

SESSION DE 2007

CAPET

CONCOURS EXTERNE ET CAFEP

Section : TECHNOLOGIE

ETUDE D'UN SYSTEME TECHNIQUE

Durée : 6 heures

Calculatrice électronique de poche, y compris programmable, alphanumérique ou à écran graphique, à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

LA CORDEUSE DE RAQUETTES

Ce sujet comporte 3 dossiers :

- | | |
|--|---------------|
| <input type="checkbox"/> Dossier de présentation et travail demandé | pages 2 à 16 |
| <input type="checkbox"/> Documents annexes | pages 17 à 23 |
| <input type="checkbox"/> Documents réponses (utilisation précisée dans l'énoncé) | pages 24 à 29 |

Le sujet comporte 6 parties.

Une lecture préalable et complète du sujet est indispensable.

Le candidat doit traiter les questions dans l'ordre de numérotation et est invité à numérotter chaque page de la copie et à indiquer clairement le numéro de la question traitée.

Il doit rédiger les différentes parties du problème sur feuilles séparées et clairement repérées.

Il lui est rappelé qu'il doit utiliser les notations propres au sujet, présenter clairement les calculs et dégager ou encadrer tous les résultats.

Il sera tenu compte de la présentation de la copie, de la qualité de la rédaction (orthographe et syntaxe), en particulier pour les réponses aux questions ne nécessitant pas de calcul.

Si vous estimez que le texte du sujet, de ses questions ou de ses annexes comporte une erreur, signalez lisiblement votre remarque dans votre copie et poursuivez l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

N.B. : Hormis l'en-tête détachable, la copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.

Tournez la page S.V.P.

(A)

La cordeuse de raquettes

Présentation

DMS Education est une entreprise dont l'activité est le développement, la fabrication et la commercialisation de produits didactiques, en France et à l'export. Ses domaines principaux d'activité sont : le génie mécanique, le génie électrique, les automatismes et l'ingénierie pédagogique.

Un de ses produits est la cordeuse de raquette. C'est un système automatique qui permet d'assurer la tension des cordes d'une raquette de tennis. Un des modèles les plus récents est la cordeuse SP55 (voir figures 1 et 2).

Le berceau est fixé solidement sur le cadre de la raquette. L'extrémité de la corde est attachée sur le cadre puis glissée dans le mors de tirage. L'opérateur met la machine sous tension électrique. Celle-ci, asservie en effort, ajuste la valeur de la tension, préréglée sur le pupitre de commande. Des pinces maintiennent la corde pendant que l'opérateur la retire du mors, la glisse au travers des œillets du cadre et retourne le berceau pour pouvoir la saisir à nouveau et la tendre.

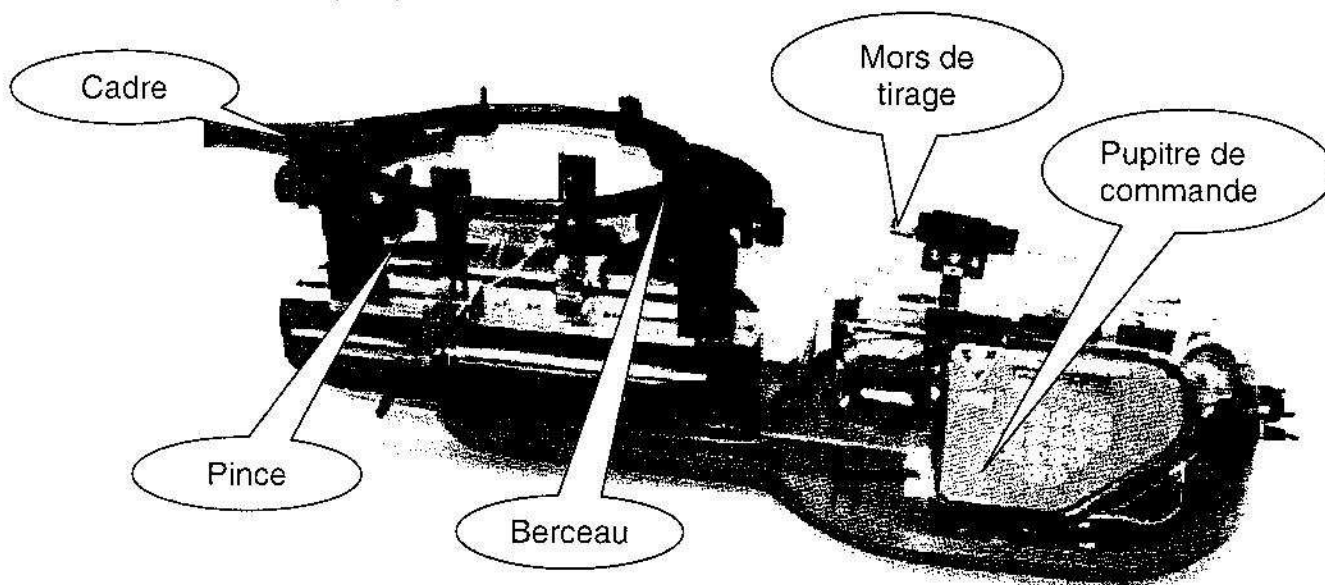


Figure 1 : cordeuse de raquette.

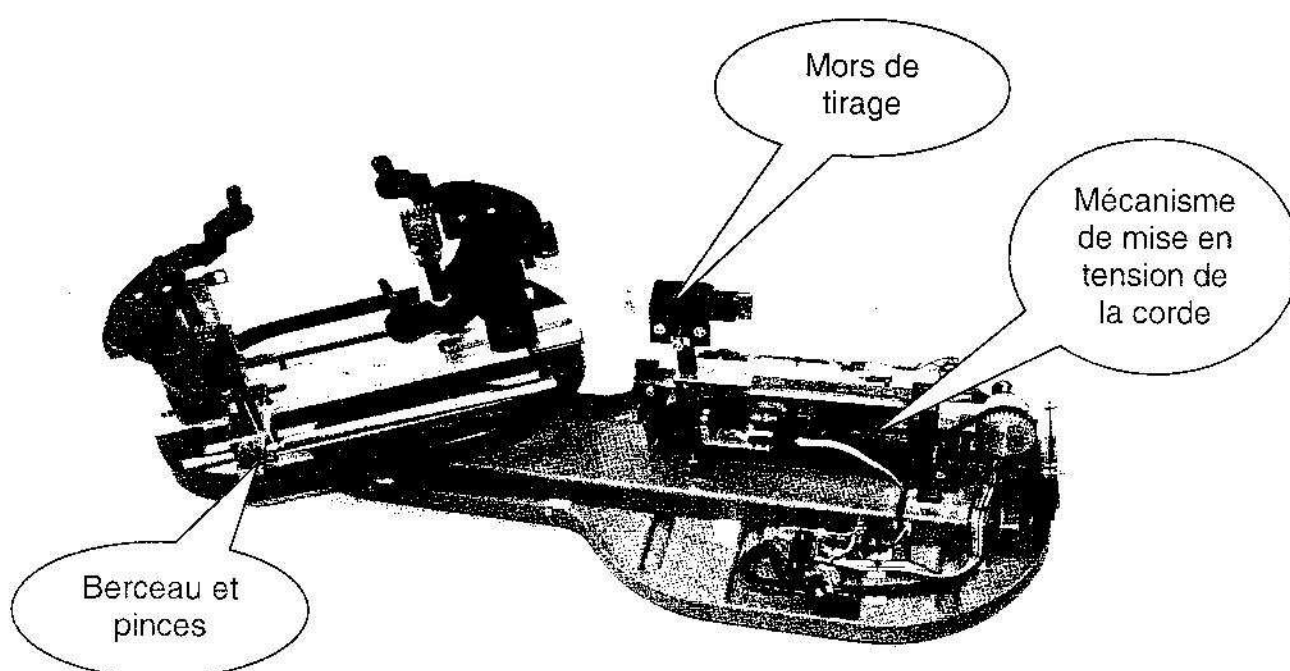


Figure 2 : cordeuse de raquette, avec pupitre de commande enlevé.

Les figures 3 et 4 montrent le mécanisme de mise en tension de la corde. Il est principalement constitué :

- d'un moto réducteur ;
- d'une chaîne, tirée par le moto réducteur ;
- d'un poussoir, solidaire de la chaîne ;
- d'un mors de tirage, qui met en tension la corde de la raquette.

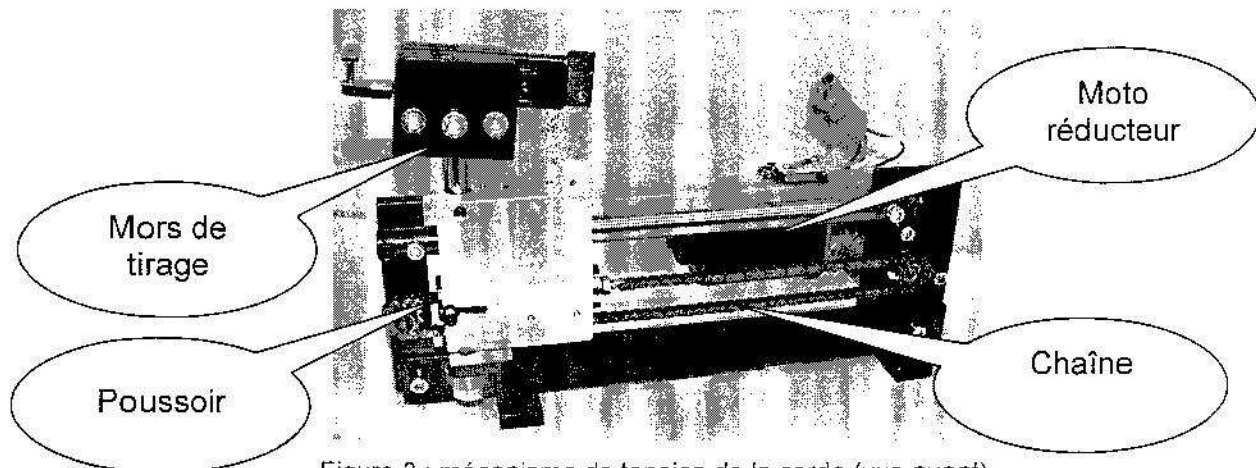


Figure 3 : mécanisme de tension de la corde (vue avant).

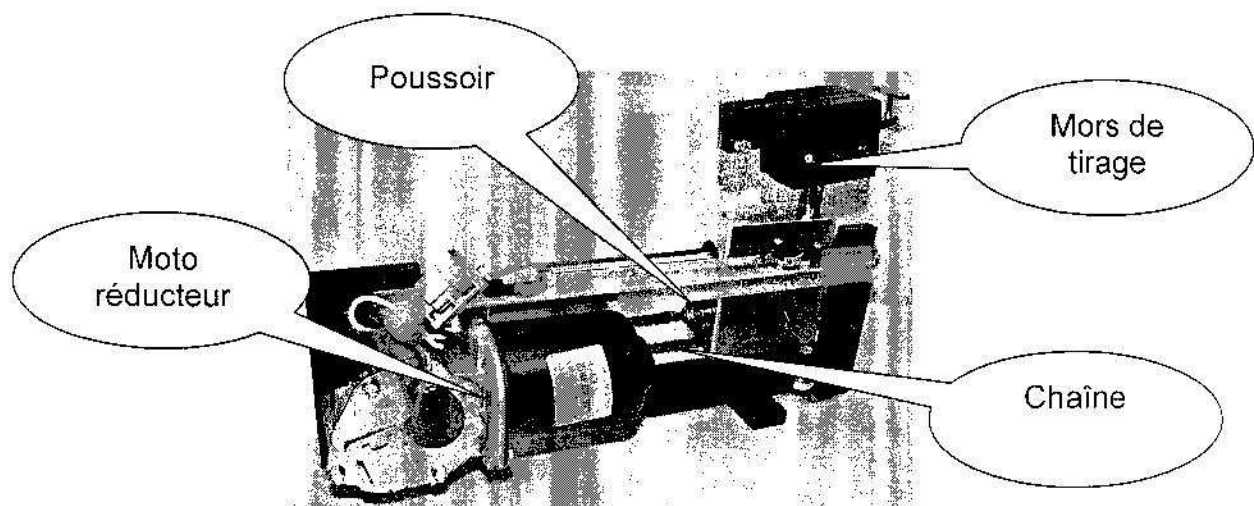


Figure 4 : mécanisme de tension de la corde (vue arrière).

Le schéma cinématique de ce mécanisme est donné sur la figure 5.

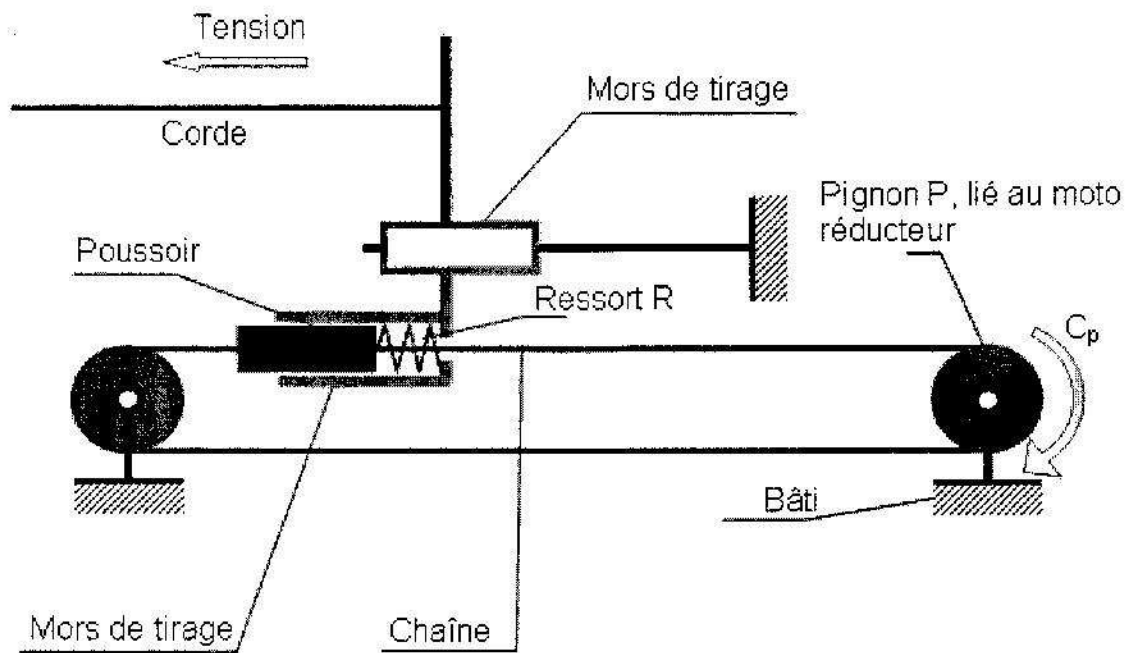
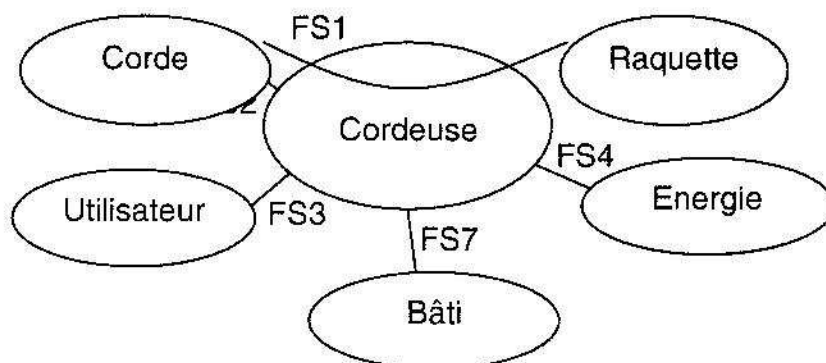


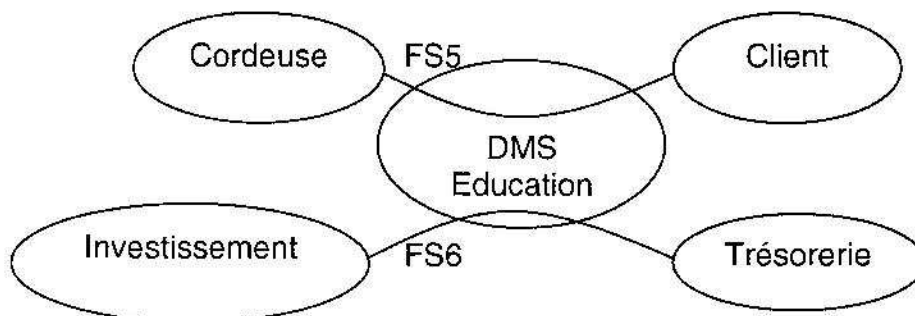
Figure 5 : schéma cinématique du mécanisme de mise en tension.

Le moto réducteur crée un couple C_p qui est transmis à la chaîne via le pignon P. La chaîne tire sur le poussoir, qui appuie sur le ressort R. Ce ressort pousse le mors de tirage, qui tend la corde de la raquette. Le diagramme partiel des interacteurs de la cordeuse, montrant les fonctions de service à satisfaire, est le suivant :



- FS1 : Tendre la corde sur la raquette.
- FS2 : Maintenir la tension de la corde.
- FS3 : Enregistrer et traiter les instructions de l'utilisateur.
- FS4 : S'adapter à l'énergie disponible.
- FS7 : S'adapter au bâti.

Le diagramme des interacteurs de la société DMS Education est le suivant :



- FS5 : Faire connaître la cordeuse au client.
- FS6 : Permettre aux investissements d'être rentables vis-à-vis de la trésorerie.

L'objet des différentes parties de cette étude est la validation partielle de certaines de ces fonctions de service.

Etude de la fonction FS1 : Tendre la corde sur la raquette

Les critères de la fonction FS1 sont les suivants :

Fonction	Critères	Valeurs
FS1 : Tendre la corde sur la raquette.	Tension maximale de la corde.	400 N
	Mesure de la tension de la corde.	Mesure possible pour une tension de 0 N à 400 N.

L'objectif de cette partie est de vérifier que les performances de la cordeuse permettent de satisfaire les critères de la fonction FS1.

Le moto réducteur est détaillé sur la figure 6. Le moteur fait tourner une vis à deux hélices, de sens inversé, chacune comportant 2 filets. Les hélices font tourner chacune un double pignon (une pièce comportant deux engrenages, un de 15 dents et un autre de 29 dents). Les doubles pignons engrenent avec une roue de 55 dents, liée au pignon P (voir figure 5).

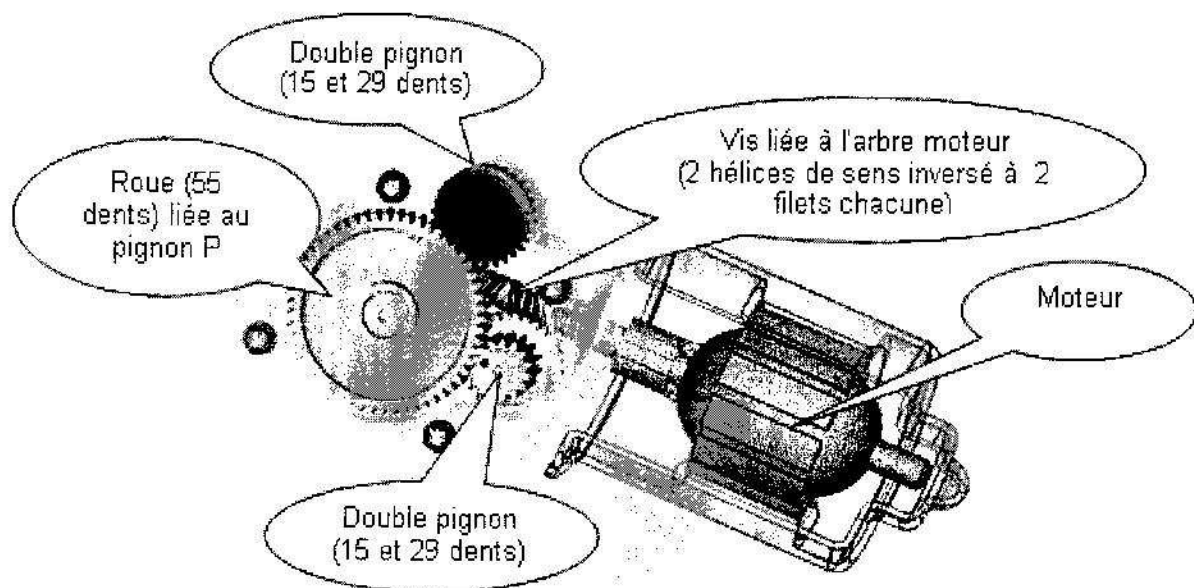


Figure 6 : détail du moto réducteur.

- 1.1 : Compléter le document réponse en précisant par des flèches le sens de rotation des deux doubles pignons et de la roue de 55 dents lorsque le moteur tourne dans le sens indiqué. Préciser l'intérêt d'utiliser une vis à deux hélices inversées.
- 1.2 : Le moteur délivre au maximum un couple de 0,3 N.m. Déterminer le couple C_p obtenu sur la roue de 55 dents, et donc sur le pignon P, en supposant le mécanisme parfait.
- 1.3 : Le rayon du pignon P est 20 mm. Déterminer la tension de la corde.
- 1.4 : Conclure quant à la capacité de la cordeuse à satisfaire le critère de tension maximale de la corde de la fonction FS1. Vérifier que même avec un rendement de 0,6 dans le dispositif roue et vis, le système satisfait toujours le critère de tension maximale de la corde.

La tension de la corde est mesurée par un capteur de position situé entre le poussoir et le mors de tirage (voir figure 7). Ce capteur a une plage de mesure de 15 mm.

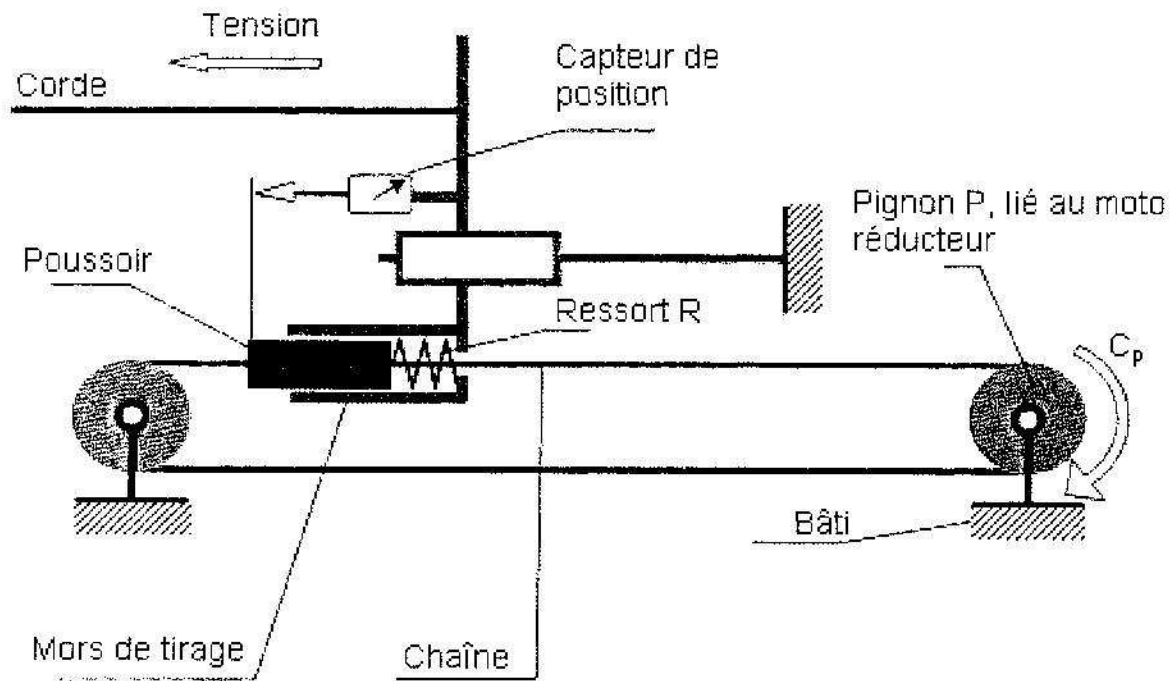


Figure 7 : schéma cinématique du mécanisme de tension de la corde, avec capteur de mesure de tension.

1.5 : La raideur du ressort est de 27 N.mm^{-1} . Déterminer l'écrasement maximal du ressort et conclure quant à la capacité de la cordeuse à satisfaire le critère de mesure de la tension de la corde.

Etude de la fonction FS2 : Maintenir la tension de la corde

Lorsque la cordeuse relâche la tension d'une corde, la corde est divisée en deux parties. Une partie est liée à la raquette et doit toujours être maintenue en tension, tandis qu'une autre partie n'est pas directement liée à la raquette et sa tension doit être relâchée (voir figure 8). Une pince sépare la corde en deux parties.

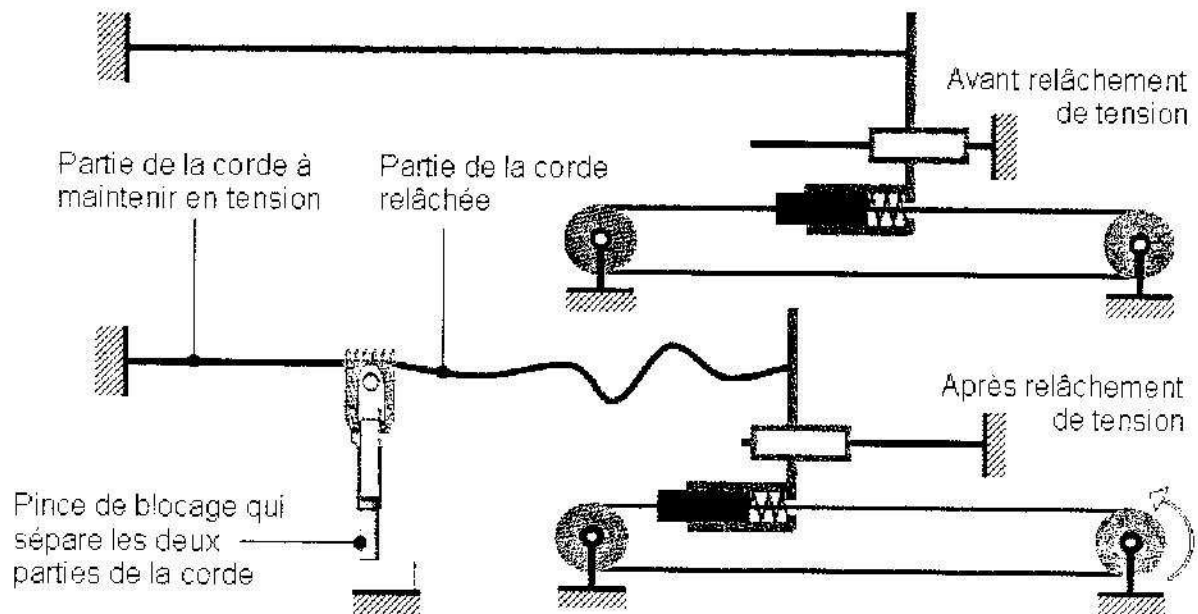
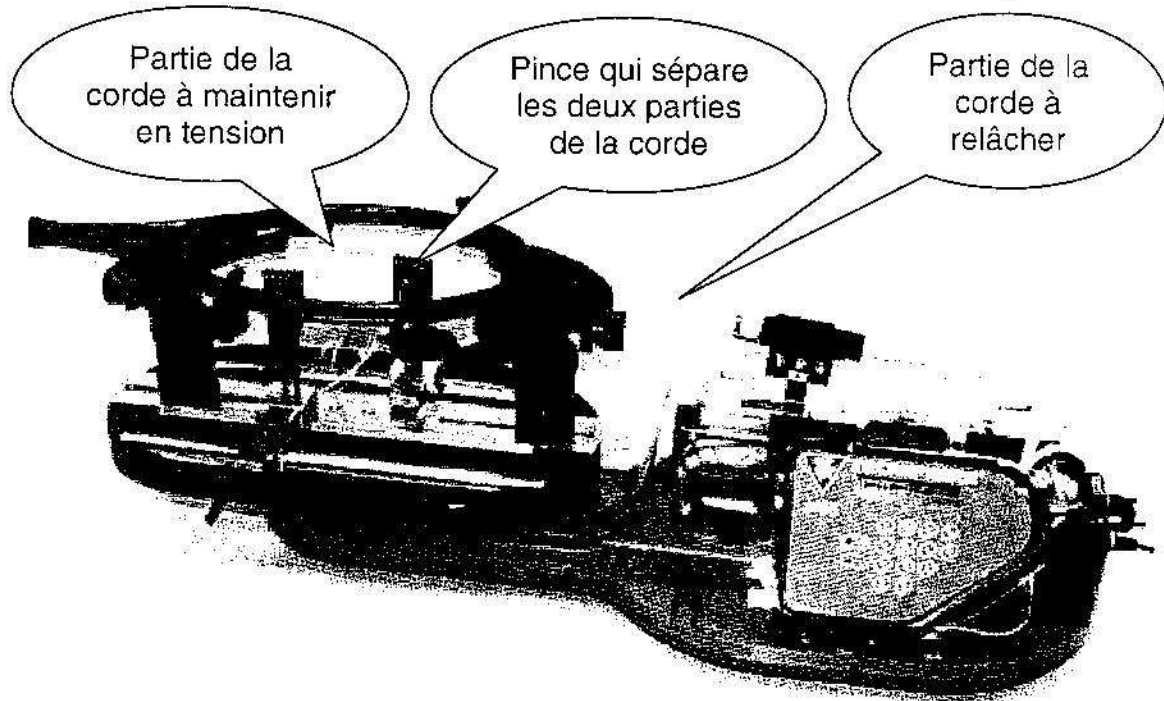


Figure 8 : relâchement de la tension de la corde, avec séparation en deux parties par l'intermédiaire d'une pince.

Les critères de la fonction FS2 sont les suivants :

Fonction	Critères	Valeurs
FS2 : Maintenir la tension de la corde	Relâchement de la tension de la corde.	Baisse de tension de 40 N maximum.
	Temps de détente	3 secondes maximum.

L'objectif de cette partie est de vérifier que les performances de la cordeuse permettent de satisfaire les critères de la fonction FS2.

Les pinces sont guidées en translation par l'intermédiaire de rails de guidage (voir figure 9).

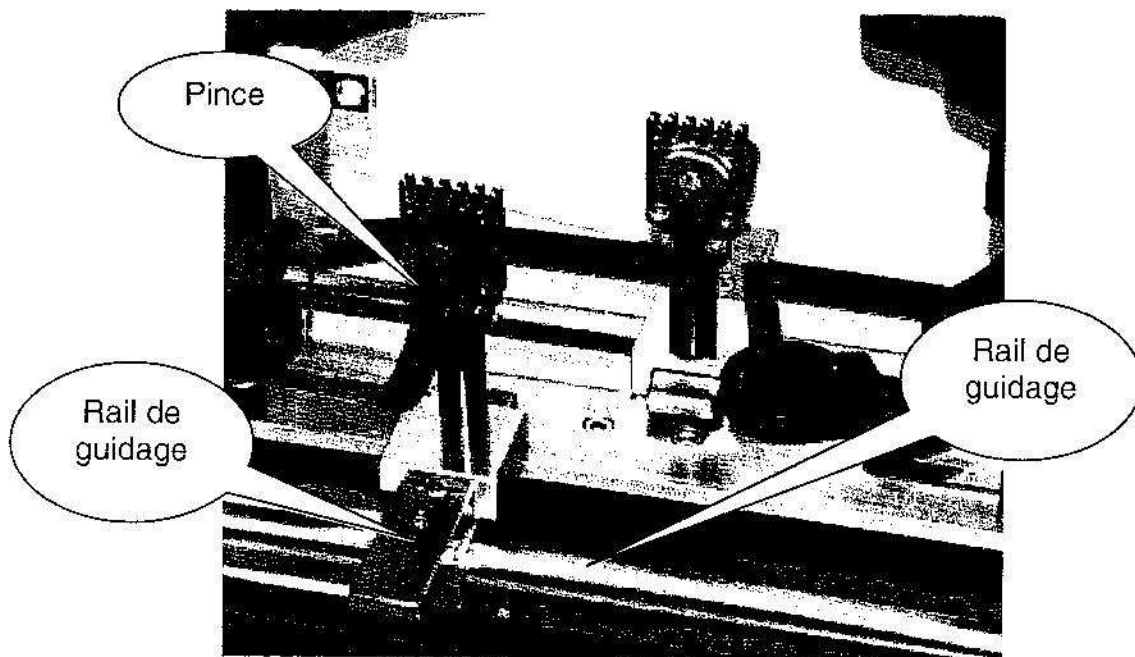
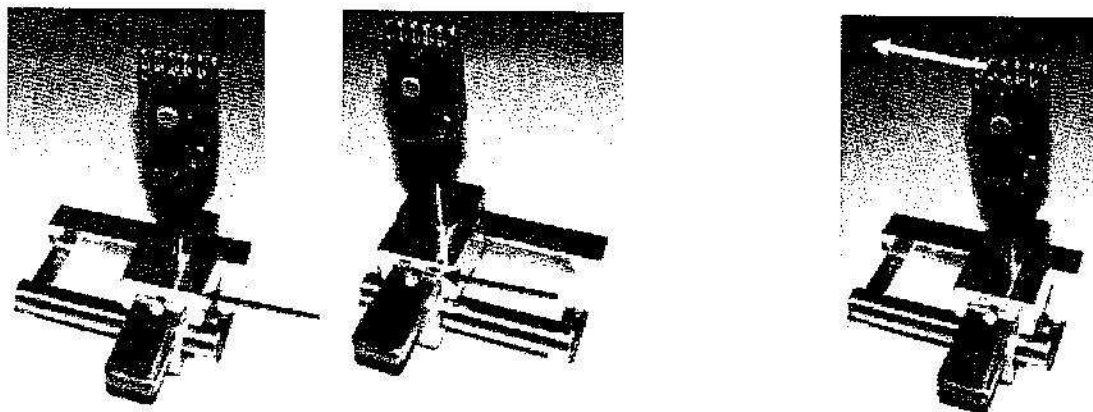


Figure 9 : pince et rails de guidage.

Suivant l'action exercée par l'utilisateur sur une pince, elle pourra ou non se déplacer (voir figure 10).



L'utilisateur appuie sur la pince en bas, et elle se translate.

La corde tire sur la pince en haut, mais elle ne se déplace pas. La pince reste bloquée.

Figure 10 : effet du point d'application de la force pour déplacer ou bloquer une pince.

2.1 : Donner le nom du principe sur lequel se fonde ce phénomène (la pince se déplace ou ne se déplace pas suivant la position du point d'application de la force exercée dessus).

À cause de défauts de fabrication, la pince possède un défaut de rotulage de 4° maximum (voir figure 11).

Tournez la page S.V.P.

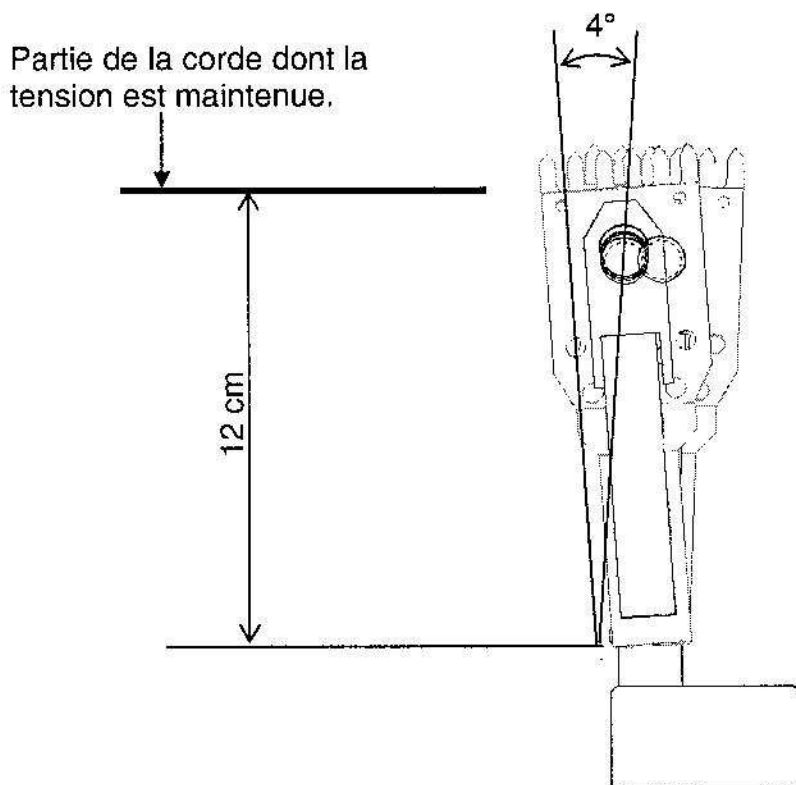


Figure 11 : rotulage de la pince, dû aux défauts de fabrication.

2.2 : En assimilant la corde à un ressort de raideur 4 N.mm^{-1} , déterminer le relâchement de tension dû à ce rotulage, et conclure quant à la capacité de la cordeuse à satisfaire le critère de relâchement de la tension de la fonction FS2.

Lorsque l'utilisateur appuie sur le bouton de commande, le moteur est piloté en vitesse, et provoque le déplacement du mors de tirage qui relâche la tension de la corde. Le déplacement du mors de tirage se fait suivant la loi de vitesse de la figure 12, qui respecte le critère de temps de détente de la fonction FS2.

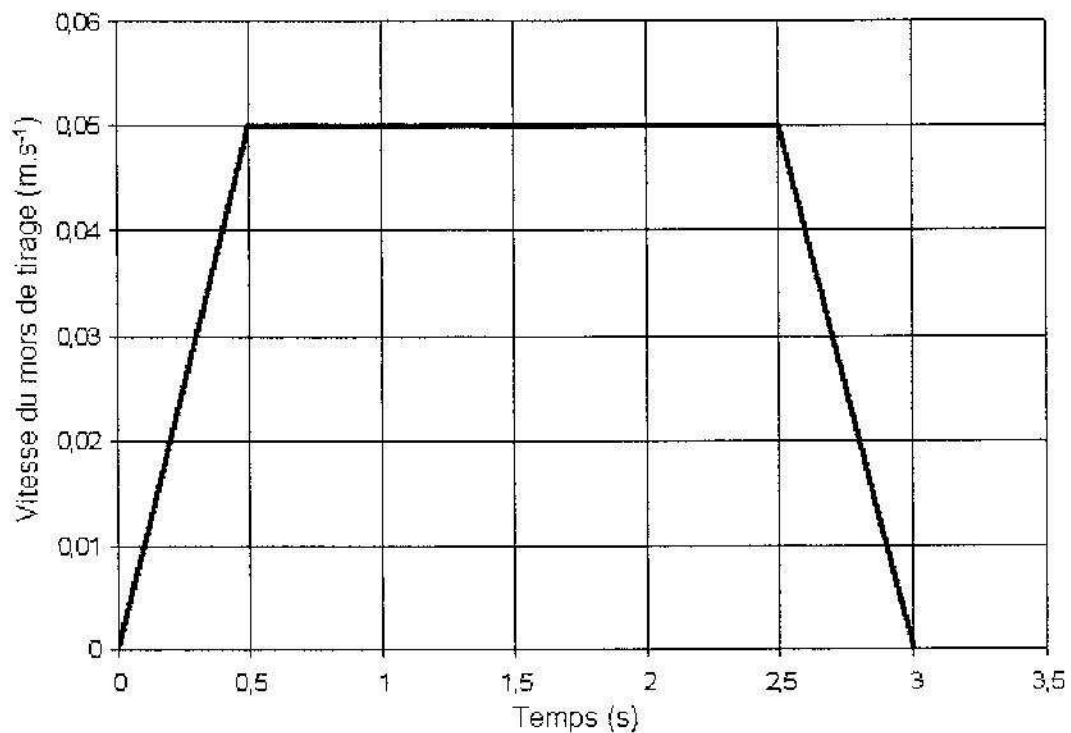


Figure 12 : loi de vitesse imposée par le moteur pour relâcher la tension.

2.3 : Calculer la distance parcourue par le mors de tirage et montrer qu'elle ne dépasse pas 15 cm, ce qui correspond au déplacement maximum autorisé par la technologie utilisée sur le mors de guidage.

La chaîne cinématique entre le mors de tirage et le moteur est donnée sur les figures 6 et 7 précédentes. Le rayon du pignon P est égal à 20 mm.

2.4 : Déterminer la vitesse angulaire maximale du moteur lors du relâchement du mors de tirage, et montrer que cette vitesse est inférieure à la vitesse angulaire maximale autorisée pour ce moteur (1500 tr.min^{-1}).

Un logiciel de simulation mécanique a permis de déterminer le couple moteur durant cette phase de relâchement de tension. Le résultat est dessiné sur la figure 13.

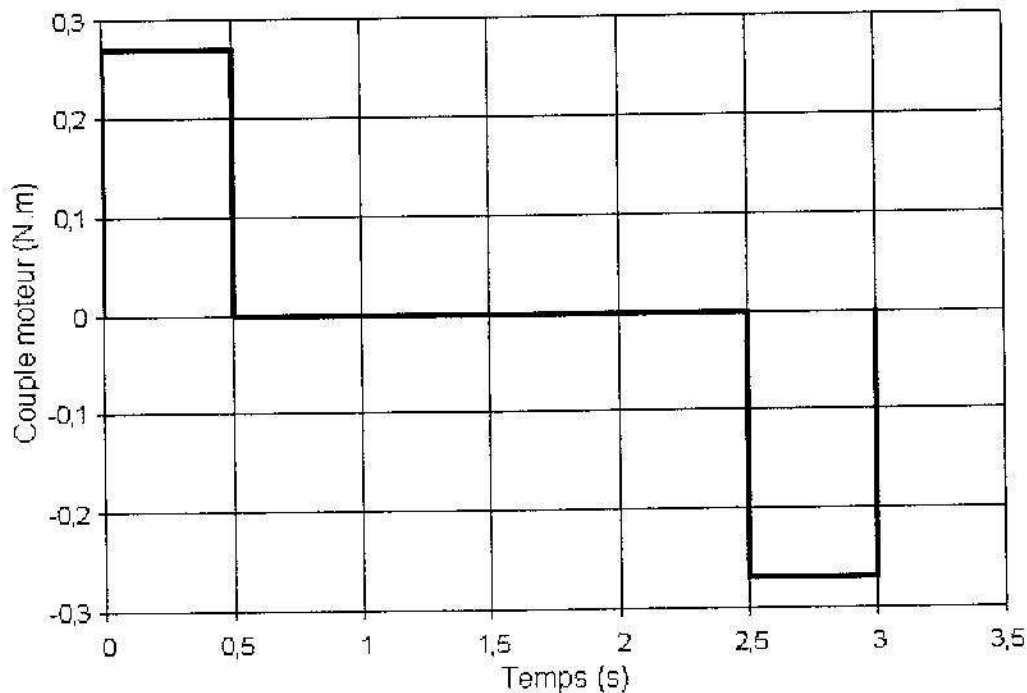


Figure 13 : couple délivré par le moteur durant la phase de relâchement de tension dans la corde.

2.5 : Déterminer l'accélération initiale du mors de tirage sur la figure 12. En déduire l'accélération angulaire du moteur. Sachant que l'inertie équivalente du système de mise en tension ramenée sur l'axe moteur est de $0,001 \text{ kg.m}^2$, retrouver la valeur du couple moteur à l'instant initial obtenu par le logiciel.

2.6 : Montrer que le résultat obtenu par le logiciel sur la figure 13 est cohérent avec la loi de commande de la figure 12. Sachant que le moteur délivre au maximum un couple de $0,3 \text{ N.m}$, conclure quant à la capacité de la cordeuse à satisfaire la fonction FS2 avec la loi de commande de la figure 12.

Etude de la fonction FS3 : Enregistrer et traiter les instructions de l'utilisateur

Les critères de la fonction FS3 sont les suivants :

Fonction	Critères	Valeurs
FS3 : Enregistrer et traiter les instructions de l'utilisateur	Niveaux logiques Compatibles avec la technologie CMOS-HC	$V_{IHMIN} = 3,5V$ $V_{ILMAX} = 0,4V$ $V_{OHMIN} = 4,9V$ $V_{OLMAX} = 0,1V$
	Mémoire de travail	Mémoire Flash de 128 Ko Mémoire RAM de 128 Ko

L'objectif de cette partie est de vérifier que les composants électroniques de la cordeuse permettent de satisfaire les critères de la fonction FS3.

La figure 14, ci-dessous, représente le schéma structurel de la fonction "demande de traction".

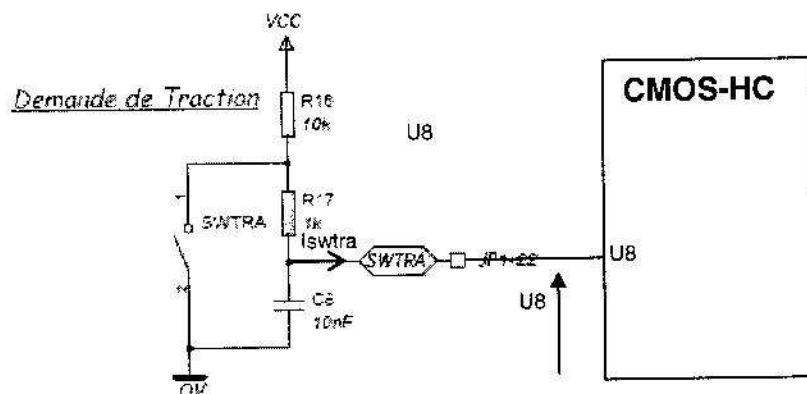


Figure 14 : schéma structurel de la fonction "demande de traction"

Le bouton poussoir SWTRA est considéré ouvert, l'alimentation présente et le courant Iswtra négligeable devant celui circulant dans R17.

3.1 : Ecrire le niveau logique (haut ou bas) pris par l'entrée repérée U8 du composant CMOS-HC. Répondre sur le document réponse.

Un relevé de tension en U8 a donné le chronogramme de la figure 15 ci-dessous :

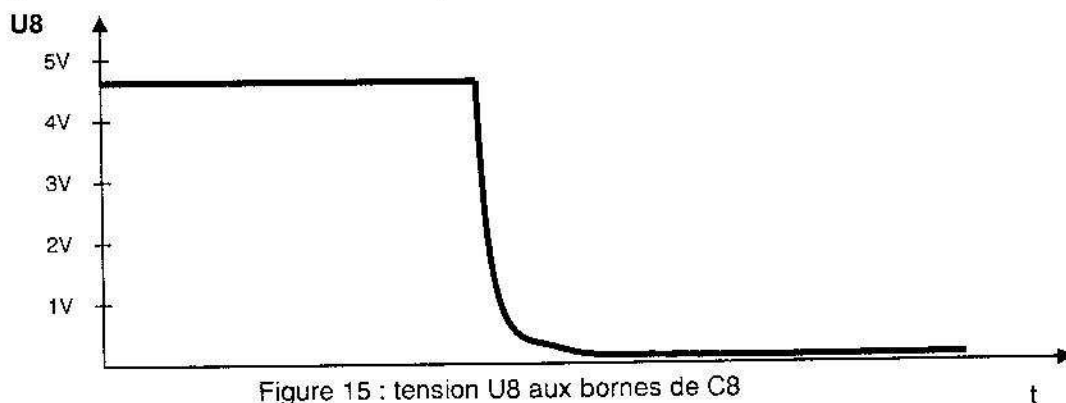


Figure 15 : tension U8 aux bornes de C8

3.2 : Délimiter les phases où le bouton poussoir SWTRA est fermé et ouvert. Répondre sur le document réponse.

3.3 : Compléter le tableau de synthèse sur le document réponse.

3.4 : En déduire si les critères concernant les niveaux logiques de FS3 sont satisfaits.

La figure 16, ci-dessous, représente le schéma structurel de la fonction "traiter les instructions de l'utilisateur". Schéma repris en annexe 2.

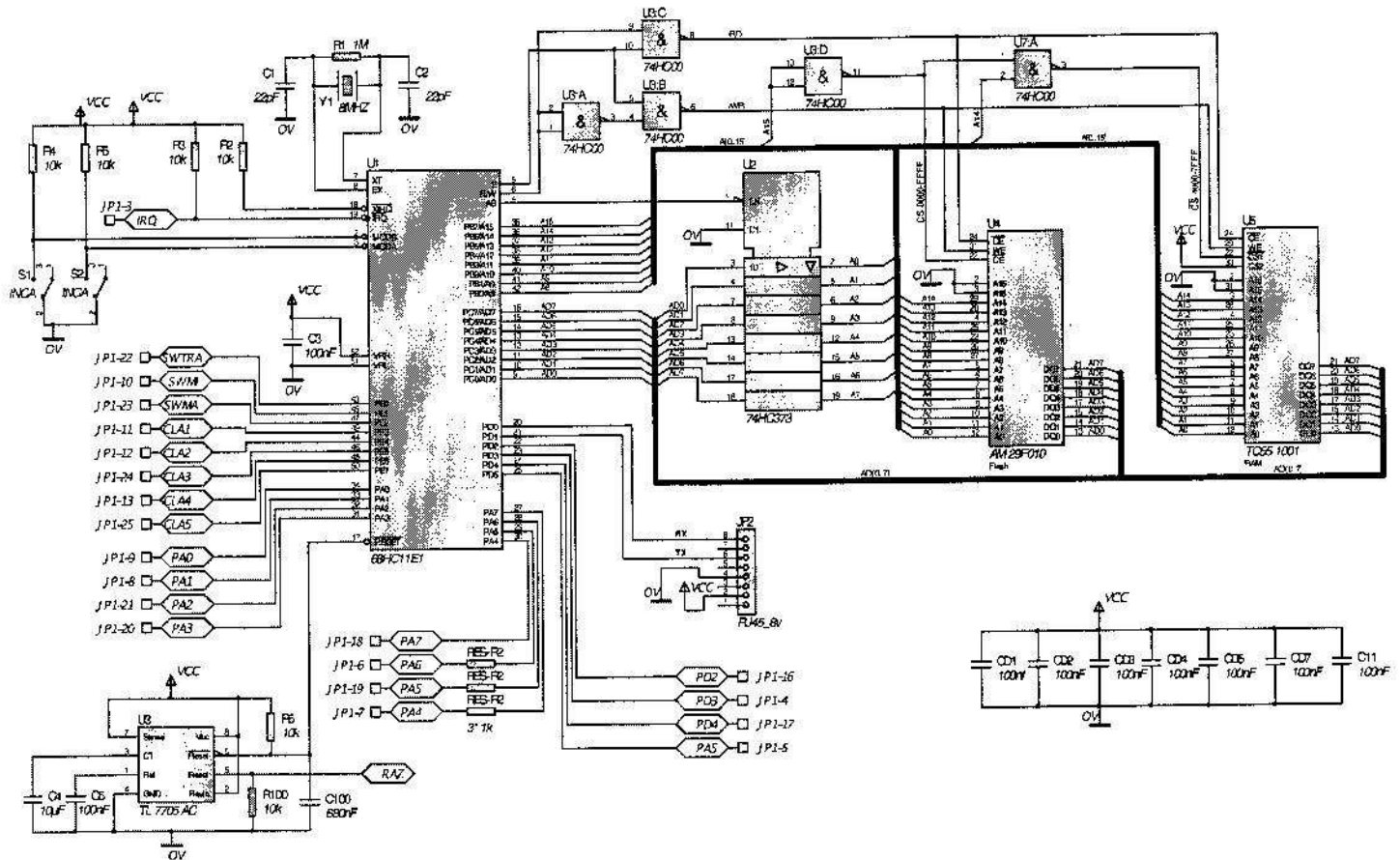


Figure 16 : traiter les instructions de l'utilisateur.

Les entrées de sélection des mémoires sont :

- * la broche N°22 (/CE) pour U4
* la broche N°22 (/CS1) pour U5

- 3.5** : Déterminer le niveau logique à imposer sur l'entrée de validation des mémoires, afin de les valider.
- 3.6** : Ecrire, en fonction de A14 et A15, l'équation de validation de chaque mémoire.
- 3.7** : En déduire les niveaux logiques, sur A14 et A15 en sortie du 68HC11, permettant de valider les mémoires.
- 3.8** : Ecrire la valeur binaire de chaque bit puis la valeur en hexadécimal. Répondre sur le document réponse.
- 3.9** : Compléter le plan mémoire en faisant apparaître, pour chaque mémoire, la valeur de l'adresse haute et de l'adresse basse. Répondre sur le document réponse.
- 3.10** : Calculer en Ko l'espace mémoire utilisé par le 68HC11 pour la gestion de chacune des mémoires.
- 3.11** : En déduire si les critères concernant les espaces des mémoires de travail sont satisfaits.

Etude de la fonction FS4 : S'adapter à l'énergie disponible

Les critères de la fonction FS4 sont les suivants :

Fonction	Critères	Valeurs
FS4 : Alimenter en énergie électrique	Tension d'alimentation du moteur	15V +/-10%
	Tension stabilisée pour l'alimentation de la carte de commande du moteur	12V
	Tension régulée pour l'alimentation de la carte de traitement de l'information	5V +/-5%

L'objectif de cette partie est de vérifier que les performances de l'alimentation de la cordeuse permettent de satisfaire les valeurs associées aux critères de la fonction FS4.

Le schéma structurel est celui de la figure 17 ci-dessous :

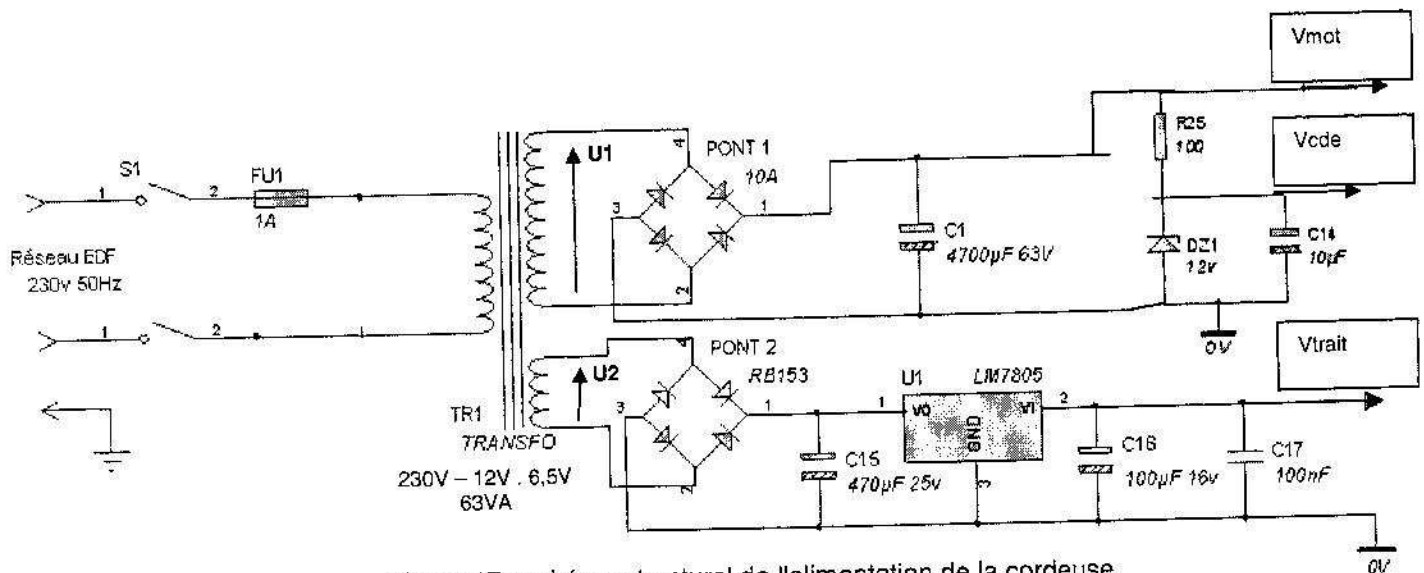
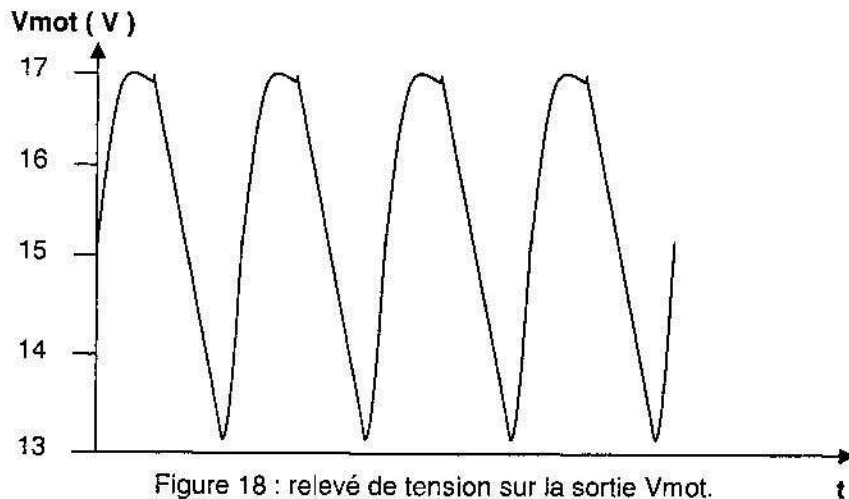


Figure 17 : schéma structurel de l'alimentation de la cordeuse.

4.1 : Compléter le tableau sur le document réponse.

Un relevé de tension sur la sortie V_{mot} a donné le résultat de la figure 18 ci-dessous :



- 4.2 :** Déterminer graphiquement la valeur moyenne de la tension V_{mot} . Répondre sur le document réponse.
- 4.3 :** Conclure quant à la capacité de la cordeuse à satisfaire le critère de tension d'alimentation du moteur de la fonction FS4.
- 4.4 :** Nommer le type de composant qui permet d'obtenir la tension stabilisée sur la sortie V_{cde} .
- 4.5 :** Déterminer la valeur à laquelle V_{cde} est stabilisée, et conclure quant à la capacité de la cordeuse à satisfaire le critère de tension stabilisée de la fonction FS4.
- 4.6 :** Nommer la tension à partir de laquelle est obtenue V_{cde} .
- 4.7 :** Calculer la puissance maximale instantanée à dissiper par la résistance R25.
- 4.8 :** Choisir et justifier une puissance pour R25 parmi les trois puissances suivantes : 1 W ; 0,5 W ; 0,25 W.
- 4.9 :** Nommer le composant qui permet d'obtenir la tension régulée sur V_{trait} .
- 4.10 :** Calculer la valeur théorique de la tension maximale présente sur l'entrée du LM7805. Déterminer si cette tension est compatible avec les valeurs limites de tensions admissibles en entrée du LM7805. Justifier la réponse à l'aide de l'annexe 1.
- 4.11 :** En considérant que l'on a 10V en entrée, déterminer avec l'annexe 1 les valeurs minimales et maximales de la tension présente en sortie du LM7805 sur V_{trait} .
- 4.12 :** Associer chaque terme à son chronogramme. Répondre sur le document réponse : V_{cde} ; V_{mot} ; V_{trait} ; tension stabilisée ; tension régulée ; tension redressée et filtrée.

Etude de la fonction FS5 : Faire connaître la cordeuse au client

L'objectif de cette partie est de préparer la participation à un salon et d'en étudier les retombées sur le chiffre d'affaires, afin de vérifier que la société DMS éducation satisfait la fonction FS5.

L'organisation du salon EDUCATEC

Pour développer sa clientèle, l'entreprise participe à de nombreux salons et manifestations : les Olympiades de physique en janvier, le salon EDUCMED en avril... Cette année, elle envisage de participer pour la première fois au salon EDUCATEC qui aura lieu les 20, 21 et 22 Novembre 2007, à Paris, porte de Versailles, notamment pour présenter sa cordeuse. Ce salon a accueilli en 2006, 200 exposants et 15 000 visiteurs. Le directeur commercial, Antoine FRACHON, pense donc que ce salon aura des retombées intéressantes. À cet effet, il a déjà contacté l'organisateur, CLARSUS Groupe MM qui lui a envoyé un dossier d'inscription (Annexe 3).

À partir des informations figurant dans la note rédigée par M. FRACHON (Annexe 4) et du calendrier de l'année 2007 (Annexe 5),

5.1 : Présenter un document qui permettra de planifier et de contrôler le déroulement des différentes tâches à réaliser pour la participation au salon EDUCATEC.

5.2 : Présenter, en le structurant, le budget prévisionnel des dépenses de participation au salon.

Le développement de l'activité commerciale

M. FRACHON s'interroge sur les retombées des salons sur le chiffre d'affaires de l'entreprise. À partir des données ci-dessous :

Chiffre d'affaires de l'entreprise HT

Années	2002	2003	2004	2005	2006
CA (en K€)	120	235	449	630	805

Dépenses de salons HT

Années	2002	2003	2004	2005	2006
Dépenses (en K€)	4	10	18	24	36

5.3 : Calculer le coefficient de corrélation entre le chiffre d'affaires et les dépenses de participation aux salons. Commenter.

5.4 : Les dépenses relatives à la participation aux salons en 2007 sont estimées à 42 K€ HT. Trouver le chiffre d'affaires prévisionnel.

Afin de rentabiliser les coûts élevés des salons, M. Frachon souhaite mettre en place des outils de fidélisation de la clientèle au sein de l'entreprise.

5.5 : Rédiger, dans une note, toutes propositions destinées à atteindre cet objectif.

Etude de la fonction FS6 : Permettre aux investissements d'être rentables vis-à-vis de la trésorerie

L'entreprise désire lancer un nouveau produit, une pince, destinée à améliorer le système de blocage de la corde de la cordeuse. La durée d'utilisation de la pince est estimée à 5 ans. Pour fabriquer ce produit, il est nécessaire d'acquérir une nouvelle machine-outil.

L'objectif de cette partie est d'étudier l'opportunité de cet investissement, afin de vérifier le critère de rentabilité de la fonction FS6.

Prévisions commerciales concernant la pince :

Années	2008	2009	2010	2011	2012
Quantités	380	760	1040	890	580
Prix de vente unitaire en € (HT)	250	250	250	240	240

Eléments de coût en € (HT) de la pince:

Charges d'exploitation unitaires	138
Frais de fonctionnement annuels hors dotation aux amortissements	29 000

Caractéristiques techniques de la machine-outil :

Investissement en € (HT)	180 000
Durée d'utilisation	6 ans

Autres éléments de gestion :

- l'amortissement sera réalisé selon le mode linéaire ;
- la machine sera revendue au bout des 5 ans au prix de sa valeur nette comptable ;
- le taux d'actualisation retenu par l'entreprise est de 8,80 % ;
- le résultat de l'entreprise est bénéficiaire et tout déficit provoqué par le projet entraînera une économie d'impôt pour la société ;
- le taux de l'impôt sur les sociétés s'élève à 33, 1/3%.

Les réponses aux questions 6.1 à 6.3 sont à rédiger dans le **document réponse** à rendre avec les copies.

NB : Les montants seront arrondis à l'entier le plus proche.

6.1 : Calculer la capacité d'autofinancement générée par l'exploitation de la machine-outil.

6.2 : Calculer les flux nets de trésorerie du projet.

6.3 : Calculer la valeur actuelle nette.

6.4 : Porter un jugement succinct sur la rentabilité économique du projet.