

Appareil de mammographie « ISIS »

La radiologie est utilisée pour rechercher la présence d'une tumeur dans un sein. La machine utilisée est un mammographe. Le développement technologique et l'intégration de l'informatique rendent de plus en plus performant ce type d'appareil.

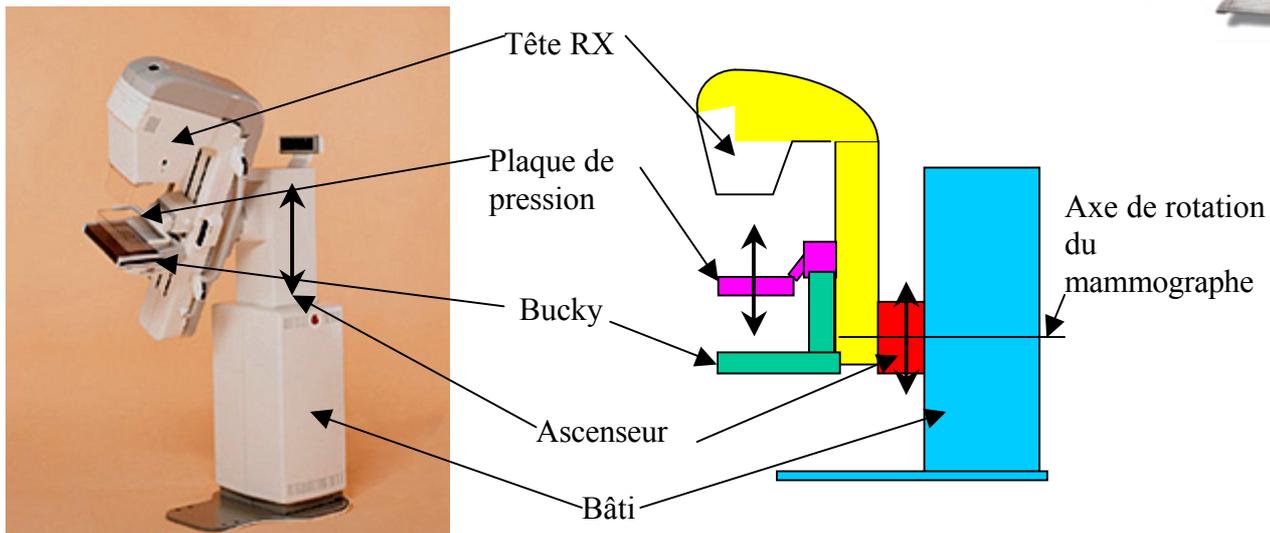
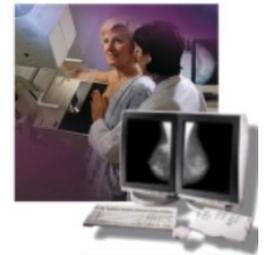


Figure 1.

Un mammographe est constitué des éléments génériques suivants :

- Un ascenseur en liaison glissière de direction verticale par rapport à la partie fixe du mammographe (bâti). Cette mobilité permet d'adapter le mammographe à la taille de la patiente en faisant monter ou descendre l'ascenseur.

La liaison glissière de l'ascenseur par rapport à la partie fixe du mammographe est réalisée par un guidage sur deux barres parallèles fixées sur le bâti.

Le déplacement de l'ascenseur est obtenu à partir d'un moteur électrique qui entraîne en rotation une vis. La rotation de la vis entraîne ensuite l'écrou sur lequel est fixé l'ascenseur.

Objet de l'étude en encadré

L'ascenseur supporte les éléments suivants :

- La « tête RX » permet d'émettre les rayons X. Un collimateur permet de contrôler le faisceau afin d'optimiser le cliché. Le réglage angulaire de la tête RX est réalisé par un pivotement autour de l'axe de rotation du mammographe. La tête RX est donc en liaison pivot par rapport à l'ascenseur ;
- Le « bucky » sert de surface d'appui au sein et de support au film ou au capteur d'images. Il peut également recevoir le stéréotix permettant de réaliser une biopsie (prélèvement au niveau de la tumeur). Le réglage angulaire du bucky est réalisé par un pivotement autour de l'axe de rotation du mammographe. Le bucky est en liaison pivot par rapport à l'ascenseur ;
- La « plaque de pression » permet de comprimer le sein et de le maintenir en position afin d'avoir une meilleure qualité de l'image. Elle fait l'objet d'une liaison glissière par rapport au bucky.

Extrait du cahier des charges fonctionnel :

Fonction	Critères	Niveaux
Faire monter ou descendre l'ascenseur	<ul style="list-style-type: none">• Amplitude du déplacement : respecter une course de réglage de la position de l'ascenseur	<ul style="list-style-type: none">• course = 0,8 m
	<ul style="list-style-type: none">• Ne pas stresser la patiente en déplaçant trop rapidement l'ascenseur : limiter la vitesse de déplacement rapide V_R	<ul style="list-style-type: none">• $V_R = 0,15 \text{ m s}^{-1}$
	<ul style="list-style-type: none">• Minimiser la puissance de la motorisation	
	<ul style="list-style-type: none">• Atteindre rapidement la vitesse de déplacement rapide V_R : respecter la durée t_a de la phase d'accélération constante	<ul style="list-style-type: none">• $t_a = 0,4 \text{ s}$ Pas plus rapide sinon effet de surprise et de stress du patient

Détermination de la motorisation :

L'objectif de cette étude est de valider la solution utilisant un vérin à gaz pour assister le moteur, en la comparant à d'autres solutions classiques : pas d'assistance et assistance à l'aide d'un contre-poids. Pour cela nous allons comparer les performances minimales que doit avoir le moteur d'entraînement et vérifier pour chaque cas la conformité au cahier des charges.

Description de la solution technique retenue à vérin à gaz

Un vérin à gaz permet d'assister le moteur lors de la montée de l'ascenseur par l'intermédiaire d'une poulie montée à l'extrémité de la tige du vérin à gaz et d'une courroie crantée. Une des extrémités de la courroie est fixée sur le bâti du mammographe et l'autre extrémité est liée à l'ascenseur.

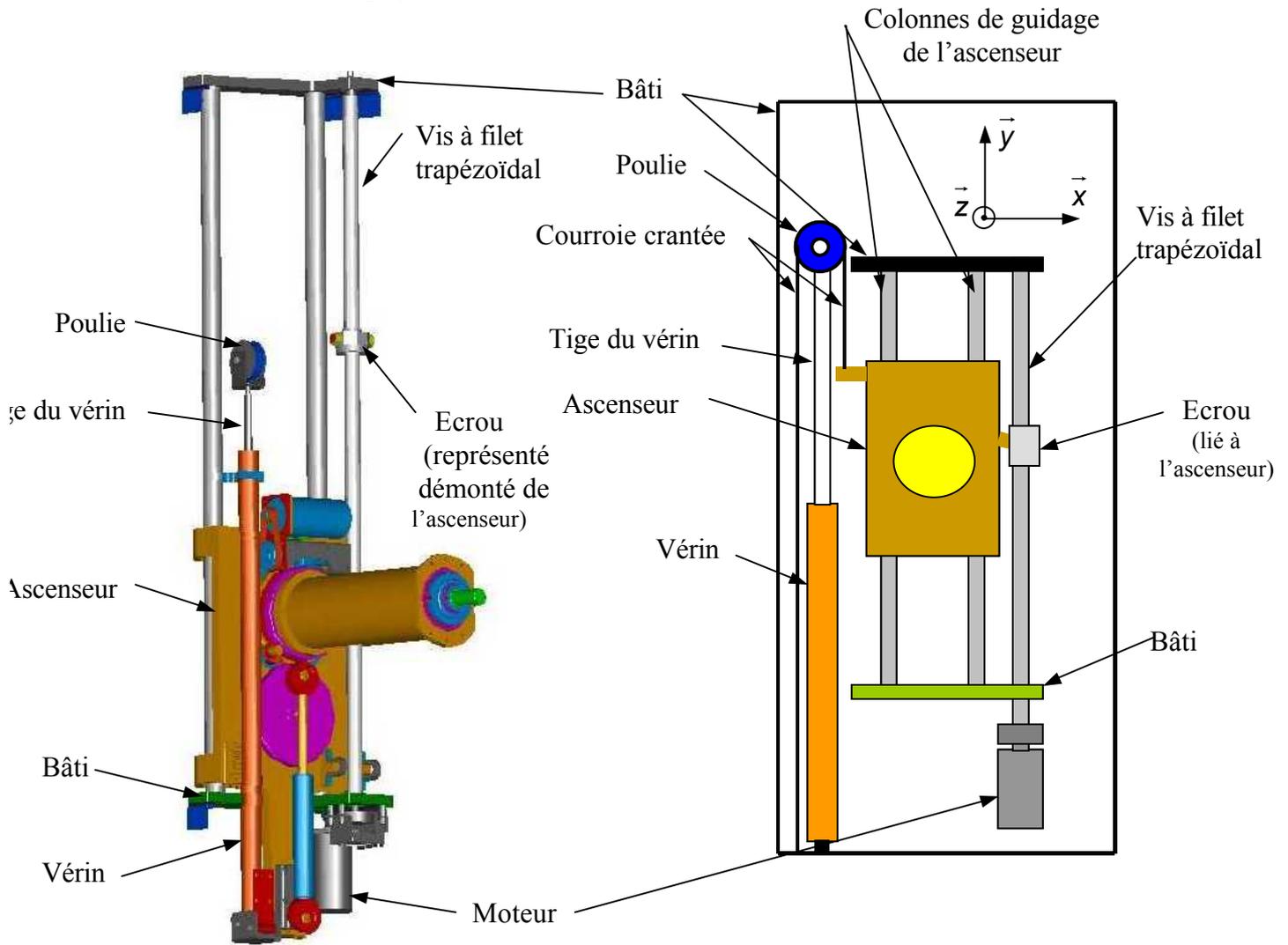


Figure 2

(la courroie crantée n'est pas représentée)

Figure 3

La figure 2 décrit la chaîne associée à la réalisation des fonctions techniques « Faire monter ou descendre l'ascenseur ».

La figure 3 représente le schéma de principe de la chaîne associée.

Principales données techniques :

Ascenseur :

Masse totale de l'ascenseur : $M = 130 \text{ kg}$

y = déplacement de l'ascenseur ($y = 0$ lorsque l'ascenseur est en position basse)

Dispositif vis – écrou :

Le sens de l'hélice est de telle sorte que si la vis tourne dans le sens positif autour de $+y$, l'ascenseur progresse suivant $+y$.

Pas : $p_v = 6 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

\varnothing vis = $0,02 \text{ m}$

Longueur vis = 1 m

Rendement : $\eta = 0,3$

Moment d'inertie de la vis, par rapport à son axe : $J_v = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^2$

Moment d'inertie du rotor du moteur lié à la vis : $J_{\text{rotor}} = 2,6 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^2$

Vérin à gaz d'assistance

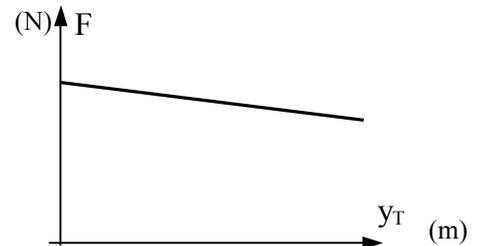
Ce type de vérin se retrouve par exemple dans l'assistance à l'ouverture d'un coffre de voiture.

Modèle de comportement linéaire :

y_T = déplacement de la tige du vérin ($y_T = 0$ lorsque l'ascenseur est en position basse)

F = effort développé par le vérin

On observe une variation relative de l'effort F faible donc on pourra considérer $F = \text{constante}$ (indépendant de y_T)



La masse de la tige du vérin est négligeable par rapport à celle de l'ascenseur.

L'effort de compensation exercé par le système {vérin à gaz, poulie, courroie crantée} sur l'ascenseur, doit compenser le poids total de l'ascenseur.

Q.1- Tracer le schéma cinématique en perspective du mammographe « ISIS » présenté figure1 (on ne tiendra pas compte ici des motorisations et du système de compensation).

Q.2- Déterminer la vitesse de rotation du moteur ω en fonction de la vitesse de déplacement V de l'ascenseur. En déduire la vitesse de rotation maximum ω_{Maxi} que doit avoir le moteur, faire l'application numérique.

Pour déterminer les performances minimales du moteur, on étudie la phase de montée de l'ascenseur définie par :

- départ en position basse ($y = 0$ à l'instant $t = 0$).
- mise en mouvement ascendant de l'ascenseur à accélération constante a pour atteindre la vitesse rapide V_R en respectant les contraintes du cahier des charges.
- arrêt de l'ascenseur à la position $y = 0,8 \text{ m}$ (la phase de décélération est telle que la décélération est constante et sa durée égale à t_a).

Q.3- Afin d'avoir une meilleure représentation de cette phase de montée de l'ascenseur, représenter sur un même graphique, la loi d'accélération (rouge) en fonction du temps ainsi que la loi de vitesse (bleu) et celle du déplacement y (noir) de l'ascenseur. Indiquer les valeurs numériques :

- de l'accélération a
- de la durée de la phase d'accélération t_a
- du déplacement réalisé pendant chaque phase de déplacement à accélération constante
- de la durée du déplacement à vitesse constante.

Commençons par étudier la solution sans assistance.

Q.4- Pour déterminer le couple moteur, on propose d'appliquer le théorème de l'énergie-puissance au système isolé (rotor du moteur + vis + ascenseur) en mouvement par rapport au bâti supposé galiléen.

a) Déterminer l'énergie cinétique galiléenne, notée E_c , du système isolé. Mettre E_c sous la forme $E_c = \frac{1}{2} M_e \cdot V^2$, donner l'expression littérale de la masse équivalente M_e et faire l'application numérique.

On notera :

- $\vec{g} = -g\vec{y}$ l'accélération de la pesanteur ; on prendra $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$;
- C le couple exercé par le stator sur le rotor du moteur.

b) En supposant que toutes les liaisons sont parfaites, appliquer le théorème de l'énergie puissance au système isolé (rotor du moteur + vis + ascenseur). La démarche suivie doit être clairement indiquée. En déduire l'expression littérale de C en fonction de V et/ou de ses dérivées, (ω et/ou ses dérivées n'apparaîtront pas dans l'expression littérale de C).

c) En déduire la valeur du couple maximum C_{Max} que le moteur doit pouvoir appliquer sur la vis ainsi que la puissance P_0 nécessaire de ce moteur.

d) En déduire la puissance P nécessaire du moteur si le rendement du dispositif vis-écrou vaut $h = 0,3$.

Le dispositif d'assistance a pour rôle de diminuer le couple moteur en compensant le poids de l'ascenseur.

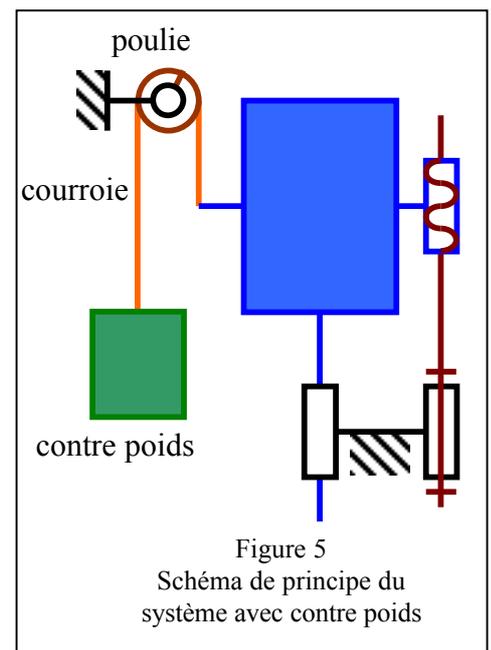
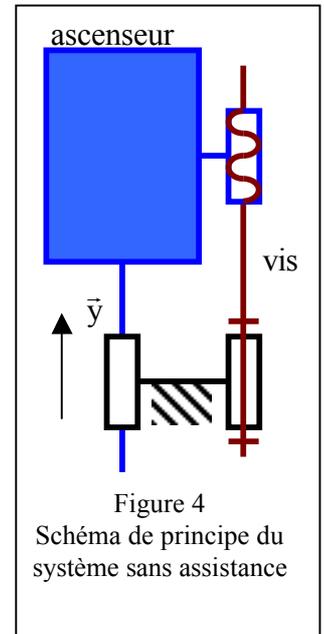
Étudions maintenant le cas d'une motorisation assistée par un contrepoids.

Q.5- Dans cette solution un contrepoids est choisi pour compenser exactement le poids de l'ascenseur. Une courroie crantée s'enroule sur un demi-tour d'une poulie d'axe fixe par rapport au bâti. Une des extrémités de cette courroie est attachée à l'ascenseur, l'autre au contrepoids. On néglige les masses de la poulie et de la courroie. Isolons à nouveau toutes les pièces mobiles, poulie, courroie et contre-poids compris.

a) Donner la nouvelle expression littérale de la masse équivalente M_e et faire l'application numérique.

b) En supposant que toutes les liaisons sont parfaites, déterminer l'expression littérale de C en fonction de V et/ou de ses dérivées, (ω et/ou ses dérivées n'apparaîtront pas dans l'expression littérale de C).

c) En déduire la valeur du couple maximum C_{Max} que le moteur doit pouvoir appliquer sur la vis ainsi que la puissance P_0 nécessaire de ce moteur.



d) En déduire la puissance P nécessaire du moteur si le rendement du dispositif vis-écrou vaut $h = 0,3$.

e) Le contrepoids sera réalisé dans un alliage de masse volumique 9.10^3 kg.m^{-3} . L'emplacement disponible est un parallélépipède rectangle de section $0,2 \times 0,1 \text{ m}^2$ et de hauteur $1,4 \text{ m}$. Compte tenu de la course souhaitée, cette solution est-elle envisageable ?

Etudions pour finir l'assistance à l'aide d'un vérin à gaz.

Q.6- Le schéma de principe de ce dispositif est donné sur la figure 4. Cette figure définit le montage. Le corps du vérin est lié au bâti. Une poulie crantée est en liaison pivot avec l'extrémité de la tige du vérin. Une courroie crantée s'enroule (un demi-tour) sur la poulie et est liée au bâti à une de ses extrémités. L'autre extrémité de la courroie est liée à l'ascenseur.

a) Déterminer la relation existant entre le déplacement y de l'ascenseur et le déplacement y_T de la tige du vérin. En déduire la course Dy_T nécessaire de la tige du vérin à gaz.

b) Le module de l'effort appliqué par la courroie sur l'ascenseur est noté F_c . C'est l'effort de compensation sur l'ascenseur. En isolant la poulie, déterminer la relation existant entre l'effort F développé par le vérin et l'effort de compensation F_c .

Q.7- Compte tenu des hypothèses faites page 4, on considèrera que l'effort de compensation F_c est constant.

a) En supposant que toutes les liaisons sont parfaites, déterminer l'expression littérale de C en fonction de l'accélération a et $M_e, F_c, M \dots$

b) En déduire la valeur du couple maximum C_{Max} que le moteur doit pouvoir appliquer sur la vis ainsi que la puissance P_0 nécessaire de ce moteur (prendre $F_c = 1300N$).

c) En déduire la puissance P nécessaire du moteur si le rendement du dispositif vis-écrou vaut $h=0,3$.

Q.8- Conclure sur la pertinence de la solution par vérin à gaz.

