

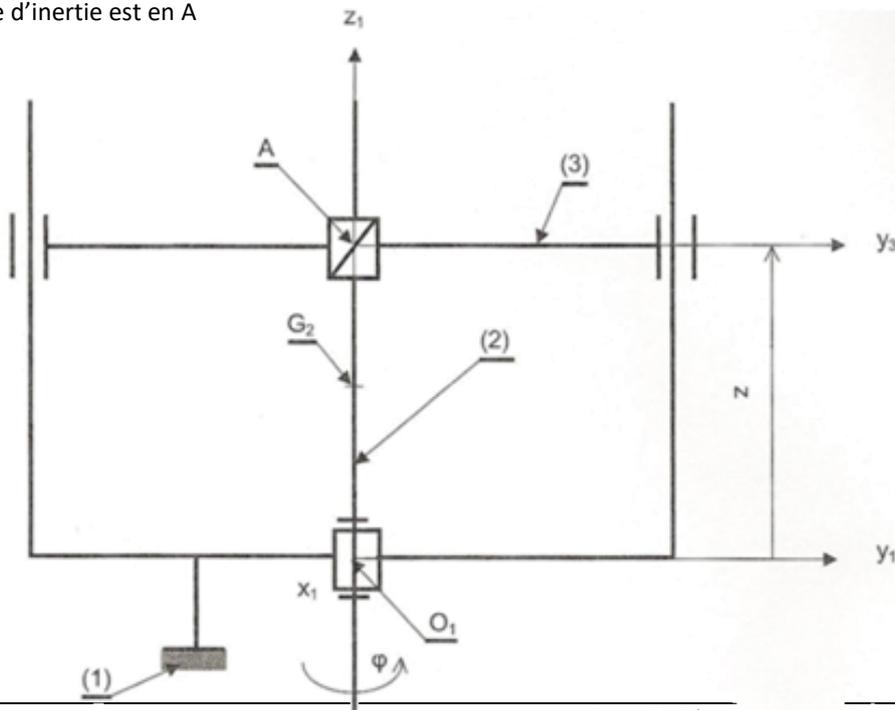
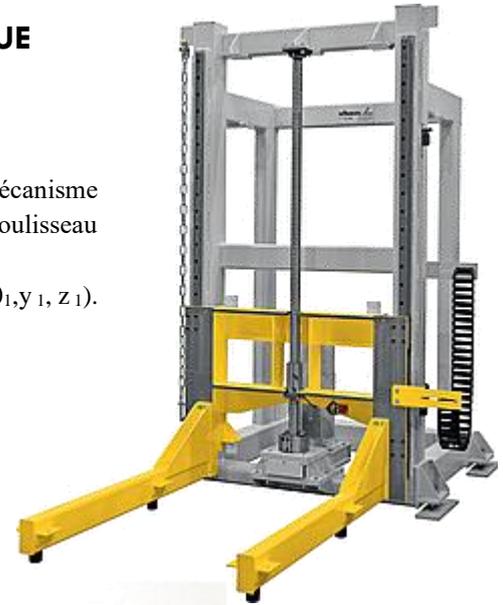
CHAPITRE 1
THEOREME DE L'ENERGIE CINETIQUE

1 EXERCICE 1 : MECANISME ELEVATEUR

Un élévateur est constitué d'un socle (1), d'un coulisseau (3) et d'un mécanisme d'entraînement par la vis (2), l'écrou en A est solidaire du coulisseau. La position du coulisseau est repérée par $O_1A=z$ et la position angulaire de la vis par l'angle φ . Toutes les liaisons sont sans frottement. Le mécanisme évolue dans le plan vertical (O_1, y_1, z_1) . On donne :

Vis (2) : masse m_2 et $I_{O(2)B2} = \begin{pmatrix} A2 & 0 & 0 \\ 0 & A2 & 0 \\ 0 & 0 & C2 \end{pmatrix}$
centre d'inertie en G_2

Coulisseau (3) : masse m_3 et $I_A(3)B3 = \begin{pmatrix} A3 & 0 & 0 \\ 0 & B3 & 0 \\ 0 & 0 & C3 \end{pmatrix}$
centre d'inertie est en A



La transformation de mouvement par vis écrou est telle que : $z = -\frac{p \varphi}{2\pi}$ où p est le pas de la vis

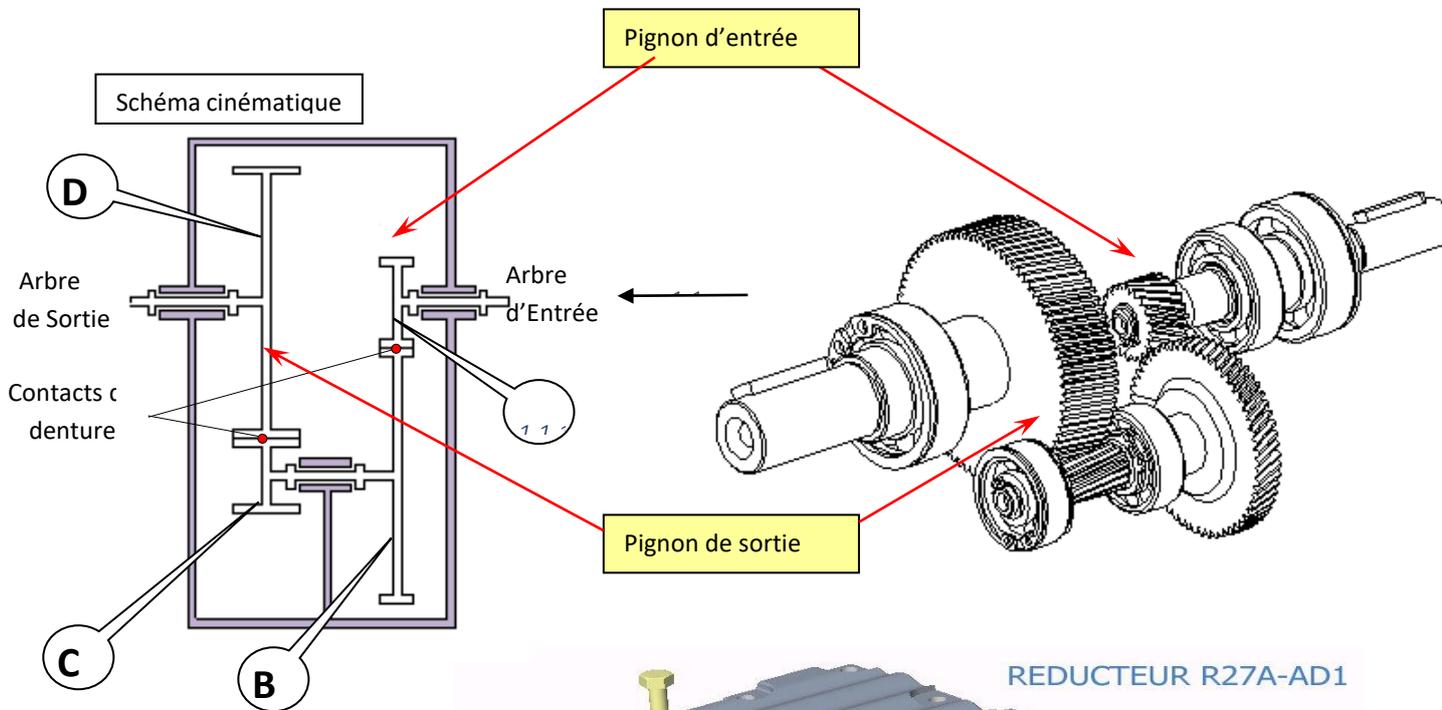
Q1) Déterminer les expressions des énergies cinétiques $T(2/R_1)$ et $T(3/R_1)$ en fonction des caractéristiques inertielles des solides (2) et (3). En déduire l'énergie cinétique de l'ensemble mobile en fonction de φ et donner l'expression du moment d'inertie C_T de l'ensemble mobile ramené à l'axe moteur (O_1, z_1)

Q2) Un couple moteur C_m s'exerce en O_1 sur la vis (2). Déterminer les expressions des diverses puissances intérieures et extérieures développées par les efforts qui s'exercent sur les solides (2) et (3).

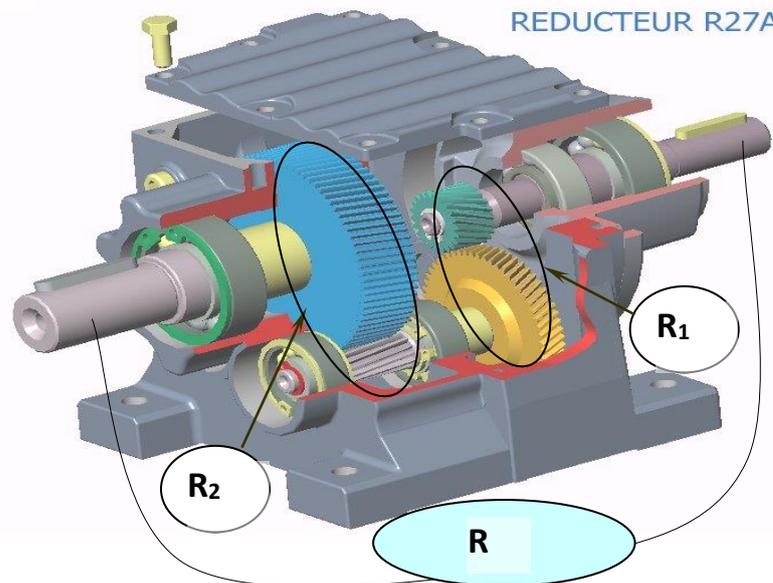
Q3) Déduire de ce qui précède la relation qui relie le couple C_m à l'accélération du coulisseau

2 EXERCICE 2 : REDUCTEUR

Les figures représentent un réducteur à engrenages à deux étages de réduction. On applique C_m et C_r sur l'arbre moteur et sur l'arbre récepteur. On suppose que les liaisons sont parfaites. On donne $Z_a=22$ dents, $Z_b=58$ dents, $Z_c=14$ dents, $Z_d=83$ dents de module $m=1$. On donne J_a, J_{bc}, J_d les moments d'inertie de A, de BC, de D par rapport à leurs axes respectifs



Afin de choisir la motorisation adéquate déterminer l'équation du mouvement ramené à l'axe moteur de l'ensemble des solides en mouvement par toutes les méthodes connues



3 EXERCICE 3 : PARC ECHELLE (EPAS CCP)

Pour le paramétrage et les informations issues du CDCF voir les sujets de TD précédents

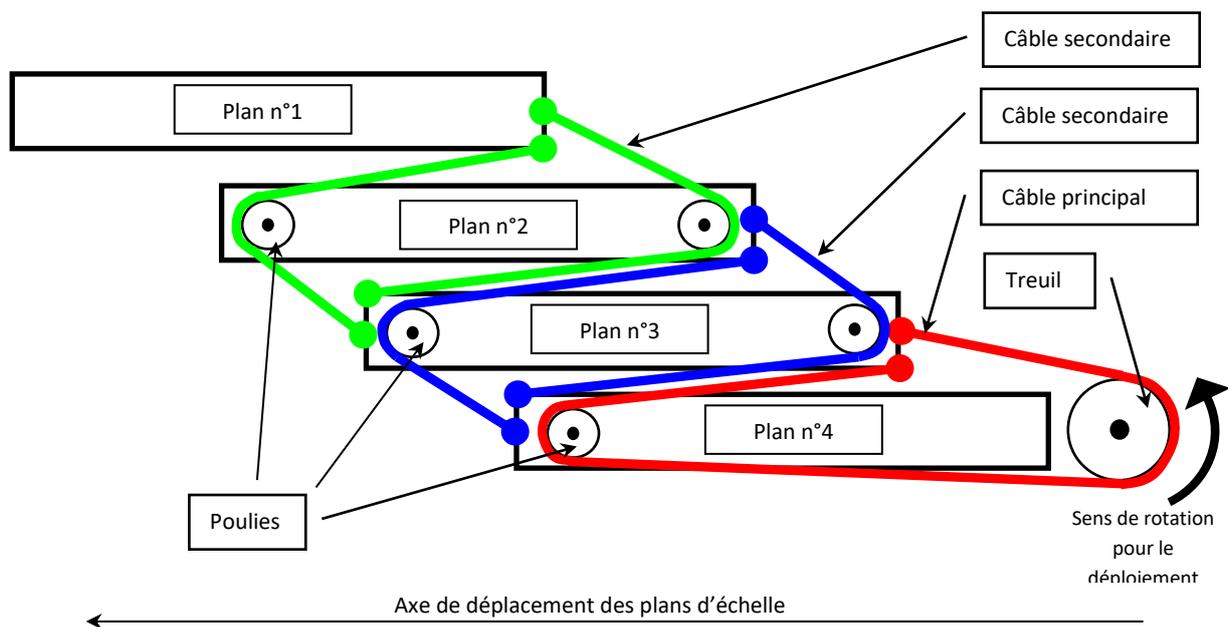
L'objet de cette partie est de définir la puissance motrice nécessaire pour ce mouvement en travaillant sur la puissance du treuil.

PRINCIPE DU SYSTEME DE DEPLOIEMENT.

Le parc échelle est constitué de quatre plans numérotés de 1 à 4 : La plate-forme est montée sur le plan n°1 ; le plan n°4 est solidaire du berceau.

Lors du déploiement du parc échelle, un treuil met en mouvement le câble principal qui entraîne le plan n°3 du parc échelle.

Les plans n°1 et n°2 seront déployés grâce au mouvement du plan n°3 et aux câbles secondaires.



La figure précédente montre les plans du parc échelle les uns au dessus des autres ; en réalité, ils sont les uns dans les autres et tous les brins de câbles sont donc parallèles à l'axe de déplacement des plans d'échelle.

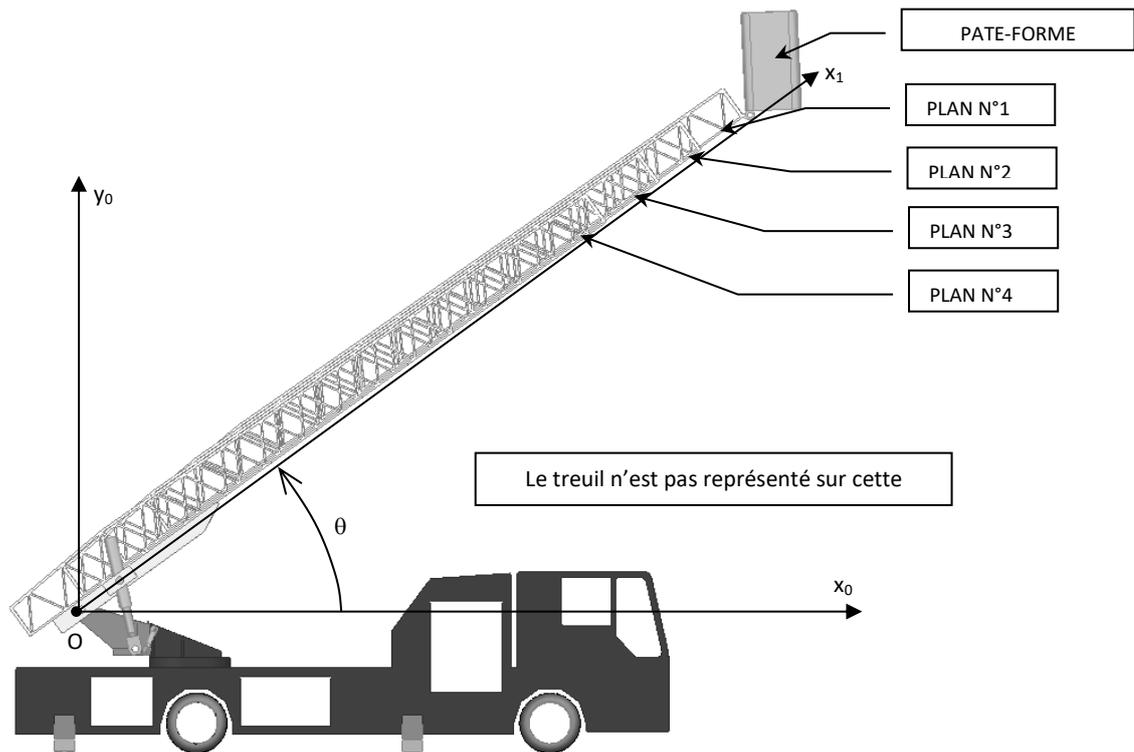
Le câble principal s'enroule sur un treuil de rayon $R = 20$ cm tournant à une fréquence de rotation nominale de $N = 30$ tr/min.

On suppose qu'il n'y a pas de glissement entre le câble principal et le treuil, ainsi qu'entre les poulies et les câbles secondaires.

Chaque plan a une longueur $L = 9$ m. Lorsque le parc échelle est entièrement déployé, chaque plan recouvre le suivant d'une longueur de 2 m.

On suppose que le système de commande du déploiement permet d'obtenir une vitesse de la plate-forme trapézoïdale :

- Une première phase de mouvement uniformément accéléré, d'accélération Γ_0 .
- Une deuxième phase de mouvement uniforme, de vitesse V_0 .
- Une dernière phase de mouvement uniformément décéléré, d'accélération $-\Gamma_0$.



On note $R_0 = (O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ le repère lié au châssis et $R_1 = (O, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0)$ le repère lié au berceau.

- Le parc échelle :

Le parc échelle est redressé d'un angle θ constant par rapport à l'horizontale.

Les plans du parc échelle ont tous la même masse notée M . Leur centre de gravité sera noté G_i , i étant le numéro du plan.

Chaque plan du parc échelle se translate par rapport au châssis, suivant x_1 à une vitesse deux fois plus grande que le plan suivant : $\vec{V}(P, \text{plan}(i) / R_0) = 2 \cdot \vec{V}(P, \text{plan}(i+1) / R_0)$.

Le guidage des plans les uns par rapport aux autres engendre des efforts s'opposant aux mouvements que l'on modélisera par un glisseur dont le module de la résultante sera noté F constant.

- La plate-forme :

La plate-forme de centre de gravité G_p a une masse notée m , et se translate par rapport au châssis suivant x_1 à une vitesse notée $V(t)$.

- Le treuil :

Un treuil de rayon R , tournant à une vitesse de rotation notée ω , entraîne le câble principal dont les extrémités sont fixées au plan n°3. (voir figure page 11)

Le moment d'inertie du treuil par rapport à son axe de rotation, sera noté I .

Le moment du couple moteur exercé par l'ensemble moto réducteur hydraulique sera noté C .

1 : Déterminez l'énergie cinétique galiléenne de la plate-forme et des quatre plans du parc échelle en fonction de $V(t)$ et des différentes masses.

2 : Déterminez l'énergie cinétique galiléenne du treuil en fonction de $V(t)$.

3 : Déterminez la puissance des actions extérieures à l'ensemble {treuil+parc échelle+plate-forme} en fonction de $V(t)$.

4 : Déterminez la puissance des actions intérieures de ce même ensemble en fonction de $V(t)$.

5 : En déduire le moment du couple moteur nécessaire pendant la première phase de mouvement.

4 EXERCICE 4 : BORNE RETRACTABLE SOLAIRE

La société ICOM OUEST conçoit, fabrique et commercialise des bornes rétractables solaires pour l'équipement urbain. Elles sont destinées à filtrer l'accès des véhicules de type automobile dans les zones piétonnes. Ce dispositif comprend :

- une partie commande regroupant la platine de gestion du fonctionnement, les batteries électriques d'alimentation et les cellules photovoltaïques assurant la charge de la batterie
- une partie opérative constituée de la borne rétractable dans le sol.

L'ordre d'escamotage de la borne est délivré par une télécommande dont disposent les utilisateurs autorisés à pénétrer dans la zone.

Le diagramme de contexte permet de définir l'environnement de la borne et ses interactions avec l'extérieur :

- Utilisateur
- Soleil
- Véhicule ...

Un extrait du diagramme des exigences nous permet de définir les attentes par rapport à l'exigence : **De Permettre à l'utilisateur d'interdire ou d'autoriser un espace aux véhicules de type automobile**

Seule exigence fera l'objet de notre étude

Borne escamotable

cellules photovoltaïques



Caractéristiques de la borne escamotable extraites du cahier des charges :

Exigences	Critères	Niveau
De permettre à l'utilisateur d'interdire ou d'autoriser un espace aux véhicules de type automobile	Temps de sortie ou de rentrée	6 s +/- 10%
	Hauteur de la borne de sortie correspondant à la course de la borne	500 mm +/- 10%
	Diamètre de la borne	210 mm
	Poids maximum soutenu avec le plot relevé	80 daN
	Poids maximum supportable sur le plot abaissé	15000 daN
	Poids maximum supportable lors de la montée du plot (masses des composants de la borne compris)	80 daN +/-5%
	Autonomie, nombre de cycle par jour	100 en été 50 en hiver +/- 10%

Etude de la chaîne d'énergie – Validation du critère Temps de sortie

Le schéma architectural de la chaîne d'énergie est donné ci-contre.

La borne rétractable liée au chariot 2, est guidée en translation par rapport au bâti 0 grâce à deux liaisons pivot glissant en parallèles. L'ensemble motoréducteur à roue et vis sans fin 2, embarqué avec le chariot, engrène sur l'arbre qui entraîne l'ensemble en translation verticale par l'intermédiaire du pignon 3 associé à la crémaillère d'axe \vec{Z} .

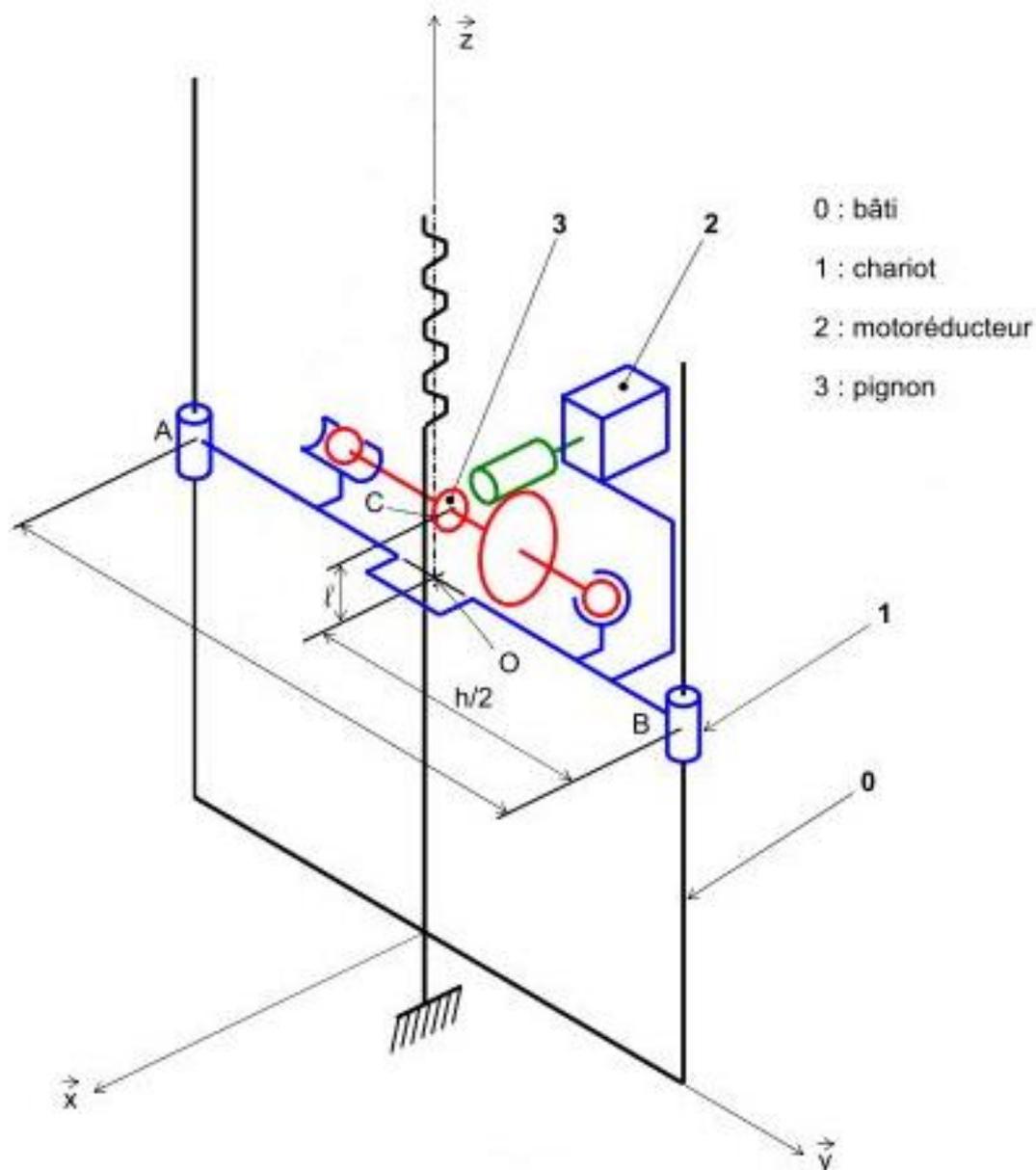
L'objectif est de vérifier que le temps de sortie de la borne est bien égal à 6s (+/-10%) dans le cas de fonctionnement le plus défavorable, c'est-à-dire avec la charge maximale.

En utilisant le théorème de l'énergie cinétique conclure sur la validité du critère pour un fonctionnement avec surcharge.

Données de calcul :

Couple moteur	$C_m=1,25\text{mN}$
Vitesse de rotation arbre moteur	$N_m=1500\text{ tr/mn}$
Rapport de réduction du réducteur k	$k=1/60$
Diamètre primitif du pignon 3	$D_p=60\text{ mm}$
Masse de tous les éléments embarqués	$M=30\text{ kg}$
Inertie rotor moteur (vis incluse)	$J_m=65\ 10^{-6}\text{ kg m}^2$
Inertie de l'arbre intermédiaire 3	négligée
Rendement du mécanisme (guidages, couple roue/vis.....)	$\eta_e=0,35$
Vitesse de sortie de la borne	$v_s=0,078\text{ms}^{-1}$

Hypothèses : Solides indéformables, Inertie de l'arbre intermédiaire négligée par rapport aux autres inerties, toutes les pertes (liaisons..) seront globalisées grâce au rendement

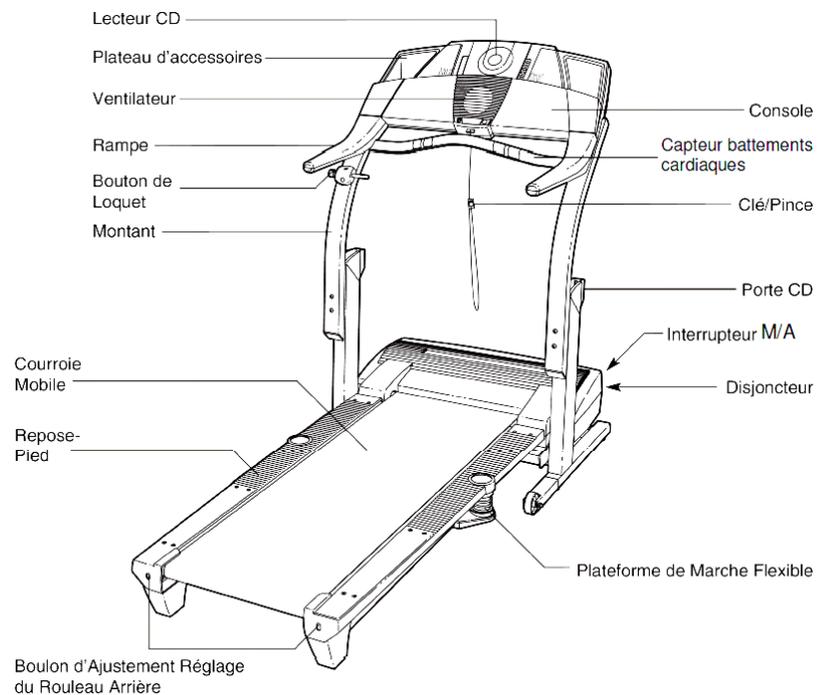


5 EXERCICE 5 : TAPIS DE COURSE

On s'intéresse à un tapis de course dont on donne une description structurelle ainsi qu'un extrait de cahier des charges fonctionnel.

L'utilisateur court sur une courroie mobile qui est entraînée dans le sens inverse de la course. La vitesse de déplacement de la courroie mobile est réglable pour permettre au coureur de rester sur place. Le système propose un large choix de mode de fonctionnement cependant l'étude sera limitée à l'utilisation du programme de contrôle de la fréquence cardiaque. Avec ce programme, le système ajuste automatiquement la vitesse et l'inclinaison du tapis afin d'obtenir une fréquence cardiaque pré-réglée.

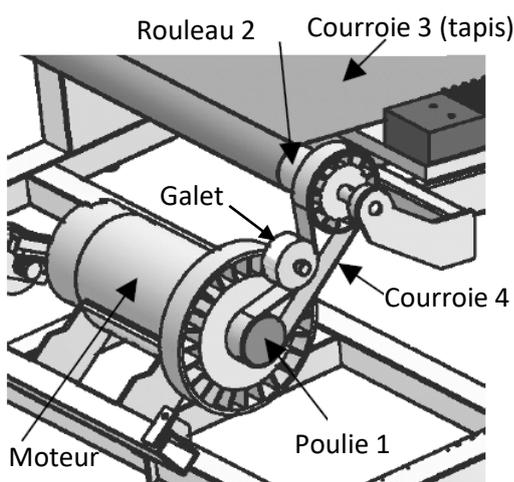
On se propose ici de vérifier les choix technologiques faits par le constructeur et de valider le choix de la motorisation de la chaîne fonctionnelle 1 vis-à-vis du cahier des charges.



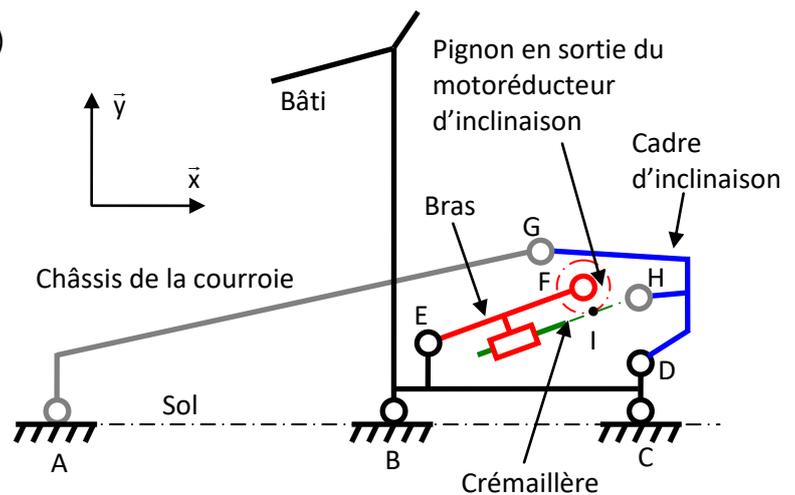
Techniquement, le programme fonctionne ainsi :

- Le système commence par augmenter la vitesse de déroulement de la courroie mobile via la chaîne fonctionnelle 1 pour atteindre la fréquence cardiaque pré-réglée ;
- Si la vitesse maximale ne suffit pas, alors le tapis de course s'incline via la chaîne fonctionnelle 2 pour augmenter encore l'effort ;
- La console informe en permanence l'utilisateur de sa fréquence cardiaque.

Chaîne fonctionnelle 1



Chaîne fonctionnelle 2



Exigences	Critères	Niveaux
1.1. Le système doit permettre au coureur de courir à une bonne fréquence cardiaque	Vitesse Pente Masse utilisateur	De 0 à 19 Km/h par incrément de 0,1Km/h De 0% à 14% par incrément de 0,5% 115 Kg maxi

Hypothèses de modélisation :

- Le tapis est réglé à l'horizontale.
- La courroie 3 s'enroule sans glisser sur le rouleau 2. Le rayon d'enroulement de la courroie 3 sur le rouleau 2 est $R_e = 24,5$ mm et le rayon primitif de la poulie liée au rouleau avant 2 est $R_{p2} = 44$ mm.
- L'épaisseur de la courroie 3 est négligeable.
- Le rayon primitif de la poulie motrice 1 est $R_{p1} = 27$ mm.
- Une étude préliminaire du frottement a montré que pour entraîner un coureur de 115 Kg il fallait exercer un effort $T = 230$ N sur la courroie 3.
- L'inertie équivalente du système ramenée sur l'arbre moteur vaut $I_{eq} = 0,1$ kg/m².
- Le rendement global du système mécanique est $\mu_g = 0,9$.

Q.1. Déterminer la vitesse de rotation du moteur ω_m en rad/s lorsque la vitesse de la courroie est à la valeur maximale du cahier des charges. En déduire la vitesse de rotation N_m en tour /min.

Q.2. Le moteur est piloté à l'aide d'une loi en trapèze de vitesse de telle sorte que la courroie 3 passe d'une vitesse de 0km/h à la vitesse maximale du cahier des charges. en 3s. Déterminer l'accélération angulaire du moteur dans la phase de mouvement uniformément accéléré.

Q.3. Déterminer la puissance développée par le moteur lorsque le coureur court en régime établi à 19 km/h.

Le système possède un moteur courant continu ayant les caractéristiques suivantes :

Vitesse nominale $N_n = 3050$ tr/min,	Tension nominale $U_n = 130$ V
Puissance nominale $P_n = 1840$ W	Constante de vitesse $K_E = 0,33$ V/(rad.s ⁻¹)
Couple nominal $C_n = 5,76$ N.m	Courant nominal $I_n = 17,6$ A
Vitesse maximale $N_{max} 4000$ tr/min	Constante de couple $K_T = 0,33$ N.m/A
	Résistance d'induit $R = 1,1$ Ohm

Q.4. Conclure quant au bon dimensionnement du moteur vis-à-vis des performances attendues.

6 EXERCICE 6 : BANC D'EPREUVE HYDRAULIQUE

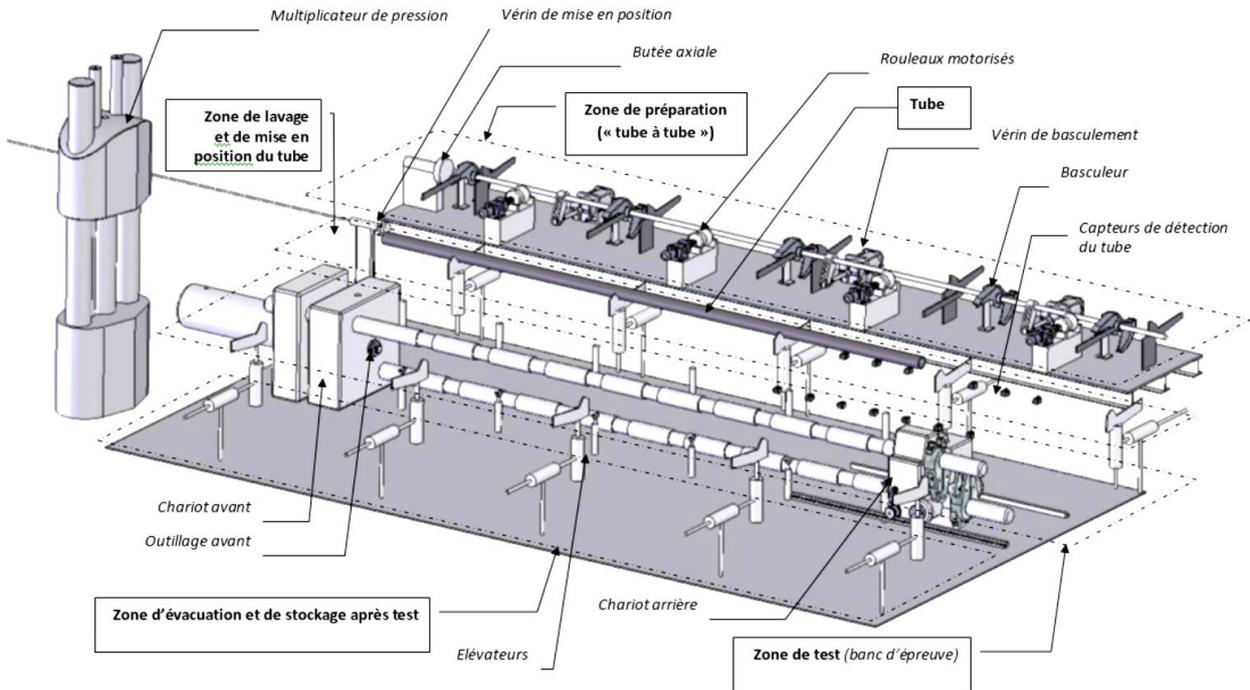
Le site de V&M Tubes situé à Aulnoye-Aymeries, qui produit des tubes de 114 mm à 508 mm de diamètre pour des longueurs variant de 4,40 à 14,20 m possède un banc spécifique de test de pression hydraulique pour valider la qualité des produits finis exigée par certains clients. C'est le fonctionnement de ce banc conçu par M&T Tubes qui fait l'objet de cette étude.

Afin de valider la caractéristique de tenue en pression des tubes, ceux-ci sont soumis à une pression hydraulique donnée durant un temps spécifié. Ces paramètres dépendent de la taille des tubes et de leur future utilisation. La figure annexe 1 présente la structure du banc de mise en pression.

Le tube est placé dans l'axe du banc d'épreuve grâce aux **élévateurs**. Le banc d'épreuve est essentiellement constitué d'un **chariot avant** et d'un **chariot arrière**, chacun est muni de l'**outillage** adapté au diamètre des tubes. Avant la mise en place du tube sur le banc, le chariot arrière est mis en position à partir de l'information « position du tube » obtenue lors de la mise en position. Le déplacement du chariot arrière est généré à partir d'un moteur hydraulique, d'un réducteur de vitesse à engrenages et roue et vis sans fin et d'une crémaillère. Le chariot est verrouillé dans cette position par des pinces.

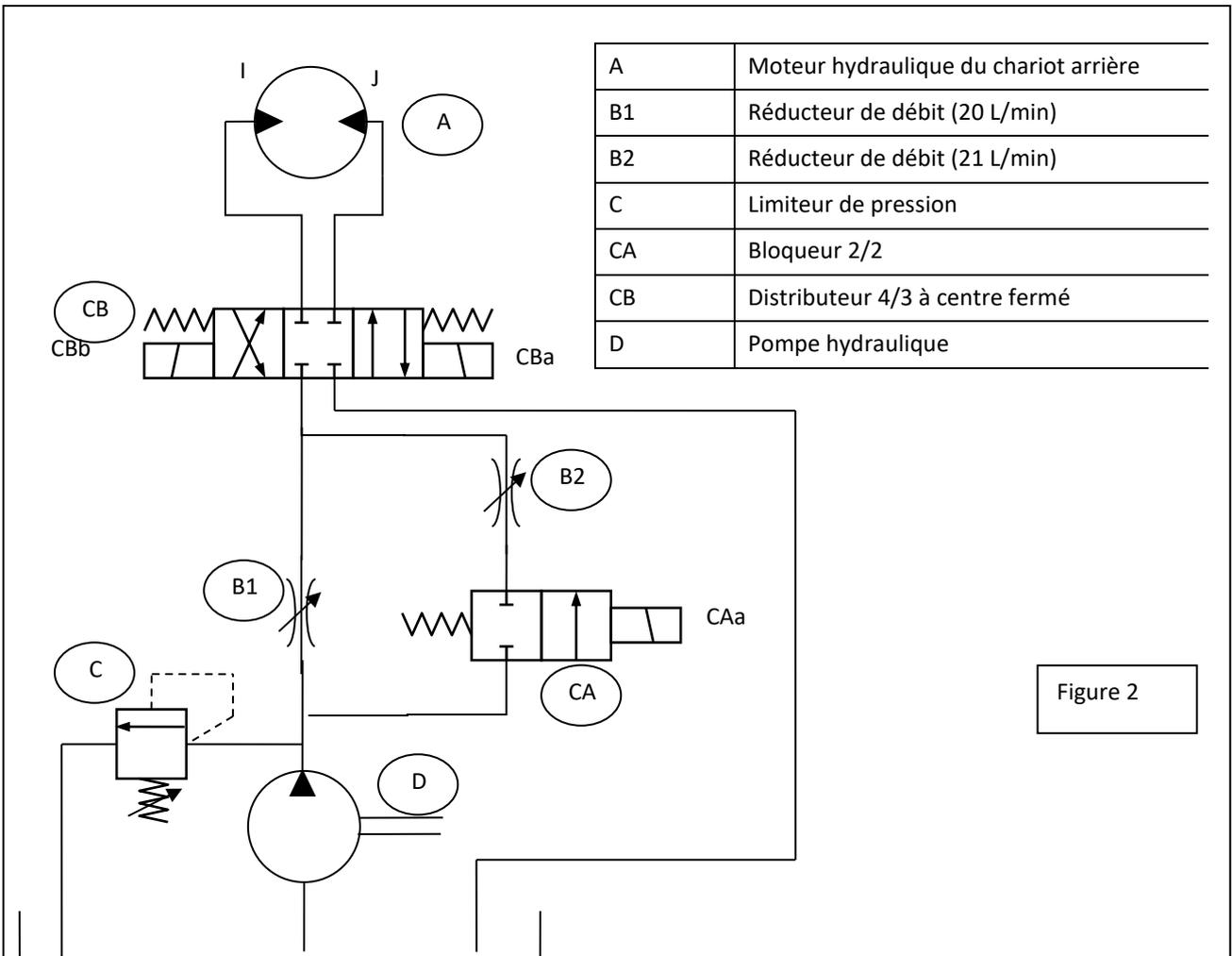
Le tube est alors placé sur le banc. Le chariot avant se déplace ensuite en plaquant le tube sur le chariot arrière, les outillages s'adaptent aux extrémités du tube pour le fermer. Le déplacement du chariot avant est obtenu par vérins hydrauliques. Le tube est alors rempli d'eau et mis sous pression.

ANNEXE 1 : Banc d'épreuve (tube en zone de lavage et mise en position)

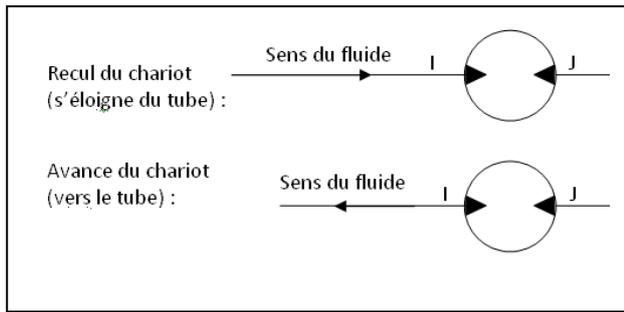


1. Analyse de la commande de déplacement du chariot arrière :

Le schéma hydraulique de la motorisation du chariot arrière est fourni 02 :



La pompe est capable de fournir un débit de 60 L/min. Selon le sens de rotation du moteur hydraulique, le sens de déplacement du chariot est défini ci-dessous :



Déplacement du chariot	Commande			Débit (L/min)
	1 : pilotée 0 : non pilotée			
	CAa	CBa	CBb	
Vers l'avant, vitesse lente				
Vers l'avant, vitesse rapide				
Vers l'arrière, vitesse lente				
Vers l'arrière, vitesse rapide				

Question 1 : Reproduire le tableau ci-dessus et indiquer la(les) commande(s) à piloter (1 si commande pilotée, 0 sinon) pour déplacer le chariot selon les 4 types de déplacements : avant/arrière, vitesse lente/rapide. Donner pour chaque cas le débit correspondant.

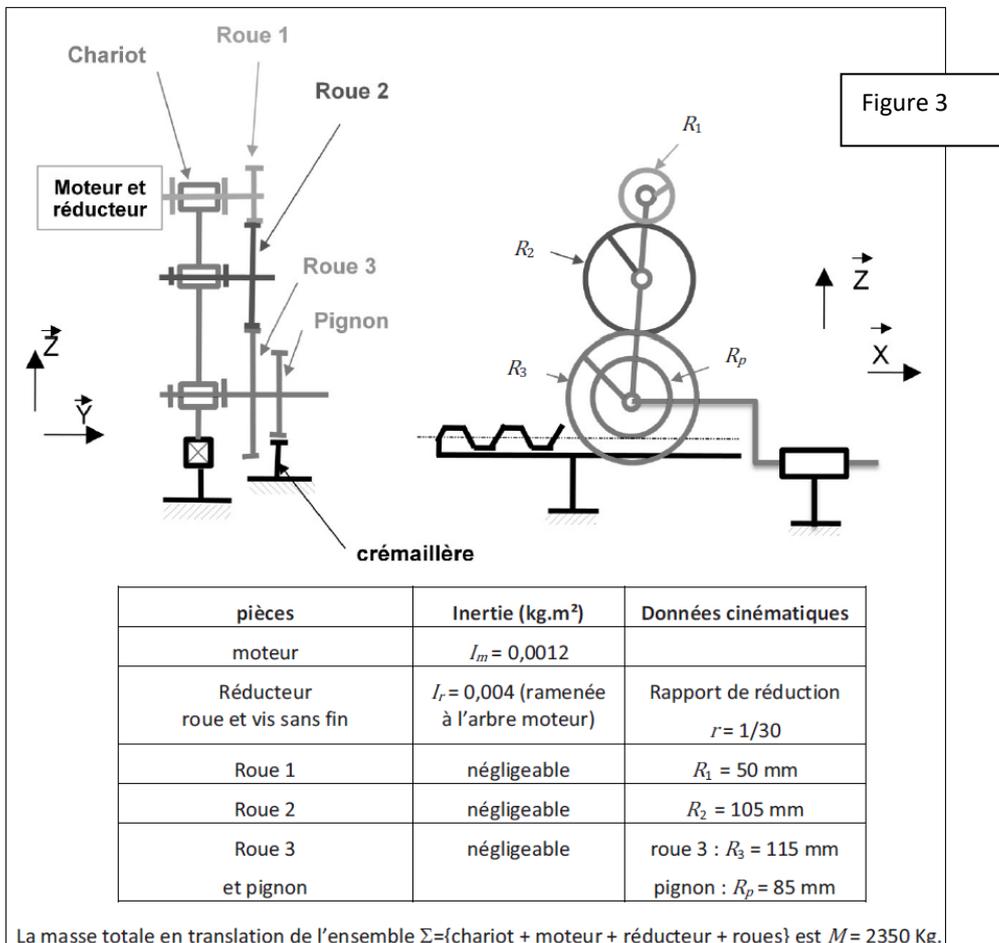
2. Dimensionnement du moteur hydraulique

L'objectif de cette partie est de déterminer la vitesse maximale du moteur du chariot arrière ainsi que le couple moteur nécessaire afin de pré-dimensionner celui-ci.

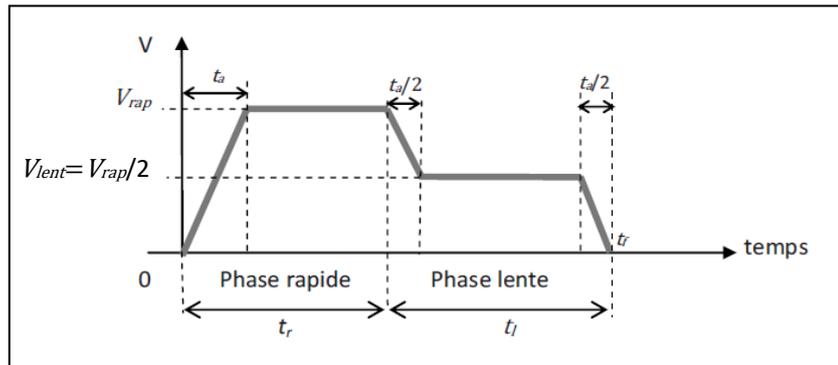
Un schéma cinématique simplifié du chariot arrière, ainsi que les grandeurs cinématiques et cinétiques, sont donnés Figure 3 ci-dessous.

La chaîne de puissance comporte un moteur hydraulique, un réducteur roue et vis sans fin, un réducteur à engrenages parallèles et un système pignon-crémaillère.

Le guidage du chariot est modélisé par une glissière.



On note C_m le couple moteur, ω_m sa vitesse de rotation par rapport au bâti, et V la vitesse du chariot. La loi de vitesse du chariot pendant la totalité du trajet est présentée ci-dessous :



- On note t_r la durée de la phase de déplacement rapide, t_l la durée de la phase lente, t_f la durée totale, t_a la durée de la phase d'accélération. Chacune des 2 phases de décélération dure $t_a/2$.
- L'analyse de la course du chariot arrière a permis de chiffrer les valeurs des courses maximales de ce chariot en vitesse rapide (pour un tube de 4,4 m) et vitesse lente. Cette course pendant la phase de déplacement en vitesse rapide (de 0 à t_r) est au maximum de $c_{rap} = 6,24$ m (pour le tube le plus court que peut tester le banc) et pendant la phase en vitesse lente (de t_r à t_f) $c_{lent} = 1,56$ m.
- La durée maximale du déplacement total (phase rapide + phase lente) est limitée à **20 s**.
- La vitesse du chariot, lors de la phase rapide, V_{rap} est limitée à **0,5 m/s**.
- On considérera que le module de l'accélération a du chariot est identique pendant toutes les phases d'accélération et de décélération.

Question 2 :

a) Montrer alors que t_a , t_l et t_r vérifient les relations suivantes :

$$c_{lent} = \frac{V_{rap}}{2} \cdot t_l \quad \text{et} \quad c_{rap} = V_{rap} \cdot \left(t_r - \frac{1}{2} t_a \right)$$

b) En déduire les valeurs numériques de t_r et de t_a . En déduire l'accélération a du chariot.

Question 3 :

a) Déterminer ω_m en fonction de V et des données cinématiques utiles.

b) En déduire les valeurs numériques de la vitesse maximale du moteur ω_m et de l'accélération angulaire $\dot{\omega}_m$ pendant les phases d'accélération et de décélération.

Question 4 :

a) Donner l'expression de l'énergie cinétique de l'ensemble Σ (défini figure 3) par rapport au référentiel galiléen bâti.

b) En déduire l'expression de l'inertie équivalente de cet ensemble ramenée à l'axe de sortie du moteur, notée J_{eq} en fonction de M , I_m , I_r et des données cinématiques utiles. Application numérique.

- Les efforts résistants sur le chariot sont modélisés par un glisseur F d'amplitude 500N.
- Le rendement de l'ensemble du mécanisme (réducteur roue et vis sans fin, réducteur à axes parallèles) est $\eta = 0,3$.
- Quelles que soient les valeurs précédemment trouvées, on prendra une accélération angulaire maximale du moteur $\dot{\omega}_m$ égale à 250 rad/s^2 et une inertie totale équivalente ramenée à l'arbre moteur J_{eq} égale à $0,01 \text{ kg.m}^2$.

On se propose de déterminer le couple nécessaire du moteur.

Question 5 :

Déterminer l'expression du couple C_m à fournir par le moteur en fonction de $\dot{\omega}_m$, J_{eq} et F . Calculer C_m .

Question 6 :

A partir de la valeur de C_m et de la vitesse moteur ω_m calculées précédemment, choisir dans le tableau un moteur compatible avec les spécifications demandées.

Moteurs hydrauliques		Référence	Cylindrée [cm ³]	N max [tr/min]	Couple max [Nm]	Puissance [Kw]	Poids [Kg]
	HDMF11-05	4,88	12000	7,8	13	5	
	HDMF11-14	14,3	10000	22,7	26	9	
	HDMF11-19	19,0	7500	30,2	32	11	
	HDMF11-150	150,0	3000	238	145	70	
	HDMF11-250	242,0	2700	384	190	77	