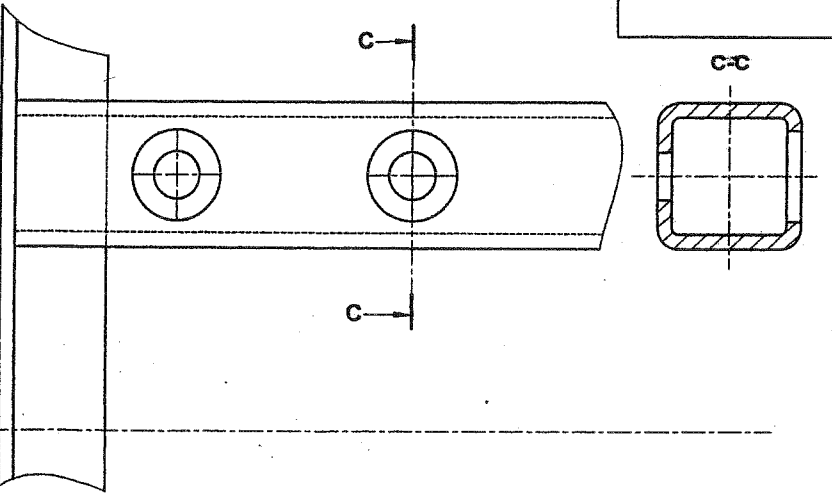
Implantation de la transmission

**A-A**



**CADRE C**  
Perspective cavalière du palier support de roue

Perspective cavalière du palier support de roue



Zone de mise en place du moteur

Cadre réservé

A	B	C		T

51HK3  
Cadre réservé

Concours Banque PT  
sciences industrielles II  
Construction mécanique  
Centre d'examen : .....  
NOM : .....  
Prénom : .....  
N : .....

NOM : .....

Prénom : .....

Centre d'examen : .....

N° d'inscription : .....

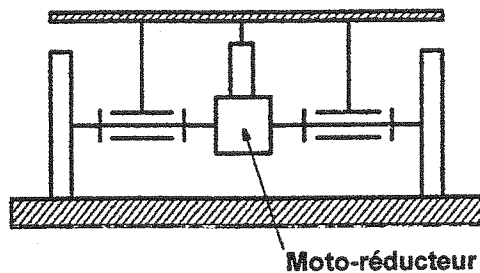
Ne rien écrire dans ce cadre

**R1**

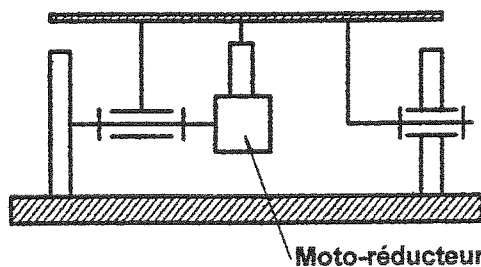
Avantages :

Inconvénients :

**Architecture 1**



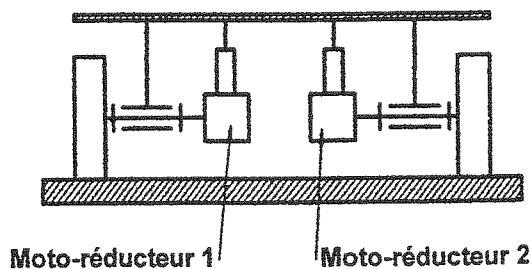
**Architecture 2**



Avantages :

Inconvénients :

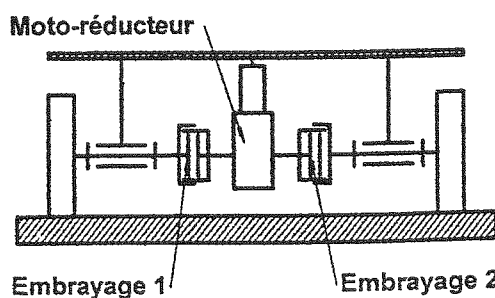
**Architecture 3**



Avantages :

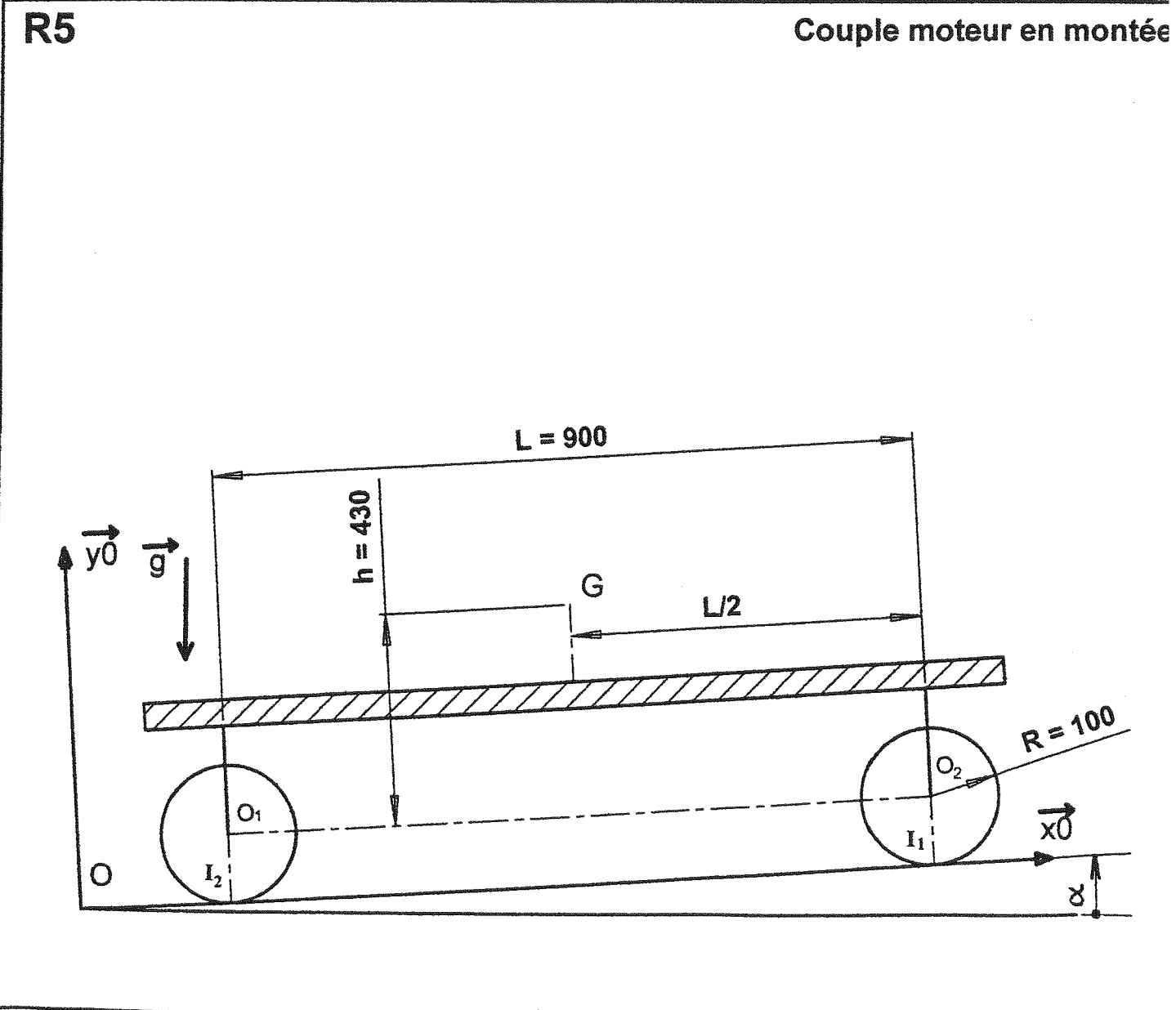
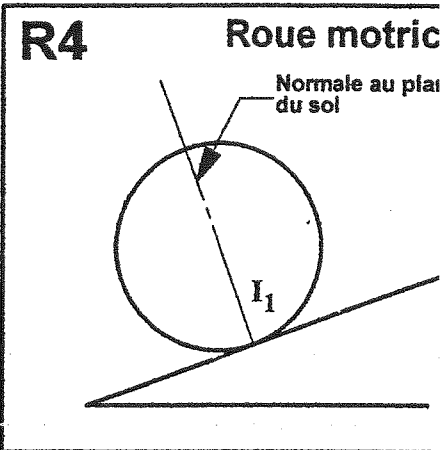
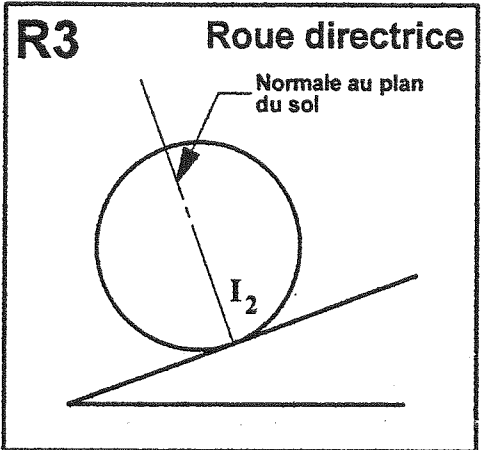
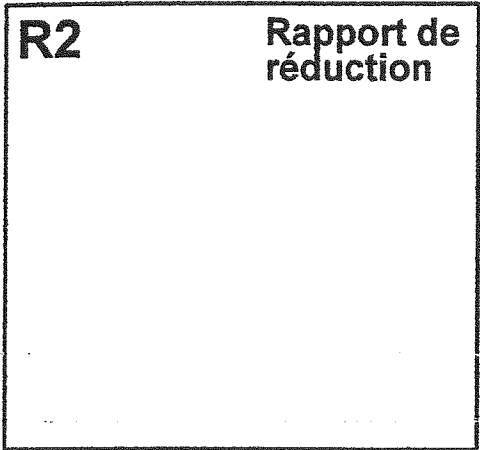
Inconvénients :

**Architecture 4**



Avantages :

Inconvénients :

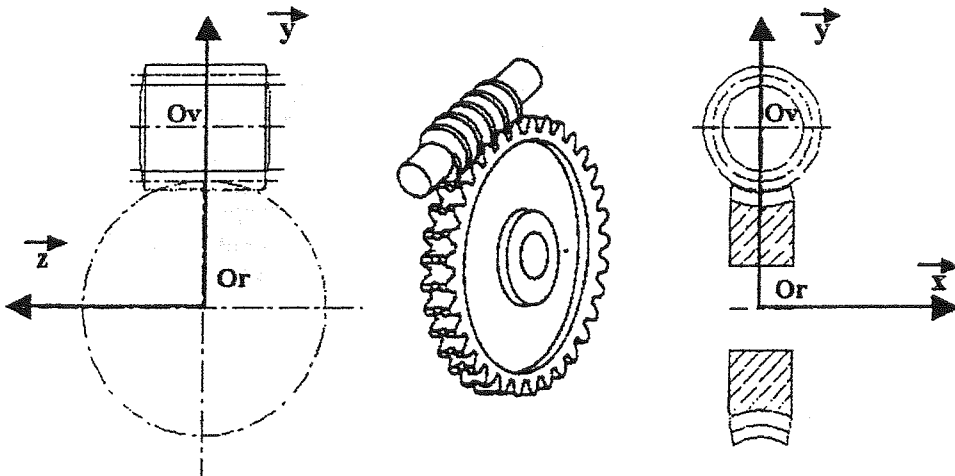


**R7****Matériaux et lubrification**

Matériau de la vis sans fin	Matériau de la roue dentée	Lubrification	Justification

**R9****Tolérances pour le montage des roulements**

Guidage	Pièce recevant les bagues	Tolérance	Justification
Vis sans fin	arbre		
	alésage		
Roue	arbre		
	alésage		

**R6****Isostatisme**

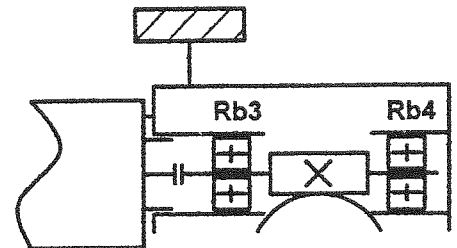
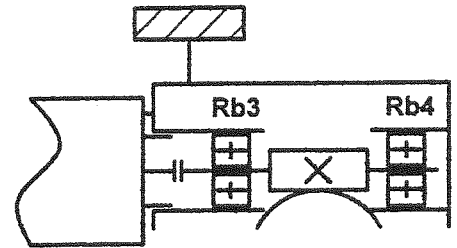
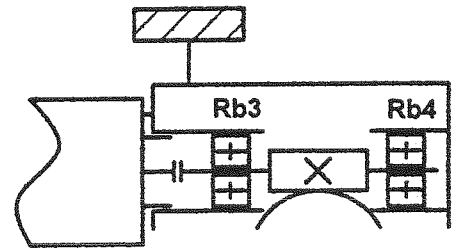
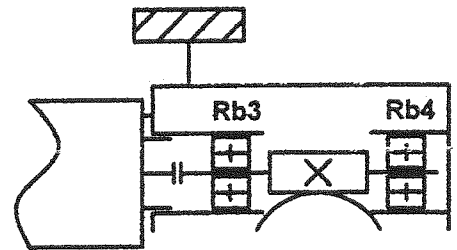
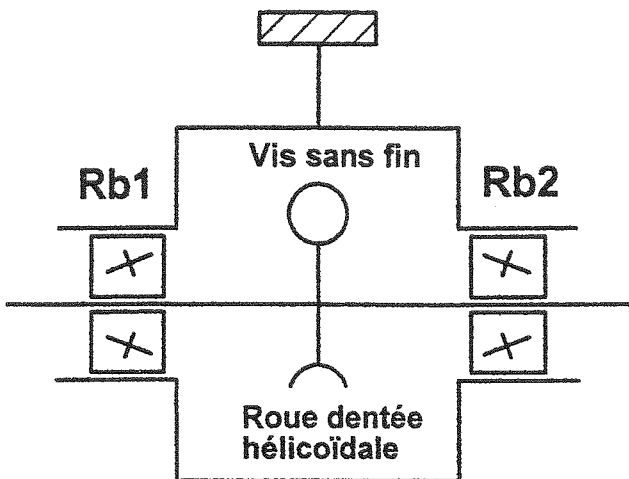
**R8**

**Choix du type de roulement**

**R10**

**Choix du montage des roulements**

**Arrêts axiaux de bagues**



NOM : .....

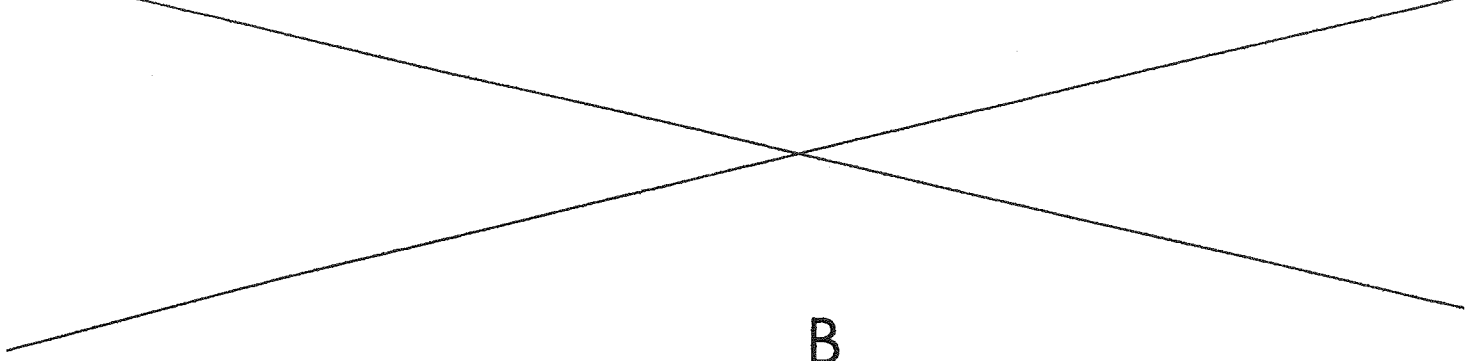
Prénom : .....

Centre d'examen : .....

N° d'inscription : .....

**NOTICE JUSTIFICATIVE 2/2****A rendre à la fin de l'épreuve**Ne  
rien  
écrire  
dans  
ce  
cadre**R11****Charges axiales sur les roulements****R12****Durée de vie  
des roulements****R13****Sollicitations dans l'arbre  
de roue****R14****Choix de position****R15****Dimensionnement en torsion****R16****Méthode de dimensionnement  
de la clavette****R17****Vitesse angulaire relative**

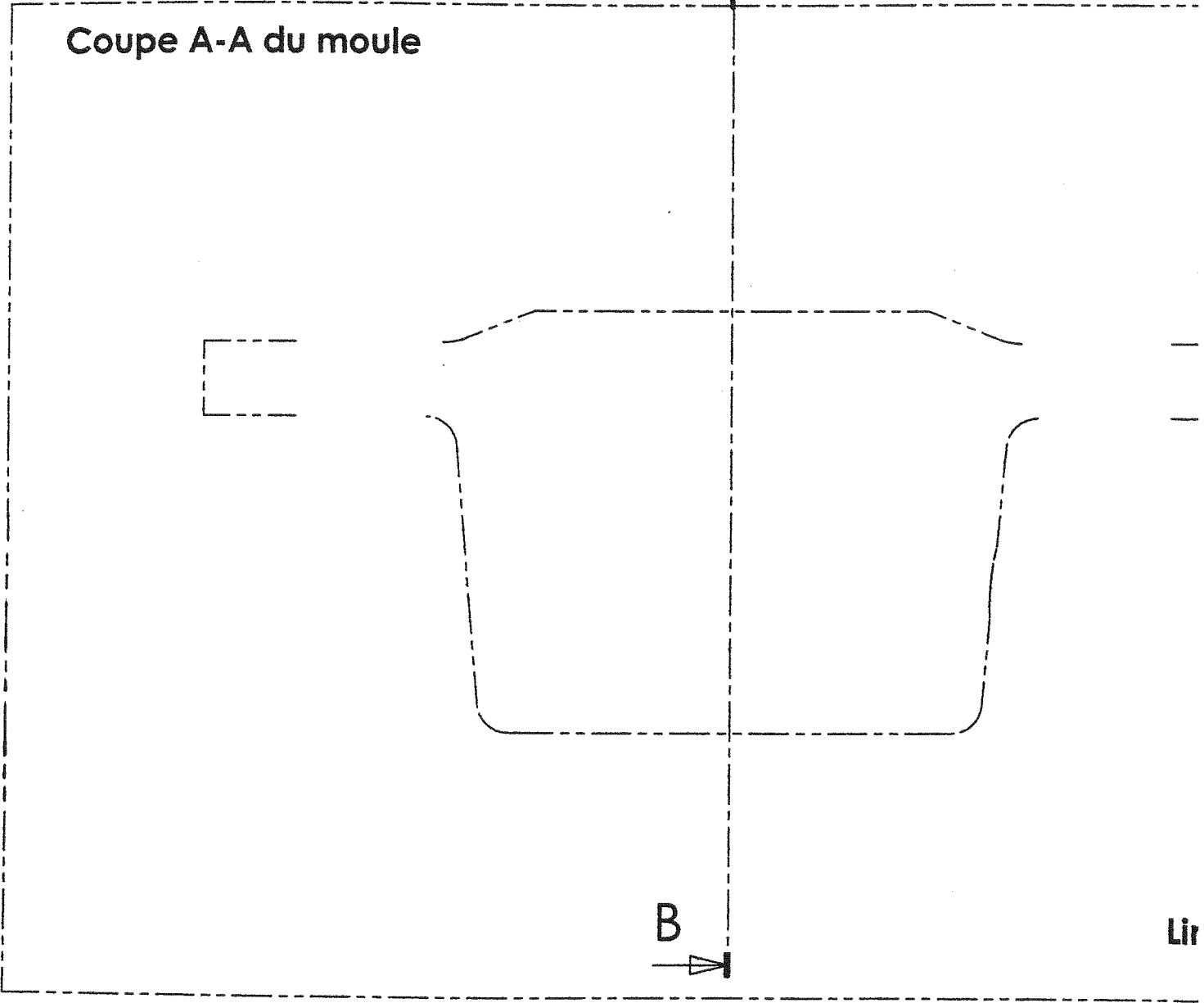




B



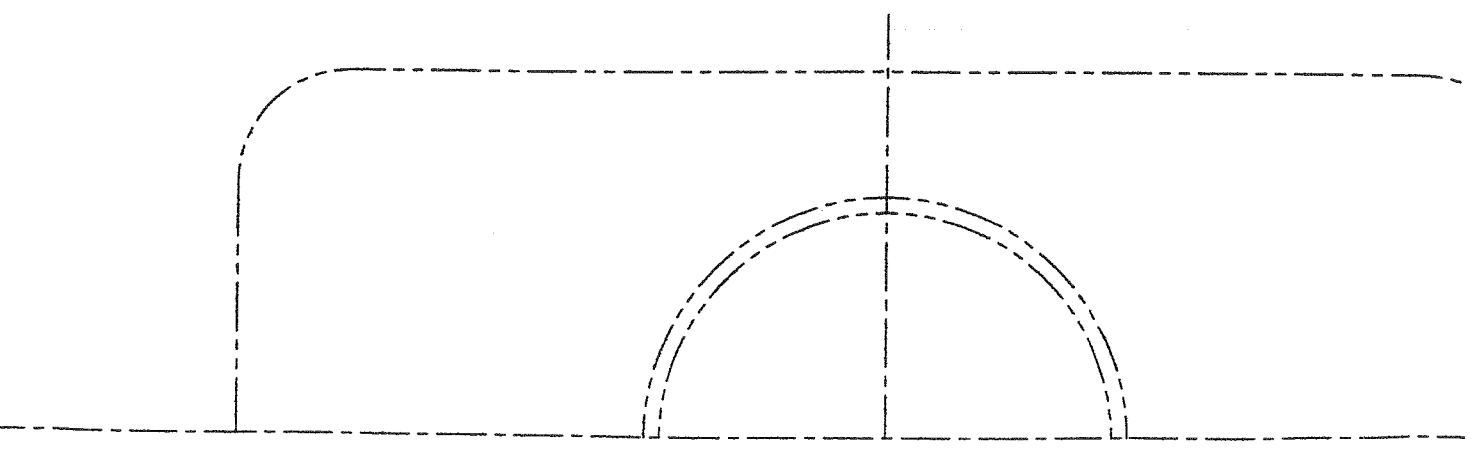
Coupe A-A du moule



B

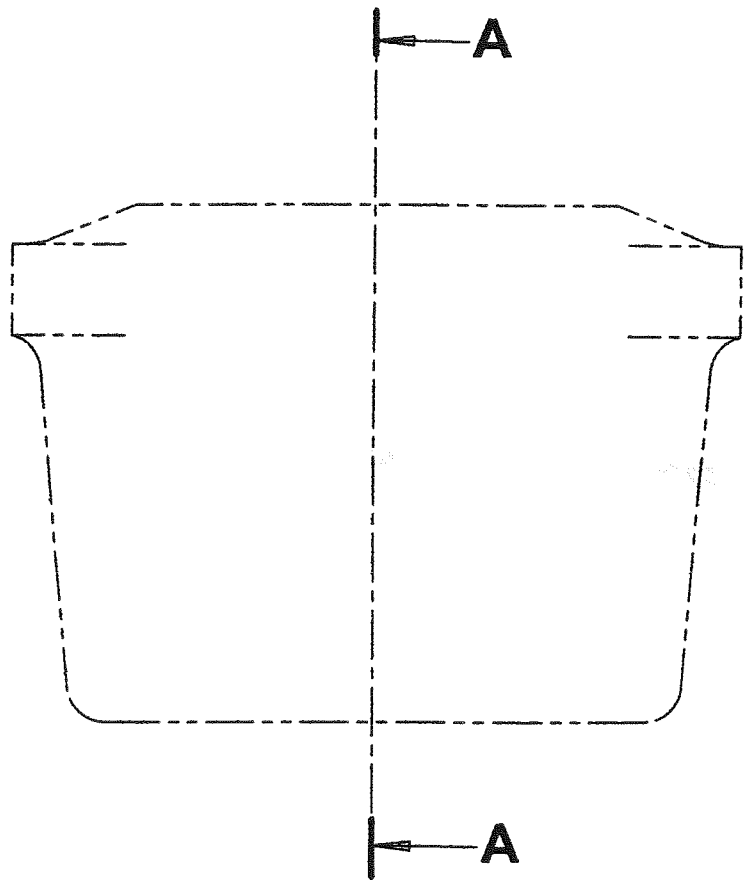


Lir



Coupe B-B  
de la pièce brute

R23



approximatives du moule

Demi vue de dessus  
de la pièce brute

Echelle 1:1

Tournez la page S.V.P.

**R18**

**Effort sur le coussinet**

**R19**

**Choix du coussinet**

**R20**

**Matériau du support**

**R21**

**Spécifications géométrique**

**R22**

**Diamètre d'alésage des portées  
de roulement du support**

