

PARTIE C : POMPAGE.

L'eau est un élément essentiel dans le procédé de fabrication du sucre. Elle est utilisée pour le lavage des betteraves et pour la production de vapeur. La sucrerie n'utilise pas d'eau du milieu naturel. L'eau de lavage est extraite des betteraves par évaporation (une betterave contient environ 75% d'eau), avant d'être stockée dans un bassin de lagunage.

Les eaux de lavage, chargées en terre, racines et feuilles, sont pompées puis refoulées dans un bassin de décantation.

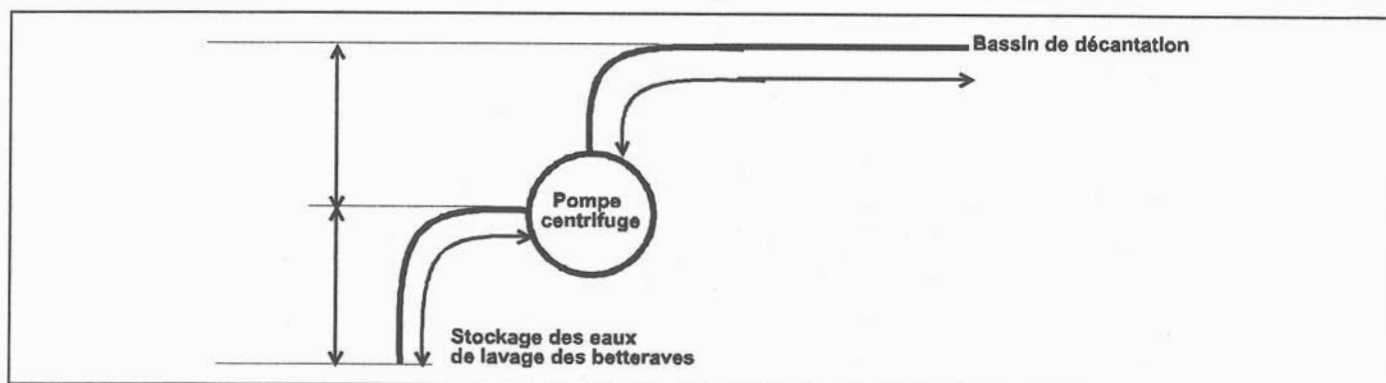
L'étude porte sur le dimensionnement du groupe M11 « pompage des eaux de lavage » (annexe 1 et 2), sur le convertisseur électronique D11 (annexes 1 et 2) et sur l'association démarreur / moteur / pompe.

C1) Dimensionnement groupe de pompage (voir annexes C1 et C2).

Caractéristiques du réseau hydraulique :

- Hauteur géométrique d'aspiration (HGA): 2 m.
- Hauteur géométrique de refoulement (HGR) : 4 m.
- Longueur totale canalisation d'aspiration (L_A) : 3,5 m.
- Longueur totale canalisation de refoulement (L_R) : 800 m.
- Nombre de coudes sur l'aspiration : 1 (soit une longueur fictive de 2 m de canalisation)
- Nombre de coudes sur le refoulement : 10 (soit une longueur fictive de 20 m de canalisation).
- Nombre de vannes sur l'aspiration : 0.
- Nombre de vannes sur le refoulement : 0.
- Tuyaux en fonte : diamètre = 323 mm.
- Débit (Q) : 400 m³ / h.
- Pression utile (P_U) : 1 bar = 10 m CE.
- Pertes de charge dans les canalisations : 30 mm CE par mètre de canalisation.

C1.1) Compléter le schéma du réseau hydraulique simplifié. Positionner sur le schéma les grandeurs HGA, HGR, L_A et L_R (voir annexe C2).



C1.2) Calculer la hauteur manométrique d'aspiration (HMA).

.....

.....

.....

C1.3) Calculer la hauteur manométrique de refoulement (HMR).

.....

.....

.....

C1.4) En déduire la hauteur manométrique totale (HMT).

.....

.....

.....

C1.5) Vérifier que la puissance hydraulique de la pompe centrifuge P_H (puissance utile) peut s'écrire :

$$P_H = Q \times g \times HMT \times \frac{1000}{3600}$$

P_H : puissance en W ; Q : débit en m^3/h
 HMT : hauteur en m ; g : accélération m/s^2

.....

.....

.....

.....

C1-6) La transmission de puissance entre le moteur et la pompe centrifuge est réalisée à l'aide de poulies et courroies trapézoïdales crantées. Sachant que le rendement de la pompe est de 0,4 et celui de la transmission 0,95, calculer la puissance utile du moteur M11 (annexe 1).

.....

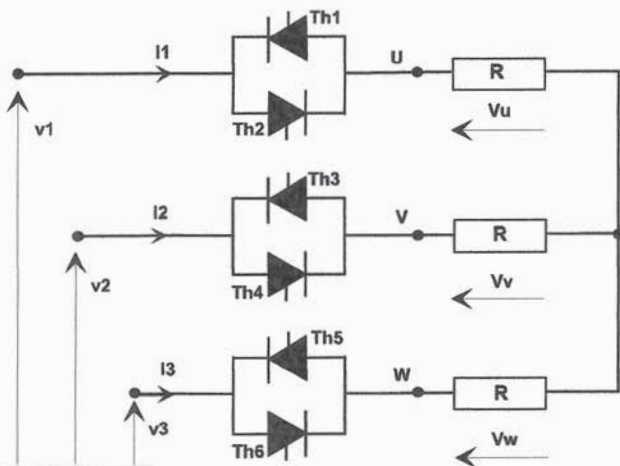
.....

.....

C2) Démarreur - ralentisseur électronique D11 (voir annexe 2).

Le moteur M11 est alimenté par l'intermédiaire du convertisseur électronique D11. Ce convertisseur est un démarreur / ralentisseur électronique de marque LEROY-SOMER, type DIGISTART STV 2312.

Circuit de puissance du convertisseur D11.



Les tensions sinusoïdales V_1 , V_2 et V_3 ont même valeur efficace. Elles forment un système triphasé équilibré direct.

Les interrupteurs seront considérés comme parfaits.

La séquence d'amorçage des 6 interrupteurs est donnée dans le tableau page suivante.

Afin de faciliter l'étude des tensions V_u , V_v et V_w , la charge sera considérée comme purement résistive.

C2.1) Donner le nom de ce convertisseur. Préciser les caractéristiques des tensions en entrée et en sortie.

.....

.....

C2-2) Préciser le nom des composants électroniques de puissance utilisés.

.....

C2.3) Préciser ce que représente R sur le schéma ?

.....

C2.4) Indiquer le principe de fonctionnement du convertisseur.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

C2.5) Sur la page suivante et pour chacun des intervalles : $[0^\circ, 30^\circ]$, $[30^\circ, 60^\circ]$, $[60^\circ, 90^\circ]$, $[90^\circ, 120^\circ]$, $[120^\circ, 150^\circ]$, $[150^\circ, 180^\circ]$

- Réaliser le schéma équivalent du circuit de puissance.
- Indiquer la valeur de la tension V_u .
- Représenter la forme de la tension V_u sur le chronogramme.

Le fonctionnement étant symétrique, compléter le chronogramme de $[180^\circ, 360^\circ]$.

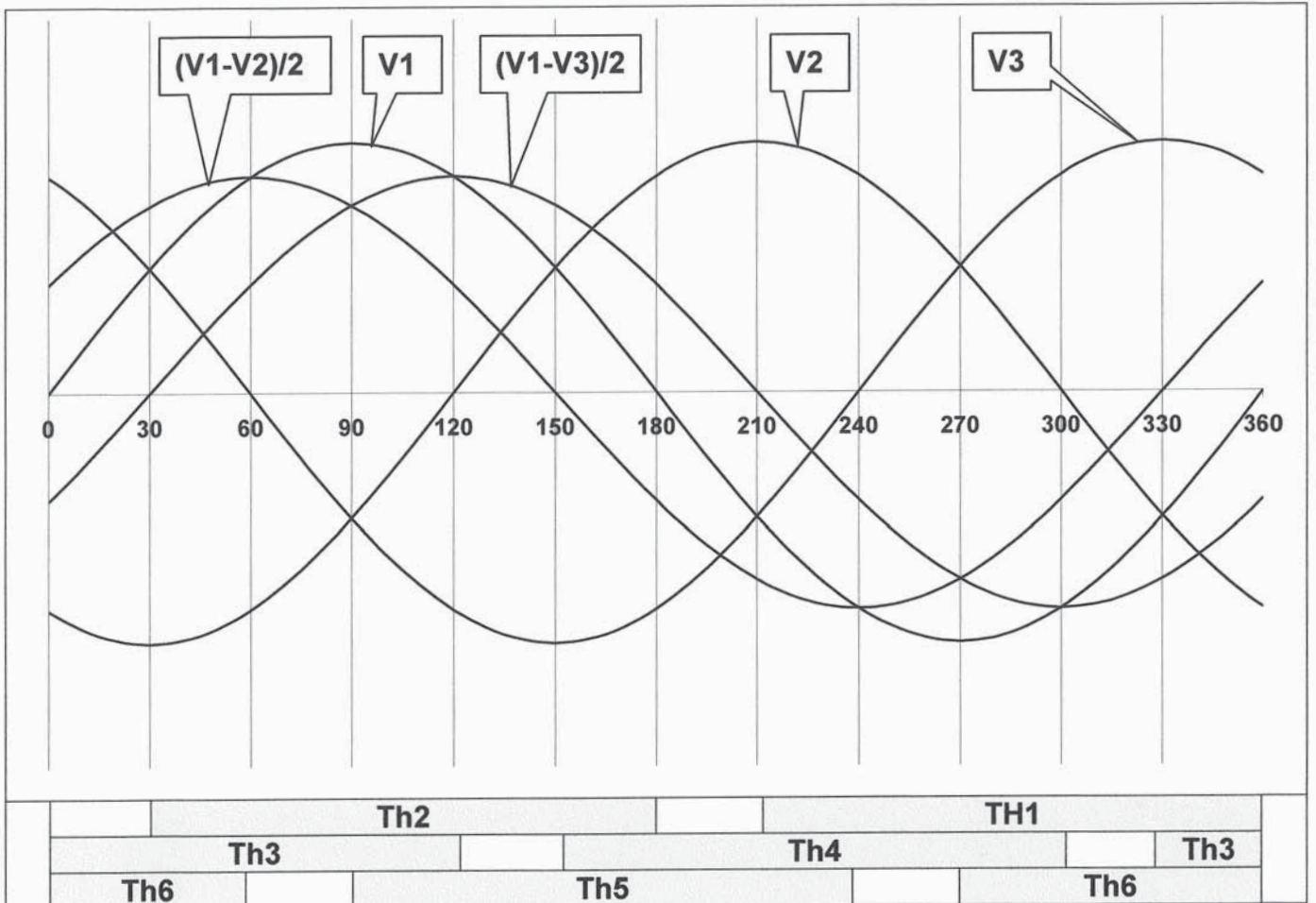
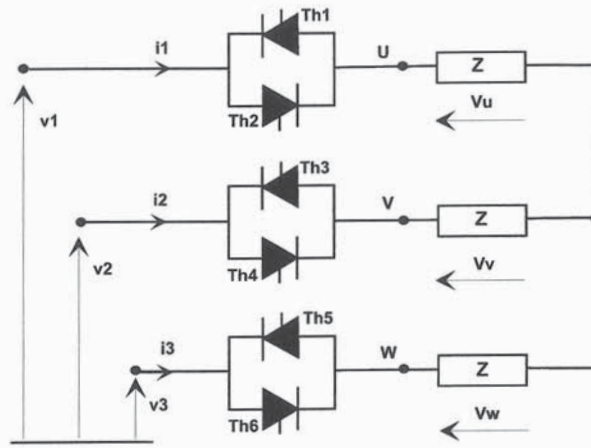
C2.6) Rappeler l'intérêt de ce type de convertisseur dans les installations de force motrice. Préciser les avantages dans le cas particulier du pompage.

Intérêt du convertisseur :
.....
.....
.....
.....

Cas du pompage :
.....
.....
.....

C2.7) Préciser les inconvénients inhérents à ce type de modulation d'énergie.

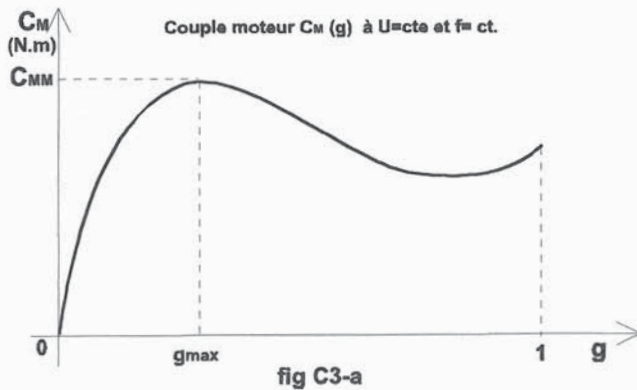
.....
.....
.....
.....
.....
.....



	[0°, 30°]	[30°, 60°]	[60°, 90°]	[90°, 120°]	[120°, 150°]	[150°, 180°]
Schéma équivalent circuit puissance	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3
Valeur de Vu						

C3) Association démarreur-moteur-pompe.

C3.1) La caractéristique mécanique couple-glissement (ou vitesse) du moteur asynchrone triphasé M11 entraînant la pompe centrifuge est donné ci-après (fig. C3-a).



Hachurer sur le graphique ci-contre la zone de stabilité de fonctionnement de la machine. Justifier simplement votre réponse.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

C3.2) L'équation de la caractéristique mécanique du moteur est la suivante :

$$C_M = \frac{1,07 \cdot V^2}{28,9 \cdot g + \frac{3,13}{g}}$$

V: tension simple g : glissement

Préciser pour quelle valeur de $g = g_{\max}$ le couple moteur C_{MM} sera maximum ? Calculer la vitesse correspondante, sachant que la vitesse de synchronisme n_s du moteur est égale à 1500 tr/mn.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

C3.3) Pour $g_{\max} = 0,329$, calculer le couple maximum si la tension simple V est égale à 230 V puis 163 V et enfin 115V.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

C3.4) Calculer, pour chacune de ces tensions, le couple de démarrage (C_{dM}) du moteur.

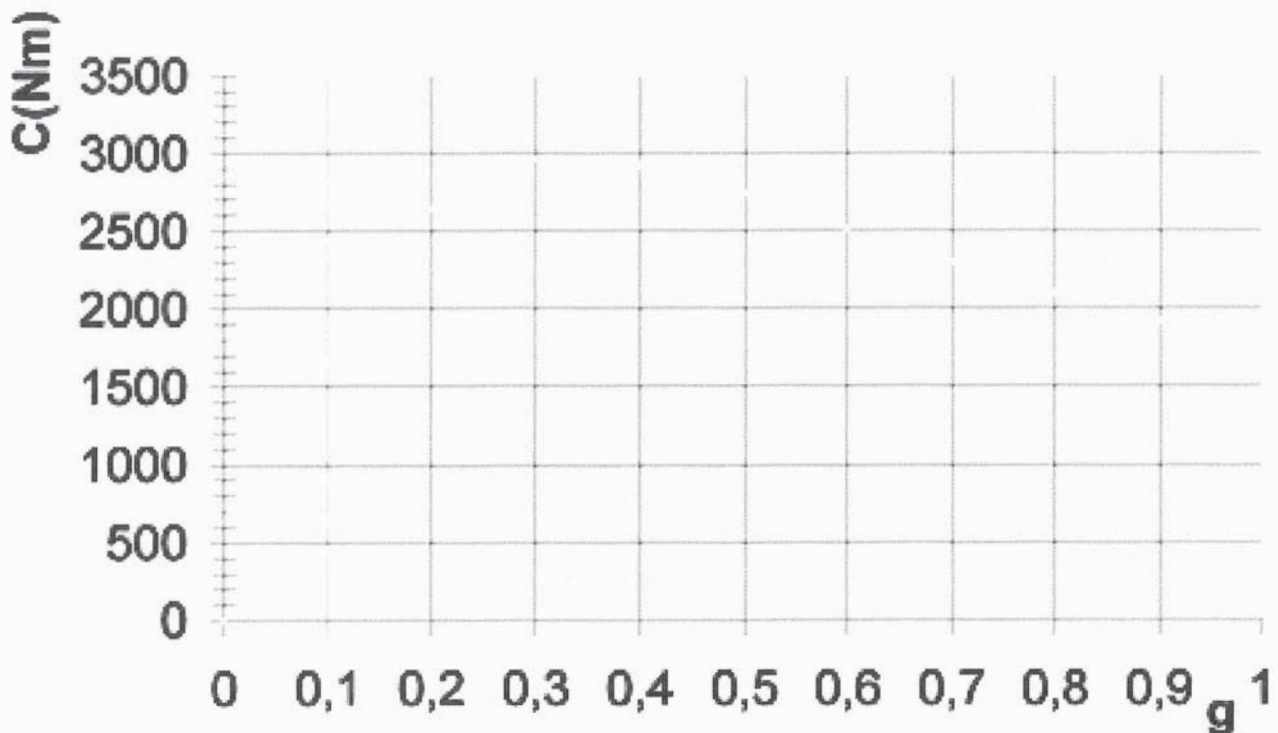
.....
.....
.....
.....
.....
.....

C3.5) Les tensions efficaces simples 230V, 163V et 115V sont délivrées par le démarreur ralentisseur. Tracer, ci-dessous, les caractéristiques C_M (g) pour chacune de ces tensions. Repérer chacune des courbes en utilisant une couleur différente.

Légende : V =230V C_M (g) de couleur

 V =163V C_M (g) de couleur

 V =115V C_M (g) de couleur



C3.6) Le couple résistant des pompes centrifuges a une allure parabolique. Il augmente avec la vitesse de rotation.

L'équation littérale du couple résistant de la pompe est : $C_r = 400 \left(\frac{n}{n_s} \right)^2$

n : vitesse de rotation de la pompe égale à celle du moteur.

n_s : vitesse de synchronisme du moteur.

Le couple initial du au frottement des pièces mécaniques sera négligé.

Exprimer C_r en fonction de g puis tracer sa courbe sur les graphes précédents. Conclure.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

C3.7) Indiquer à partir de quelle valeur de tension $V_{\min}$, le moteur risque de « décrocher » ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

C3.8) Le débit de la pompe est proportionnel à sa vitesse. La hauteur manométrique totale HMT varie comme le carré de la vitesse de la pompe. Préciser comment varie la puissance hydraulique de la pompe

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

PARTIE D : CONVOYEUR A BANDE.

Après avoir été lavées, les betteraves sont acheminées par un convoyeur à bande afin d'être découpées puis déshydratées. L'étude porte sur la vérification de la puissance du moteur d'entraînement du convoyeur.

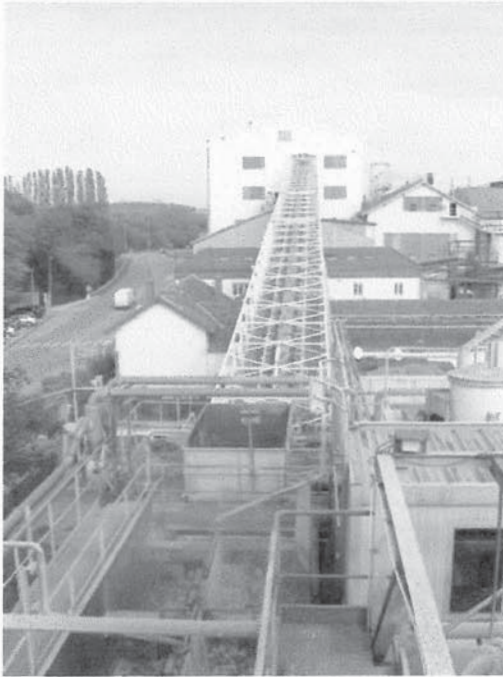
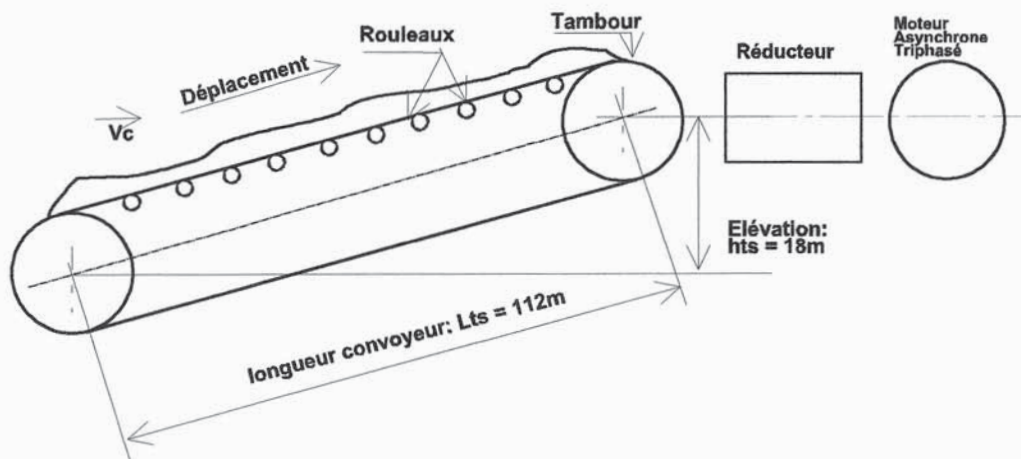


Schéma de principe de l'installation étudiée.



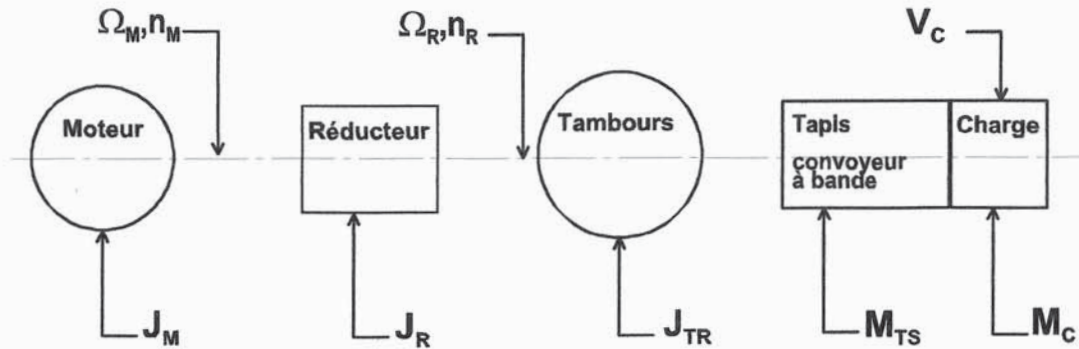
Les grandeurs caractérisant les éléments de la chaîne cinématique seront repérées par les indices suivants :

- indice M pour le moteur asynchrone triphasé.
- indice R pour le réducteur.
- indice TR pour le tambour.
- indice TS pour le tapis du convoyeur à bande.
- indice C pour la charge.

Il est impératif de respecter les notations fournies.

Vous disposez d'un formulaire mécanique en annexe D1.

Chaîne cinématique :



Spécifications techniques :

Charge :

- quantité de betteraves traitées : $Q_B = 250 \text{ t/h}$.
- charge uniformément répartie sur le tapis du convoyeur.

Tapis du convoyeur à bande :

- longueur : $L_{TS} = 112 \text{ m}$.
- élévation : $h_{TS} = 18 \text{ m}$.
- vitesse de déplacement uniforme : $V_C = 1,4 \text{ m/s}$.
- largeur : $l_{TS} = 1 \text{ m}$.
- masse du tapis au mètre : $m_{TS/m} = 11 \text{ kg/m}$.
- le tapis ne patine pas sur le tambour (pas de perte de vitesse).

Tambours :

- diamètre extérieur : $\phi_{\text{exTR}} = 630 \text{ mm}$.
- diamètre intérieur : $\phi_{\text{inTR}} = 530 \text{ mm}$.
- matière : acier (masse volumique : $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$)
- largeur tambour : $l_{TR} = 1150 \text{ mm}$
- rendement tambour / tapis $\eta_{TR-TS} = 0,7$ (ce rendement correspond à la déformation du tapis sur les rouleaux et aux frottements des rouleaux sur leurs bâtis de fixation)

Réducteur :

- rapport de réduction : $r_R = \Omega_M / \Omega_R = 34,1$
- rendement : $\eta_R = 0,96$
- inertie ramenée sur l'arbre d'entrée : $J_R = 0,016 \text{ kg.m}^2$

Moteur d'entraînement :

- puissance utile : $P_{Mu} = 30 \text{ kW}$.
- vitesse nominale de rotation : $n_{Mn} = 1450 \text{ tr/mn}$
- inertie : $J_M = 0,1513 \text{ kg.m}^2$

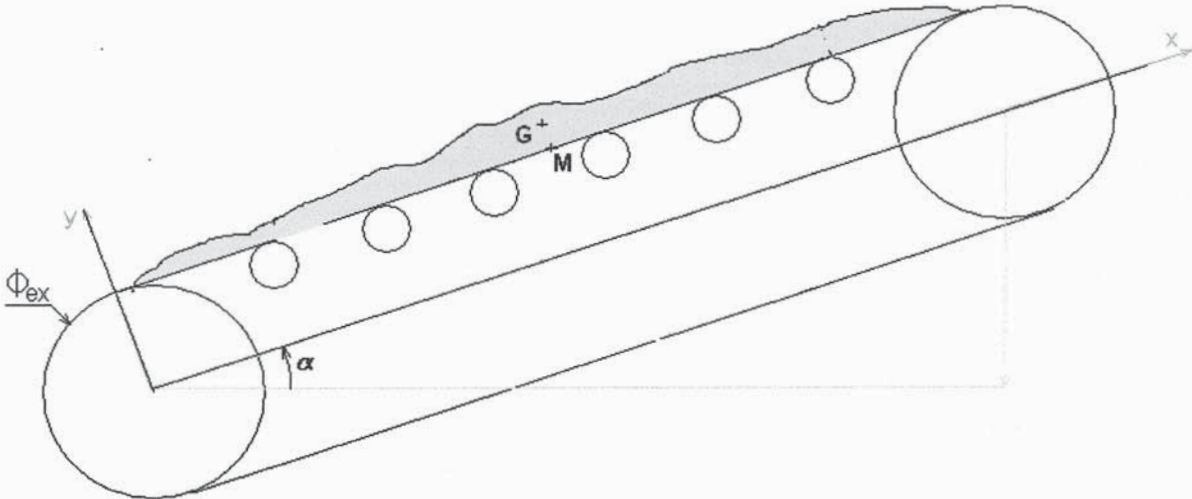
D1) Vérifier que la vitesse nominale du moteur est adaptée à l'utilisation.

.....
.....
.....

D2) Calculer la masse de betteraves par mètre de tapis (m_B). En déduire la masse totale de betteraves transportées (m_{tB}).

D3) Calculer la masse totale de l'ensemble tapis / matériaux transportés (m_T)

D4) Le poids $\vec{P}$ de l'ensemble de betteraves a été ramené à son centre de gravité G. On considérera que la réaction $\vec{R}$ du tapis est assimilable à une force appliquée en M.



Représenter, sur le croquis ci-dessus, le poids P , la réaction du tapis R ainsi que ses composantes R_x et R_y .

D5) En appliquant le principe fondamental de la statique à l'ensemble des masses transportées, donner l'expression littérale de R_x et R_y .

D6) Déduire de la question précédente la tension générée par la masse transportée dans le tapis ($\vec{T}_{TS} \rightarrow b$) et sur le tambour ($\vec{T}_{TR} \rightarrow TS$).

D7) Calcul du moment résultant de la masse totale de betteraves sur le tambour.

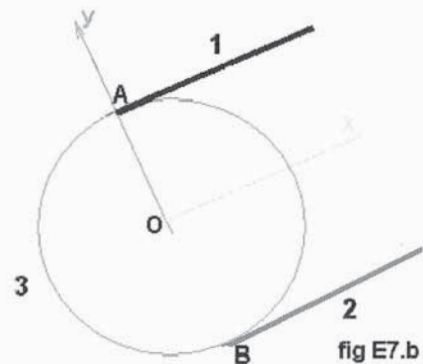
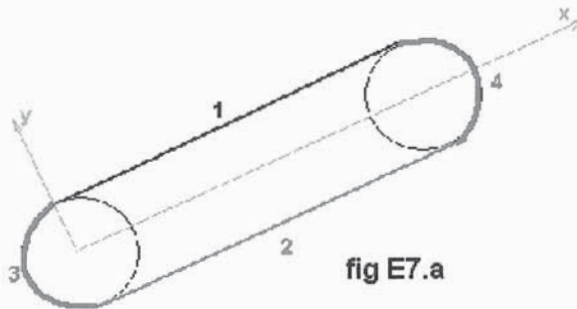
D7.1) Le tapis est à vide.

La masse du tapis n'étant pas négligeable devant celle des betteraves montrer qu'elle ne génère pas de couple sur le tambour.

Pour cette étude, le tapis sera découpé en quatre tronçons (fig. E7.a ci-dessous).

Par symétrie on convient que les tronçons 1 et 2 sont de masse identique. Il en sera de même pour les tronçons 3 et 4.

Représenter les forces F_{1-TR} et F_{2-TR} sur le schéma fig. E7.b ci-dessous.



En utilisant le produit vectoriel, calculer les couples C_1 et C_2 générés par les masses des tronçons 1 et 2. Conclure.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

D7.2) Le tapis étant chargé, calculer le moment résultant de la masse totale de betteraves (m_{TB}), sur le tambour.

.....

.....

.....

D8) Déterminer la puissance nécessaire sur l'arbre d'entrée du réducteur pour exercer le couple calculé à la question précédente (vitesse du tapis = 1,4m/s). Les caractéristiques du moteur sont elles adaptées à l'utilisation ?

.....

.....

.....

.....

