

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE
SÉRIE SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES
GÉNIE ÉLECTROTECHNIQUE

SESSION 2010

ÉPREUVE : ÉTUDE DES CONSTRUCTIONS

Durée : 4 heures

Coefficient : 6

BAIGNOIRE INCLINABLE TRANSCARE[®] - REVAL

AUCUN DOCUMENT N'EST AUTORISÉ

MOYENS DE CALCUL AUTORISÉS

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

Ce sujet comprend 3 dossiers de couleurs différentes

- **Dossier Technique** (DT1 à DT10) **jaune**
- **Dossier Travail demandé** (TD1 à TD6) **vert**
- **Dossier des « Documents réponses »** (DR1 à DR6) **blanc**

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

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

DOSSIER "TRAVAIL DEMANDÉ"

Le sujet est composé de 3 parties indépendantes.

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

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

Lecture du dossier et des documents techniques 15 min

Partie 1 : étude de la fonction FT3 : lever la baignoire

A et B- Analyse et compréhension du mécanisme 20 min

C- Détermination de caractéristiques batterie de secours 20 min

Partie 2 : étude de la fonction FT2 : basculer la baignoire

A- Validation de la course du vérin 20 min

B- Validation de la vitesse de rotation de la baignoire 40 min

C- Validation de l'effort développé par le vérin 30 min

D- Intensité maximale nécessaire au vérin de basculement 10 min

Partie 3 : étude de la fonction FT1 : ouvrir/fermer la porte

A- Validation du ressort de compensation 45 min

B- Assemblage des éléments 20 min

C- Implantation d'un système de butée de porte 20 min

1^{ère} PARTIE : validation du mécanisme de levage de la baignoire (fonction FT3)

A – Diagramme FAST de la fonction FT3

Question 1 : à partir des documents techniques compléter le diagramme FAST de la fonction FT3 : lever la baignoire (**réponses sur le document DR1**).

B – Schéma cinématique de la colonne télescopique (FT3)

Question 2 : compléter le schéma cinématique (**sur le document DR1**) de la colonne télescopique en complétant les liaisons (dans les zones entourées en pointillés) :

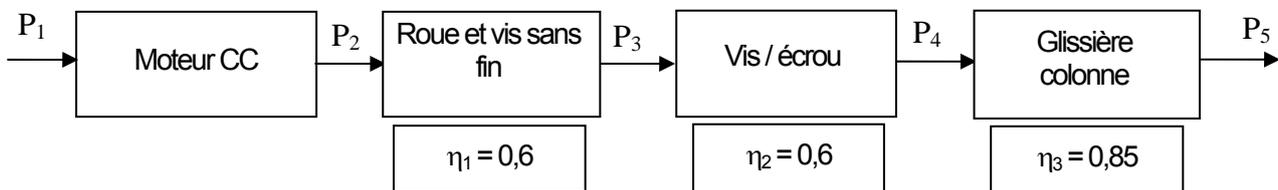
- entre les deux parties de la colonne télescopique rep. 1 et rep.2
- entre la tige du vérin rep.5 et l'ensemble « roue + vis » du vérin de colonne

C - Détermination de caractéristiques de la batterie de secours (fonctions FT2 et FT3)

On se propose de déterminer dans cette partie les caractéristiques de la batterie de secours équipant la baignoire.

Données :

- la batterie utilisée par le constructeur est une batterie délivrant une tension de 24 V ;
- le moteur équipant les vérins électriques est un moteur à courant continu. Ses pertes sont très faibles et on considérera, **dans cette étude**, un rendement du moteur égal à 1 ;
- la colonne de levage est une colonne télescopique de marque Linak® : LP2 – 5.5, équipé d'un vérin LA31 (pas : 4 mm, course : 150 mm) ;
- le vérin de colonne doit lever un poids $P = 3000$ N (patient, cuve, eau, mécanisme) à une vitesse de translation rectiligne constante de $V = 6$ mm/s ;
- Les frottements dans les guidages entraînent des pertes de puissance évaluées par un rendement η_3 pris égal à 0,85 ;
- Le schéma bloc de la chaîne de transmission de l'énergie est donné ci-dessous.



Sur feuille de copie :

Question 3 : calculer la puissance maximale instantanée (notée P_5) développée par le vérin en sortie de tige pour lever le poids $P = 3000$ N à $V = 6$ mm/s.

Question 4 : déterminer le rendement global du système. En déduire la puissance utile du moteur notée P_2 .

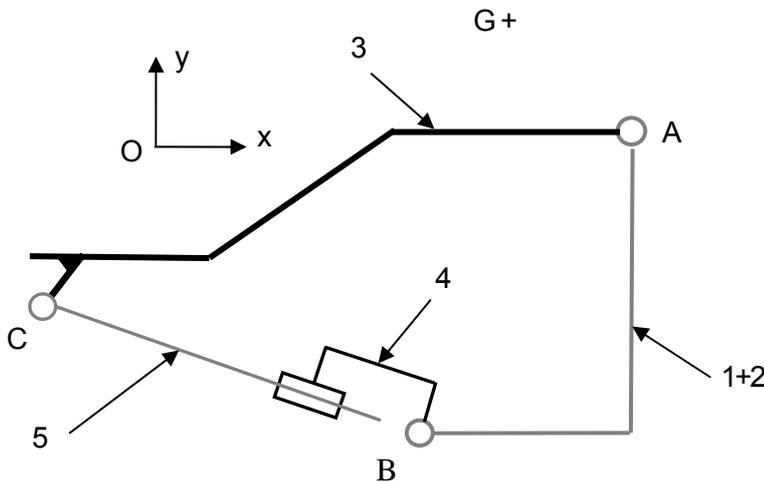
Question 5 : en déduire la puissance maximale électrique nécessaire : P_1 . Calculer l'intensité maximale absorbée.

2^{ème} PARTIE : validation du mécanisme de basculement de la baignoire (fonction FT2)

L'objectif de cette partie est de vérifier que le mécanisme répond aux exigences du CDCF avec l'actionneur électrique choisi par le constructeur.

Le système est conçu pour fonctionner avec un vérin électrique de référence LA31 de marque Linak[®] actionné par un moteur à courant continu et peut être alimenté en secours par une batterie.

NE Pour toute l'étude, on considèrera que le système est plan $(0, \vec{x}, \vec{y})$ [avec $(0, \vec{x}, \vec{y}) = \text{plan de symétrie de la cuve}$].



| Repérage des sous-ensembles pour les études A, B, C | |
|---|----------------------|
| 5 | Tige de vérin |
| 4 | Corps de vérin |
| 3 | Cuve + supports |
| 1+2 | Colonne télescopique |
| Dans les études A, B et C, la partie mobile 2 (supérieure, liée à la cuve) de la colonne télescopique est considérée fixe par rapport à la partie fixe 1 (inférieure, fixée au piétement) | |
| G est le centre de gravité de l'ensemble cuve, accessoires, eau, personne | |

- Dans ce schéma, le vérin électrique (4+5) est modélisé par une liaison pivot glissant.
- La tige du vérin (5) est complètement rentrée et la cuve est en position non basculée.
- Le point C représente le centre de l'articulation entre la tige du vérin (5) et le renfort sous pied de cuve (3).
- Le point B représente le centre de l'articulation entre le corps du vérin (4) et la partie mobile (2) de la colonne télescopique.
- Le point A représente le centre de l'articulation entre la cuve (3) et la partie (2) de la colonne.

A – Validation de la course du vérin

Dans cette partie, on se propose de vérifier que le vérin choisi par le constructeur permet bien d'atteindre l'amplitude de basculement de la cuve annoncée dans le CDCF soit $22,5^\circ \pm 2^\circ$.

Afin de vérifier la validité de la fonction technique FT2, on se propose de représenter le mécanisme en position haute et de déterminer la valeur de l'angle d'inclinaison de la baignoire. Les tracés de cette étude se feront graphiquement **sur le document DR2**, les réponses notées dans le tableau du **DR1**.

- Question 6 :** sur DR1 : quelle est la liaison entre l'ensemble cuve rep.3 et la colonne de levage rep.2 ? En déduire le mouvement de 3/2 noté $\text{mvt}(3/2)$, et la trajectoire du point C appartenant à la cuve rep.3 par rapport à la colonne rep.2 notée $T_{C(3/2)}$. Tracer cette trajectoire sur DR2.
- Question 7 :** sur DR1 : quelle est la liaison entre le corps du vérin rep.4 et la colonne de levage rep.2 ? En déduire le mouvement de 4/2 noté $\text{mvt}(4/2)$, et la trajectoire du point C appartenant au corps rep.4 par rapport à la colonne rep.2 notée $T_{C(4/2)}$ (**ne pas tracer**).
- Question 8 :** connaissant la course de 100 mm de la tige du vérin, tracer sur DR2 la position du point C en position haute, notée C_H lorsque la tige est complètement sortie. Tracer le nouveau segment AC_H . Tracer et mesurer l'angle d'inclinaison de la baignoire ; conclure quant au respect du cahier des charges.

B - Validation de la vitesse maximale de rotation de la cuve

Dans cette partie, on se propose de vérifier que la vitesse de rotation de la cuve ne dépasse pas la valeur maximale de 0,3 tr/min, vitesse imposée par le CDCF (sécurité et confort du patient).

L'étude sera menée pour la position du mécanisme définie **sur le document DR3** : début de basculement.

La vitesse de la tige (5) par rapport au corps (4) est réglée à : $\|\overrightarrow{V_{C5/4}}\| = 6 \text{ mm/s}$.

Question 9 : sur DR1 : quelle est la liaison entre la tige du vérin (5) et le corps du vérin (4) ? En déduire le mouvement de 5/4 noté $\text{mvt}(5/4)$, la trajectoire du point C appartenant à la tige (5) par rapport au corps (4) notée $T_{C(5/4)}$ et le support de la vitesse du point C appartenant à 5 par rapport à 4, notée $\overrightarrow{V_{C5/4}}$. Mettre en place cette vitesse à l'échelle demandée sur DR3.

Question 10 : sur DR1 : déduire des questions 6 et 7 les supports des vitesses : $\overrightarrow{V_{C3/2}}$ et $\overrightarrow{V_{C4/2}}$.

Question 11 : sur copie : justifier l'égalité suivante : $\overrightarrow{V_{C3/2}} = \overrightarrow{V_{C5/2}}$.

Question 12 : sur copie : déterminer la relation de composition de vitesses qui lie $\overrightarrow{V_{C5/2}}$ et $\overrightarrow{V_{C5/4}}$.

Question 13 : traduire graphiquement cette relation sur DR3 et déterminer la norme de $\overrightarrow{V_{C3/2}}$.

Quel que soit le résultat trouvé précédemment, on prendra pour la suite de l'étude :

$$\|\overrightarrow{V_{C3/2}}\| = 16,5 \text{ mm/s}$$

Question 14 : en mesurant et en indiquant sur le DR3 la distance nécessaire, déterminer sur copie la vitesse de rotation de la cuve notée $\omega_{3/2}$ (préciser les unités). En déduire la vitesse de rotation de la cuve $N_{3/2}$ en tr/min. Conclure quant au respect du cahier des charges.

C – Validation de l'effort développé par l'actionneur de basculement

Cette partie vise à vérifier que l'effort développé par le vérin est suffisant pour basculer la cuve en charge maximale (eau + personne) de 200 kg.

L'étude se fera pour la position du mécanisme définie par le **document DR4**. Réponses **sur copie** et **tracés sur DR4**.

On précise que pour cette position la tige du vérin est rentrée et la baignoire est au tout début du basculement.

Hypothèses :

- Le mécanisme est considéré symétrique dans le plan $(0, \vec{x}, \vec{y})$.
- Les actions mécaniques sont modélisées par des glisseurs.
- Le poids de toutes les pièces du mécanisme est négligé.
Seules les masses de la cuve et des accessoires intégrés, de l'eau et de la personne sont prises en compte. Masse totale évaluée par sécurité à : **m = 300 kg**, centre de gravité : G.
- On prendra l'accélération de la pesanteur : $g = 10 \text{ m/s}^2$.
- Les frottements sont négligés, les liaisons sont supposées parfaites.

Étude de l'équilibre du vérin (4+5) :

Question 15 : en isolant et étudiant l'équilibre de l'ensemble du vérin (4+5), justifier que l'action en C de (3) sur (5) notée $\vec{C}_{3/5}$ a pour support la droite passant par les points B et C.

Étude de l'équilibre de l'ensemble cuve (3).

Remarque : on rappelle : (3) = patient + eau + cuve + accessoires.

Question 16 : établir un bilan détaillé des actions mécaniques extérieures s'exerçant sur l'ensemble cuve : inventaire des actions mécaniques concernées, caractéristiques des forces (noter « ? » pour les caractéristiques inconnues), unités utilisées, calcul éventuel.

Question 17 : appliquer le principe fondamental de la statique et déterminer graphiquement sur le document DR4 $\|\vec{C}_{5/3}\|$. Le vérin choisi convient-il ? Justifier votre réponse.

D – Intensité maximale nécessaire au vérin de basculement :

Quel que soit le résultat précédent, on prendra une valeur de poussée du vérin de basculement égale à 4000 N.

Le vérin choisi par le constructeur est un vérin Linak LA 314100 (pas vis 4 mm, course : 100 mm)

Question 18 : déterminer sur la courbe donnée par le constructeur (document DT7), l'intensité nécessaire en A.

3^{ème} PARTIE : analyse et validation du mécanisme de porte (fonction FT1)

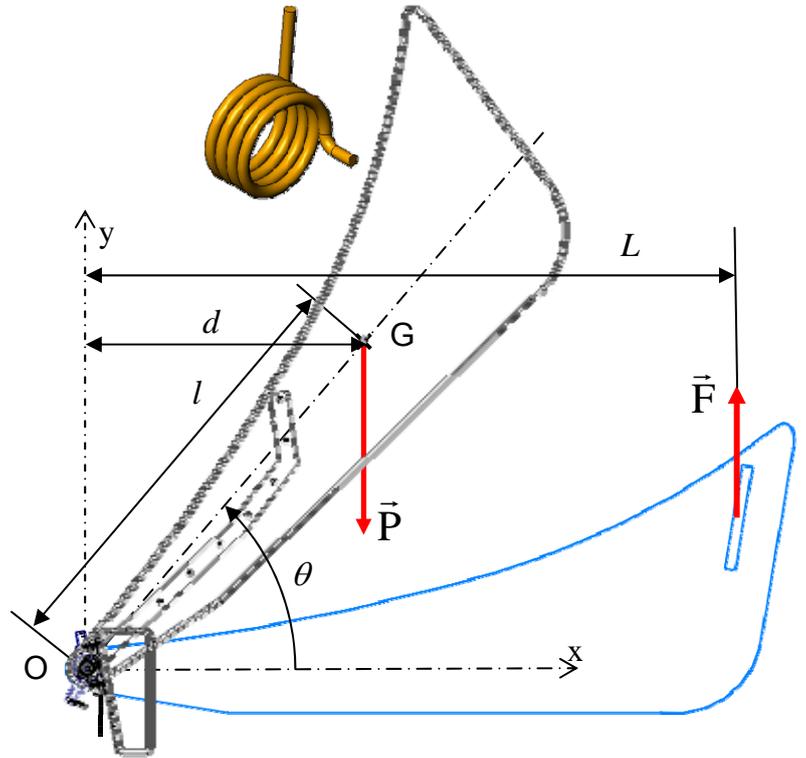
A- Validation du ressort de compensation de porte (fonction FT1)

On se propose de vérifier dans cette partie les caractéristiques du ressort 45 de compensation dont la fonction exigée par le cahier des charges doit être :

- d'éviter la chute brutale de la porte et la maintenir ouverte pour $\theta > 80^\circ$.
- de faciliter l'ouverture de la porte par le soignant (effort maxi : 50 N).

Données :

- La porte de masse m et de centre de gravité G est articulée autour de l'axe (O, \vec{z}) .
- L'accélération de la pesanteur est telle que $\|\vec{g}\| = 9,81 m.s^{-2}$.
- En position fermée, l'angle θ d'ouverture de porte est $\theta = 0^\circ$ et en position ouverte $\theta = 90^\circ$.
- La distance $OG = l$.
- Le ressort de torsion liée à l'axe de la porte exerce une action mécanique de type couple (appelé ici $C_{/Oz}$).
L'intensité de ce couple :
 - dépend de la raideur angulaire k (en Nmm/deg), grandeur propre à chaque ressort.
 - est proportionnelle à la valeur de l'angle d'enroulement du ressort chargé α (en deg). Le ressort a été précontraint d'un angle α_i de 360° lors du montage.



Question 19 : (sur copie) donner l'expression de la norme $\|\vec{M}_{/Oz}(\vec{P})\| = f(m, g, d)$ du moment autour de (O, \vec{z}) du poids \vec{P} de la baignoire en fonction de m, g et d . Exprimez d en fonction de l et θ .
Calculer la valeur du moment pour un angle $\theta = 60^\circ$, $m = 12$ kg, $l = 0,9$ m.

Question 20 : (sur copie) à partir des caractéristiques du ressort rep. 45 ($\varnothing_{e_{xt}} : 40,5$; 4,5 spires) et du document du fabricant de ressort de torsion DT8, retrouver la valeur de la raideur angulaire k ainsi que la référence du ressort.

Le graphique du document réponse **DR5** représente la variation de $\|\vec{M}_{/Oz}(\vec{P})\|$ et du couple de l'action du ressort de torsion $C_{/Oz}$ au cours d'une phase d'ouverture.

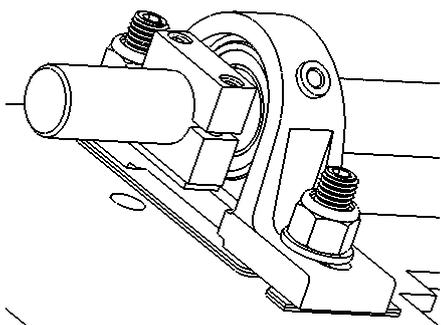
Question 21 : à partir des caractéristiques données sur le graphique, préciser sur le document réponse DR5 :

- la valeur θ_c de l'angle θ pour laquelle l'action du ressort compense le moment dû au poids de la porte. Que se passe-t-il alors pour θ supérieur à cette valeur θ_c ? Conclure quant au respect du cahier des charges.
- la valeur θ_m de l'angle θ pour laquelle le soignant doit exercer l'effort de levage le plus important. Pour cette dernière position, évaluer par différence sur le graphique la valeur du moment non compensée par le ressort.

Quelle que soit la valeur trouvée précédemment, on prendra un couple à exercer par le soignant sur l'axe de porte de 70 Nm. Ce couple est dû à la force \vec{F} verticale vers le haut exercée par le soignant sur la poignée de porte.

Question 22 : (sur copie) donner l'expression de la norme $\|\vec{M}_{/Oz}(\vec{F})\|$ du moment autour de (O, \vec{z}) de la force \vec{F} du soignant sur la poignée. Calculer la valeur de cette force $\|\vec{F}\|$ exercée par le soignant sur la poignée pour une distance axe de porte/poignée de $L = 1,6$ m. Conclure quant au respect du cahier des charges.

B – Assemblage des éléments



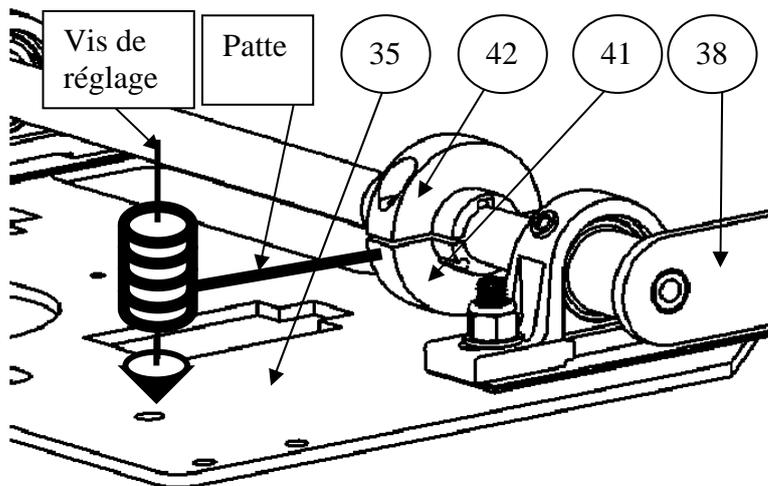
On se propose de compléter en partie le graphe de l'assemblage des différents éléments constituant le montage de la porte afin d'obtenir la maquette numérique de celle-ci. L'étude se limite au montage du collier rep.46 sur l'axe de porte (voir DT9). Ce collier assure une des butées axiales de la liaison pivot du guidage de la porte.

Question 23 : le collier rep.46 est en deux parties, serrées sur l'axe rep.38 par les vis rep.48 vissées dans la plaque rep.47. Caractériser le type de liaison encastrement obtenue (mise en position et maintien en position : par obstacle ou adhérence, nom de ce type de maintien en position) (sur feuille de copie).

Question 24 : compléter sur le DR5 le tableau d'assemblage des 2 demi coquilles du collier sur l'axe en suivant les exemples donnés et en utilisant les contraintes suivantes : (coaxial, coïncidence, parallèle, tangente).

C – Implantation d'un système de butée de la porte

La précontrainte α_i du ressort implique que celui-ci continue à entraîner la porte même lorsqu'elle est complètement ouverte ($\theta = 90^\circ$). Il est donc nécessaire de limiter la rotation de la porte par une butée de fin de course interne incorporée au mécanisme.



Le choix se porte sur une modification de la butée maintien ressort (41 + 42) dont une forme excentrée (patte) sur une des pièces rep.41 ou rep.42 permettrait de recevoir une vis de réglage venant en fin de course en butée sur la plaque support mécanisme sur cuve rep.35 (voir DT9 et schéma technologique ci-contre).

- Section mini de la patte : carrée de 16×16
- Distance axe de porte/vis de réglage : 100 mm
- Vis de réglage M8
- Blocage vis après réglage nécessaire
- Principe de la liaison encastrement de la butée maintien ressort sur l'axe de porte conservé

Question 25 : au choix, finaliser cette modification sur le DR6 :

- à main levée le dessin d'ensemble plan (2 vues)
- ou la perspective