

SESSION 2009

**CONCOURS EXTERNE DE RECRUTEMENT
DE PROFESSEURS DE L'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL
ET CONCOURS D'ACCÈS À LA LISTE D'APTITUDE**

**Section : GÉNIE ÉLECTRIQUE
Option : ÉLECTROTECHNIQUE ET ÉNERGIE**

SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES

Durée : 6 heures

Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice 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.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit 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.

NB : 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 devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.

Tournez la page S.V.P.

A

LES SUCRERIES DE BOURGOGNE

- **Cahier N° 1 : SUJET**

- Présentation générale
- Partie A : Poste de livraison (pages 1 à 5)
- Partie B : TGBT Chaufferie (pages 6 à 9)
- Partie C : Pompage (pages 10 à 16)
- Partie D : Convoyeur à bande (page 17 à 22)

- **Cahier N° 2 : DOSSIER TECHNIQUE**

- Schémas (pages 1 et 2)
- Documentation technique (pages 3 à 11)
- Formulaire de mécanique (page 12)

Conseils aux candidats :

Vous répondrez directement sur le sujet, aux emplacements prévus à cet effet.

Les différentes parties du sujet sont indépendantes. De nombreuses questions sont elles mêmes indépendantes. Une lecture attentive de l'ensemble est recommandée avant de composer.

Les candidats sont priés de rédiger sur le document fourni (questionnaire) et sur des copies d'examen. Il est demandé de présenter clairement les calculs, de dégager et d'encadrer les résultats relatifs à chaque question.

La qualité des réponses (utilisation d'une forme adaptée pour présenter le résultat, justification du résultat...) sera prise en compte dans l'évaluation.

PRESENTATION GÉNÉRALE



Durant les trois mois de la campagne (de septembre à novembre), l'usine d'Aiseray traite chaque jour 6 000 tonnes de betteraves, dont elle extrait environ 800 tonnes de sucre. La production sucrière totale s'élève à 60 000 tonnes, auxquelles s'ajoutent les produits dérivés (10 000 tonnes de mélasse et 50 000 tonnes de pulpes sur-pressées et déshydratées).

Le procédé de fabrication du sucre cristallisé blanc est schématisé page suivante. Il comporte sept grandes étapes :

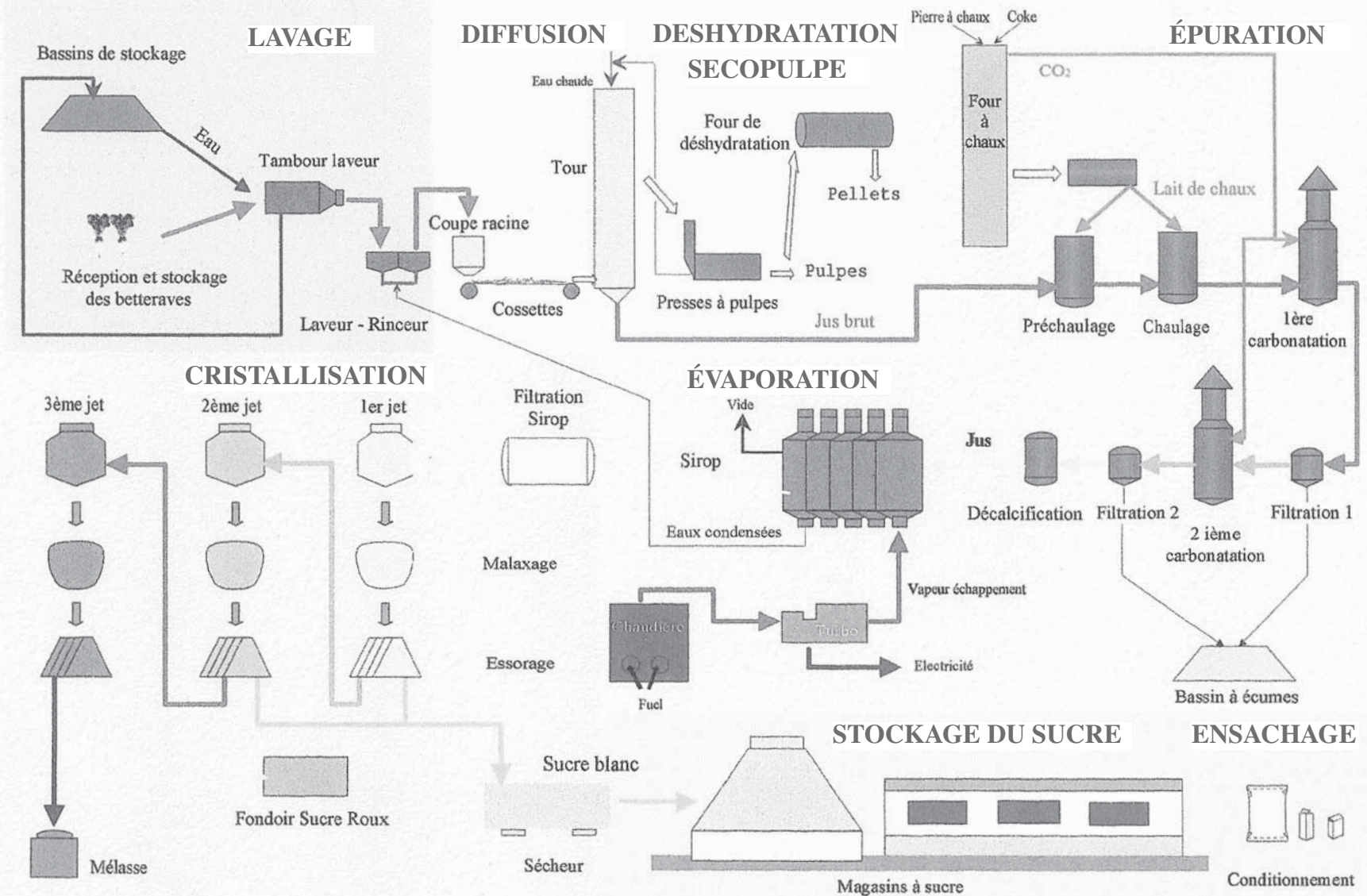
1. lavage,
2. découpage,
3. déshydratation,
4. épuration,
5. évaporation,
6. cristallisation,
7. stockage.

Pendant la campagne, l'entreprise fonctionne 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7. Elle produit son énergie électrique à partir de deux groupes turbo-alternateurs G1 et G2 (voir annexe 1). La chaufferie, destinée à la fabrication de la vapeur pour les turbines (64 t/h à 32 bars), utilise 5 500 tonnes de fuel lourd.

La tension de 6.6 kV à la sortie des alternateurs est élevée à 20 kV par deux transformateurs couplés en parallèles. Cette tension est ensuite distribuée dans l'entreprise par l'intermédiaire de trois transformateurs triphasés : TR11, TR 21 et TR22 (voir schémas de distribution de l'entreprise en annexes 1 et 2).

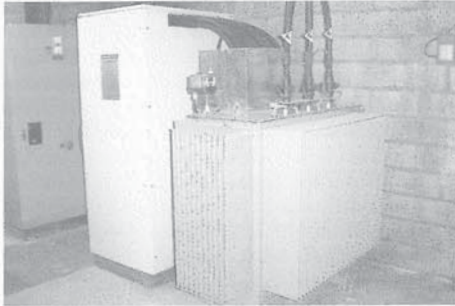
L'étude porte sur le poste de livraison du transformateur TR11, le TGBT de la chaufferie, le groupe motopompe qui assure l'évacuation des eaux de lavage et le convoyeur à bande utilisé pour le transport des betteraves.

SCHEMA DE FABRICATION



PARTIE A : POSTE DE LIVRAISON

Notre étude portera sur le transformateur TR11 (annexes 1, 2 et A1).



France transfo Schneider Electric			
TRANSFORMATEUR TRIPHASE			
Conforme à		NFC 52112-1	Année 2003
1000 KVA	Nr 546284-02	Isolément HT KV	125-50
Tension de c/c 6%	Couplage Dyn11	Nature enroul Alu	
Haute tension 20 000 V	Basse tension 410 V	refroidissement ONAN	
Courants A	A	diélectrique huile	
		Masse diél. 580 Kg	
		Masse totale 2390 Kg	
		Ambiante 40°C	
-----usine de MAIZIERES-LES-METZ (Moselle) France-----			
Minera			
reproduction de la plaque transformateur TR11			

A1) Préciser la nature des grandeurs électriques portées sur la plaque signalétique du transformateur.

Valeurs	Désignation
20 kV
410 V
1000 kVA
Ucc 6%

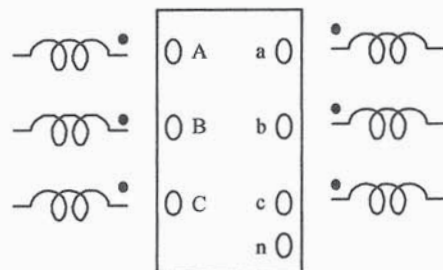
A2) Préciser la signification des caractéristiques suivantes.

D
y
n
11

A3) Calculer la valeur de l'angle de déphasage entre les tensions simples primaires et secondaires.

A4) Dessiner le diagramme vectoriel des tensions primaires et secondaires du transformateur.

A5) Représenter sur le schéma ci-dessous les connexions entre les enroulements du transformateur.



A6) Calculer les courants primaire I_{1n} et secondaire I_{2n} .

.....

.....

.....

.....

.....

A7) Déterminer le rapport de transformation à vide m_0 .

.....

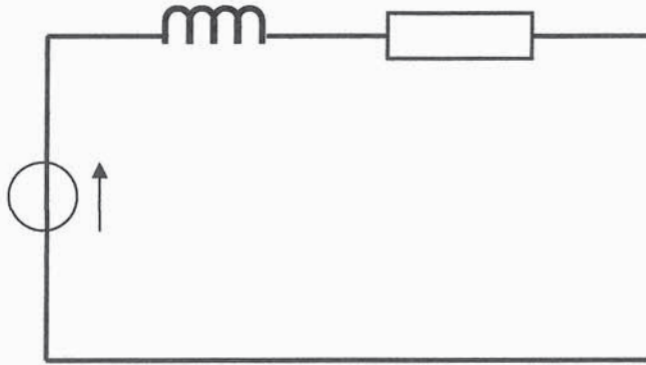
.....

.....

.....

.....

A8.1) Compléter ce schéma lors de l'essai en court-circuit.



.....

.....

.....

.....

[illegible]

A8.4) Que représente la puissance P_{1cc} ? Exprimer P_{1cc} .

.....

.....

.....

.....

.....

A8.5) Déterminer la valeur de la résistance R_s .

.....

.....

.....

.....

A8.6) Déterminer la valeur de la réactance X_s .

.....

.....

.....

.....

A9) Nous considérons le transformateur fonctionnant sous sa tension nominale primaire et débitant une intensité I_{2n} directement dans une charge triphasée équilibrée de nature inductive et de facteur de puissance égal à 0,8.

- Déterminer la tension disponible entre phases aux bornes de la charge.
- Exprimer en pourcentage la valeur de la chute de tension

Données. Nous prendrons $R_s = 2,1 \text{ m}\Omega$ et $X_s = 9,7 \text{ m}\Omega$ et $I_{2n} = 1\,444 \text{ A}$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- Comparer à la valeur donnée par le constructeur :

.....

.....

.....

A10) Déterminer le rendement du transformateur dans les conditions de la question A9.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

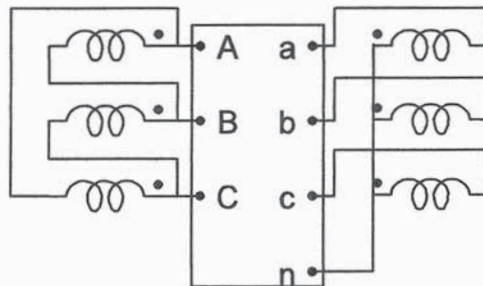
- Comparer à la valeur donnée par le constructeur.

.....

.....

.....

A11) Suite à un échauffement excessif, le transformateur TR21, qui est branché en parallèle sur TR11 est hors service. Pour le remplacer l'entreprise dispose en stock d'un transformateur de puissance équivalente mais dont le couplage est le suivant :



Donner les couplages et déterminer en traçant le diagramme vectoriel des tensions l'indice horaire du transformateur ci-dessus.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

A12) Citer les conditions de mise en parallèle des transformateurs. Est-il possible de coupler le transformateur ci-dessus et le transformateur TR11 en parallèle ? Justifier votre réponse.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

PARTIE B : TGBT SACM chaufferie.

B1) Départ SACM chaufferie.

Dans cette partie nous nous intéresserons à l'alimentation électrique de la chaufferie et aux départs moteurs des chaudières (annexes 1 et 2, annexes B1 à B6).

Données:

L'alimentation de la chaufferie est assurée par :

- trois transformateurs identiques (20 kV – 400 V) TR11; TR21; TR22 couplés en parallèle.
- La puissance de court-circuit S_{CC} du réseau amont 20 KV est égale à 100 MVA, $\cos \varphi_{CC} = 0,12$

Pour chaque transformateur : $R_{TR} = 2,078 \text{ m}\Omega$ et $X_{TR} = 9,618 \text{ m}\Omega$

On se propose de justifier le choix du disjoncteur Q15 de protection du départ SACM chaufferie et de calculer le courant de court-circuit $I_{cc3} (B3)$ au niveau du jeu de barre B3.

B1.1) Représenter le schéma équivalent des impédances de l'installation (du réseau amont au jeu de barre B3).

B1.2) Calculer la valeur de la résistance (R_a) et de la réactance (X_a) équivalentes du réseau amont (20 kV) ramenées côté BT.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

B1.3) Calculer la valeur de la résistance (R_{C1}) et de la réactance (X_{C1}) équivalentes à une phase du câble C1 reliant le transformateur au disjoncteur (QT1), sachant que la température ambiante est égale à 40°C (voir annexes B1 et B2).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

B1.4) Calculer les valeurs de la résistance (R_B) et de la réactance (X_B) équivalentes à une phase du jeu de barre B3, sachant que la température ambiante est égale à 40°C (voir annexes B1 et B2).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

B1.5) Calculer la valeur du courant de court-circuit I_{cc3} en amont du disjoncteur Q15 sachant que les trois transformateurs (TR11; TR21; TR22) fonctionnent simultanément.

Partie d'installation	Résistance (mΩ)	Réactance (mΩ)	
Réseau amont			
Transformateurs			
Liaison transformateurs / disjoncteurs			
Disjoncteurs			
Jeu de barre B3			

.....

.....

.....

.....

B1.6) Le pouvoir de coupure des disjoncteurs QT1 et Q15 est-il adapté ? Justifier votre réponse (voir annexes B2, B5 et B6).

B2) Alimentation du moteur d'alimentation de la pompe N°1.

Caractéristiques du moteur M11 :

$P_u = 75 \text{ kW}$ $U = 400 \text{ V}$ $\cos \varphi = 0,87$ $\eta = 0,9$ $n = 3\,000 \text{ tr/min}$

B2.1) Déterminer l'intensité nominale du moteur.

B2.2) Déterminer la chute de tension totale (Δu) aux bornes du moteur M11 fonctionnant en régime établi.

Cette chute de tension est-elle acceptable au regard des normes en vigueur ?

Données :

Valeur de chute de tension au jeu de barre B_{17} : $\Delta u = 1,39\%$.

Câble C11 : $R_{C11} = 15,75 \text{ m}\Omega$ et $X_{C11} = 2,8 \text{ m}\Omega$.

Facteur de puissance du récepteur : 0,87.

Température ambiante : 40°C .

B2.3) Citer les conséquences d'une chute de tension trop importante aux bornes d'une installation de force motrice.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

B2.4) Préciser les solutions industrielles qui permettent de limiter la chute de tension.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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.

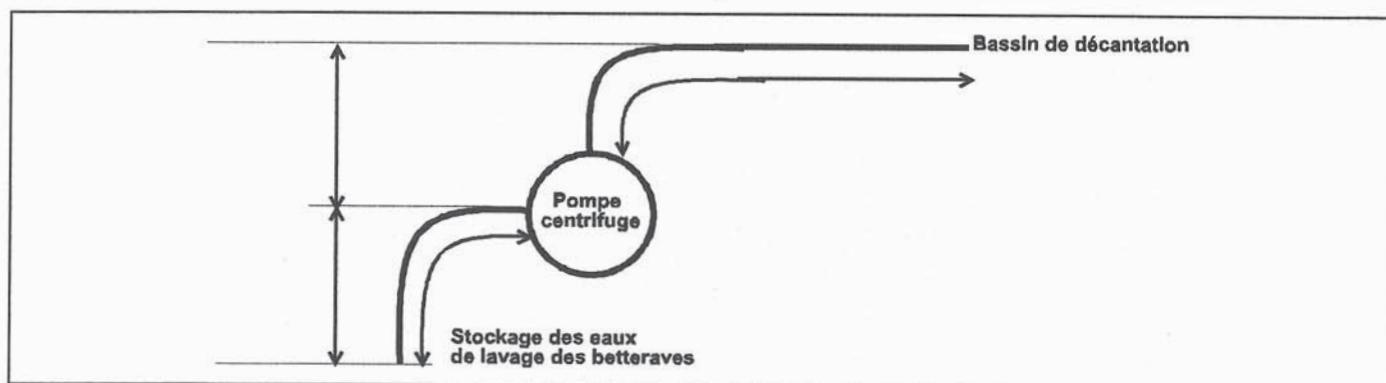
L'étude porte sur le dimensionnement du groupe M11 « pompage des eaux de lavage » (annexe 1 et 2), sur le convertisseur électronique D11 (annexes 1 et 2) et sur l'association démarreur / moteur / pompe.

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).

.....

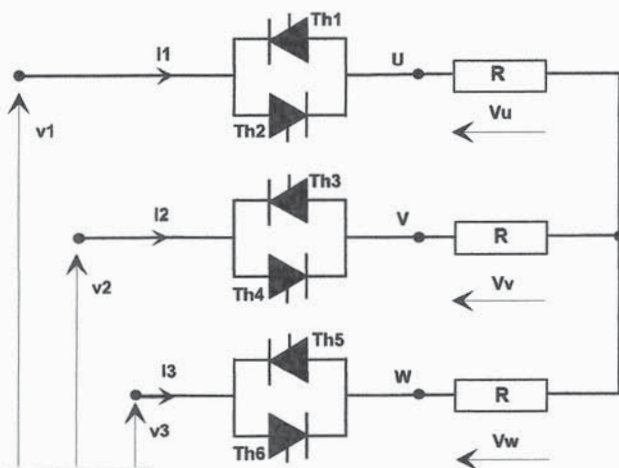
.....

.....

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 :

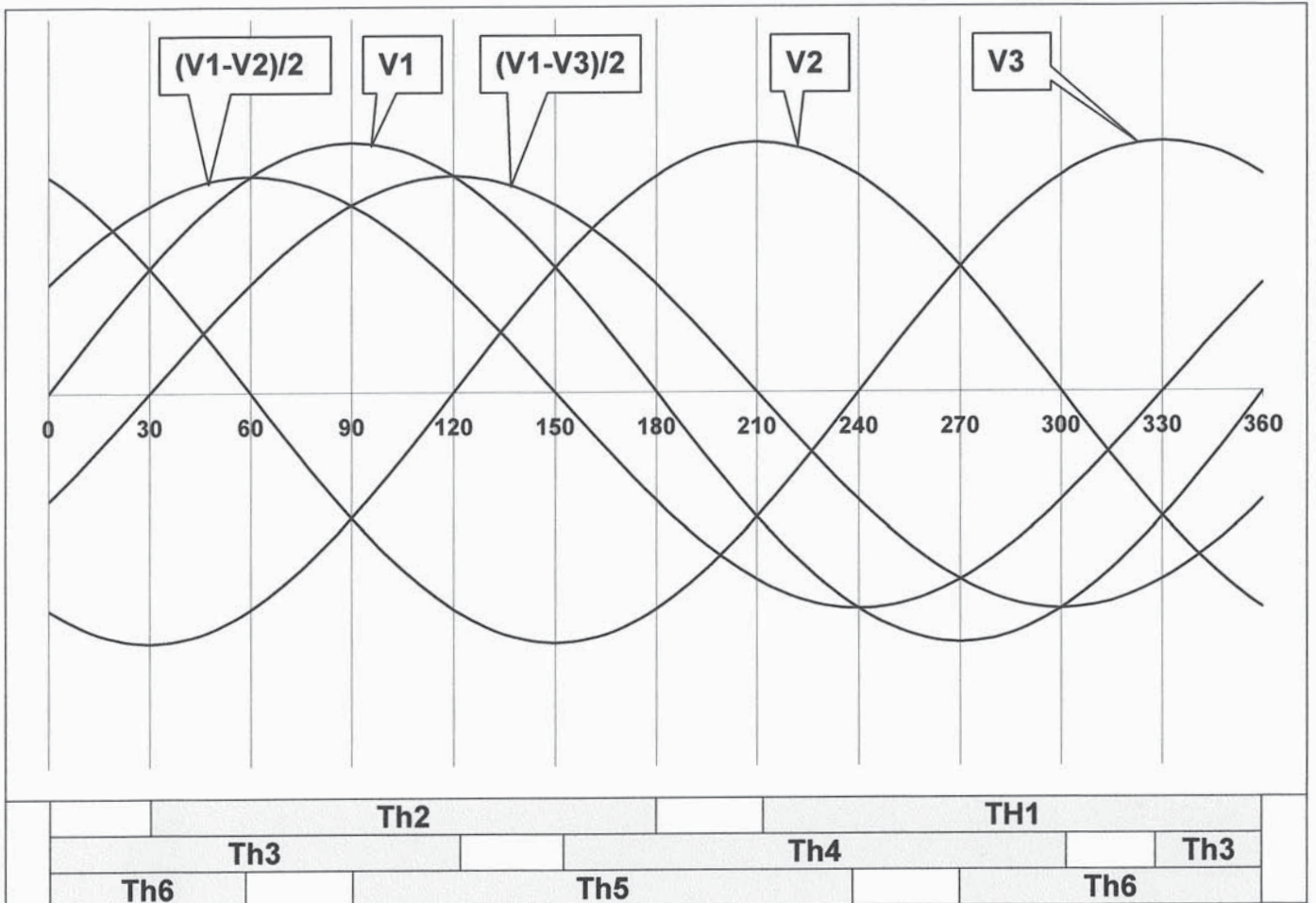
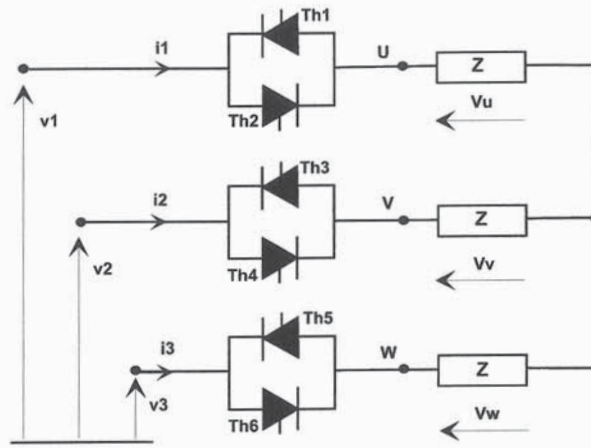
.....
.....
.....
.....







Cas du pompage :

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

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

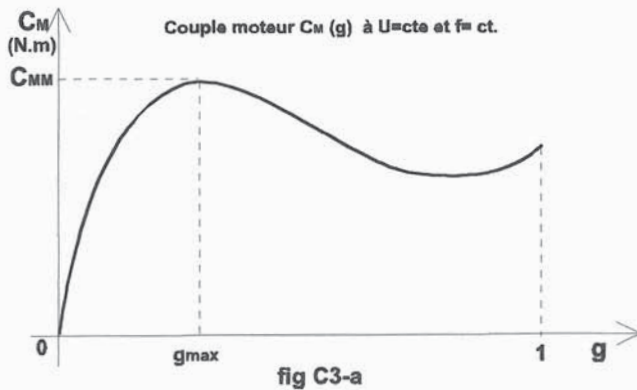
.....
.....
.....
.....
.....
.....



	[0°, 30°]	[30°, 60°]	[60°, 90°]	[90°, 120°]	[120°, 150°]	[150°, 180°]
Schéma équivalent circuit puissance	1 	1 	1 	1 	1 	1 
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.

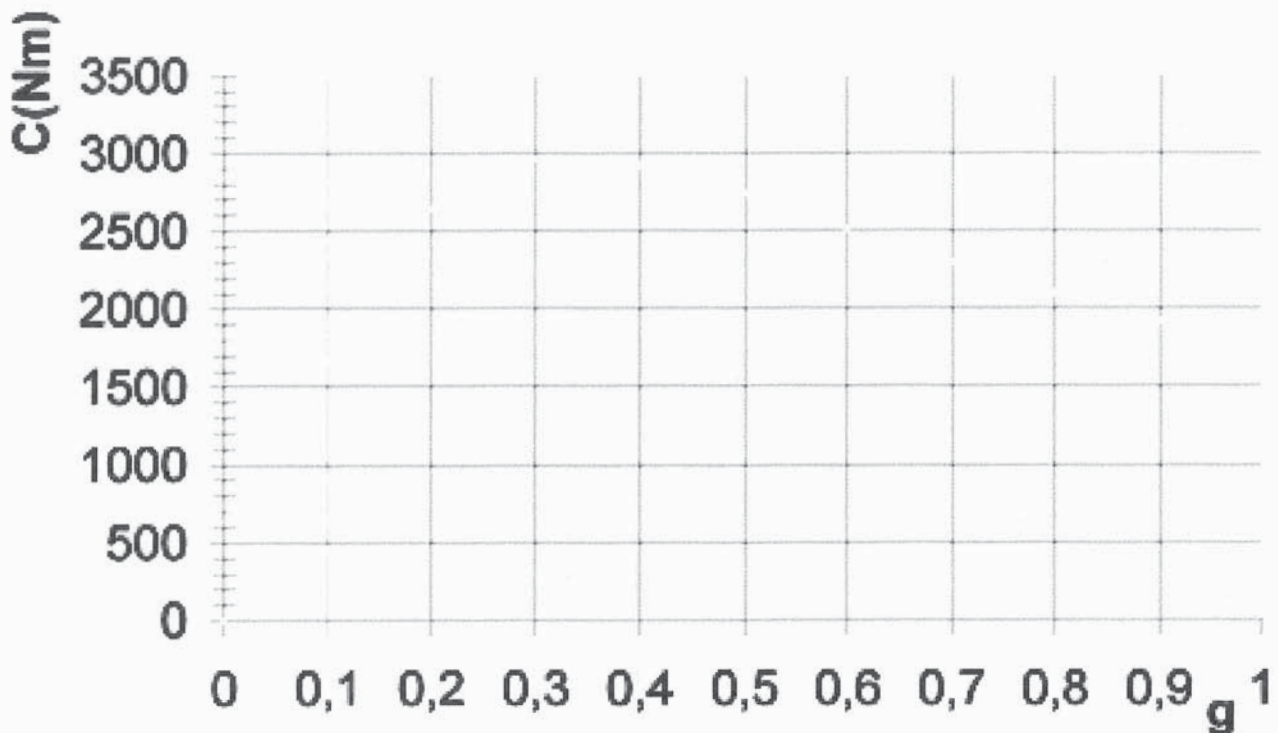
.....
.....
.....
.....
.....
.....

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 : $Cr = 400 \left(\frac{n}{ns}\right)^2$

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

ns : 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

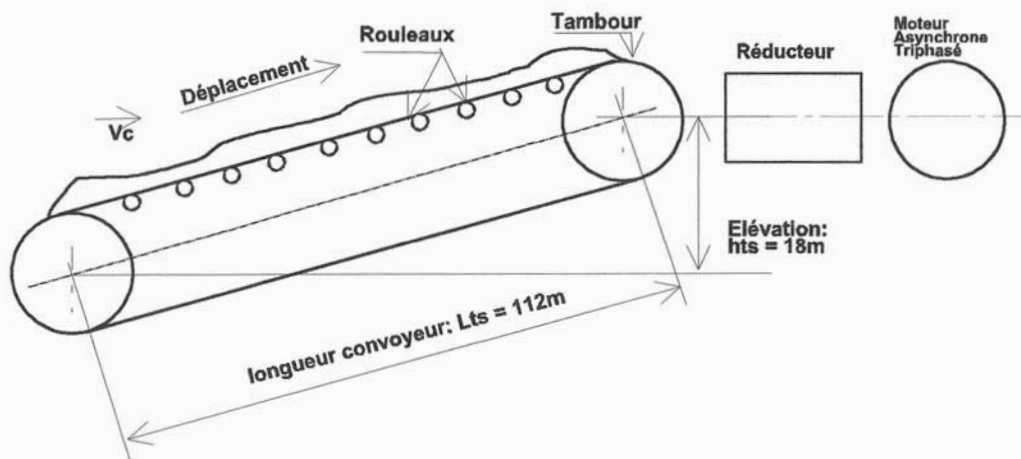
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

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.



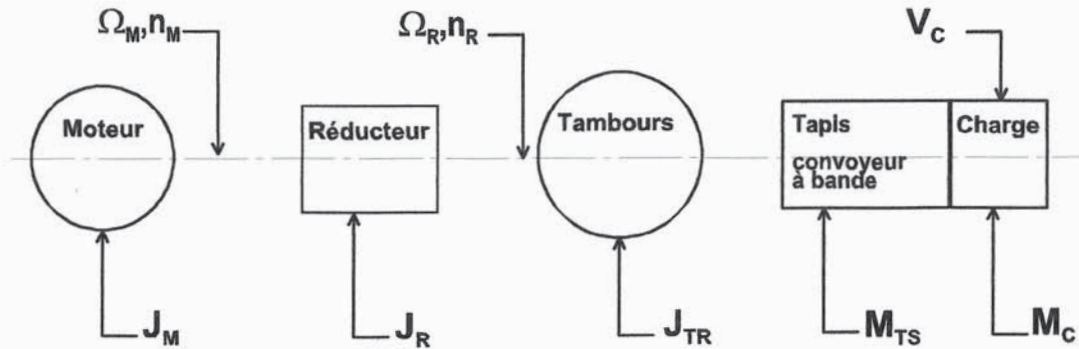
Les grandeurs caractérisant les éléments de la chaîne cinématique seront repérées par les indices suivants :

- 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 : $J_M = 0,1513 \text{ kg.m}^2$

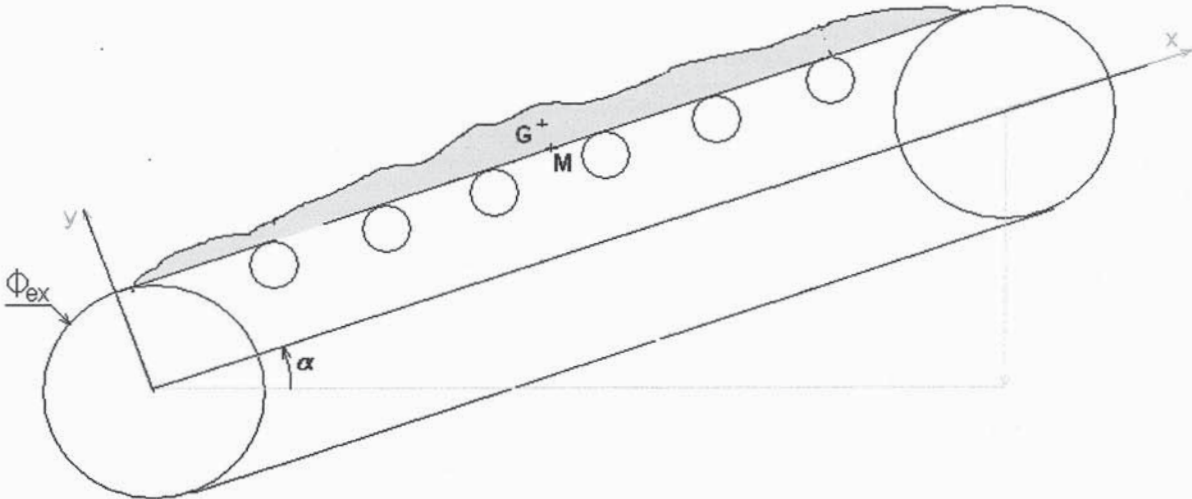
D1) Vérifier que la vitesse nominale du moteur est adaptée à l'utilisation.

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

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.

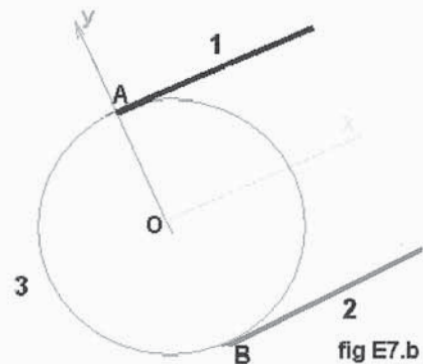
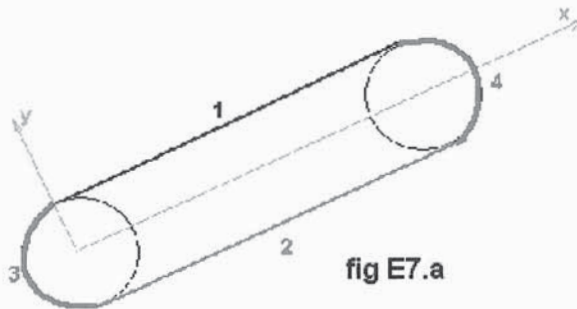
D7.1) Le tapis est à vide.

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.

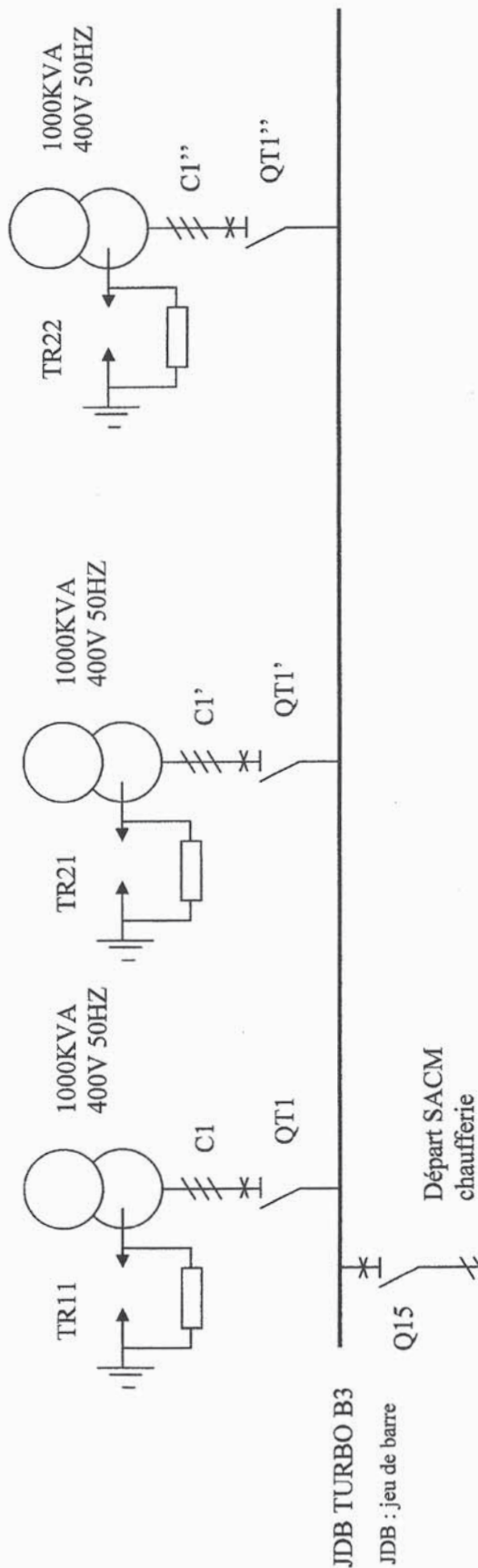


En utilisant le produit vectoriel, calculer les couples C_1 et C_2 générés par les masses des tronçons 1 et 2. Conclure.

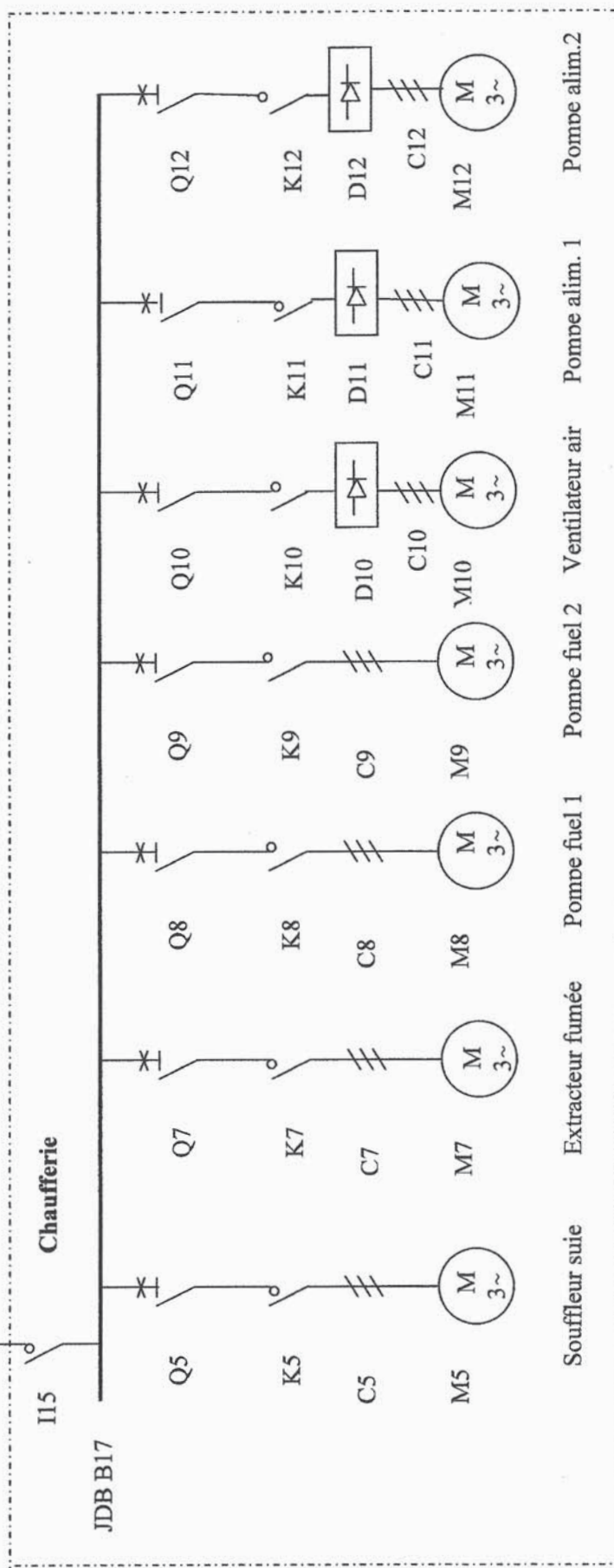
D7.2) Le tapis étant chargé, calculer le moment résultant de la masse totale de betteraves (m_{TB}), sur le tambour.

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 ?





SACM chaufferie



Caractéristiques des transformateurs triphasés.

transformateurs de distribution HTA / BT

transformateurs immergés de type cabine
de 100 à 2500 kVA
isolement ≤ 24 kV/410V



description

Cette gamme est constituée de transformateurs correspondant à la spécification suivante :

- transformateurs triphasés, 50 Hz, pour installation à l'intérieur ou à l'extérieur (à préciser);
- immergés dans l'huile minérale⁽²⁾ (autre diélectrique sur demande);
- étanches à remplissage total (ERT);
- couvercle boulonné sur cuve;
- refroidissement naturel de type ONAN;
- traitement et revêtement anticorrosion standard;
- teinte finale gris RAL 7033.

normes

Ces transformateurs sont conformes à la norme NF C 52 112-1 (juin 1994) harmonisée avec le document HD 428 S1 du CENELEC.

équipement de base

Chaque transformateur comporte :

- 1 commutateur de réglage cadenassable situé sur le couvercle (manœuvrable hors tension); ce commutateur agit sur la plus haute tension assignée pour adapter le transformateur à la valeur réelle de la tension d'alimentation;
- 3 traversées embrochables HN 52 S 61, 250A / 24 kV - côté HTA;
- 4 traversées passe-barres BT uniquement à partir de 250 kVA; pour 100 et 160 kVA: 4 traversées porcelaine BT;
- 2 emplacements de mise à la terre sur le couvercle;
- 4 galets de roulement plats orientables;
- 2 anneaux de levage et de décuilage;
- 1 plaque signalétique fixable sur les 4 faces;
- 1 orifice de remplissage;
- 1 dispositif de vidange;
- indice de protection IP 00.

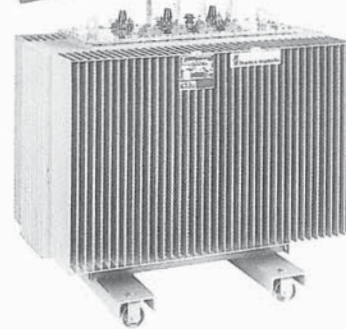
options

Peuvent être prévus en option, les accessoires suivants :

- 3 connecteurs séparables HN 52 S 61 - 250 A / 24 kV, droits ou en équerre côté HTA (préciser impérativement les caractéristiques du câble);
- 3 traversées porcelaine HTA;
- 4 traversées porcelaine BT à partir de 250 kVA;
- système de verrouillage des traversées embrochables (serrure non fournie);
- capot BT plombable (possible uniquement avec traversées embrochables côté HTA et avec traversées passe-barres côté BT);
- dispositifs de contrôle et de protection: thermomètre, thermostat, relais DGPT2, etc.

Nota : les options ci-dessus évoquent les cas usuels et ne sont pas limitatives. Pour des compléments éventuels, nous consulter.

nouvelle norme
NF C 52-112



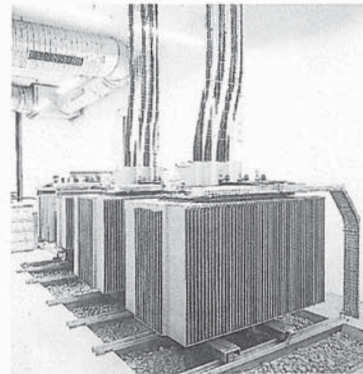
1 000 kVA - 20 kV / 410 V

Ce transformateur est garanti réalisé avec des constituants neufs et exempts de tout élément de récupération susceptible d'avoir été pollué par des PCB.

We warrant that this transformer has been manufactured with new material and is totally free from second hand parts polluted with PCB's.

Etiquette apposée sur tous les transformateurs.

France Transfo garantit que les transformateurs sont réalisés avec des constituants neufs et exempts de PCB (taux < 2 ppm), dans le strict respect des normes en vigueur.



1000 kVA - 20 kV / 410 V

caractéristiques électriques

puissance assignée (kVA)		100	160	250	315*	400	500*	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
tension assignée	primaire	15 ou 20 kV												
	secondaire à vide	410 V entre phases, 237 V entre phase et neutre												
niveau d'isolement assigné ⁽⁴⁾	primaire	17,5 kV pour 15 kV 24 kV pour 20 kV												
		$\pm 2,5$ % ou ± 5 % ou ± 5 %												
réglage (hors tension)		Dyn 11												
couplage	à vide	210	460	650	800	930	1100	1300	1220	1470	1800	2300	2750	3350
	dues à la charge	2150	2350	3250	3900	4600	5500	6500	10700	13000	16000	20000	25500	32000
pertes (W)		4	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6
tension de court-circuit (%)		2,5	2,3	2,1	2	1,9	1,9	1,8	2,5	2,4	2,2	2	1,9	1,8
courant à vide (%)		14	12	12	12	12	12	11	10	10	9	9	8	8
courant d'enclenchement		0,15	0,2	0,22	0,24	0,25	0,27	0,3	0,3	0,35	0,35	0,4	0,45	0,5
chute de tension à pleine charge (%)	cos $\varphi = 1$	2,21	1,54	1,37	1,31	1,22	1,17	1,11	1,51	1,47	1,45	1,42	1,45	1,45
	cos $\varphi = 0,8$	3,75	3,43	3,33	3,30	3,25	3,22	3,17	4,65	4,63	4,62	4,60	4,61	4,62
rendement (%)	charge cos $\varphi = 1$	97,69	98,27	98,46	98,53	98,64	98,70	98,78	98,53	98,57	98,60	98,63	98,61	98,61
	100 % cos $\varphi = 0,8$	97,13	97,85	98,09	98,17	98,30	98,38	98,48	98,17	98,22	98,25	98,29	98,27	98,26
	charge cos $\varphi = 1$	98,14	98,54	98,70	98,75	98,84	98,89	98,96	98,81	98,84	98,86	98,88	98,87	98,87
	75 % cos $\varphi = 0,8$	97,69	98,18	98,37	98,44	98,56	98,62	98,71	98,51	98,56	98,58	98,61	98,60	98,60
bruit ⁽³⁾	puissance acoustique L _{WA}	53	59	62	64	65	67	67	68	68	70	71	72	74
	(dBA) pression acoustique L _{PA} à 0,3 mètre	43	48	51	53	54	55	55	55	55	56	57	58	59

* puissances non préférentielles.

(1) Pertes dues à la charge à 75°C.

(2) Classification des diélectriques liquides suivant la norme NF C 27-300 :

■ O1 pour l'huile minérale;

■ K3 pour l'huile silicone;

PD Mesure selon CEM 651

(4) Rappel sur les niveaux d'isolement :

niveau d'isolement assigné (kV)	7,2	12	17,5	24
kV eff. 50 Hz - 1 mn	20	28	38	50
kV chocs 1 2/50 us	60	75	95	125

Annexe B1

Caractéristiques des départs du châssis SACM.

Nous prendrons : **facteur de puissance $\cos \varphi = 0,87$ et rendement $\eta = 90\%$.**

Repères	Désignation	Pu (KW)	Tensions (V)	N (tr/mn)
Moteur M5	Souffleur suie	0,75	230 / 400	1500
Moteur M7	Extracteur fumée	2,2	230 / 400	3000
Moteur M8	Pompe fuel 1	4	400 / 690	3000
Moteur M9	Pompe fuel 2	4	400 / 690	3000
Moteur M10	Ventilateur air	37	230 / 400	1500
Moteur M11	Pompe alimentation 1	75	400 / 690	3000
Moteur M12	Pompe alimentation 2	75	400 / 690	3000

Caractéristiques des câbles et des jeux de barres.

Repères et liaisons	Longueur (m)	Section (mm ² / phase)	Type
C1 TR12 → QT1	5	3 x 300	R2V cuivre
C1' TR21 → QT1'	5	3 x 300	R2V cuivre
C1'' TR22 → QT1''	5	3 x 300	R2V cuivre
B3	4	5mm x 50mm	JDB
C15 JDB B3 → JDB B17	70	300	R2V cuivre
B17	1	5mm x 50mm	JDB
C5 JDB B17 → M5	65	2,5	R2V cuivre
C7 JDB B17 → M7	75	2,5	R2V cuivre
C8 JDB B17 → M8	60	2,5	R2V cuivre
C9 JDB B17 → M9	60	2,5	R2V cuivre
C10 JDB B17 → M10	55	25	R2V cuivre
C11 JDB B17 → M11	35		R2V cuivre
C12 JDB B17 → M12	35		R2V cuivre

JDB : jeu de barres.

Annexe B2

Caractéristiques des disjoncteurs.

Repères	types	Calibre IN (A)	Module protection
QT1 ; QT1' ; QT1''	NW16H1		micrologic
Q15	NS400H	400	STR23SE
Q5	GV2P07		Disjoncteur moteur
Q7	GV2P10		Disjoncteur moteur
Q8	GV2P14		Disjoncteur moteur
Q9	GV2P14		Disjoncteur moteur
Q10	NS80H		MA
Q11			
Q12			

Résistances (R) et réactances (X) par phase des principaux éléments du circuit.

Elément	R	X
Disjoncteur	négligeable	0,15 mΩ
Jeu de barre	Calculée avec ρ	0,15 mΩ/m
Câble unipolaire	Calculée avec ρ	0,08 mΩ/m/conducteur
Contacteur ; fusible Interrupteur	négligeable	Négligeable

Caractéristiques générales du cuivre.

Résistivité du cuivre à 0°C	$\rho_0 = 2,25 \cdot 10^{-8} \Omega m$
Coefficient de température	$\alpha = 3,93 \cdot 10^{-3} ^\circ C^{-1}$
Masse volumique	8900 kg/m ³
Température de fusion	1083 °C

Caractéristiques générales de l'aluminium.

Résistivité de l'aluminium à 0°C	$\rho_0 = 2,42 \cdot 10^{-8} \Omega m$
Coefficient de température	$\alpha = 4,3 \cdot 10^{-3} ^\circ C^{-1}$
Masse volumique	2600 kg/m ³
Température de fusion	660 °C

Annexe B3

B26 Disjoncteurs Compact

Disjoncteurs Compact NS de 100 à 630 A, déclencheurs Caractéristiques et choix



Compact NS250H



Compact NS630L

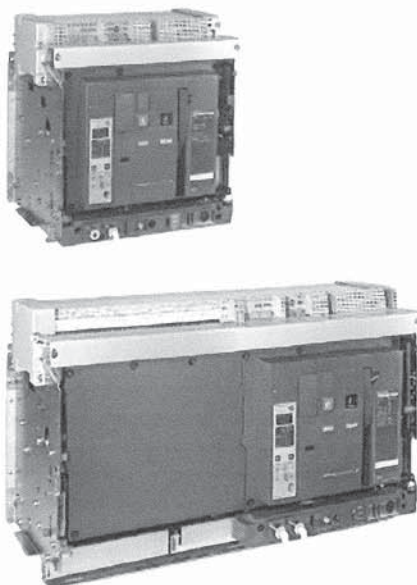
disjoncteurs Compact

nombre de pôles			
commande	manuelle	à maneton rotative directe ou prolongée	
	électrique		
raccordement	fixe	prises avant prises arrières	
	débrochable sur socle	prises avant prises arrières	
	débrochable sur châssis	prises avant prises arrières	
caractéristiques électriques suivant IEC 60947-2 et EN 60947-2			
courant assigné (A)	In	40° c	65° c
tension assignée d'isolement (V) Ui			
tension de tenue aux chocs (kV)	Uimp		
tension assignée d'emploi (V)	Ue	CA 50/60 Hz	CC
type de disjoncteur			
pouvoir de coupure ultime (kA eff)	Icu	CA	220/240 V 380/415 V 440 V 500 V 525 V (2) 660/690 V (4)
		CC	250 V (1P) 500 V (2P)
pouvoir assigné de coupure de service (kA eff)	Ics	% Icu	
aptitude au sectionnement			
catégorie d'emploi			
endurance (cycles F/U)	mécanique	440 V	In/2
	électrique		In
caractéristiques électriques suivant NEMA AB1			
pouvoir de coupure (kA)		240 V 480 V 600 V	N
caractéristiques électriques suivant UL508			
pouvoir de coupure (kA)		240 V 480 V 600 V	
protections et mesures			
déclencheurs			
protections contre les surcharges	long retard	Ir (In x ...)	
protections contre les courts circuits	court retard	Ird (Ir x ...)	
	instantanée	Ii (In x ...)	
protections contre les défauts terre		Iq (In x ...)	
sélectivité logique		ZSI	
protection différentielle additionnelle		par bloc Vig par relais Vigirex associé	
mesure des courants			
auxiliaires de mesure, signalisation et commande complémentaires			
contacts de signalisation			
déclencheurs voltmétriques à émission de courant MX et à minimum de tension MN			
indicateur de présence tension			
bloc transformateur de courant et bloc ampèremètre			
Bloc surveillance d'isolement			
communication à distance par bus			
signalisation d'états de l'appareil			
commande à distance de l'appareil			
transmission des réglages commutateurs			
signalisation et identification des protections et alarmes			
transmission des courants mesurés			
installation			
accessoires	plages et épanouisseurs cache-bornes et séparateurs de phases cadres de face avant kit d'isolement pour U > 600 V et Icc > 75 kA (4)		
dimensions (mm) L x H x P	fixe, prises avant	2-3P 4P	
masses (kg)	fixe, prises avant	3P 4P	
inversion de sources (voir chapitre inverseurs de sources)			
inverseurs manuels, télécommandés ou automatiques			
(1) 2P en boîtier 3P en type N seulement.			
(2) Pour les tensions d'emploi > 525 V, les déclencheurs sont spécifiques.			
(3) Tension d'emploi = 500V.			
(4) Avec kit d'isolement pour U > 600 V et Icc > 75 kA.			

- (1) 2P en boîtier 3P en type N seulement.
 (2) Pour les tensions d'emploi > 525 V, les déclencheurs sont spécifiques.
 (3) Tension d'emploi < 500V.
 (4) Avec kit d'isolement pour U > 600 V et Icc > 75 kA.

[illegible]

Disjoncteurs Masterpact NW08 à NW63 et unités de contrôle associées



disjoncteurs Masterpact

nombre de pôles		3 / 4
tension assignée d'isolement (V)	Ui	1000/1250
tension de tenue aux chocs (kV)	Uimp	12
tension assignée d'emploi (V CA 50/60 Hz)	Ue	690 / 1150
aptitude au sectionnement	IEC 60947-2	
degré de pollution	IEC 60664-1	4
caractéristiques des disjoncteurs suivant IEC 60947-2		
courant assigné (A)	In	à 40 °C
calibre du 4 ^e pôle (A)		
calibre des capteurs (A)		

type de disjoncteur		
pouvoir de coupure ultime (kA eff)	Icu	220/415 V
V CA 50/60 Hz		440 V
		525 V
		690 V
		1150 V
pouvoir assigné de coupure de service (kA eff)	Ics	% Icu
courant assigné de courte durée admissible (kA eff)	Icw	1 s
V CA 50/60 Hz		3 s
tenue électrodynamique (kA crête)		
protection instantanée intégrée (kA crête ± 10 %)		
pouvoir assigné de fermeture (kA crête)	Icm	220/415 V
V CA 50/60 Hz		440 V
		525 V
		690 V
		1150 V

temps de coupure (ms)		
temps de fermeture (ms)		
caractéristiques des disjoncteurs suivant NEMA AB1		
pouvoir de coupure (kA)		240 V
V CA 50/60 Hz		480 V
		600 V

protections et mesure

unités de contrôle interchangeables

protections contre les surcharges	long retard	I _r (I _n x ...)
protections contre les courts-circuits	court retard	I _{sd} (I _r x ...)
	instantanée	I _i (I _n x ...)
protections contre les défauts terre		I _g (I _n x ...)
protection différentielle résiduelle		I _{Δn}
sélectivité logique		ZSI

protection du 4 ^e pôle		
mesure des courants		
mesure des puissances		
paramétrage des protections		
délestage/relestage en fonction du courant ou de la puissance		
analyse des harmoniques		
alarmes programmables		

installation, raccordement et maintenance		
durée de vie	mécanique	avec maintenance
cycles F/O x 1000		sans maintenance
	électrique	sans maintenance
		440 V
		690 V
		1150 V
	commande moteur (AC 3-947-4)	690 V
raccordement	débrochable	PAV
		PAR
	fixe	PAV
		PAR
dimensions (mm)	débrochable	3P
H x L x P		4P
	fixe	3P
		4P
masses (kg)	débrochable	3P/4P
(valeurs approchées)	fixe	3P/4P

(1) Cf. courbe de limitation chapitre K.
(2) Sauf 4000 A.

Annexe B6

NW08	NW10	NW12	NW16	NW20					NW25	NW32	NW40	NW40b	NW50	NW63	
800	1000	1250	1600	2000					2500	3200	4000	4000	5000	6300	
800	1000	1250	1600	2000					2500	3200	4000	4000	5000	6300	
400 à 800	400 à 1000	630 à 1250	800 à 1600	1000 à 2000					1250 à 2500	1600 à 3200	2000 à 4000	2000 à 4000	2500 à 5000	3200 à 6300	
N1	H1	H2	L1 (t)	H10	H1	H2	H3	L1 (t)	H10	H1	H2	H3	H10	H1	H2
42	65	100	150	-	65	100	150	150	-	65	100	150	-	100	150
42	65	100	150	-	65	100	150	150	-	65	100	150	-	100	150
42	65	85	130	-	65	85	130	130	-	65	85	130	-	100	130
42	65	85	100	-	65	85	100	100	-	65	85	100	-	100	100
-	-	-	-	50	-	-	-	-	50	-	-	-	50	-	-
100 %					100 %					100 %				100 %	
42	65	85	30	50	65	85	65	30	50	65	85	65	50	100	100
22	36	50	30	50	36	50	65	30	50	36	50	65	50	100	100
88	143	187	90	105	143	187	190	90	105	143	187	190	105	220	220
sans	sans	190	80	sans	sans	190	150	80	sans	sans	190	150	sans	sans	270
88	143	220	330	-	143	220	330	330	-	143	220	330	-	220	330
88	143	220	330	-	143	220	330	330	-	143	220	330	-	220	330
88	143	187	286	-	143	187	286	286	-	143	187	286	-	220	286
88	143	187	220	-	143	187	220	220	-	143	187	220	-	220	220
-	-	-	-	105	-	-	-	-	105	-	-	-	105	-	-
25	25	25	10	25	25	25	25	10	25	25	25	25	25	25	25
< 70					< 70					< 70				< 80	
42	65	100	150	-	65	100	150	150	-	65	100	150	-	100	150
42	65	100	150	-	65	100	150	150	-	65	100	150	-	100	150
42	65	85	100	-	65	85	100	100	-	65	85	100	-	100	100
Micrologie 2 2.0 A		Micrologie 5 5.0 A 5.0 P 5.0 H			Micrologie 6 6.0 A 6.0 P 6.0 H				Micrologie 7 7.0 A 7.0 P 7.0 H						
■		■ ■ ■			■ ■ ■				■ ■ ■						
-		■ ■ ■			■ ■ ■				■ ■ ■						
■		■ ■ ■			■ ■ ■				■ ■ ■						
-		- - -			■ ■ ■				- - -						
-		- - -			- - -				■ ■ ■						
■		■ ■ ■			■ ■ ■				■ ■ ■						
■		■ ■ ■			■ ■ ■				■ ■ ■						
■		■ ■ ■			■ ■ ■				■ ■ ■						
-		- - ■			- - ■				- - ■						
-		- - ■			- - ■				- - ■						
-		- - ■			- - ■				- - ■						
-		- - ■			- - ■				- - ■						
-		- - ■			- - ■				- - ■						
-		- - ■			- - ■				- - ■						
-		- - ■			- - ■				- - ■						
25				20				20				10			
12,5				10				10				5			
10 10 10 3 -				8 8 2 3 -				5 5 1,25 -				1,5 1,5			
10 10 10 3 -				6 6 2 3 -				2,5 2,5 1,25 -				1,5 1,5			
- - - - 0,5				- - - - 0,5				- - - - 0,5				- - -			
10 10 10 -				6 6 6 - -				2,5 2,5 2,5 -				- - -			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			
■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■				■ ■ ■ ■ ■			

Pompes industrielles

Généralités

Méthode de sélection

Ce qu'il faut connaître

LE DEBIT

Le débit est la quantité d'eau recueillie à la sortie de la pompe en un temps donné. Cette quantité s'exprime en mètres cubes/heure (m³/h) ou en litres/minute (l/mn).

Quelques valeurs de base :

Exemple de consommation journalière

- Par personne 80 à 100 l
- Par bain 100 à 150 l
- Par chasse d'eau de WC et par personne 30 l
- Lavage d'une automobile 100 l
- Par tête de gros bétail 80 l
- Par tête de petit bétail (porc, veau, mouton) 20 l
- Par m² de jardin à arroser 4 à 8 l

Le débit de la pompe est obtenu en étalant la consommation journalière sur deux à trois heures de service.

Habitat :

- Habitat individuelle standard ou résidence secondaire
1 salle de bain, 1 robinet d'arrosage 2 à 2,5 m³/h
- Habitat individuelle "confort"
2 salles de bain, équipement ménager
2 robinets d'arrosage 3 à 3,5 m³/h
- Habitat rurale avec arrosage potager 2,5 à 4 m³/h
- Exploitation agricole de moyenne importance 4 à 6 m³/h

Arrosage :

- Arroseur tournant 500 à 1000 l/h
- Asperseur circulaire 1000 à 1300 l/h
- Arroseur rotatif 20/27 1000 à 3300 l/h
- Arroseur rotatif 33/42 1000 à 5000 l/h
- Arroseur oscillant 1000 à 1500 l/h
- "Sprinkler" 1000 à 1500 l/h

LA PRESSION

La pression utile : comme son nom l'indique, c'est la pression d'eau en bar (ou

kg/cm²) nécessaire au point d'utilisation (robinet, entrée d'une machine, etc.).

ATTENTION :

Contrairement aux débits, les pressions utiles ne s'additionnent pas. Pour deux arroseurs nécessitant chacun 1,5 bar en fonctionnement simultané, la pression utile sera toujours de 1,5 bar.

Exemple de pression utile :

Habitat :

- Alimentation d'une habitation 1,5 à 3 bar
- Robinet d'arrosage / Utilisation diverse 1,5 à 2 bar
- Robinet de lavage 5 à 6 bar

Arrosage :

- Arroseur tournant 0,8 bar
- Asperseur circulaire 2 bar
- Arroseur rotatif 0,4 bar
- Arroseur oscillant 3 bar

Irrigation :

- Irrigation professionnelle 6 bar et +

PERTES DE CHARGE

Tout liquide véhiculé à l'intérieur d'une tuyauterie est soumis à des contraintes et des frottements appelés "pertes de charge". Ces pertes de charge s'expriment en mètres de colonne d'eau (mCE) et sont liées à la section du tuyau, au débit véhiculé et à la température de l'eau.

ATTENTION :

La perte de charge est un facteur très important. Il vaut mieux éviter les trop grandes longueurs de tuyauterie de faible diamètre, et se méfier de l'entartrage dans les tuyauteries anciennes.

Choix des tuyaux

Pour connaître la dimension de la tuyauterie en fonction du débit, se servir du tableau suivant.

Dimensions conduite	20/27	26/34	33/42	40/49	50/60	60/70
Debit m³/h	0,7	1,5	3	4	8	10

Dimensions conduite	66/76	80/90	102/114	125	150	175
Debit m³/h	15	20	36	60	90	140

En fonction de la dimension des tuyaux, et du débit, le tableau ci-dessous permet de déterminer les pertes de charge.

Exemple :

- Débit : 2 m³/h
- Diamètre tuyauterie : 1" (26/34)
- Longueur tuyauterie : 50 m

↳ Pertes de charge par mètre de tuyau : 90 mm ou 0,09 M.C.E.

↳ Pertes de charge totales : 0,09 x 50 = 4,5 M.C.E.

Pertes de charge

Dans les tuyaux neufs en millimètres de colonne d'eau par mètre de tuyau.

Debit m³/h	15/21 1"2"	20/27 2"	26/34 2"	33/42 1"1/4"	40/49 1"1/2"	50/60 2"	60/70 2"1/4"	66/76 2"1/2"	80/90 3"	102/114 4"	125	150	175									
0,2	15	3																				
0,5	100	20	5	1																		
0,7	200	40	10	2																		
1	400	80	20	5	2																	
1,5		120	30	10	5	1																
2			50	20	10	3																
3				210	45	22	6	3	1													
4					320	76	35	10	6	2	1											
5						130	60	18	9	4	2											
6							170	80	25	13	5	3										
7								250	120	35	17	7	3									
8									330	140	45	23	10									
9										190	57	28	12									
10											230	70	35									
12												330	100									
15													150									
20														240								
30															315							
40																240						
50																	375					
60																		250				
70																			340			
80																				134		
100																					210	
150																						153

• Pour les tuyaux en matière plastique, multiplier ces valeurs par le coefficient 0,7.

• Pour les coudes, clapets de retenue, clapet de pied, crépine, compter 2 mètres de longueur fictive de tuyau pour chaque accessoire.

Pompes industrielles

Méthode de sélection

Ce qu'il faut connaître

DETERMINATION PRODUIT

• Pour la détermination d'une électropompe, il est impératif de connaître :

- Le débit (Q) en m³/h
- La HMT en m.C.E.

• Détermination de la hauteur manométrique totale (HMT)

Se calcule en faisant la somme de :

HGA : Hauteur Géométrique d'Aspiration
C'est la différence de niveau entre les plus basses eaux et l'axe de la pompe.
Elle s'exprime en mètres.

+ HGR : Hauteur Géométrique de refoulement

C'est la différence de niveau entre l'axe de la pompe et le point le plus élevé de la distribution.
Elle s'exprime en mètres.

+ Pa : Pertes de charge dans la tuyauterie d'aspiration

+ Pr : Pertes de charge dans la tuyauterie de refoulement

+ P : Pression utile

Pour le calcul de la hauteur manométrique, toutes les valeurs doivent être exprimées en mètre de colonne d'eau (m.C.E.).

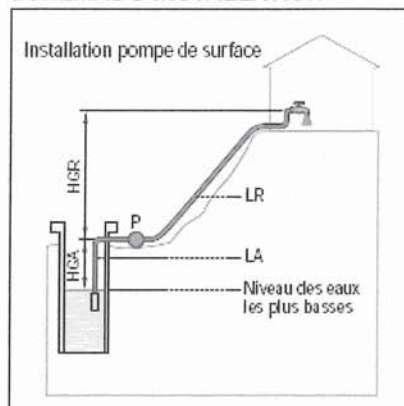
Pour ce faire, tenir compte de la conversion :
1 bar = 10 mètres de colonne d'eau

ATTENTION :

Il faut toujours vérifier que la capacité d'aspiration de la pompe soit supérieure à la HMA.

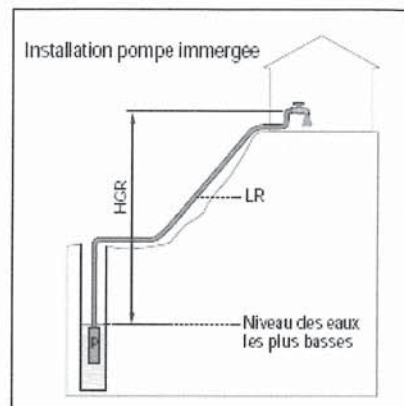
Rappel : HMA (hauteur manométrique d'aspiration) = HGA (hauteur géométrique d'aspiration) + Pa (pertes de charges dans la tuyauterie d'aspiration).

SCHEMAS D'INSTALLATION



EXEMPLE DE CALCUL (pompe de surface)

- Caractéristiques voulues :
 - Débit : 2 m³/h
 - Pression utile : 1,3 bar = 13 m
- Données :
 - HGA = 4 m ; LA = 7 m
 - HGR = 6 m ; LR = 60 m
- Dimension recommandée de la tuyauterie : 1" 26/34
- Pertes de charge dans la tuyauterie par mètre de tuyau : 90 mm = 0,09 m

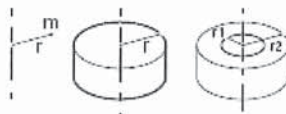


- Hauteur manométrique d'aspiration (HMA) :
 - HGA + pertes de charge à l'aspiration
 - 4 m + (0,09 x 7) = 4,63 m
- Hauteur manométrique de refoulement (HMR) :
 - HGR + pertes de charge ou refoulement + pression utile
 - 6 m + (0,09 x 60) + 13 = 24,40 m
- Hauteur manométrique totale (HMT) :
 - HMA + HMR
 - 4,63 + 24,40 = 29 m

Il faut donc une pompe délivrant un débit de 2 m³/h pour une hauteur manométrique totale (HMT) de 29 m.C.E.

Annexe D1

FORMULAIRE MECANIQUE

Titres	Formules	Unités	Définitions / Commentaires
Force	$F = m \cdot \gamma$	F en N m en kg γ en m/s^2	Une force F est le produit d'une masse m par une accélération γ .
Poids	$G = m \cdot g$	G en N m en kg $g = 9.81 m/s^2$	
Moment	$M = F \cdot r$	M en N.m F en N r en m	Le moment M d'une force par rapport à un axe est le produit de cette force par la distance r du point d'application de F par rapport à l'axe.
Puissance - En rotation	$P = M \cdot \omega$	P en W M en N.m ω en rad/s	La puissance P est la quantité de travail fournie par unité de temps.
- En linéaire	$P = F \cdot V$	P en W F en N V en m/s	$P = M \cdot \frac{N}{9,55}$ avec N en min^{-1} V = vitesse linéaire de déplacement
Temps d'accélération	$t = J \cdot \frac{\omega}{MA}$	t en s J en $kg.m^2$ ω en rad/s MA en N.m	J : moment d'inertie du système MA : moment d'accélération Nota : Tous les calculs se rapportent à une seule vitesse de rotation ω . Les inerties à la vitesse ω' sont ramenées à la vitesse ω par la relation : $J_{\omega} = J_{\omega'} \cdot \left(\frac{\omega'}{\omega}\right)^2$
Moment d'inertie Masse ponctuelle Cylindre plein autour de son axe Cylindre creux autour de son axe	$J = m \cdot r^2$ $J = m \cdot \frac{r^2}{2}$ $J = m \cdot \frac{r_1^2 + r_2^2}{2}$	J en $kg.m^2$ m en kg r en m	
Inertie d'une masse mouvement linéaire	$J = m \cdot \left(\frac{V}{\omega}\right)^2$	J en $kg.m^2$ m en kg V en m/s ω en rad/s	Moment d'inertie d'une masse en mouvement linéaire ramené à un mouvement de rotation.
Temps d'arrêt	$t_a = t_r + t_f + t_d$	t_a en ms	t_r : Temps de réponse des organes de commande (contacteurs, fins de courses...) t_f : Temps de réponse au serrage du frein (cf. tableaux freins) t_d : Temps de freinage du frein
Temps de freinage	$t_f = \frac{(J_m + J_c) \omega_m}{M_f \pm M_c}$	J en $kg.m^2$ M en N.m ω en rad/s	J_m : Moment d'inertie du moteur frein, J_c : Moment d'inertie de la charge ω_m : Vitesse angulaire du moteur M_f : Moment de freinage du moteur frein, M_c : Moment dû à la charge : + si elle freine, - si elle entraîne
Moment d'inertie de la charge ramené à l'arbre moteur	$J_c = J_1 + J_2 \left(\frac{\omega_2}{\omega_1}\right)^2 + m \left(\frac{V}{\omega_1}\right)^2$	J en $kg.m^2$ m en kg V en m/s ω en rad/s	J_1 : Moment d'inertie tournant à ω_1 vitesse angulaire moteur J_2 : Moment d'inertie tournant à ω_2 vitesse angulaire charge m : Masse se déplaçant à V vitesse linéaire
Distance d'arrêt	$l_a = V \left(t_r + t_f + \frac{t_d}{2} \right)$	l_a en m V en m/s t en s	Distance due à la vitesse linéaire et aux différents temps, de réponse et de freinage.
Nombre de tours avant l'arrêt	$a = \frac{\omega_m}{2\pi} \left(t_r + t_f + \frac{t_d}{2} \right)$	ω en rad/s t en s	Nombre de tours dus à la vitesse angulaire et aux différents temps, de réponse et de freinage.
Précision d'arrêt			La précision d'arrêt ou la répétabilité du freinage dépend de plusieurs facteurs : état des organes de commande, température, entrefer, usure du frein, jeux mécaniques de la chaîne cinématique... Il est raisonnable de prendre une précision d'arrêt de $\pm 20\%$; avec électro-aimant alternatif, ou continu avec coupure sur continu, et soins particuliers : $\pm 10\%$.