

Le sujet comporte les documents suivants :

- le texte du sujet qui comprend 18 pages numérotées de 1/18 à 18/18,
- cinq documents réponses numérotés document réponse 1, 2, 3, 4 et 5 qui seront à joindre à la copie.

Les calculatrices sont autorisées.

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.

Tout document et tout matériel électronique sont interdits.

Toute documentation autre que celle fournie est interdite.

Recommandations générales.

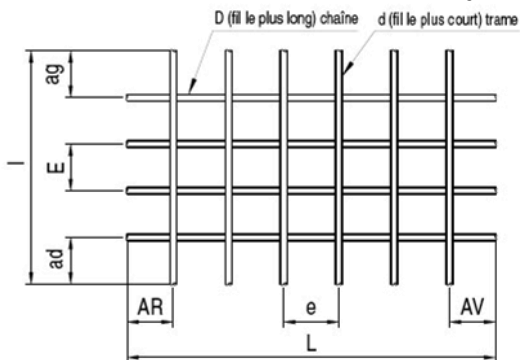
L'épreuve se compose de parties indépendantes. Dans chaque partie, certaines sous-parties sont elles-mêmes indépendantes. Les candidats sont donc invités, d'une part, à lire attentivement l'énoncé avant de commencer à composer et d'autre part, à bien répartir leur temps de composition entre les différentes parties. Pour chaque partie, il est demandé aux candidats de rédiger dans l'ordre proposé par le sujet.

Il est rappelé aux candidats qu'ils doivent impérativement utiliser les notations indiquées dans le texte ou sur les figures, et qu'ils doivent présenter les calculs clairement, dégager et encadrer les résultats relatifs à chaque question référencée dans le sujet. Tout résultat incorrectement exprimé ne sera pas pris en compte. Les candidats traceront tous les schémas ou chronogrammes qui leur permettront d'étayer leurs raisonnements.

1-Découverte du système

1-1-Mise en situation

Les treillis soudés sont utilisés en maçonnerie pour la réalisation d'ouvrages en béton armé.



- Largeur $l = 1200 \text{ mm}$
- Longueur $L = 6000 \text{ mm}$
- Diamètre du fil longitudinal (chaîne) $D = 7 \text{ mm}$
- Diamètre du fil transversal (trame) $d = 7 \text{ mm}$
- Pas transversal $E = 150 \text{ mm}$
- Pas longitudinal $e = 300 \text{ mm}$
- Déports longitudinaux $AR = AV = 150 \text{ mm}$
- Déports transversaux $ag = ad = 75 \text{ mm}$

Figure 1 : Dimensions d'un treillis

Ces treillis sont fabriqués, à l'aide d'une soudeuse automatique, à partir de sections de « fils » métalliques : chaînes et trames (voir figure 1). Après positionnement, une trame (diamètre d) est soudée simultanément en chaque point de contact avec les chaînes (diamètre D). L'opération se répète sur la longueur, à chaque avance des chaînes du pas e . En sortie de soudeuse, les extrémités des trames, composant le treillis, couissent le long de 2 cornières.

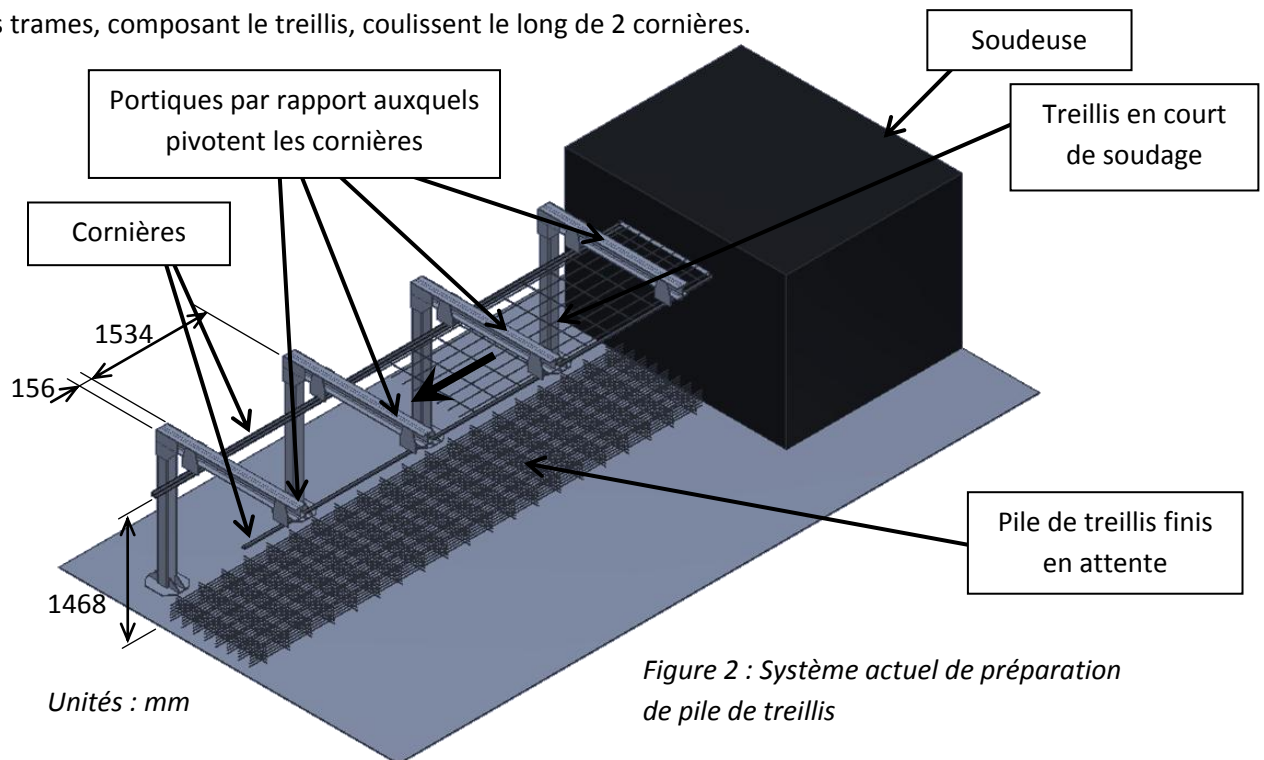
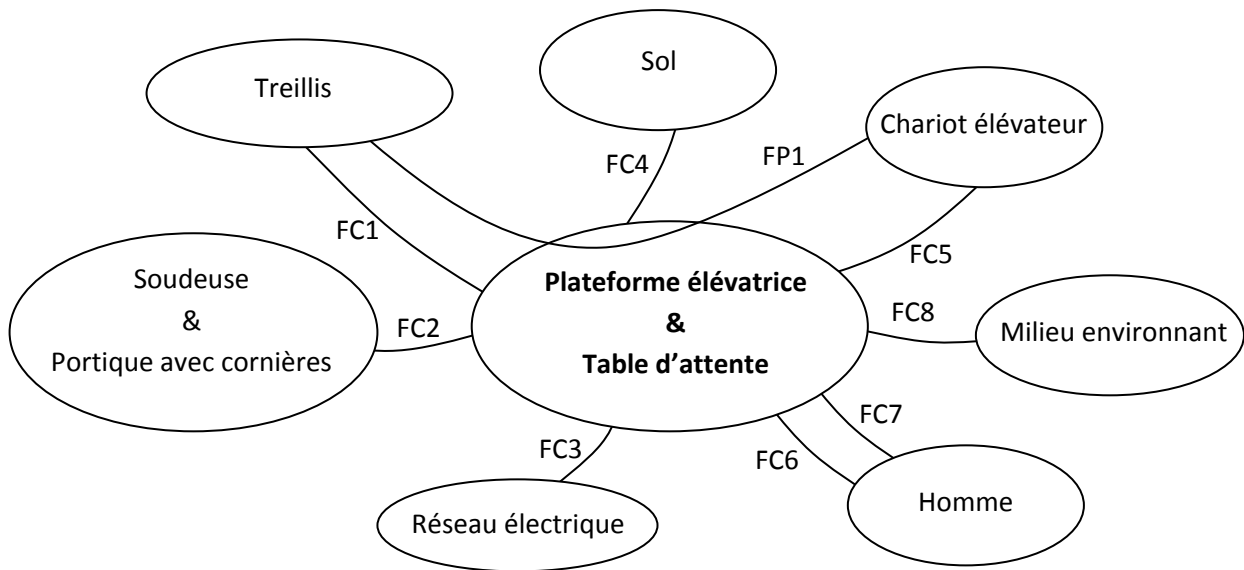


Figure 2 : Système actuel de préparation de pile de treillis

Une fois finis et après le pivotement des deux cornières (les cornières sont actionnées à l'aide d'un motoréducteur par l'intermédiaire d'un mécanisme de renvoi qui n'est pas défini ici), les treillis tombent les uns sur les autres d'une hauteur maximale de 1,4 m. Lorsque 60 treillis sont empilés, la soudeuse s'arrête, un opérateur cercle la pile de treillis et l'évacue à l'aide d'un chariot élévateur. Les opérations de cerclage et d'évacuation stoppent la production de treillis pendant 15 minutes.

Un système automatique permettant la manutention des treillis en sortie de soudeuse a été préconçu pour limiter les nuisances sonores dues à la chute des treillis et pour optimiser la production.

1-2-Diagramme des interactions et fonctions de service



FP1	Préparer des empilements de treillis avant évacuation par chariot élévateur
FC1	Supporter les treillis
FC2	S'adapter au système existant
FC3	Utiliser l'énergie électrique du site
FC4	Se fixer sur le sol
FC5	Permettre l'évacuation par chariot
FC6	Permettre la commande en mode automatique ou manuel
FC7	Permettre une maintenance aisée
FC8	S'adapter au milieu environnant (ambiance usine, nuisance sonore...)

1-3-Cahier des charges fonctionnel partiel

Fonctions	Critères	Niveau
FP1	Nombre de treillis par empilement Dimensions treillis	60 6000 x 1200 x 14 mm
FC1	Masse d'un treillis	16,7 kg
FC2	Cadence de production de treillis Encombrement Adaptabilité du système de pivotement des cornières	1 treillis/minute Dimensions portiques & soudeuse (figure 2) Conservation du mécanisme de pivotement- adaptation de la commande
FC3	Alimentation disponible	Réseau 3 x 400V-50Hz
FC4	Nature de la fixation avec sol (dalle béton)	Pas de modification importante au niveau du sol - Ancrage par goujons scellés
FC5	Compatibilité avec chariot élévateur (écartement fourche, profondeur)	Dimensions normalisées des fourches
FC6	Type de la commande Sécurité	Mode automatique et manuel par boîtier fixe Normes en vigueur
FC7	Type d'outils	Outils standards-pas d'outils spéciaux
FC8	Nature des matériaux et traitement	Matériaux standards de construction mécanique + peinture

1-4-Présentation du système préconçu

Le concepteur s'est orienté vers un système composé d'une table élévatrice et d'une table d'attente, et a conservé les portiques et les cornières.

La table élévatrice va permettre de réceptionner les treillis finis en limitant leur chute et d'évacuer la pile de 60 treillis sur la table d'attente. L'opérateur pourra ensuite cercler la pile de treillis sans arrêter la production de treillis.

La table élévatrice permet le déplacement suivant 2 axes :

- un axe vertical motorisé par l'association d'un moteur à courant continu et de 3 vérins à vis ;
- un axe horizontal composé de 2 pousseurs entraînés par 2 dispositifs pignons chaîne et motorisé par un motoréducteur asynchrone.

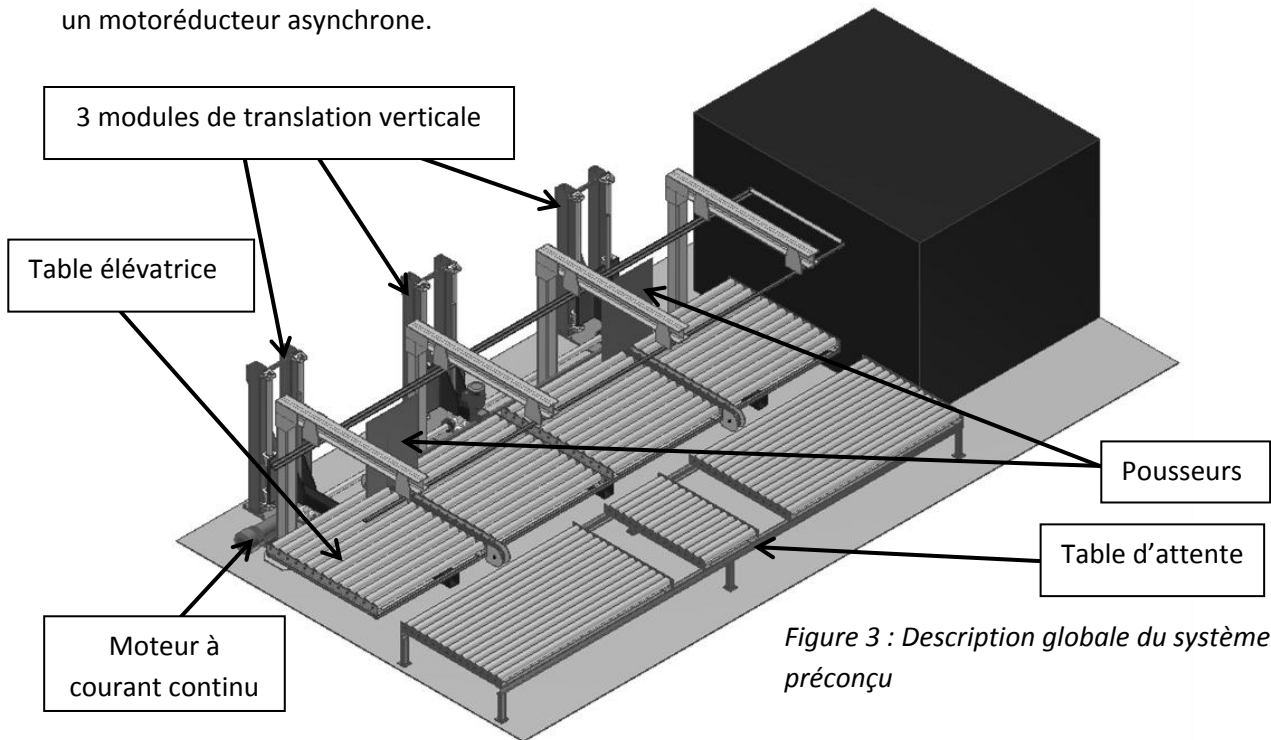


Figure 3 : Description globale du système préconçu

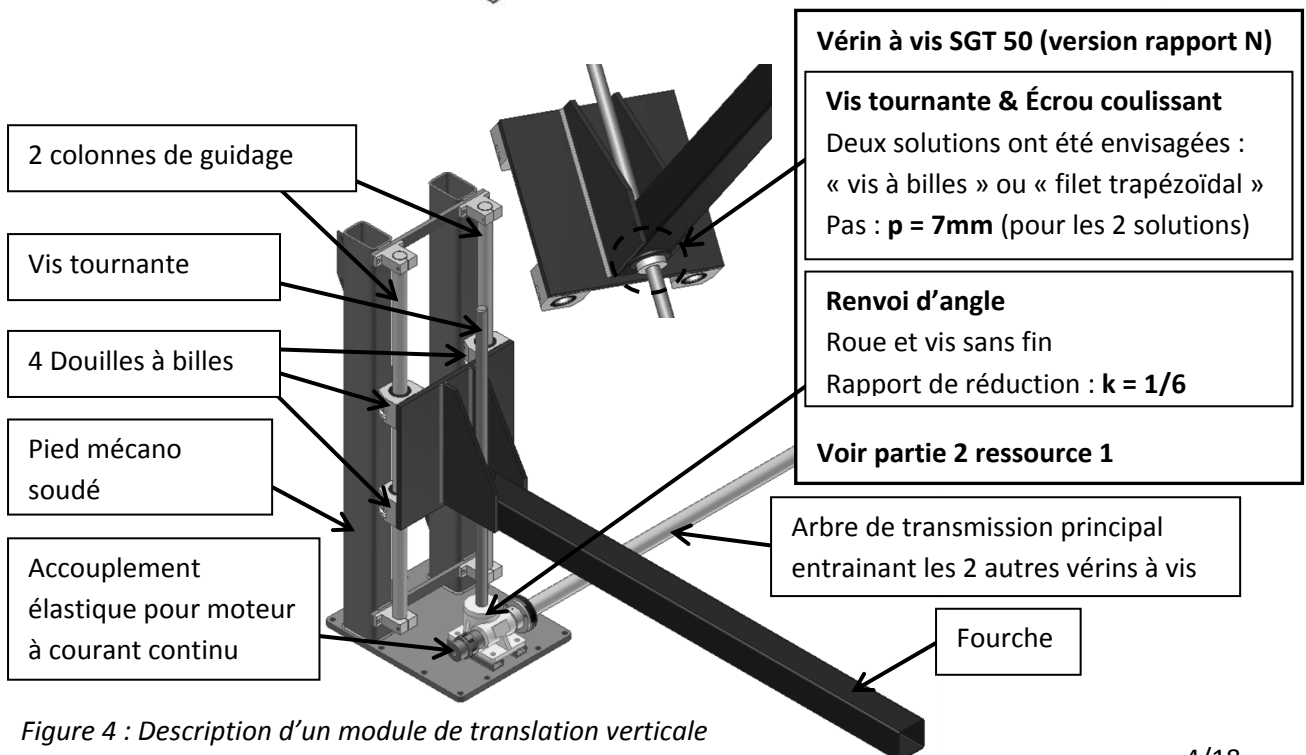
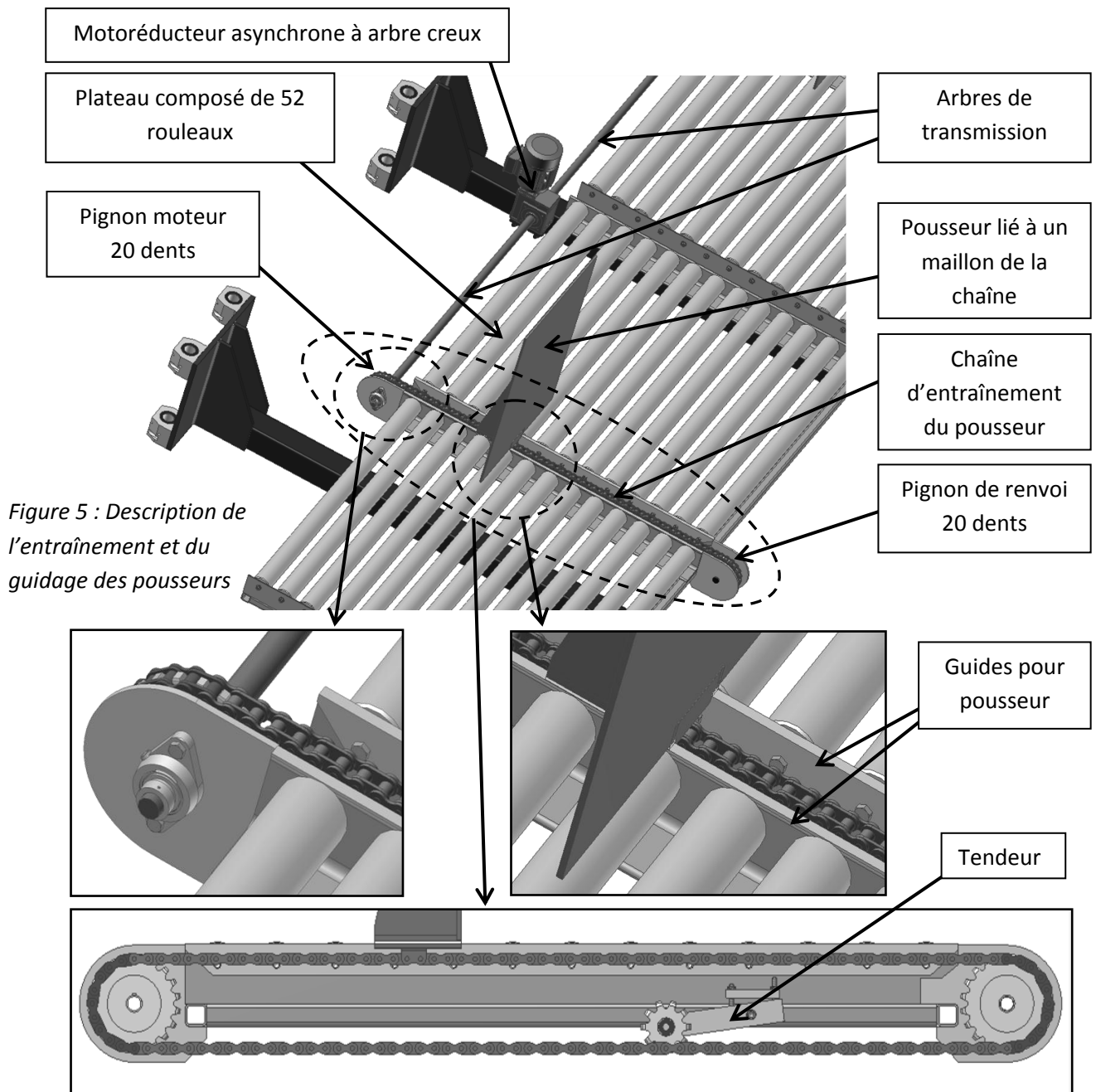


Figure 4 : Description d'un module de translation verticale



1-5-Problématique

L'objectif général de l'étude consiste à valider certaines solutions constructives et à définir des éléments de commande.

Le concepteur a opté pour une solution électromécanique qui doit s'intégrer au système existant. Des choix ont été faits en termes d'architecture de mécanisme qu'il convient de vérifier.

La nouvelle partie commande doit permettre de faire fonctionner le système en modes automatique et manuel. Un des objectifs sera de valider la nouvelle commande par une étude séquentielle.

Le moteur à courant continu, qui agit sur le déplacement vertical de la table élévatrice, sera sollicité avec des régimes très variés (montée à vide, descente en charge variable, montée en charge,...). Il faut vérifier la capacité du moteur présélectionné et définir sa commande.

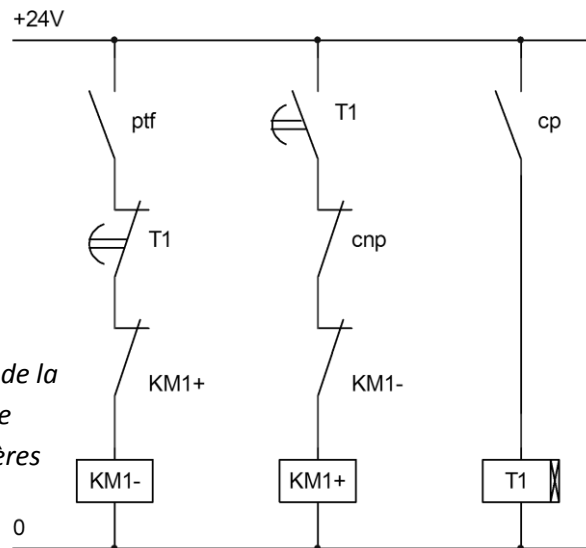
Le motoréducteur asynchrone qui entraîne les pousseurs sera piloté par un variateur de vitesse électronique de manière à contrôler le déplacement de la charge (pile de treillis) pour minimiser ses effets d'inertie sur la transmission. Les valeurs de consigne de ce variateur sont à définir.

1-6-Description de la commande actuelle de pivotement des 2 cornières

Actuellement, seul le pivotement des cornières fonctionne de manière automatique. Cette commande est réalisée en logique câblée suivant le schéma ci-contre :

La signification des codes est donnée dans les tableaux ci-après (cases grises).

Figure 6 : Description de la commande actuelle de pivotement des cornières



1-7-Modes de fonctionnement souhaités de la table élévatrice

Le système doit fonctionner automatiquement, mais peut être commandé manuellement. Il sera piloté par un automate programmable, et équipé de nouveaux capteurs et de nouveaux contacteurs. Un boîtier de commande avec un commutateur mode automatique /mode manuel et 5 boutons poussoirs (marche ; arrêt ; montée ; descente ; évacuation) doit permettre son fonctionnement. L'arrêt ne se fera qu'en fin de cycle (pile de 60 treillis réalisée). Le système sera équipé de plusieurs boutons d'arrêt d'urgence (voir normes de sécurité).

Capteurs TOR	Code
Présence treillis finis sur cornières	ptf
Cornières en position non pivotée	cnp
Cornières en position pivotée	cp
Table élévatrice en position haute	th
Table élévatrice en position basse	tb
Poussoir en position initiale (position prêt à recevoir)	ppi
Poussoir en position finale (position pile évacuée)	ppf

Pré-actionneurs	Code
Contacteur motoréducteur pivotement cornière	KM1- (ouverture cornières) & KM1+ (fermeture)
Contacteur moteur axe vertical	KM2- (descente) & KM2+ (montée)
Contacteur motoréducteur axe horizontal	KM3- (évacuation) & KM3+ (retour)

Commande	Code
Mode manuel	manu
Mode automatique	auto
Bouton poussoir marche	dcy
Bouton poussoir arrêt	ar
Arrêt d'urgence	aru
Descente	desc
Montée	mont

Description du cycle en **mode automatique** :

- la table élévatrice est en position haute ; un treillis est fini en position sur les cornières ;
- la table commence à descendre en vitesse lente, les cornières pivotent et le treillis tombe sur la table ;
- les cornières reviennent en position initiale après 5 secondes. Les opérations se répètent 60 fois ;
- une fois en bas avec les 60 treillis, la table stoppe sa descente et les pousseurs déplacent la pile de treillis sur la table d'attente ;
- une fois la pile évacuée, les pousseurs reviennent en position initiale et la table élévatrice remonte en vitesse rapide ;
- le cycle peut recommencer.

Remarques :

- la table doit descendre d'environ l'épaisseur d'un treillis pendant la production d'un treillis, soit 14 ± 2 mm par minute ;
- pour optimiser le système, il est important que l'évacuation de la pile, le retour des pousseurs en position initiale et la remontée s'effectuent en un temps inférieur à la production d'un treillis. L'évacuation et le retour des pousseurs doit s'effectuer en moins de 10 secondes et la remontée en moins de 50 secondes, soit au total moins de 1 minute ; de plus, La soudeuse ayant un fonctionnement autonome, cela évitera le « bourrage » de treillis sur les cornières.

En **mode manuel**, la table doit pouvoir remonter avec n'importe quel chargement à une vitesse rapide.

2-Ressources

Ressource 1-Extrait du document constructeur des vérins à vis ALBERT

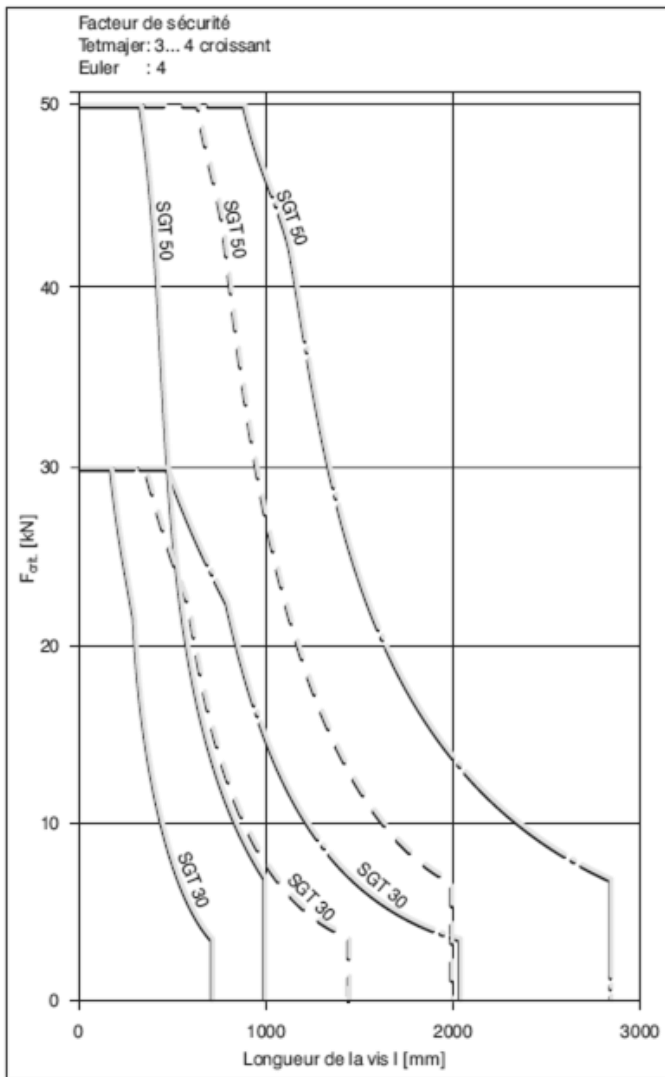


Tableau de présélection																
Type	Force de levage statique ¹⁾ F_{max} [kN]	Rapport N (Normal)			Rapport L (Lent)			Puissance d'entraînement (S4-20%) P_{ent} [kW]	Couple maxi. transmissible par la vis ²⁾ M_{vis} [Nm]	Couple maxi. au niveau de l'arbre d'entraînement ³⁾ M_{ent} [Nm]	Taille de la vis Tr x P [mm]	Rendement de la vis η_{vis} [-]	Quantité de lubrifiant [kg]	Masse avec course=0 m [kg]	Masse de la vis/mètre m [kg/m]	
		Rapport	Course par tour	Rendement total	Rapport	Course par tour	Rendement total									
		i N	[mm/tr.]	η_{tot} [-]	i L	[mm/tr.]	η_{tot} [-]									
SGT 5	5	10	0,6	0,21	24	0,25	0,12	0,18	9	12	20x6	0,51	0,1	1,5	1,76	
SGT 20	20	6	1	0,26	24	0,25	0,14	0,51	43	29	26x6	0,44	0,2	8	3,22	
SGT 30	30	6	1	0,24	24	0,25	0,13	0,6	71	48	30x6	0,40	0,2	8	4,44	
SGT 50	50	6	1,17	0,23	24	0,29	0,12	1,1	151	95	40x7	0,37	0,3	18	8,13	
SGT 150	150	8	1,5	0,20	24	0,5	0,13	2,8	710	192	60x12	0,40	0,5	28	17,94	
SGT 200	200	8	1,5	0,20	24	0,5	0,13	3,9	999	283	65x12	0,38	0,7	40	21,40	
SGT 300	300	10,66	1,5	0,19	32	0,5	0,11	5	2050	478	90x16	0,37	1,0	75	41,13	
SGT 350	350	10,66	1,5	0,18	32	0,5	0,11	6,2	2572	732	100x16	0,35	1,8	91	51,78	
SGT 500	500	10,66	1,5	0,15	32	0,5	0,09	7,8	4191	862	120x16	0,30	2,0	180	76,76	
SGT 750	750	10,66	1,5	0,14	32	0,5	0,08	9,4	7060	1750	140x16	0,27	4,0	365	106,70	
SGT 1000	1000	12	1,67	0,13	36	0,56	0,08	12,7	10995	2780	160x20	0,29	4,0	545	138,00	

¹⁾ La force max. de levage mentionnée, est uniquement à prendre en considération pour la présélection du vérin à vis. La force de levage réelle dépend directement de la version et des conditions d'utilisation du vérin à vis.

²⁾ Couple maxi. admissible, qu'il est possible de transmettre à la vis.

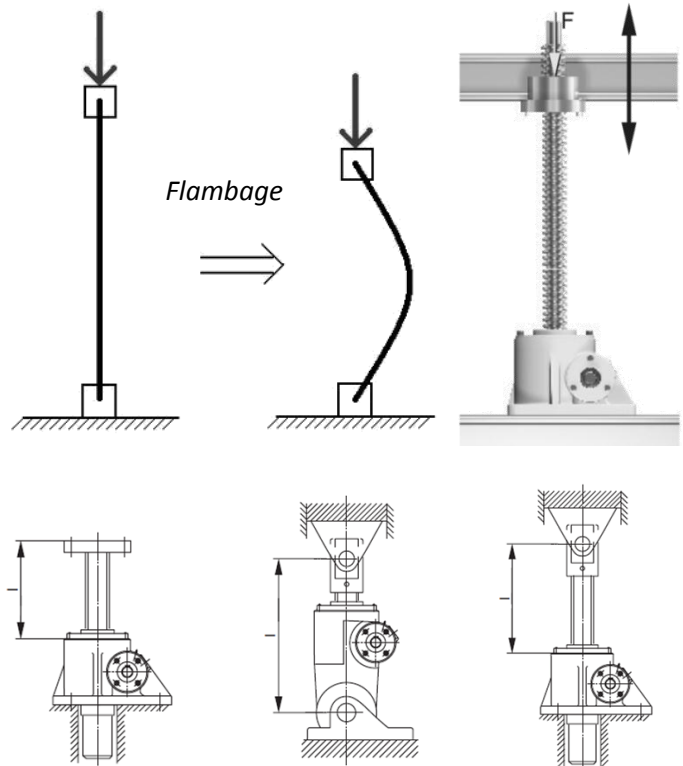
³⁾ Important en cas de synchronisation mécanique de plusieurs vérins à vis ayant par exemple des vitesses identiques ou différentes.



Calculs

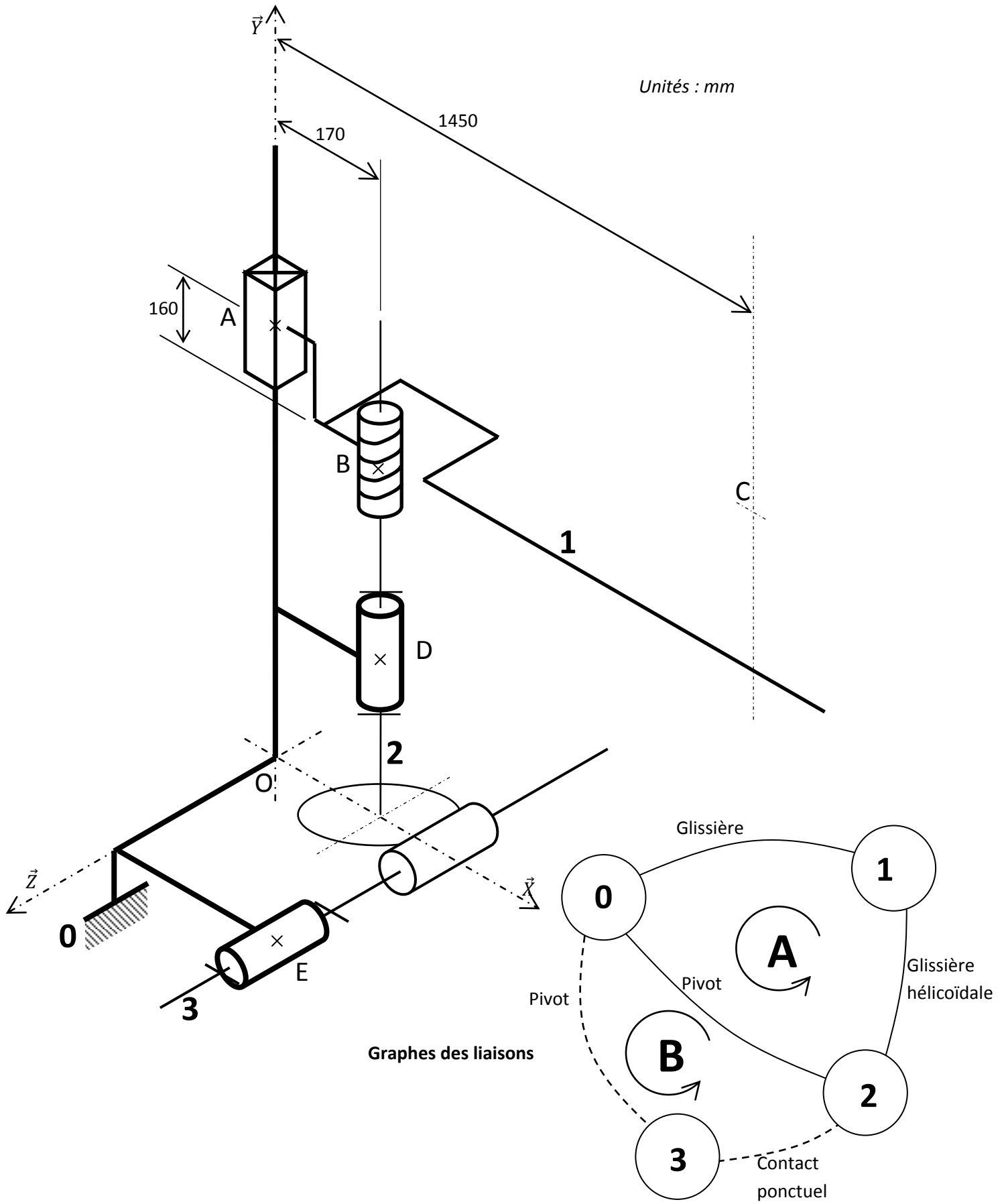
Force de flambage critique de la vis F_{crit} [kN]

En cas de compression, les vis longues et minces sont soumises au flambage. Pour cette raison, il est nécessaire de vérifier la charge axiale admissible pour toutes les vis en compression.

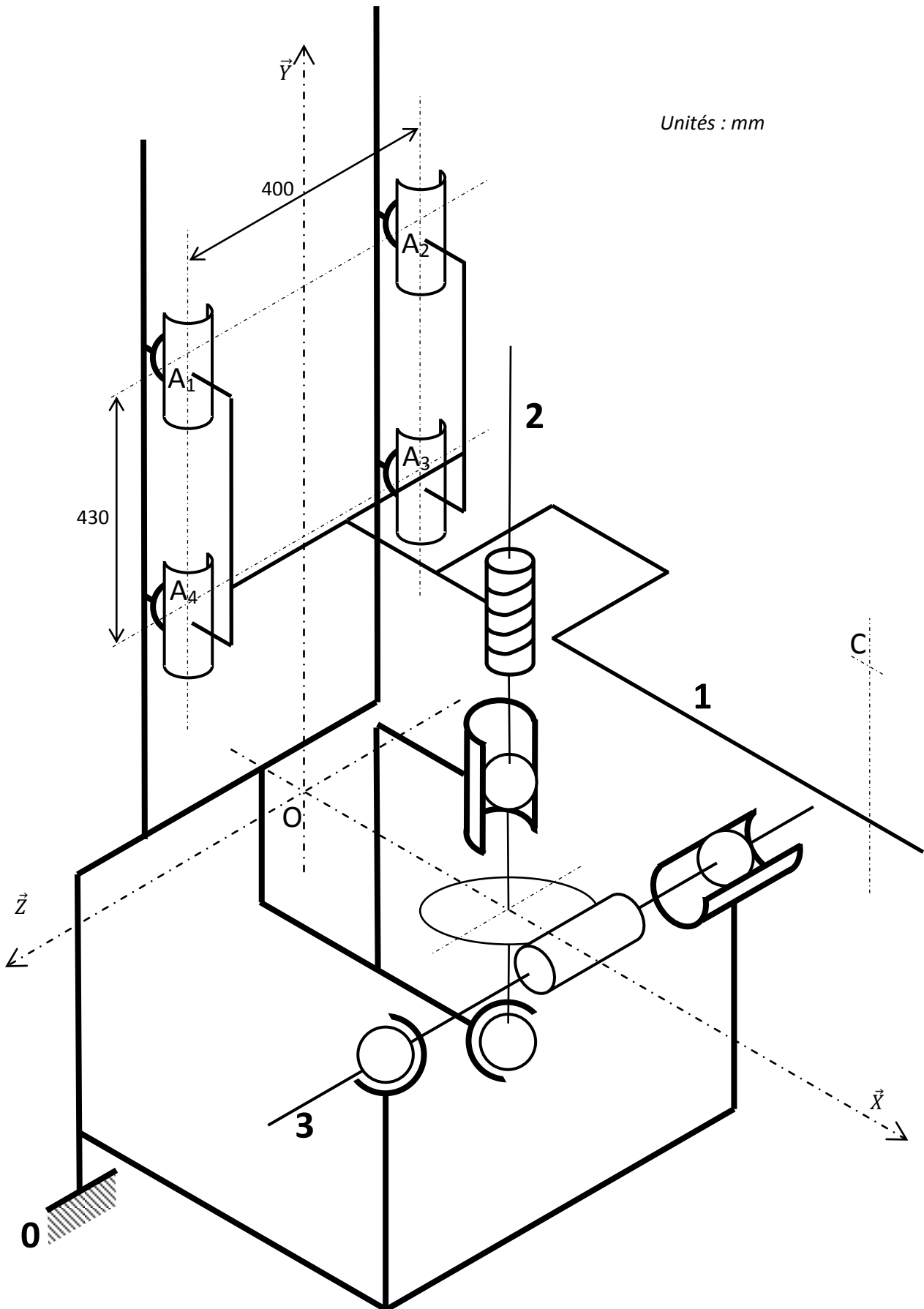


— Cas N°1 d'Euler - - - - - Cas N°2 d'Euler - · - · - Cas N°3 d'Euler

Ressource 2-Schéma cinématique minimal d'un module de translation verticale



Ressource 3-Schéma architectural d'un module de translation verticale



Ressource 4-Détermination des charges radiales dans les douilles à billes

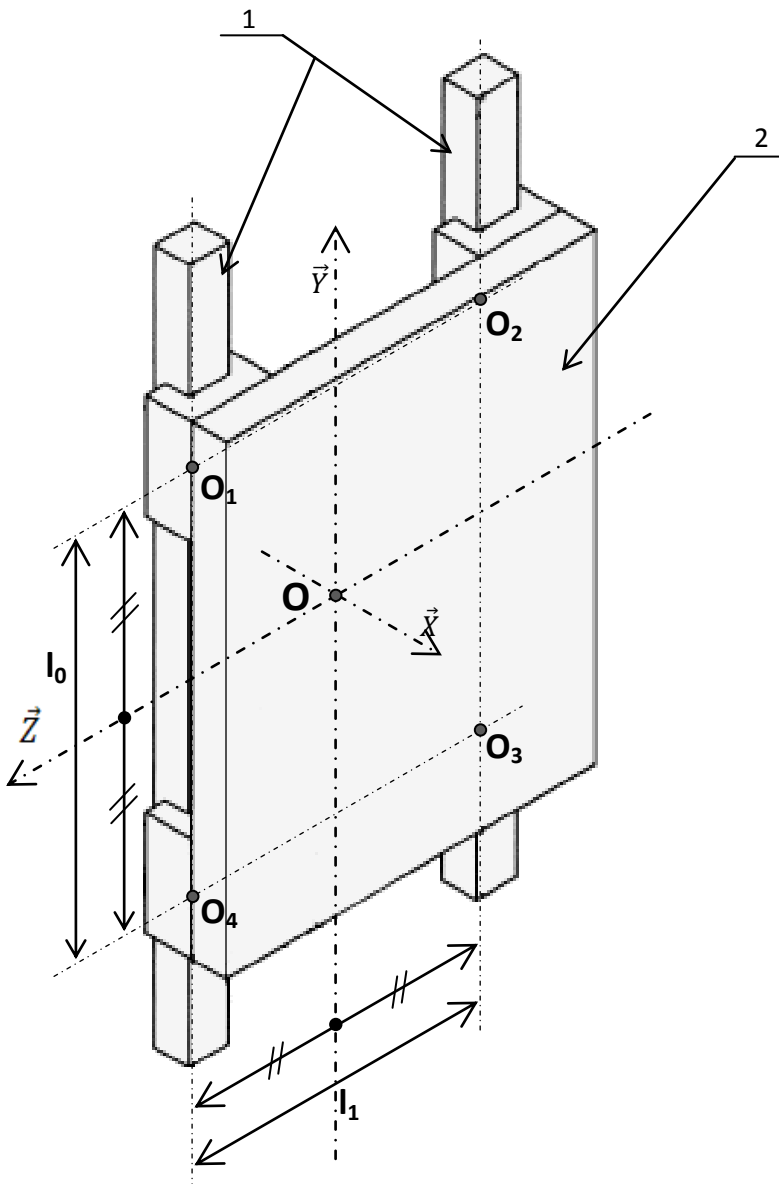
Action transmissible dans la liaison glissière d'axe (O, \vec{Y}) réalisée par les 4 douilles à billes :

$${}_O\{T_{1/2}\} = \begin{Bmatrix} X & L \\ 0 & M \\ Z & N \end{Bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$$

Chaque douille à billes est modélisable par une liaison sphère cylindre :

Soit ${}_{o_1}\{T_{1/2}\} = \begin{Bmatrix} O_{1X} & 0 \\ 0 & 0 \\ O_{1Z} & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$ ${}_{o_2}\{T_{1/2}\} = \begin{Bmatrix} O_{2X} & 0 \\ 0 & 0 \\ O_{2Z} & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$ ${}_{o_3}\{T_{1/2}\} = \begin{Bmatrix} O_{3X} & 0 \\ 0 & 0 \\ O_{3Z} & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$

$${}_{o_4}\{T_{1/2}\} = \begin{Bmatrix} O_{4X} & 0 \\ 0 & 0 \\ O_{4Z} & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$$



Détermination des composantes

$$O_{1X} = \frac{X}{4} + \left(\frac{M}{4} \times \frac{2}{l_1}\right) - \left(\frac{N}{4} \times \frac{2}{l_0}\right)$$

$$O_{2X} = \frac{X}{4} - \left(\frac{M}{4} \times \frac{2}{l_1}\right) - \left(\frac{N}{4} \times \frac{2}{l_0}\right)$$

$$O_{3X} = \frac{X}{4} - \left(\frac{M}{4} \times \frac{2}{l_1}\right) + \left(\frac{N}{4} \times \frac{2}{l_0}\right)$$

$$O_{4X} = \frac{X}{4} + \left(\frac{M}{4} \times \frac{2}{l_1}\right) + \left(\frac{N}{4} \times \frac{2}{l_0}\right)$$

$$O_{1Z} = O_{2Z} = \frac{Z}{4} + \left(\frac{L}{4} \times \frac{2}{l_0}\right)$$

$$O_{3Z} = O_{4Z} = \frac{Z}{4} - \left(\frac{L}{4} \times \frac{2}{l_0}\right)$$

3-Analyse fonctionnelle et séquentielle du système

L'objectif de cette partie est d'identifier les différentes solutions techniques du système et de définir complètement son cycle de fonctionnement en fonction du cahier des charges.

- Q1:** Compléter sur le **document réponse 1** les solutions constructives retenues pour réaliser certaines fonctions techniques.
- Q2:** Compléter le grafcet du **document réponse 2** qui décrit le **cycle automatique** désiré du point de vue de la partie commande à partir de la transition située entre les étapes 3 et 5.
Compléter la transition entre les étapes 2 et 3 de manière à respecter la temporisation de 5s après pivotement des cornières.

En cas d'arrêt de la soudeuse, il est nécessaire d'arrêter la table. Le concepteur a choisi d'intégrer un « top tour » au niveau de l'arbre du moteur à courant continu (c'est un capteur TOR qui donne une impulsion par tour) qui va permettre de compter les tours effectués entre deux détections de treillis fini sur les cornières. La table doit s'arrêter si aucun treillis n'est présent sur les cornières et si la table est descendue de 14 ± 2 mm.

- Q3:** Déterminer le nombre de tours que doit réaliser l'arbre moteur pour une descente de la table de 14 mm.
- Q4:** La précision offerte par ce top tour est-elle satisfaisante ? Justifier votre réponse.
- Q5:** Faire un grafcet permettant le comptage des tours d'un point de vue de la partie commande.
- Q6:** Compléter la transition située entre les étapes 3 et 4 du grafcet du **document réponse 2** de manière à synchroniser le grafcet de comptage avec ce grafcet.

4-Étude de la fonction technique FT113 : « Descendre les treillis »

4-1-Étude architecturale du mécanisme réalisant les fonctions techniques FT1132 & FT1133 : « Guider et Entraîner les treillis »

L'objectif de cette partie est de valider l'architecture proposée au niveau du guidage en translation de la table élévatrice par rapport au bâti et de spécifier les contraintes liées à cette solution.

- Q7:** Évaluer le degré d'hyperstatisme du mécanisme dans la boucle A d'après le schéma cinématique minimal fourni en ressource 2 de la partie 2.
- Q8:** Quelles contraintes géométriques, l'hyperstatisme impose-t-il au mécanisme ?
- Q9:** Quelle(s) préconisation(s) peuvent être proposée(s) au montage pour contourner cet hyperstatisme.
- Q10:** La liaison glissière est réalisée par 4 douilles à billes et 2 colonnes de guidage. Évaluer le degré d'hyperstatisme propre à la réalisation de cette liaison glissière d'après le schéma architectural fourni en ressource 3 de la partie 2.
Quelles contraintes géométriques supplémentaires l'hyperstatisme impose-t-il ?

On souhaite vérifier le bon dimensionnement du vérin à vis SGT50 pour cette application. Lorsque l'écrou est en position haute, il a parcouru un peu moins de 0,9 m.

Q11: En exploitant l'extrait catalogue constructeur fourni en ressource 1 de la partie 2, justifier le bon dimensionnement du vérin à vis en termes de critère de charge statique et de flambage (les dispositions constructives nous placent dans le cas n°1 d'Euler).

4-2-Étude de la fonction technique FT1132 : « Guider les treillis »

L'objectif de cette partie est de vérifier la capacité de charge des douilles à billes. Les douilles seront le plus sollicitées quand le chargement sera maximal (pile de treillis complète). Les accélérations de la table étant faibles lors des déplacements, on pourra négliger les composantes dynamiques et se ramener à un problème statique. Le raisonnement portera **sur un module de translation verticale**.

Le problème étant hyperstatique, il sera traité en 2 temps :

-dans un premier temps, à l'aide du schéma cinématique minimal (ressource 2), déterminer complètement l'action mécanique exercée par le bâti (0) sur la fourche(1) ;

-dans un second temps, à l'aide des documents constructeurs (ressource 4), déterminer les charges radiales supportées par chaque douille à billes.

Hypothèses et données :

-la liaison glissière est supposée parfaite ;

-on suppose que chaque fourche d'un module de translation verticale reprend la même charge ; l'action mécanique exercée par la pesanteur sur la fourche (1) avec son chargement est donc représentée par un glisseur d'axe (C, \vec{Y}) de module 5000 N (voir schéma cinématique minimal) ;

-l'action mécanique exercée par la vis (2) sur la fourche (1) est supposée pouvoir s'exprimer, d'après les dispositions constructives, par le torseur suivant :

$$\{T(2 \rightarrow 1)\}_B = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ Y_{B2 \rightarrow 1} & M_{B2 \rightarrow 1} \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$$

Les documents constructeurs permettent de connaître les caractéristiques suivantes :

$$M_{B2 \rightarrow 1} = 0,0035 \times Y_{B2 \rightarrow 1} \quad \text{pour une « vis trapézoïdale »}$$

$$M_{B2 \rightarrow 1} = 0,0012 \times Y_{B2 \rightarrow 1} \quad \text{pour une « vis à billes » avec } M_{2 \rightarrow 1} \text{ en } N.m \text{ et } Y_{2 \rightarrow 1} \text{ en } N$$

-capacité de charge statique d'une douille : $C_0 = 8,28 \text{ kN}$.

Q12: Effectuer le bilan des actions mécaniques extérieures exercées sur la fourche (1) avec son chargement. Les actions seront représentées par des torseurs sous la forme suivante :

$$\{T(i \rightarrow j)\}_O = \begin{Bmatrix} X_{Oi \rightarrow j} & L_{Oi \rightarrow j} \\ Y_{Oi \rightarrow j} & M_{Oi \rightarrow j} \\ Z_{Oi \rightarrow j} & N_{Oi \rightarrow j} \end{Bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})}$$

Q13: Appliquer le principe fondamental de la statique à la fourche (1) avec son chargement, et en déduire les équations scalaires utiles à la résolution.

Q14: Déterminer les composantes du torseur représentant l'action mécanique exercée par le bâti (0) sur la fourche (1) dans les 2 configurations : « vis à billes » et « vis trapézoïdale ».

Q15: En exploitant le document ressource 4 de la partie 2, déterminer les charges normales et transversales supportées par chaque douille dans le cas le plus défavorable et vérifier la capacité de charge des douilles en statique.

4-3-Étude de la fonction technique FT1133 « Entraîner les treillis »

Le premier objectif de cette partie est d'étudier l'impact du caractère de réversibilité des vérins à vis sur le dimensionnement du moteur en termes de couple.

Dans le cas d'un vérin à « vis trapézoïdale », le système est irréversible et dans le cas d'un vérin à « vis à billes », le système est réversible.

Remarque : dans les deux cas le dispositif roue et vis sans fin est réversible, c'est le dispositif vis écrou qui caractérise la réversibilité ou l'irréversibilité du vérin à vis.

L'étude portera sur deux versions :

- vérins à « vis trapézoïdale » entraînés moteur sans frein ;
- vérins à « vis à billes » entraînés par un moteur frein.

Attention, dans cette partie, le raisonnement portera **sur l'ensemble de la table élévatrice**.

Hypothèses et données :

- les liaisons des différents éléments avec le bâti (0) sont supposées parfaites ;
- la masse M de l'ensemble mobile verticalement noté {A} = {fourches, plateau avec son chargement,...} varie de 500 kg (sans treillis) à 1500 kg (avec les 60 treillis) ;
- on prendra $g = 10 \text{ m/s}^2$ pour l'accélération de la pesanteur ;
- on donne le torseur des actions mécaniques exercées par la pesanteur sur l'ensemble mobile {A} :

$$\{T(pes \rightarrow \{A\})\}_G = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -Mg & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})} \quad G \text{ est le centre de gravité de l'ensemble mobile } \{A\} ;$$

- on donne le torseur cinématique de l'ensemble mobile {A} dans son mouvement :

$$\{V(\{A\}/0)\}_P = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & V \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})} \quad P \text{ est un point quelconque de l'ensemble mobile } \{A\} ;$$

- caractéristiques des vérins à vis :

Pas :	$p = 7 \text{ mm}$	
Rapport de réduction :	$k = 1/6$	
Rendement :	$\eta_v = 0,27$	(dispositif avec vis trapézoïdale)
	$\eta_v = 0,5$	(dispositif avec vis à billes)

- le moteur fournit un couple C_{m_m} pour la montée et un couple C_{m_d} pour la descente ;

- la vitesse angulaire du moteur sera notée ω_m et l'accélération angulaire sera notée $\dot{\omega}_m$;

- l'inertie de l'arbre de transmission principal entraîné par le moteur est $J_a = 0,00786 \text{ kg.m}^2$;

- l'inertie d'une vis est $J_v = 0,00313 \text{ kg.m}^2$;

- l'inertie de l'arbre moteur : -pour un moteur sans frein est $J_m = 36,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg.m}^2$;

-pour un moteur frein est $J_m = 46 \cdot 10^{-3} \text{ kg.m}^2$.

Q16: Donner l'expression littérale de la puissance galiléenne $P(g \rightarrow \{A\})$ développée par l'ensemble mobile en montée et en descente.

Q17: Donner l'expression littérale de la puissance du moteur P_m en montée et en descente.

Q18: Justifier que la puissance des actions mutuelles $P(\mathbf{0} \rightarrow \{A\})$ entre le bâti et l'ensemble mobile $\{A\}$ est nulle.

Q19: Donner l'expression littérale de l'énergie cinétique galiléenne E_c de l'ensemble en mouvement.

Q20: Donner l'expression de l'inertie équivalente J_{eq} ramenée sur l'arbre moteur en fonction de M , J_a , J_v , J_m , k et p . Réaliser l'application numérique pour les deux versions à masse minimale et à masse maximale. Les résultats seront présentés sous forme de tableau.

Q21: En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, donner l'expression de Cm_m et de Cm_d sans tenir compte du rendement en fonction de J_{eq} , M , p , k et $\dot{\omega}_m$.

Q22: Reprendre la question précédente en tenant compte du rendement et faire les applications numériques pour les deux versions, à vitesse constante, à masse minimale et à masse maximale. Les résultats seront présentés sous forme de tableau.

Le concepteur s'est orienté vers la version vérins à « vis à billes » entraînés par un moteur frein.

Q23: Justifier le choix fait par le concepteur d'après les résultats précédents.

Le deuxième objectif de cette partie est de définir le circuit d'alimentation du moteur et sa commande. On procèdera en quatre temps.

Dans un premier temps, on souhaite définir les grandeurs physiques du moteur à partir des valeurs nominales.

Les caractéristiques nominales du moteur à courant continu choisi sont répertoriées dans le tableau suivant :

P (kW)	N (tr/min)	C (N.m)	U (V)	I (A)	η	R (Ω)
0,73	1080	6,46	230	4	0,796	5,22

Q24: Déterminer la force électromotrice E , et en déduire la constante électrique K_e du moteur.

Q25: Déterminer les pertes du moteur par effet Joule P_j , puis par frottement P_f . En déduire le couple de frottement C_f .

Q26: Exprimer le couple électromagnétique C_{em} en fonction du couple de frottement C_f et du couple utile C_u . Faire l'application numérique et en déduire la constante de couple électromagnétique K_m . Commenter le résultat obtenu.

On s'intéresse dans un deuxième temps au comportement du moteur lors de la montée et de la descente.

Pour la suite on utilisera les données suivantes :

-constante électrique : $K_e = 1,85 \text{ V.s/rad}$;

-constante de couple électromagnétique : $K_m = 1,85 \text{ N.m/A}$;

-couple de frottement : $C_f = 0,93 \text{ N.m}$;

-couple utile pour les différents cas de charge pour la montée et pour la descente :

C_u (N.m)	Masse maximale	Masse minimale
Montée	5,6	1,86
Descente	1,39	0,46

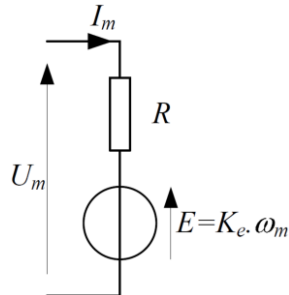
Remarque : En descente, le couple utile est « entraînant », le moteur fonctionne en générateur.

-la fréquence de rotation minimale en montée du moteur doit être de 850 tr/min en mode automatique si l'on veut respecter le cahier des charges en termes de temps de cycle ;

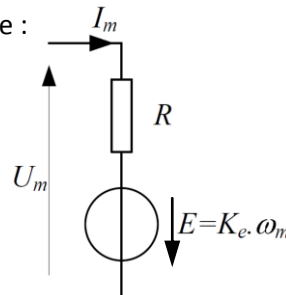
-la fréquence de rotation en descente du moteur est de 12 tr/min en mode automatique ;

-le schéma équivalent du moteur en régime établi est défini ci-dessous :

pour la montée :



pour la descente :



Q27: Exprimer la tension d'alimentation U du moteur à la montée et à la descente en fonction de la fréquence de rotation N_m , du couple utile C_u , du couple de frottement C_f et des constantes K_m et K_e .

Q28: Faire l'application numérique pour une fréquence de rotation de 850 tr/min lors de la montée lorsque la table est en charge maxi.

Pour la tension déterminée, calculer la fréquence de rotation du moteur lorsque la table est à vide. Conclure vis-à-vis du respect du cahier des charges.

Q29: Faire l'application numérique pour des fréquences de rotation de 12 tr/min et de 850 tr/min lors de la descente lorsque la table est à vide.

Pour les tensions déterminées, calculer les fréquences de rotation du moteur lorsque la table est en charge maxi.

Le top présente-t-il un intérêt supplémentaire ? Justifier votre réponse.

Le moteur est alimenté par un pont redresseur PD2 tout thyristor. On se propose maintenant de déterminer les angles d'amorçage des thyristors qui permettent d'obtenir une tension moyenne équivalente aux trois tensions précédemment calculées.

Q30: Compléter le schéma d'alimentation du moteur en câblant le pont redresseur sur le **document réponse 3**.

Q31: Les courbes représentant l'évolution des tensions U_R (tension du réseau) et U_M (tension à la sortie du pont) sont données sur le document réponse 3 pour un angle d'amorçage de 54° . Repérer, par des hachures dans le tableau, les temps de conduction des différents thyristors du pont.

Q32: Exprimer la valeur littérale de la tension moyenne de U_M en fonction de l'angle d'amorçage (α) des thyristors et de la tension maximale du réseau U_R .

Q33: La tension du réseau étant caractérisée par une tension efficace V de 230V et une fréquence f de 50Hz, déterminer les angles d'amorçage α_1 , α_2 et α_3 , au dixième de degré près, qui correspondent respectivement aux tensions $U_{M1} = 183$ V, $U_{M2} = -3,65$ V et $U_{M3} = -166$ V. Déterminer ensuite les temps t_1 , t_2 et t_3 correspondants, au dixième de ms près (à partir du passage par zéro de la tension).

Dans un dernier temps, on cherche à dimensionner l'oscillateur qui commande les thyristors du pont PD2 étudié précédemment. Le circuit réalisé permet de créer une impulsion qui commande la gâchette des thyristors. Le schéma du circuit est reporté sur le **document réponse 4**. Le signal E est synchronisé avec le passage par 0 de la tension du réseau en phase montante (début de l'alternance positive). Les amplificateurs opérationnels A1 et A2 sont alimentés entre 0 et +Vcc (alimentation asymétrique).

Q34: En quel régime fonctionnent les deux amplificateurs opérationnels A1 et A2 ?

Q35: Déterminer les seuils de déclenchement **V1** et **V2** des comparateurs A1 et A2.

Q36: En observant le circuit du document réponse 4, compléter le tableau 1 de ce même document.

Q37: Afin d'étudier le comportement de la bascule RS, compléter le tableau 2 de ce même document.

Q38: Quel est l'état du transistor T lorsque S2 = 1 puis lorsque S1 = 1 ?

Q39: Que se passe-t-il pour le condensateur C lorsque T est saturé, puis lorsque T est bloqué ?
Compléter le tableau 3 sur le document réponse 4.

Q40: À partir de l'étude précédente, compléter le chronogramme sur le document réponse 4. La tension VC (tension aux bornes du condensateur) sera représentée de manière qualitative (vous ne donnerez que son allure). L'état du transistor T sera soit 0 (bloqué), soit 1 (saturé).

Q41: Montrer que le temps de charge du condensateur est de $t_c = 1,1.RA.C$.

Q42: Avec $C = 100\text{nF}$, déterminer les valeurs de **RA** permettant d'obtenir les angles d'amorçage $\alpha_1 = 27,9^\circ$, $\alpha_2 = 90^\circ$ et $\alpha_3 = 143,3^\circ$.

5-Étude de la fonction technique FT1212 : « Entraîner la pile de treillis »

L'entraînement de cet axe est réalisé par un motoréducteur asynchrone piloté par un variateur de vitesse ($U/f = \text{constante}$). Le variateur de vitesse va permettre de contrôler le déplacement du chargement (1 tonne), en particulier lors des phases d'accélération, de manière à minimiser son impact sur la transmission mécanique.

Le premier objectif de cette partie est de déterminer les valeurs de consigne du variateur de vitesse.

Données et hypothèses :

-caractéristiques du moteur asynchrone triphasé :

Puissance nominale $P_n = 0,18 \text{ kW}$

Fréquence de rotation nominale $N_n = 1431 \text{ tr/min}$ (2 paires de pôles) ;

-rapport de réduction du réducteur roue et vis sans fin à arbre creux : $K = 1/30$;

-diamètre primitif du pignon d'entraînement de la chaîne d'entraînement des pousseurs :

$d_p = 173,2 \text{ mm}$ ($Z=20$; type 16B) ;

-on néglige la résistance au roulement des rouleaux composants le plateau porte treillis de la table élévatrice. En régime établi, le moteur tournera donc à une fréquence de rotation proche de la vitesse de synchronisme.

Q43: En appliquant le principe fondamental de la dynamique à la pile de treillis, déterminer l'accélération maximale à imposer au chargement lors de son évacuation sur la table d'attente, pour un effort de poussée maximum de 250 N.

Q44: On souhaite limiter la vitesse des pousseurs à 0,37 m/s en régime établi. Déterminer la fréquence de rotation du moteur.

Q45: Déterminer la consigne de fréquence f à imposer au variateur de vitesse. En déduire la tension efficace délivrée par le variateur dans ces conditions.

Q46: Déterminer la durée de la phase d'accélération afin de régler la rampe d'accélération au niveau du variateur de vitesse.

Le second objectif de cette partie est de choisir et de valider la solution technique relative au guidage en rotation des pignons de renvoi des chaînes entraînant les pousseurs. Le concepteur a envisagé deux solutions : une première solution avec deux coussinets frittés ; une seconde solution avec deux roulements à billes à contact radial. Au démarrage, le moteur peut développer un couple 7 fois supérieur à son couple nominal. Il est donc nécessaire de vérifier la tenue statique des éléments qui assurent le guidage en rotation du pignon.

Données :

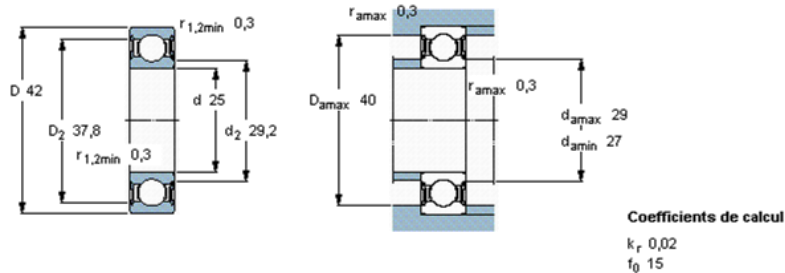
-effort radial maximum supporté par le guidage : $F_r = 3500N$;

-caractéristiques des coussinets : diamètre intérieur $d = 25\text{ mm}$
 longueur $L = 20\text{ mm}$;

-pression admissible des coussinets en statique : $p_{adm} = 18\text{ MPa}$;

-caractéristiques des roulements choisis :

Dimensions d'encombrement			Charges de base dynamique statique		Limite de fatigue	Vitesse de base		Masse	Désignation
d	D	B	C	C_0	P_u	Vitesse de référence	Vitesse limite		
mm			kN		kN	tr/min		kg	-
25	42	9	7,02	4,3	0,193	-	10000	0,045	61905-2RS1



Q47: Pour la première solution, vérifier la tenue statique des coussinets.

Q48: Pour la seconde solution, vérifier la tenue statique des roulements.

Q49: Quels sont les avantages et les inconvénients de ces deux solutions ?

Q50: Définir complètement la solution technique relative au guidage en rotation du pignon de renvoi en complétant le document réponse 5.

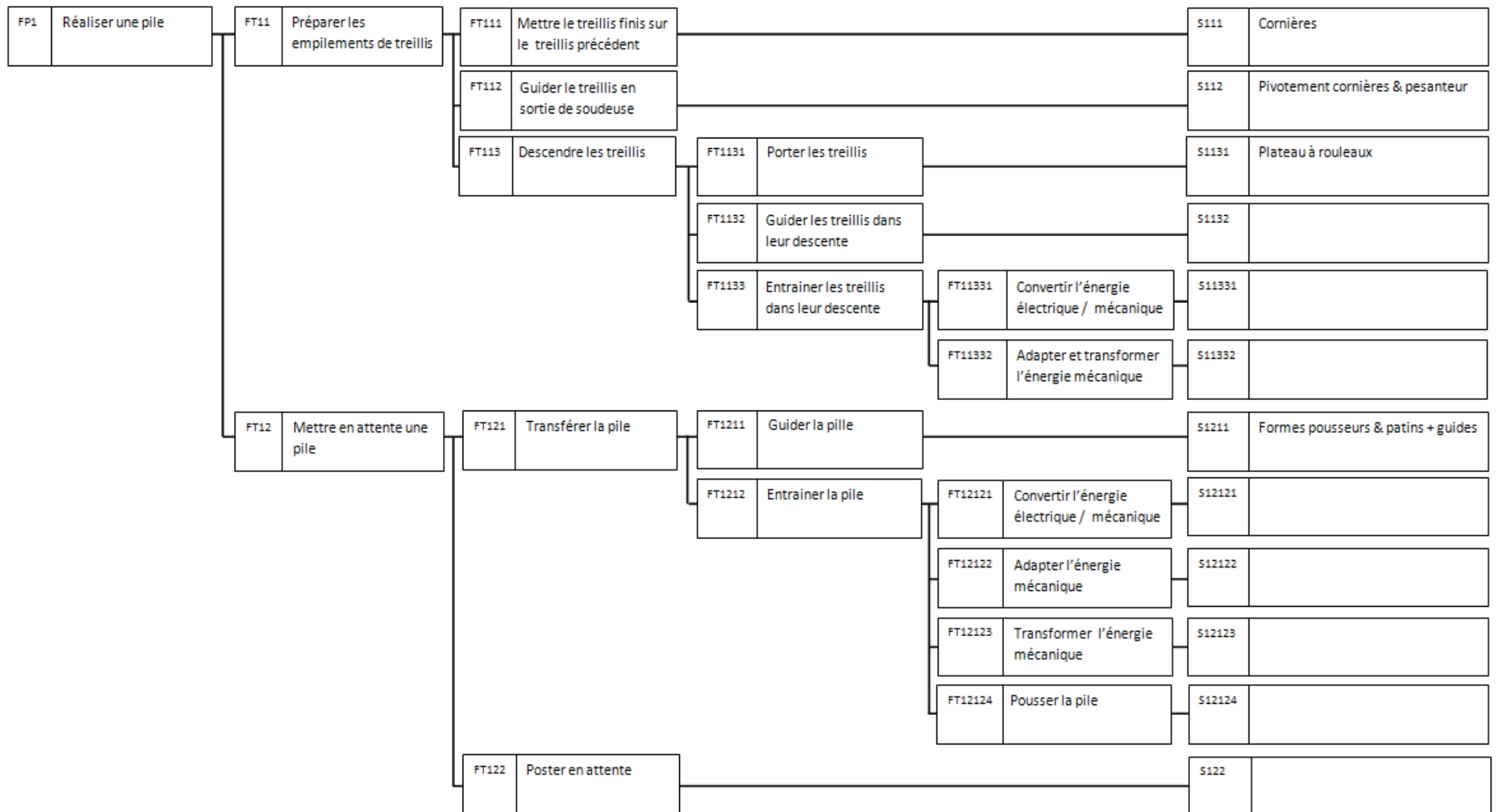
CONCOURS ATS

SESSION 2012

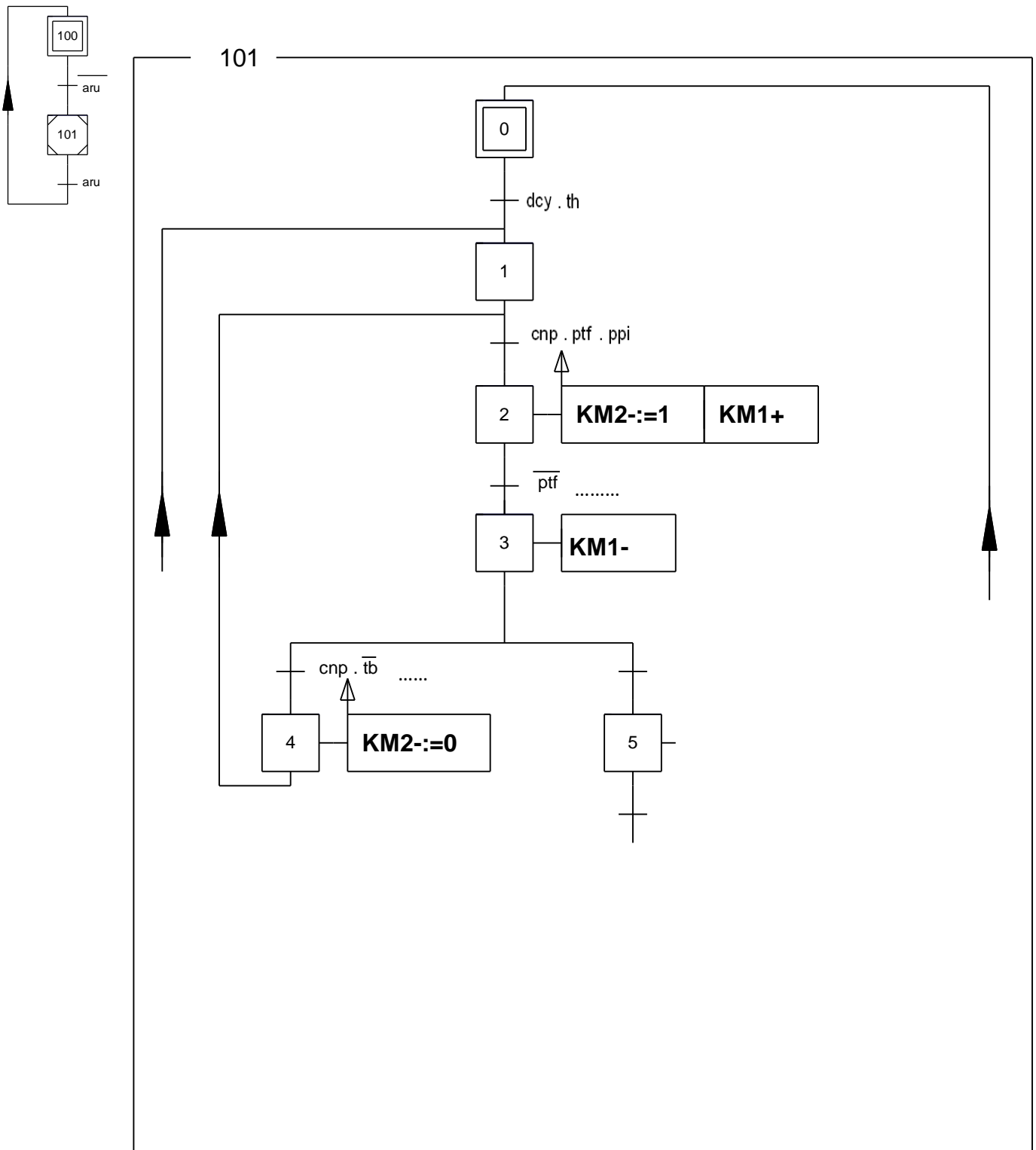
Épreuve de Sciences Industrielles

Documents-Réponses 1, 2 et 3

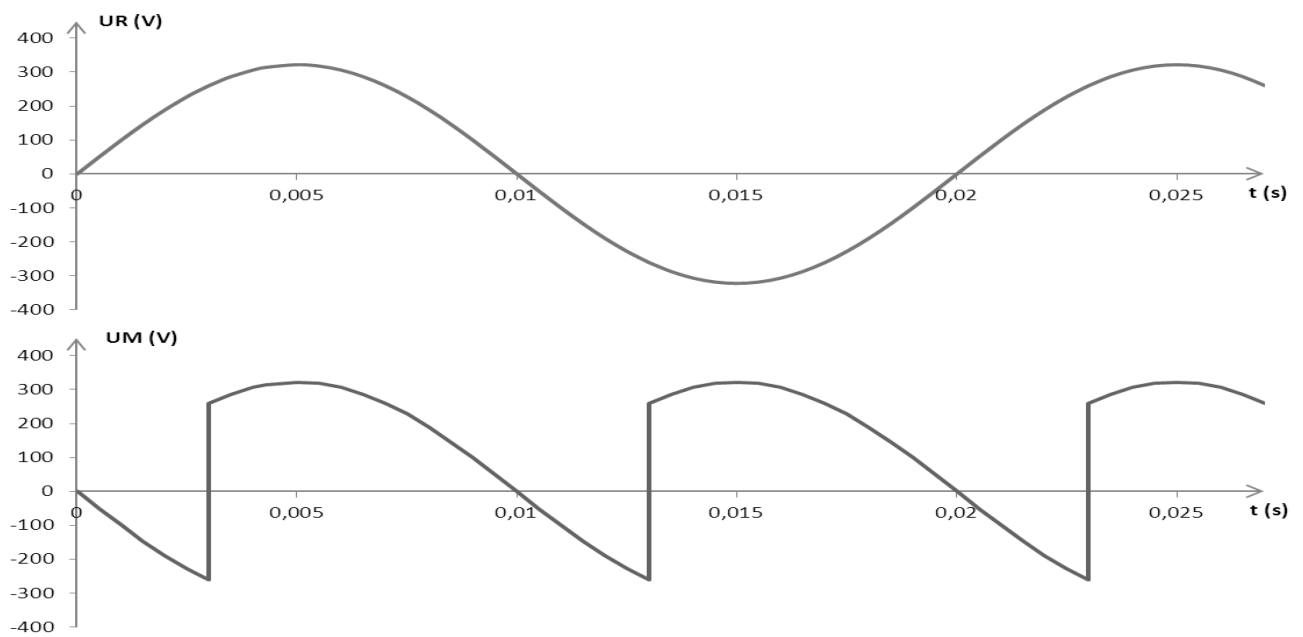
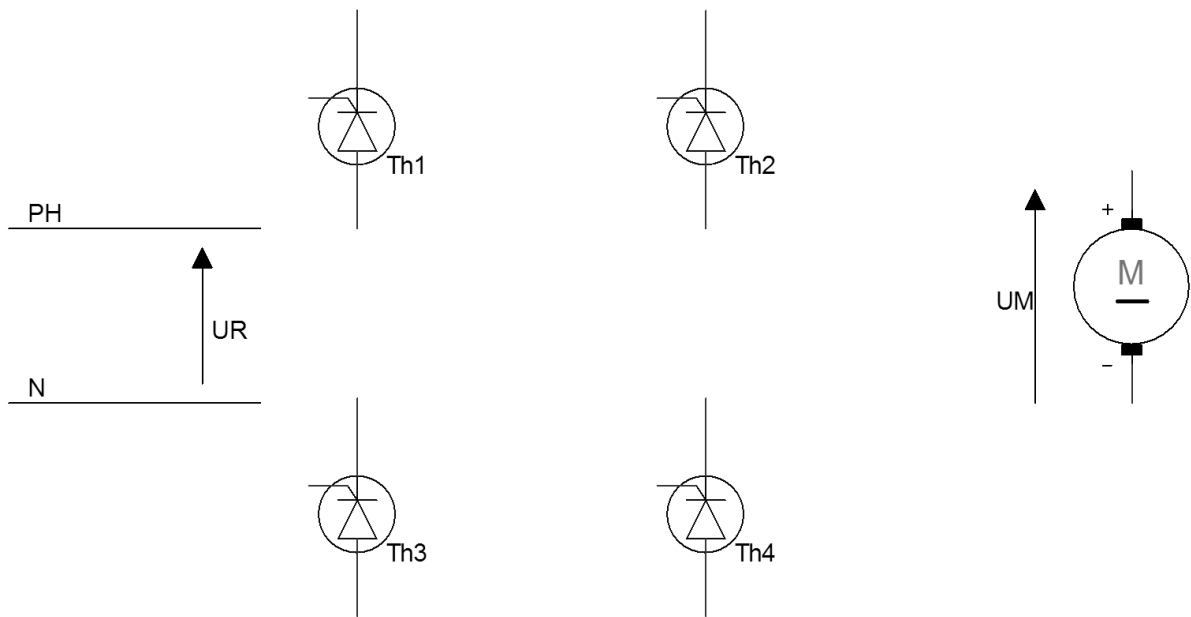
FAST



Grafcet



Pont redresseur



Th1	
Th2	
Th3	
Th4	

CONCOURS ATS

SESSION 2012

Épreuve de Sciences Industrielles

Documents-Réponses 4 et 5

Oscillateur

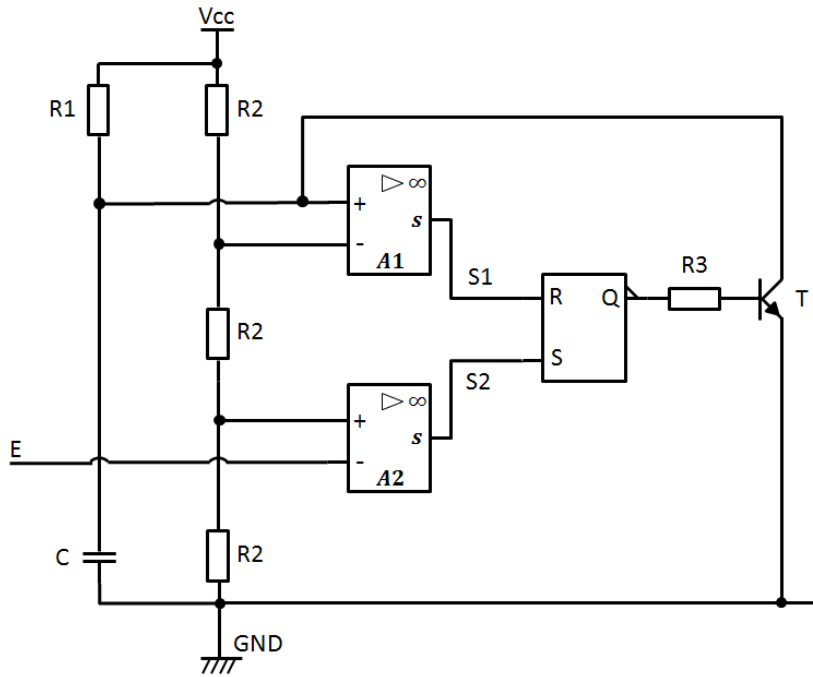


Tableau 1 :

E	S2
0 V	
Vcc	

Tableau 2 :

Etats RS	Q
S=1, R=0	
S passe de 1 à 0, R=0	
S=0, R=1	

Tableau 3 :

VC	S1
0 V	
V1	



Guidage en rotation du pignon de renvoi de la chaîne d'entrainement des pousseurs

B-B (1 : 2)

