



Examen de Conception Mécanique

INSA 2^{ème} année IC
Mai 2009
Durée 2 heures 30

Est autorisée une feuille manuscrite de votre main recto-verso

Système d'imagerie médicale pour angiographie

Barème :

Partie 1 Schéma cinématique : 2 Pts
Partie 2 Isostatisme : 3 Pts
Partie 3 Réducteurs et chaîne de puissance : 4 Pts
Partie 4 Roulements : 5 Pts
Partie 5 Etude de plan : 6 Pts

Les 5 parties sont indépendantes.

N'oubliez pas lire l'intégralité du sujet avant de commencer.

Attention, 1 point pourra être retiré en fonction de la qualité de la rédaction ou de la présentation.

Présentation du système étudié (Parties 1 à 4)

L'angiographie est une application particulière de la radiographie rayons X qui permet l'exploration anatomique des vaisseaux sanguins et notamment la visualisation des vaisseaux coronaires.

En angiographie, on administre des produits iodés hydrosolubles injectés à distance et éliminés sélectivement par les reins. Cette technique permet d'obtenir des images de grande qualité et par soustraction d'une image obtenue sans produit (image de masque) et d'une image avec produit (image de contraste).

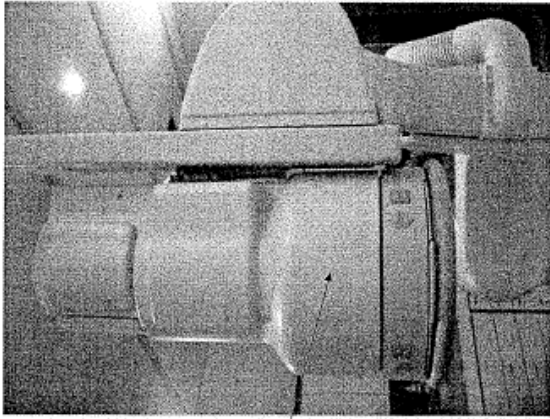
L'obtention d'une image de qualité suppose l'alignement parfait du tube émetteur de rayons X avec le récepteur image ainsi qu'une grande stabilité et une grande rigidité du positionneur.



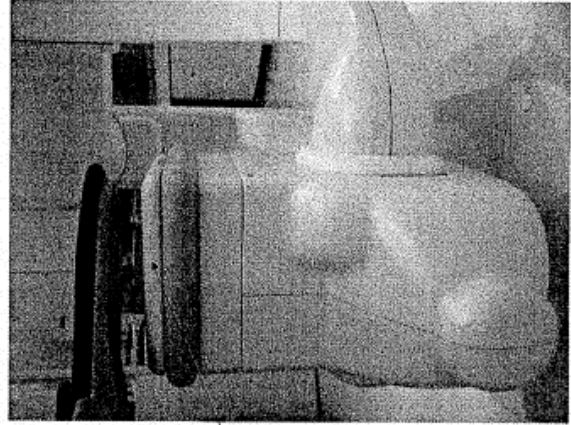
La société Général Electric Medical Systems développe le système d'imagerie médicale ADVANTX LC qui est constitué de :

- un système de positionnement du patient par rapport au sol, constitué d'une table en translation par rapport au sol suivant trois directions indépendantes X_0 , Y_0 , Z_0 .
- un système de positionnement du faisceau de rayons X par rapport au patient, constitué de l'épaule 1, du bras d'arceau 2 et de l'arceau 3 qui supporte le tube émetteur de rayons X et le récepteur image. Trois mouvements de rotation autour d'axe concourants permettent d'orienter le faisceau de rayons X.
- un système de prise de clichés, constitué du tube émetteur de rayons X, du récepteur image et de l'armoire de traitement numérique de l'image.

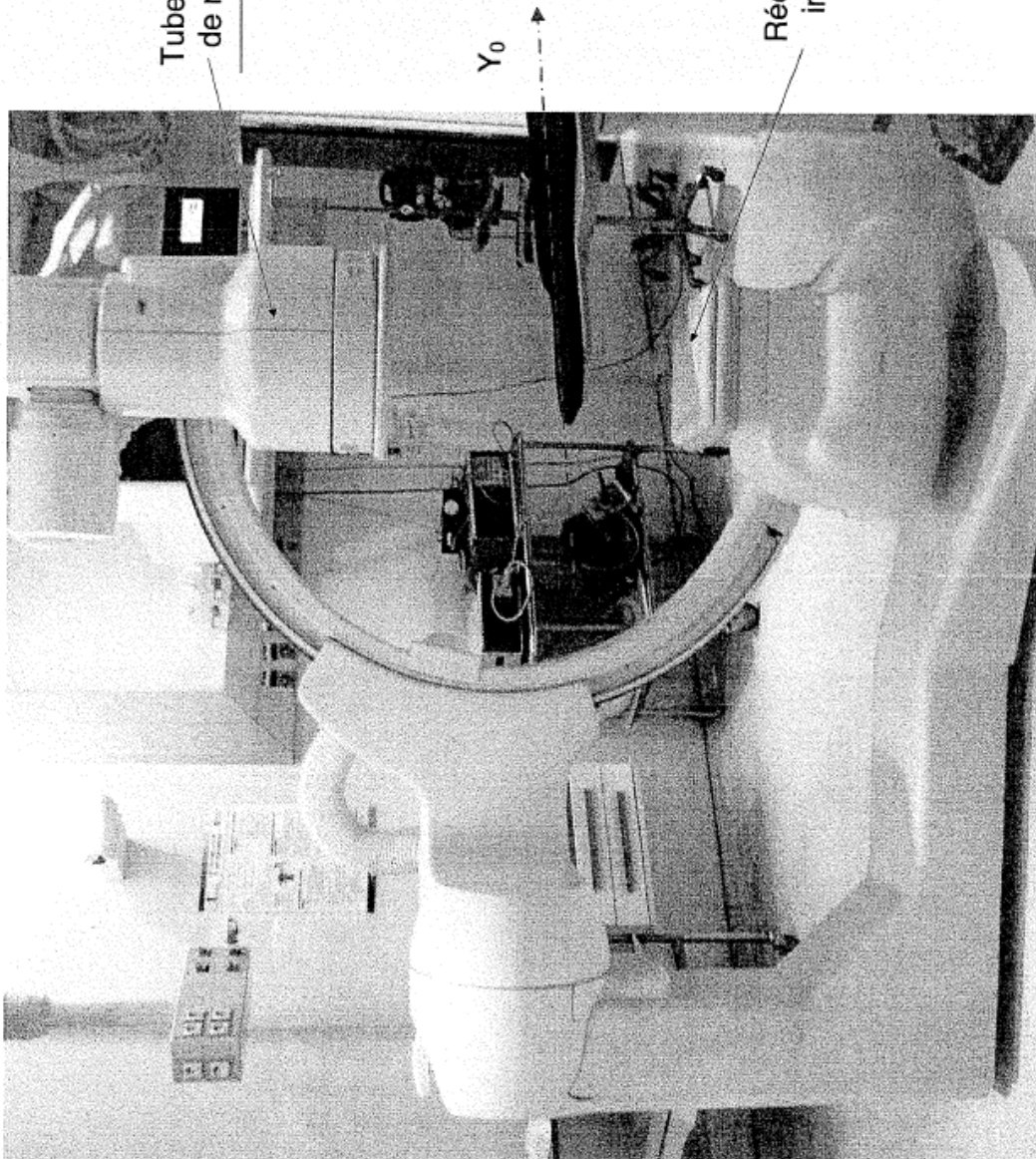
Le système est présenté sur les images qui suivent.



Tube émetteur
de rayons X



Récepteur
image



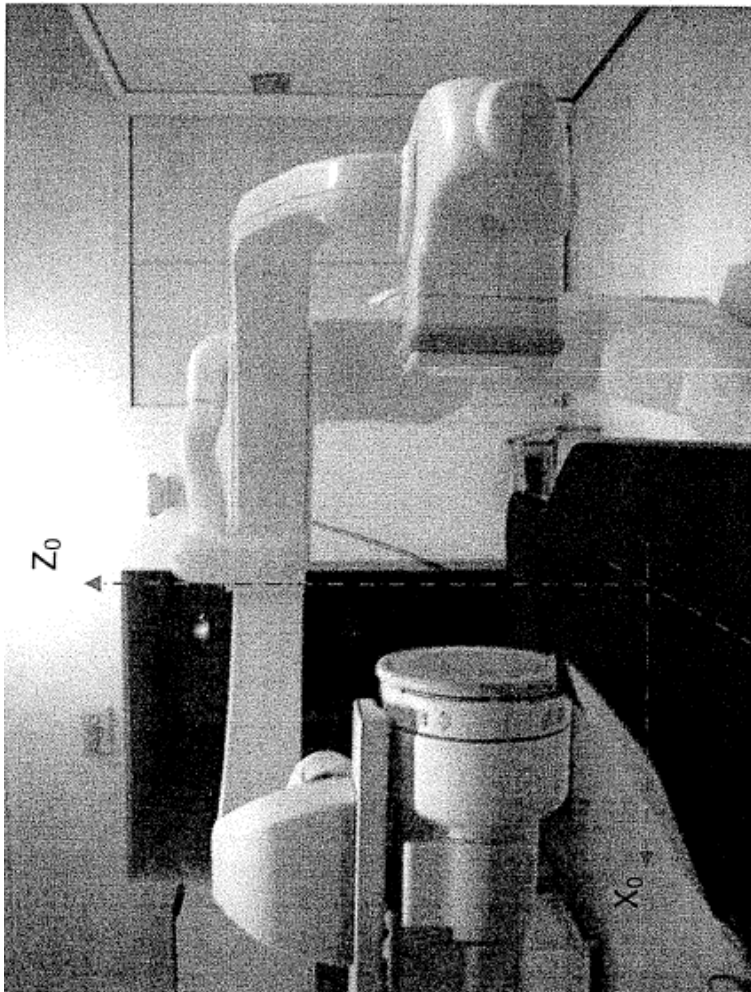
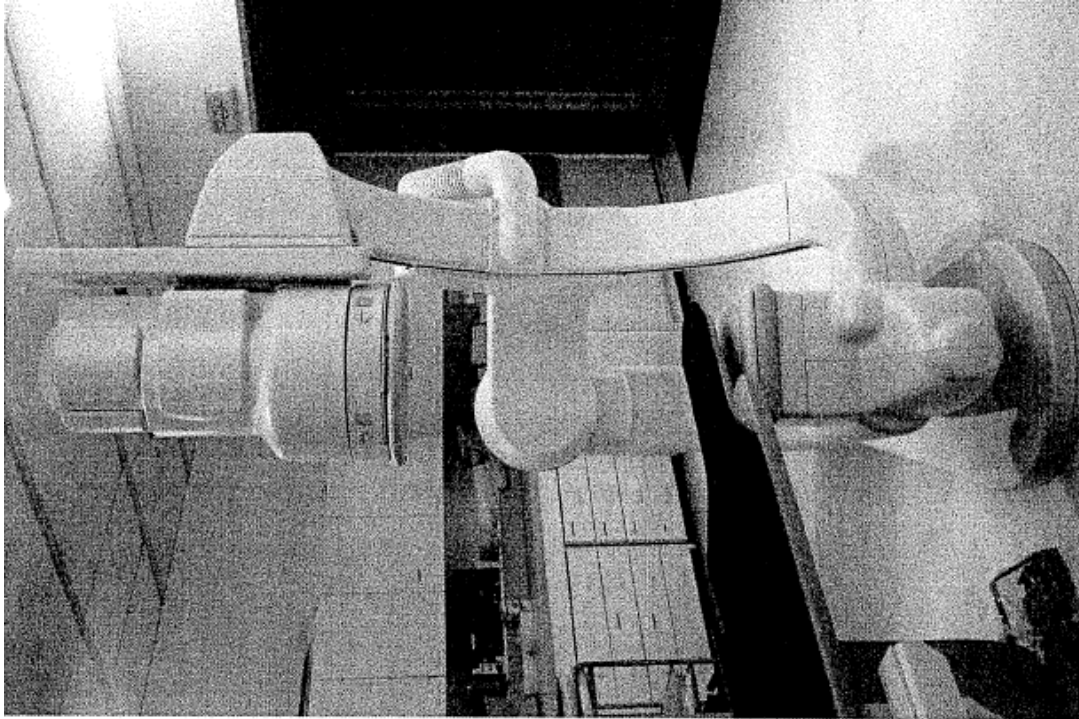
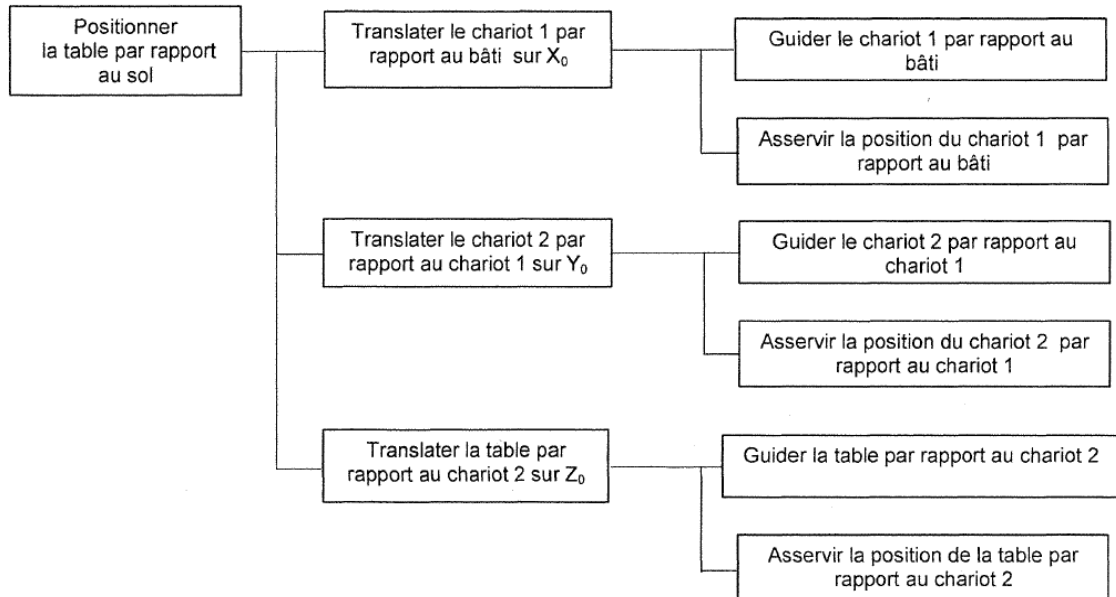


Table
permettant de
Positionner le
patient

QUESTIONS

Partie 1 Schéma cinématique

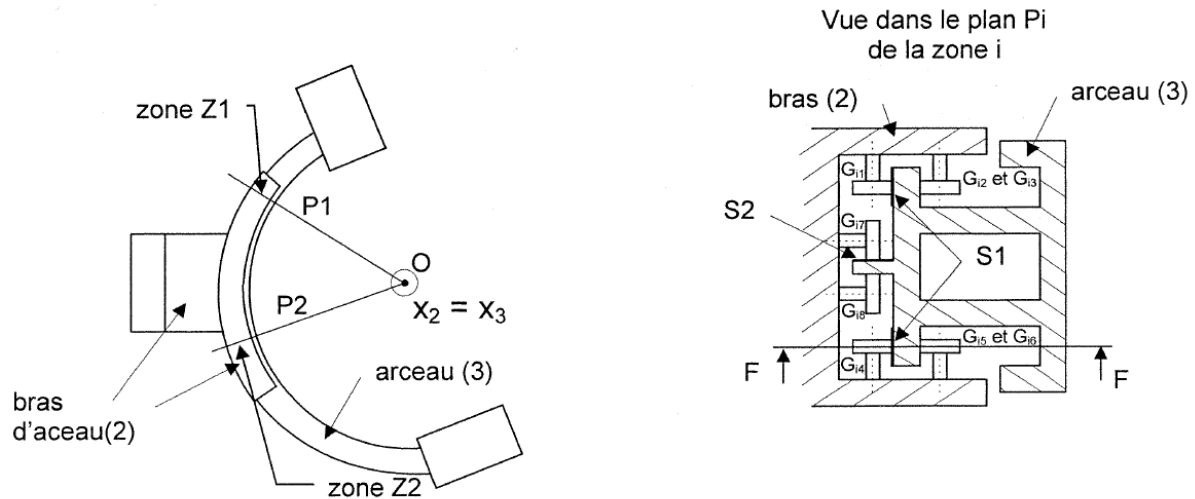
Le diagramme FAST partiel ci-dessous permet de traduire le positionnement de la table et donc du patient par rapport au sol.



Q1. Présentez un schéma cinématique détaillé permettant de décrire le diagramme FAST.

Partie 2 Isostatisme

Nous allons étudier la liaison pivot entre le bras d'arceau 2 et l'arceau 3. Cette liaison est réalisée par 16 galets cylindriques. Les galets sont répartis dans les zones Z1 et Z2 des plans P1 et P2.



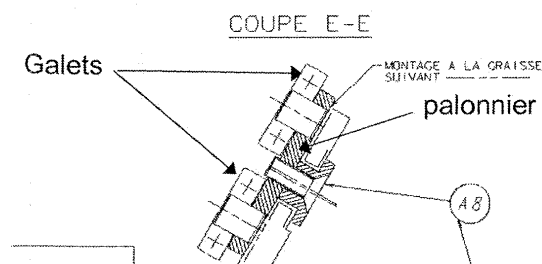
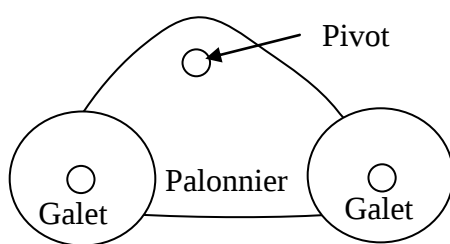
Les surfaces S1 et S2 assurent la qualité géométrique de la liaison. Elles servent de piste de roulement aux galets.

Compte tenu de la surface réelle de contact des galets, chaque galet concrétise une liaison ponctuelle directe entre les deux éléments auxquels il est relié.

Les axes des galets G_{11} , G_{14} , G_{17} et G_{18} sont solidaires du bras d'arceau 2.

Les axes des galets G_{12} et G_{13} , G_{15} et G_{16} sont montées sur deux palonniers qui sont eux-mêmes en liaison pivot par rapport à l'arceau.

Voici un schéma de principe pour détailler le montage d'un palonnier ainsi qu'un extrait du plan d'ensemble.

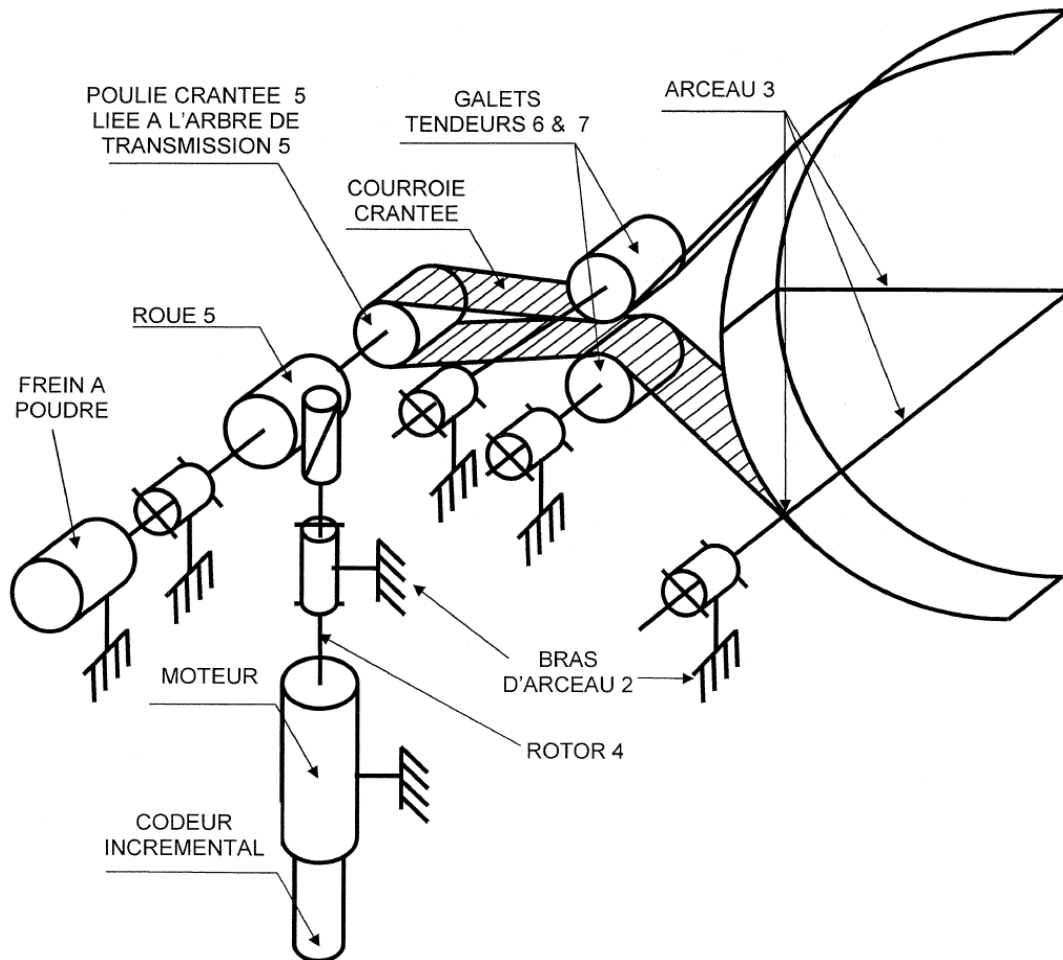


Q2. Montrer que chaque ensemble composé d'un palonnier et de deux galets équivaut à une liaison ponctuelle entre l'arceau et le bras d'arceau.

Q3. En considérant que tous les galets sont en contact avec l'arceau, calculer le degré d'hyperstatisme de la liaison pivot entre le bras d'arceau et l'arceau.

Partie 3 Réducteurs et chaîne de puissance

La chaîne cinématique intervenant dans la commande de la liaison pivote entre le bras d'arceau 2 est décrite sur la figure suivante.



Voici quelques données techniques :

- Rayon d'accrochage de la courroie sur l'arceau : 720 mm
- Réducteur roue et vis sans fin : réduction de 1/50 et rendement de 0.8
- Poulie crantée : rayon de 30 mm et rendement de 0.9
- Galets tendeurs : rayon de 25 mm et rendement de 0.99
- Les divers instruments et la masse de l'arceau génèrent un couple moyen de 3000 Nm autour de la liaison pivot de l'arceau 3.
- La fréquence de rotation nominale requise pour l'arceau est de $2 \text{ tr/min} \pm 10\%$

Q4. Calculez le rapport de réduction global entre le moteur et l'arceau.

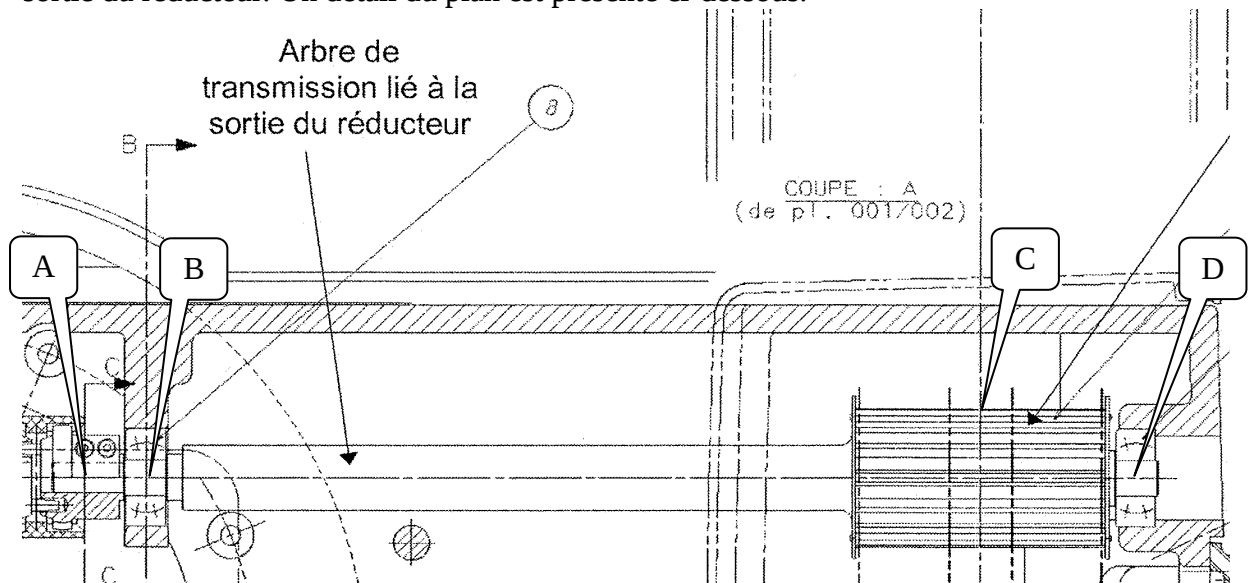
Q5. Compte tenu des caractéristiques nominales requises au niveau de l'arceau, sélectionnez le moteur le plus approprié dans la liste ci-dessous. Argumentez votre réponse.

Liste des moteurs disponibles

Moteur	A	B	C	D
Couple nominal (Nm)	3	4	25	35
Fréquence de rotation nominale (tr.min^{-1})	2500	2600	1300	250

Partie 4 Roulements

Nous allons étudier le montage de roulements de l'arbre de transmission 5 qui est liée à la sortie du réducteur. Un détail du plan est présenté ci-dessous.

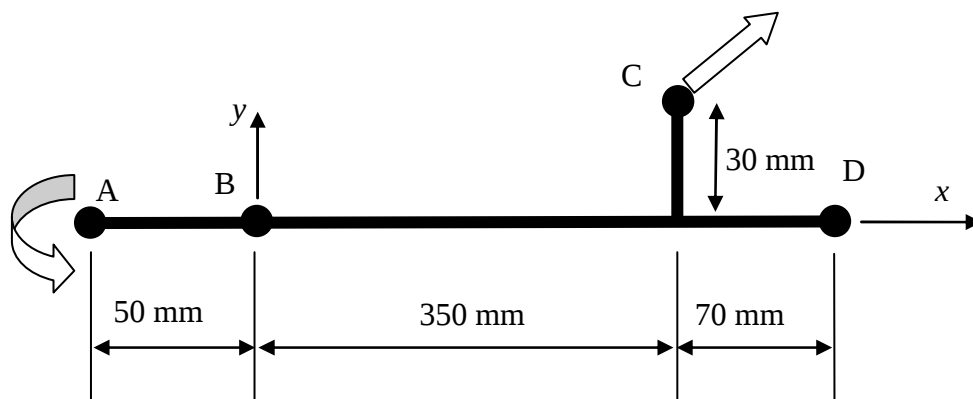


L'accouplement utilisé au point A permet de transmettre uniquement un couple pur à l'arbre.

Le guidage est assuré par deux roulements à billes identiques dont voici les caractéristiques :

- $C_0 = 5,4 \text{ kN}$; $C = 11,9 \text{ kN}$; $e = 0,22$; $X = 0,56$; $Y = 2$.

Ce montage peut être modélisé de la manière suivante :



Q6. Pour les roulements montés en B et D, quelles sont les bagues montées serrées et celles montées libres ? Détaillez votre réponse.

Q7. Sur votre copie, reportez la modélisation proposée en mettant en B et D les liaisons appropriées pour modéliser les roulements (on considère qu'un seul roulement est susceptible de supporter les charges axiales).

Q8. Calculez les efforts sur chacun des roulements en sachant que l'effort en C vaut 4200 N suivant l'axe $-z$.

Q9. Calculez la durée de vie des roulements (L_{10}).

Partie 5 Etude de plan

Nous allons étudier le plan (p11) qui vous a été distribué avant l'examen.

Dans l'assemblage du boîtier, pièces (33) et (2), la mise en position est réalisée par deux surfaces planes perpendiculaires entre elles et les deux goupilles (34), vues A-A et D-D.

Q10. Cet assemblage est-il isostatique ? Sinon quel est son degré d'hyperstatisme ?

Le groupe (M) composé du moteur (20), de la roue libre (16, 17, 21, 22, 23, 24, 35), du pignon conique (15, 27, 28) ainsi que des pièces 18, 19, 25, 26 forme un ensemble monté avant de le fixer dans le boîtier (2). Ce montage se fait de la façon suivante : on place en premier la pièce (14) au fond de l'alésage de (2) puis on introduit l'ensemble (M) en finissant par visser (19) dans (2), pour conclure on place les deux brides (38, 39).

Q11. Quelles sont les fonctions de :

La pièce (14)

Le filetage entre (19) et (2)

Les deux brides (38, 39)

Le montage de l'engrenage (30) sur l'arbre (29) est réalisé par l'association d'une surface de contact conique et d'un ressort composé des trois rondelles belleville en série (11).

Q12. Quel est le rôle de cette association surface conique/ressort ?

Q13. Détaillez la séquence de montage du groupe formé par les pièces 9, 11, 12, 13, 29, 30.

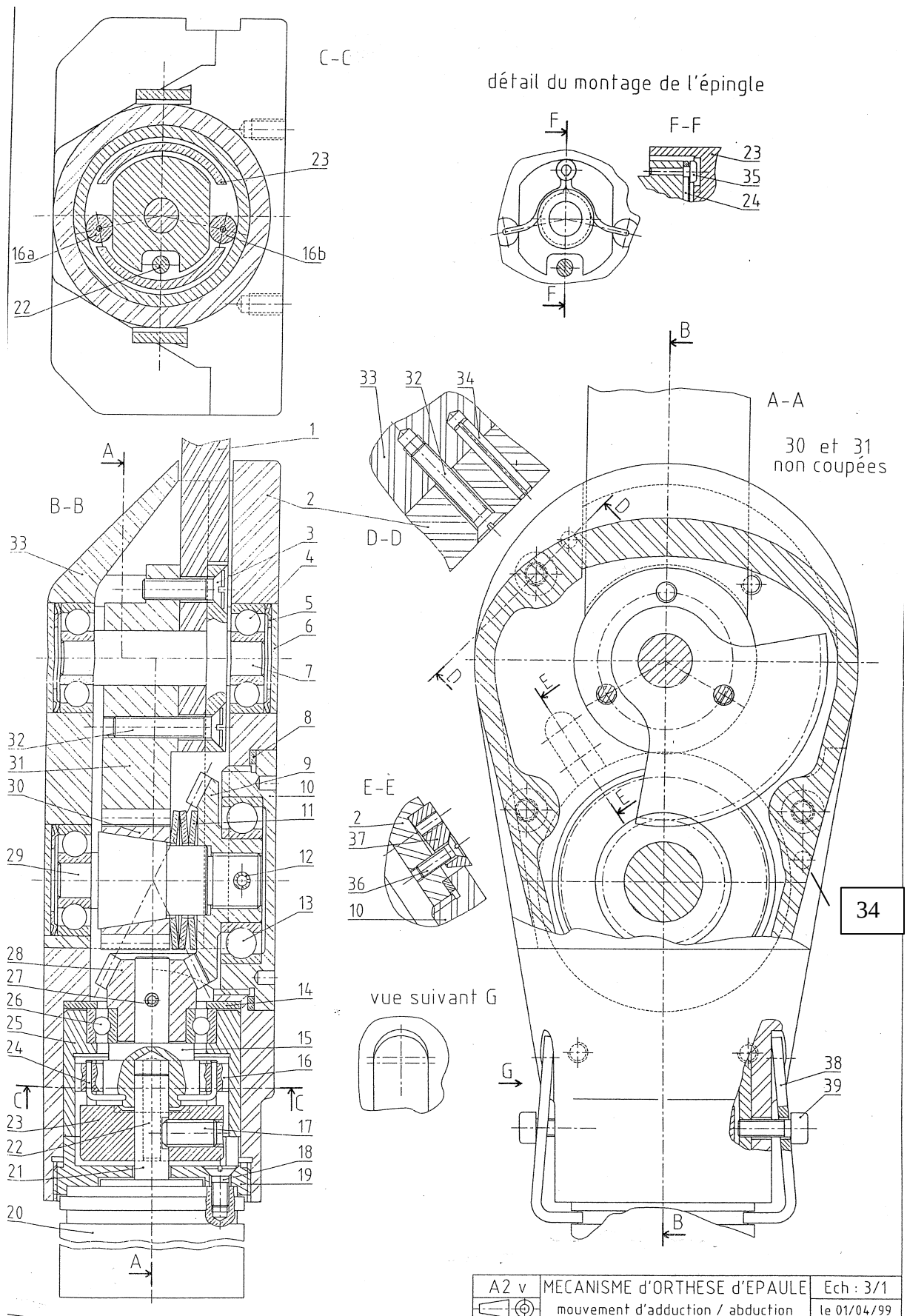
Q14. Décrivez l'assemblage de la pièce (10) dans (2) : mise en position (surfaces de contact, degrés de liberté), maintien en position. Précisez les fonctions des pièces : 8, 36 et 37.

Q15. Dessinez le schéma cinématique de l'ensemble du mécanisme quand le moteur transmet un mouvement. La roue libre est entrainante et les pièces : 21 (rotor), 15, 16, 17, 22, 23, 24, 27, 28, 35 forment une seule classe d'équivalence. De la même manière, en fonctionnement normal, les pièces : 9, 11, 12, 29, 30 forment une seule classe d'équivalence.

Tableau des liaisons cinématiques 2D, 3D et mobilités associées

Liaison glissière de centre A et d'axe X			Translation Rotation Tx 0 0 0 0 0	
Liaison pivot de centre A et d'axe X			Translation Rotation 0 Rx 0 0 0 0	
Liaison Pivot Glissant de centre C et d'axe X			Translation Rotation Tx Rx 0 0 0 0	
Liaison hélicoïdale de centre B et d'axe Y			Translation Rotation 0 0 Ty Ry=Ty*2p/p 0 0	
Liaison Appui Plan de centre D et de normale Z			Translation Rotation Tx 0 Ty 0 0 Rz	
Liaison rotule de centre O			Translation Rotation 0 Rx 0 Ry 0 Rz	
Liaison rotule à doigt de centre O d'axe X			Translation Rotation 0 0 0 Ry 0 Rz	
Liaison linéaire annulaire de centre B et d'axe X			Translation Rotation Tx Rx 0 Ry 0 Rz	
Liaison linéique rectiligne de centre C, d'axe X et de normale Z			Translation Rotation Tx Rx Ty 0 0 Rz	
Liaison ponctuelle de centre O et de normale Z			Translation Rotation Tx Rx Ty Ry 0 Rz	

Plan à étudier



Plan à étudier, notes explicatives

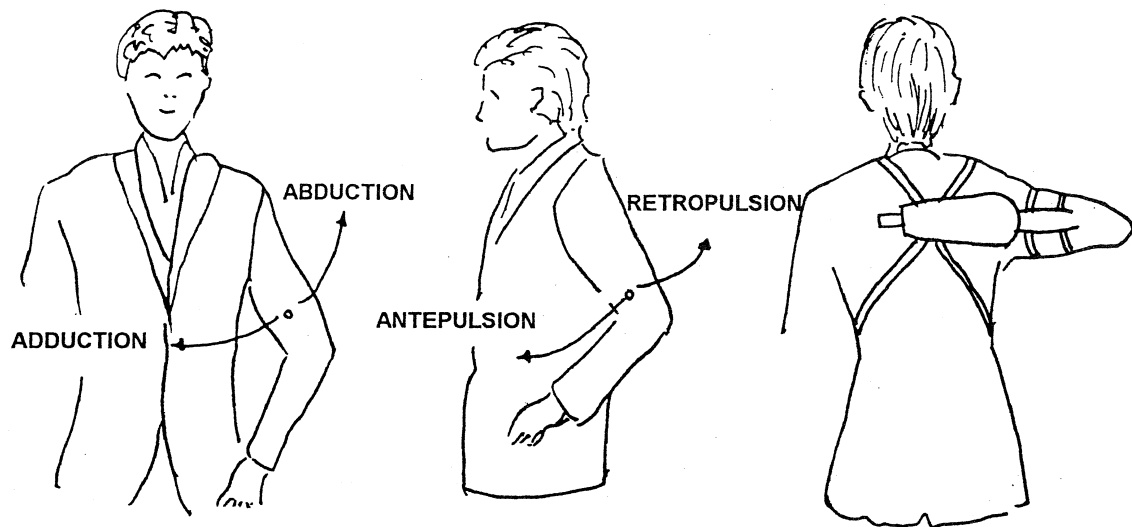
MISE EN SITUATION

Un certain nombre d'accidents (moto, chute de ski...) peuvent provoquer des lésions plus ou moins graves qui entraînent une paralysie partielle ou totale du membre supérieur.

Dans certains cas de paralysie partielle, lorsque la main a conservé ses aptitudes de préhension, le bras étant lui paralysé, il est intéressant de redonner une mobilité au bras et à l'avant bras afin que la main saine redevienne utile.

Le mécanisme présenté a pour but d'activer le bras selon le mouvement d'adduction / abduction ; un mécanisme similaire permet le mouvement orthogonal d'antépulsion / rétropulsion.

La coordination de ces deux mouvements, par commande myoélectrique des moteurs permet au bras de se mouvoir à l'intérieur d'une sphère et donc à la main d'atteindre un certain nombre d'objectifs dans l'espace.



PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Le mécanisme, représenté sur le plan A2, est monté derrière l'épaule sur une coque moulée à la forme de l'épaule et de l'omoplate; il est maintenu par des sangles.

Le mécanisme est positionné de telle manière que le prolongement de l'axe 7 passe par le centre articulaire de l'épaule, le bras étant rendu solidaire de l'arceau 1.

De la contraction d'un muscle sélectionné, il en résulte un signal myoélectrique capté à l'aide d'une électrode. Ce signal est ensuite mis en forme afin d'activer le motoréducteur, ce qui provoque la rotation de l'arceau et donc du bras. Le relâchement du muscle arrête le moteur et la contraction d'un autre muscle effectue le mouvement en sens inverse.

Le mécanisme intègre, d'une part, des éléments garantissant la stabilité du bras en toute position et d'autre part, des éléments garantissant la sécurité de toute l'orthèse en cas d'incident (chute, effort demandé trop important...).

CARACTERISTIQUES

Le mécanisme est réglé pour générer un couple de 12,75 N·m et une fréquence de rotation de 5 tr·min⁻¹ au niveau de l'arbre porte-arceau 7.

Plan à étudier, notes explicatives fin

IRRÉVERSIBLES

SÉRIE 140 ■

MODULAIRES ET PRÉCIS

DÉFINITION

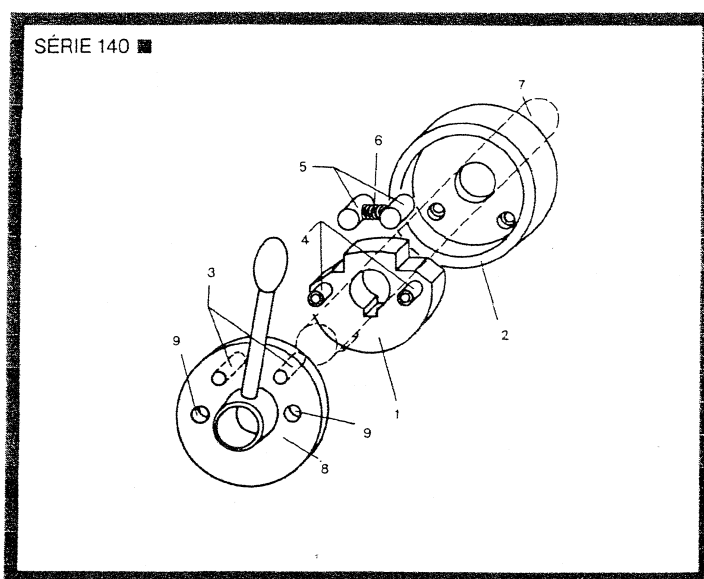
Une roue libre classique ne peut retenir un couple que dans un seul sens de rotation. L'irréversible à deux sens SIAM-RINGSPANN a une action bi-directionnelle. Il s'interpose entre un organe moteur et un organe récepteur. Il permet d'entraîner celui-ci dans deux sens de rotation, mais il bloque l'organe récepteur si l'on cesse d'agir sur l'organe moteur. L'origine du mouvement peut être manuelle ou mécanique.

Epruvé depuis de nombreuses années, très compact, il s'intègre facilement dans une cinématique.

GÉNÉRALITÉS

L'irréversibilité intégrale est assurée par l'arc-boutement de rouleaux cylindriques entre une ou plusieurs rampes de coincement. Les irréversibles ne peuvent être utilisés pour contrôler une charge résistante appliquée à l'organe récepteur si celle-ci tend à entraîner en sur-vitesse la partie motrice. C'est ainsi que l'irréversible pourra contrôler la montée de la charge d'un treuil ou d'un palan, mais qu'il ne pourra pas en contrôler la descente.

DESCRIPTION



Le boîtier (2) est fixé par des vis sur le bâti machine. La came est centrée à l'intérieur du boîtier (2) dans lequel elle tourne librement. Elle est solidarisée au côté récepteur par cannelure ou clavetage. Les rampes de la came (1) supportent des rouleaux (5) en opposition symétrique constamment repoussés par un ressort (6) dans leur angle de coincement respectif. Le plateau de décoincement (8) n'est pas claveté sur l'arbre (7) qui sert de palier. Il reçoit, dans sa partie supérieure, deux doigts (3) placés de part et d'autre des rouleaux (5).

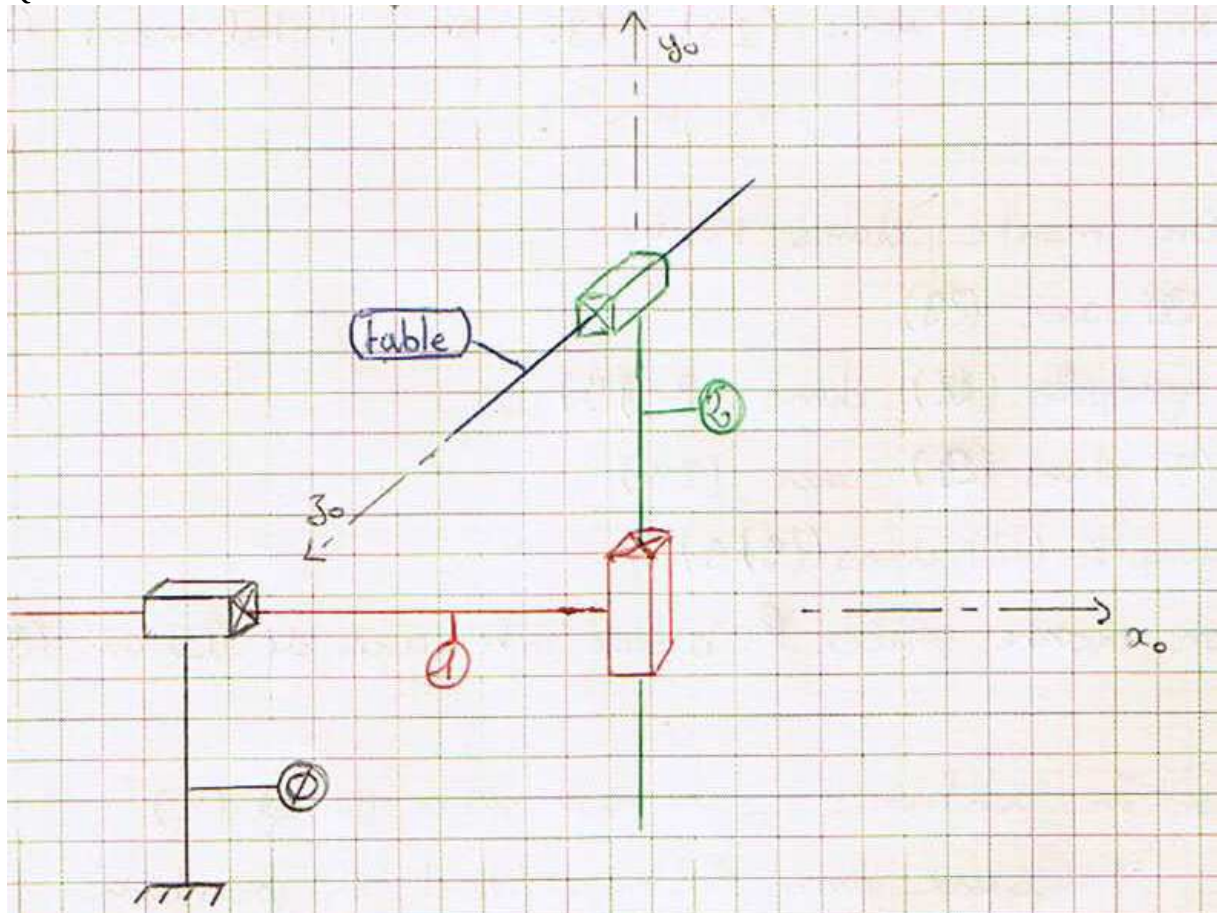
Le mouvement moteur, dans l'un ou l'autre sens, passe par l'intermédiaire du plateau (8) sur les goupilles (4) et ressort sur l'arbre récepteur (7) après que les doigts (3) aient extrait l'un des rouleaux (5) de sa zone de blocage. Le rouleau opposé se déleste par friction. Le diamètre des trous (9) usinés dans le plateau de décoincement (8) est plus grand que celui des goupilles (4) pour permettre le dépassement angulaire neutre qui est nécessaire avant d'entraîner l'arbre.

Tout mouvement réactif exercé sur le côté récepteur est neutralisé dans les deux sens par le blocage en opposition des rouleaux (5) entre le boîtier fixe (2) et les rampes de la came (1).

Eléments de correction

Partie 1 Schéma cinématique

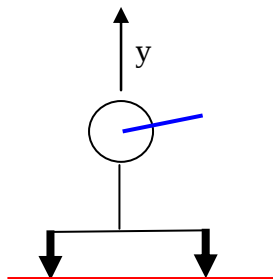
Q1.



Partie 2 Isostatisme

Q2.

Le palonnier relie deux pièces par l'intermédiaire d'une liaison pivot en série avec un ensemble de deux liaisons ponctuelles en parallèle.



Pour déterminer l'effet de liaisons en parallèle il faut examiner la forme du torseur des actions mécaniques transmissibles en faisant la somme des torseurs de chaque liaison (réduits en un même point bien entendu).

Ici, le torseur des deux liaisons ponctuelles (de normale Y) exprimé au centre de la liaison pivot a pour forme :

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ Y_1+Y_2 & 0 \\ 0 & l_1.Y_1-l_2.Y_2 \end{bmatrix}$$

De la même manière, le torseur de la liaison pivot exprimé au même point à pour forme :

$$\begin{bmatrix} X & L \\ Y & M \\ Z & 0 \end{bmatrix}$$

Au final, ces deux « liaisons » étant en série, les actions mécaniques qui seront transmises seront uniquement celles qui apparaissent dans chacun des torseurs. Soit :

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ Y & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

On obtient ainsi le torseur global équivalent à une liaison ponctuelle de normale Y puisque c'est la seule case qui n'a jamais de 0 dans aucun des torseurs en séries.

Q3.

degré de liaison

4 palonniers => 4 ponctuelles

8 galets seuls => 8 ponctuelles

Total : 12 ponctuelles donc degré de liaison =12

Degré de mobilité : pivot => 1

Nombre de pièces : 2 (les galets et palonniers servent à réaliser les liaisons)

$H = 12 - 6(2-1) + 1 = 7$

Partie 3 Réducteurs et chaîne de puissance

Q4. $R = 50 \cdot 700 / 30 = 1200$

Q5. rendement = $0.8 \cdot 0.9 \cdot 0.99^2 = 0.706$

Fréquence moteur : $2 \cdot 1200 = 2400$ tr/min $\pm 10\%$

Couple moteur : $C = 3000 / 1200 / 0.706 = 3.54$ Nm

Choix du moteur B

Partie 4 Roulements

Q6. Les bagues intérieures sont montées serrées et les bagues extérieures libres car l'arbre est tournant par rapport à la direction de la charge.

Q7. Rotule en D car arrêt axial prévu et liaison linéaire annulaire en B car pas d'arrêt axial sur la bague extérieure.

Q8. $P_B = 4200 \cdot 70 / 420 = 700$ N ; $P_D = 4200 \cdot 350 / 420 = 3500$ N

Attention : il n'y a que des efforts radiaux, donc, $P = Fr$ (pas besoin d'exploiter e, X et Y).

Q9. $L_{10B} = 4913$ Mtours ; $L_{10D} = 39$ Mtours

Partie 5 Etude de plan

Q10.

degré de liaison

2 appuis plans $\Rightarrow$ 6 inconnues

2 linéaires annulaires $\Rightarrow$ 4 inconnues

Total : 10

Degré de mobilité : aucune $\Rightarrow$ 0

Nombre de pièces : 2

$$H = 10 - 6(2-1) + 0 = 4$$

PS : si on considère 2 pivots glissants (guidages longs sur les goupilles) alors $H=8$

Q11. Quelle sont les fonctions de :

La pièce (14) : cale d'épaisseur pour régler la position axiale de 28

Le filetage entre (19) et (2) : maintien en position du moteur

Les deux brides (38, 39) : empêcher le dévissage inopiné

Q12. Réaliser un limiteur de couple

Q13. Monter sur 29 : 30 puis 11 puis 9, mettre 12 puis monter 13

Q14. Mise en position : surface plane $\Rightarrow$ appui plan et surface cylindrique courte $\Rightarrow$ linéaire annulaire. Maintien en position : filetage entre 2 et 10

Fonction de 8 : réglage de la position axiale de 9

Fonction de 36 et 37 : empêcher le dévissage

Q15.

