

SESSION 2004

CAFEP/PLP

CONCOURS EXTERNE

SECTION : GÉNIE ELECTRIQUE

Option : ELECTROTECHNIQUE ET ÉNERGIE

SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES

Durée : 6 heures. – Coefficient : 1

Aucun document autorisé

Calculatrice autorisée (conformément à la circulaire n°99-186 du 16 novembre 1999)

Ce sujet est composé de deux cahiers distincts :

CAHIER N° 1 : présentation, extraits du document de spécifications et de conception, questionnement	
Descriptif général de la machine	page 1 et 2
Partie A : distribution électrique	pages A1 à A13
Partie B : étude de la motorisation de l'axe X	pages B1 à B10
Partie C : automatisation et sécurité	pages C1 à C8
Partie D : automatisation pneumatique	pages D1 à D8
CAHIER N° 2 : annexes	
Annexes de la partie A	pages A1 à A13
Annexes de la partie B	pages B1 et B2
Annexes de la partie C	pages C1 à C7
Annexes de la partie D	pages D1 et D2

Barème indicatif :

Partie A : distribution électrique.....	65 points
Partie B : étude de la motorisation de l'axe X.....	55 points
Partie C : automatisation et sécurité.....	40 points
Partie D : automatisation pneumatique.....	40 points

Ce sujet comporte quatre parties indépendantes, ces quatre parties sont à traiter obligatoirement sur le cahier prévu à cet effet.

Il est vivement conseillé au candidat de lire entièrement le sujet avant de répondre aux questions posées. Le temps de lecture préconisé est d'environ 30 minutes.

Les candidats utiliseront les notations propres au sujet, présenteront clairement leurs calculs et encadreront les résultats attendus.

Le passage d'une forme littérale à son application numérique se fera dans le respect de la position de chaque grandeur exprimée. Le résultat numérique sera donné avec son unité.

Les correcteurs apprécient une copie soignée et rédigée lisiblement.

Si le texte du sujet, de ses questions ou de ses annexes, vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement dans votre copie.

CENTRE D'USINAGE DE CARREAUX DE PLÂTRE

PRÉSENTATION:

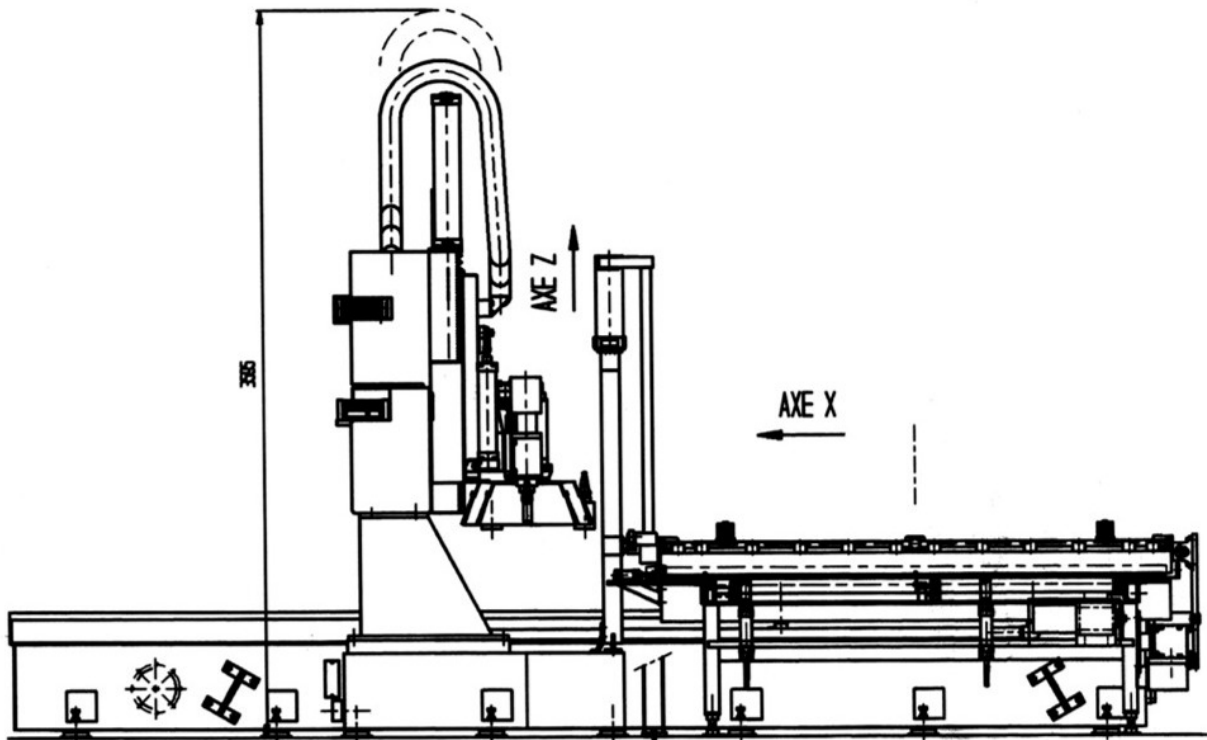
Descriptif général de la machine :

Système automatisé de découpe de plaques de plâtre (2500mm x 1250mm au maximum), par une fraiseuse perceuse permettant l'usinage de formes linéaires et circulaires dans les trois dimensions.

Vue générale de la machine :



Schéma d'encombrement de la machine :



Alimentation électrique machine : Transformateur privé 15kV/380V 630kVA.

Alimentation air comprimé : Pression 7 bars +/-15%

Alimentation baie de commande : Alimentation séparée.

Capacités : 2500mm x 1250mm x 70mm

Courses numériques : Axe X = 3240 mm

Axe Y = 3050 mm

Axe V = 5800 mm

Axe Z = 400 mm

TRAVAIL DEMANDÉ :

PARTIE A

DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE

Prendre connaissance du dossier ressource « **Annexes Partie A** ».

Caractéristiques de l'installation actuelle

Poste de livraison de type «intérieur» alimenté sous 15 kV en double dérivation.

Transformateur du poste du type « respirant avec conservateur » 15 kV /380V - 630 kVA Dyn11
 $U_{cc} = 4\%$.

Schéma de Liaison à la Terre : IT. Longueur du réseau BT inférieur à 10 km.

Transformateur situé à quelques mètres des cellules HT et du Tableau TGBT.

Contrat souscrit auprès du distributeur d'énergie : 560 kW pour toutes les périodes tarifaires.

Modifications

Le réseau HTA du distributeur d'énergie sera prochainement rénové :

- l'alimentation HTA du poste de livraison **sera assurée en 20 kV**,
- le poste restera alimenté en double dérivation mais sera remplacé.

En vue de futures extensions, la puissance du transformateur de remplacement sera de 800 kVA.

S_{cc} du réseau HT = 250 MVA.

A.1. Alimentation HTA.

A.1.1. Quel est l'intérêt d'une alimentation en double dérivation ?

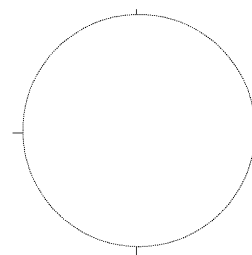
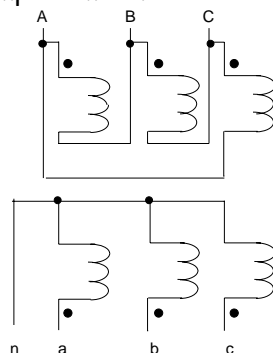
A.2. Transformateur de remplacement

Type « Etanche à Remplissage Total»

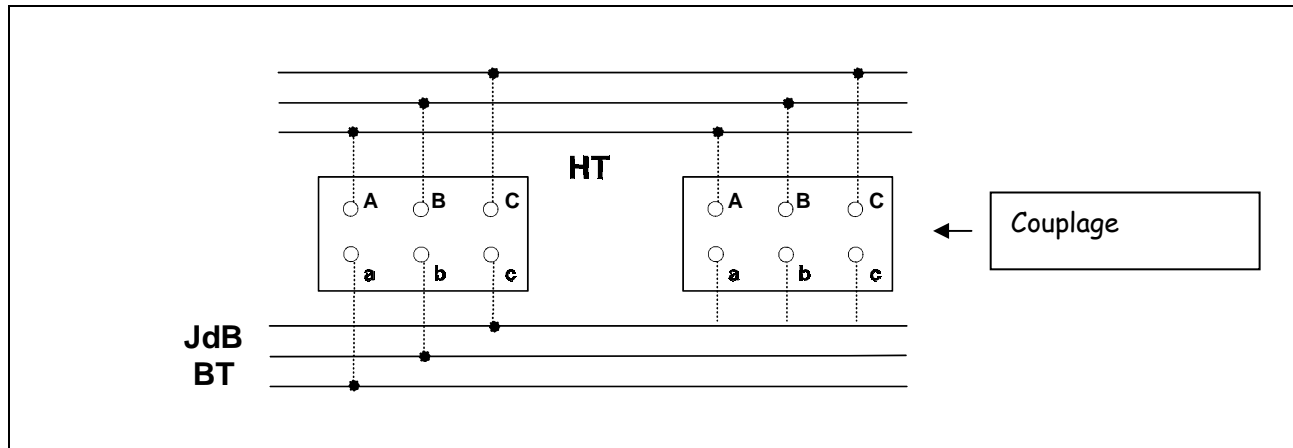
20kV/410V - 800 kVA

Dyn11 $U_{cc} = 4,5\%$. Pertes cuivre = 10,5 kW

A.2.1. Représenter le diagramme de Fresnel des tensions primaires et secondaires du transformateur de remplacement.



A.2.2. Si ultérieurement sa puissance devenait insuffisante, quel devrait être le couplage du transformateur à raccorder en parallèle parmi les 4 suivants : Dyn4, Dyn5, Dyn6 ou Dyn7 ? Compléter le schéma de raccordement des bornes du secondaire sur le Jeu de barres BT en conséquence.



A.2.3. Calculer la valeur maximale du courant de crête au primaire du transformateur sachant que, d'après les « données constructeur » d'un transformateur de 800 kVA, \hat{I} crête = 10 x I nominal.

A.2.4. Calculer la valeur du courant I_{k3p} au primaire, lors d'un court-circuit triphasé au secondaire du transformateur (on admettra pour ce calcul que la puissance du réseau amont est infinie).

A.2.5. Calculer le courant de court-circuit triphasé I_{k3} côté HT du nouveau réseau.

A.3. Etude du nouveau poste de livraison

A.3.1. Etablir et justifier la référence complète de la cellule SM6 de protection du transformateur (voir **Annexes A1 à A3**).

A.3.2. Etablir et justifier la référence complète de la cellule SM6 de raccordement au réseau (voir **Annexes A1 à A3**).

A.3.3. Le fabricant du transformateur précise que la protection contre les surintensités au primaire doit être assurée par 3 fusibles Soléfuse 43A (voir **Annexes A4 à A5**). Justifier chacun des critères qui ont conduit le fabricant à ce choix.

A.4. Distribution BTA

On admettra pour la suite que la tension nominale du réseau $U_n = 400V$ et que la tension à vide du transformateur $U_{20} = 410V$.

A.4.1. Calculer l'intensité nominale BT du transformateur.

A.4.2. Calculer l'intensité de court-circuit triphasé I_{k3} au niveau des bornes aval du disjoncteur général BT **QG** (voir schéma unifilaire question A.6.) sachant que la liaison du transformateur au disjoncteur est de 5m ; qu'elle sera assurée pour chaque phase par un câble unipolaire $630mm^2$ cuivre. Ces câbles seront posés en nappe serrée.

A.4.3. « QG » est un disjoncteur C1251N équipé d'un déclencheur STR 25 DE. Préciser et justifier tous les critères de choix de cette protection (voir **Annexes A7 à A8**).

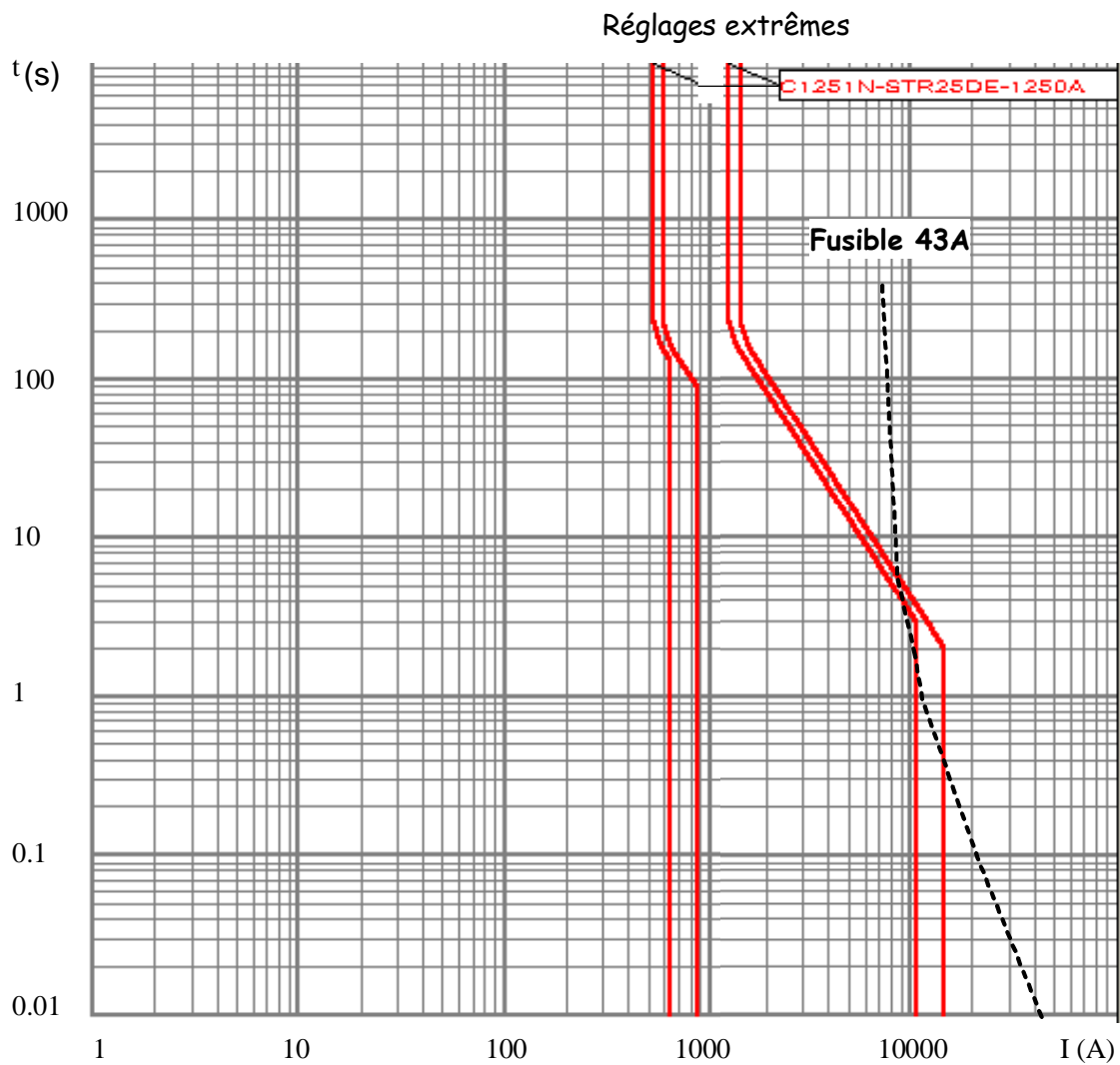
A.4.4. Deux sélecteurs K_{I0} et K_{Ir} permettent de régler le seuil de déclenchement I_r du déclencheur **Long Retard**.

$I_0 = K_{I0} \times I_n$ (K_{I0} peut prendre une des 4 valeurs suivantes : 0,5 - 0,63 - 0,8 - 1),

$I_r = K_{Ir} \times I_0$ (K_{Ir} peut prendre une des 8 valeurs suivantes : 0,8 - 0,85 - 0,88 - 0,9 - 0,92 - 0,95 - 0,98 - 1).

Quelles valeurs de K_{I0} et K_{Ir} doit-on afficher sur **QG** pour autoriser le fonctionnement nominal du transformateur ?

A.4.5. Sur la courbe de déclenchement de QG ci-après, on a établi la courbe de fusion (ramenée au secondaire) d'un fusible de protection du primaire du transformateur.



A.4.5.1. Le seuil de déclenchement I_m du déclencheur **instantané** de **QG** est tel que $I_m = k \times I_r$. Un sélecteur permet de régler k aux valeurs suivantes : 1,5 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 8 - 10. On admettra que le déclencheur **Long retard** est réglé à sa valeur maximale. Dans ces conditions, sur les courbes précédentes, déterminer la valeur de k du déclencheur **instantané** pour qu'une sélectivité totale soit assurée avec les fusibles HTA de la cellule de protection lors d'une surintensité en aval de ce disjoncteur. Justifier votre réponse.

A.5. Schéma de liaison à la terre.

A.5.1. Le réseau est long et ne côtoie pas de bus de communication.

Quels dispositifs doit-on prévoir au minimum côté BT au niveau du poste en SLT « IT » ?

A.5.2. On retiendra le matériel minimum requis pour surveiller le réseau complet.

Ce réseau alimente de nombreux redresseurs et variateurs de vitesse. De ce fait, lors d'un défaut d'isolement en aval d'un de ces convertisseurs, la composante continue du courant de défaut pourrait « aveugler » certains dispositifs de contrôle.

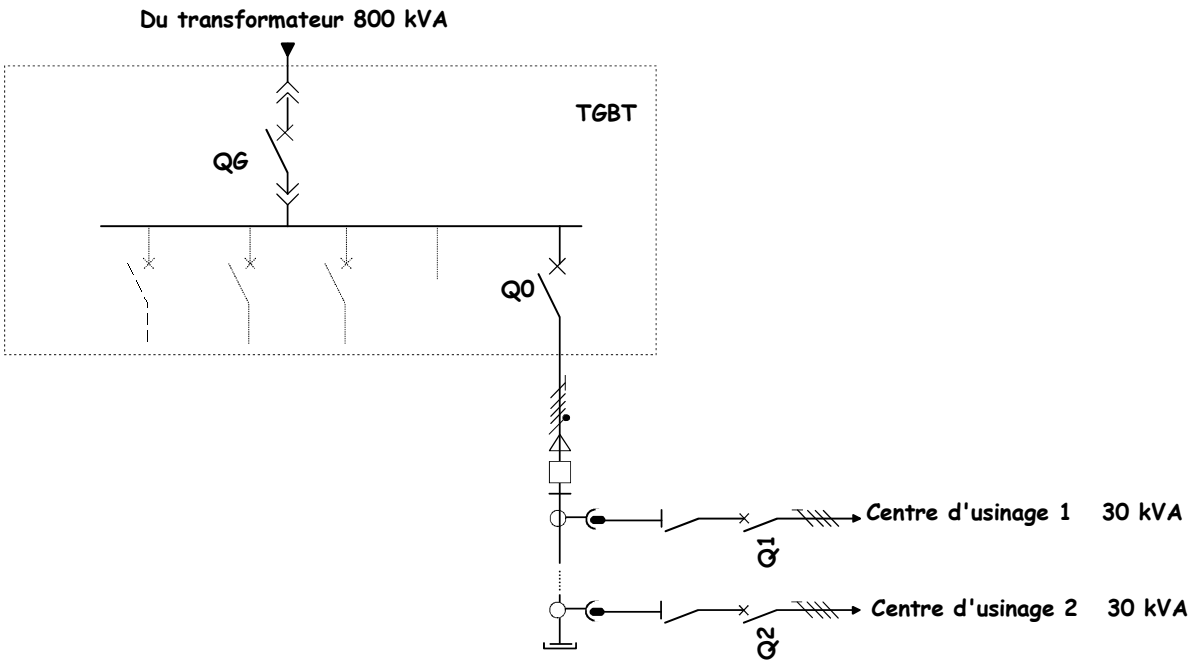
Donner les références des dispositifs retenus et préciser leurs fonctions (voir **Annexes A9 et A10**).

Appareillage	Fonctions

A.6. Etude du départ du centre d'usinage.

L'entreprise compte 2 centres d'usinage identiques alimentés par des coffrets de dérivation équipés de disjoncteurs (Q1 et Q2) et connectés sur une canalisation préfabriquée. Un câble (type U1000 RO2V) protégé par le disjoncteur Q0 (NS 160N TM 160D) réglé à 160A la relie au TGBT.

Q1 et Q2 protègent respectivement les câbles de type H07 RN-F d'alimentation des centres d'usinage 1 et 2.

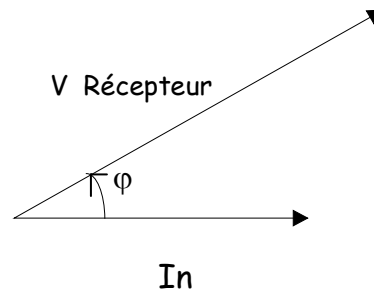
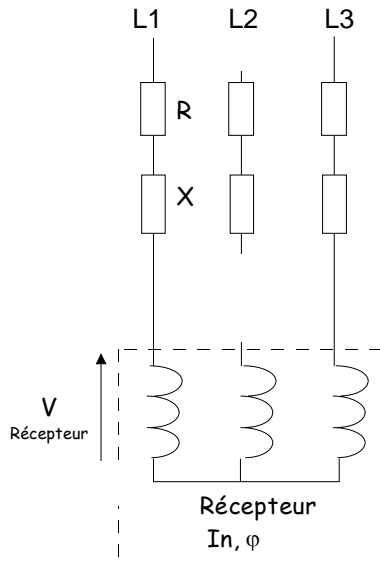


Pour calculer la chute de tension dans un câble, on applique généralement la relation approchée suivante :

$$\Delta U \simeq \sqrt{3} I_B (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

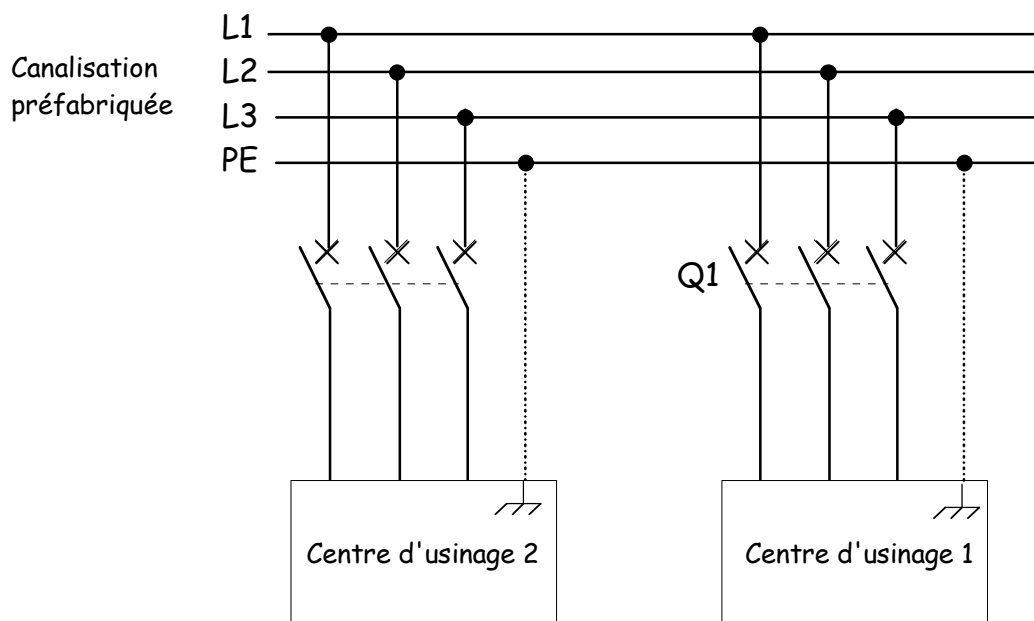
R , **X** : respectivement résistance et réactance du câble
I_B : courant d'emploi en ligne
φ : déphasage courant/tension du récepteur

A.6.1. Compléter ci-dessous le diagramme de Fresnel permettant de déduire la relation ci-dessus.



A.6.2. Démontrer cette relation et préciser l'hypothèse simplificatrice qui permet de l'obtenir.

A.6.3. La phase 1 entre en contact accidentellement avec la masse du centre d'usinage 1 puis la phase 3 avec la masse du centre d'usinage 2.



Dans ces conditions, sur le schéma ci-dessus, surligner le parcours du courant de défaut.
 En régime IT, la méthode conventionnelle de calcul du guide U. T. E. C 15-100 permet de vérifier la protection des personnes contre les contacts indirects.
 Pour qu'elle puisse être assurée, il faut, dans le cas présent, que la longueur des câbles d'alimentation de chacune des machines soit inférieure à la longueur maximale donnée par la relation :

$$L_{\max} = \frac{0,8 \sqrt{3} V \cdot S_{ph}}{2\rho (1+m) \cdot I_m}$$

V : tension simple,
 S_{ph} : section du conducteur de phase,
 S_{PE} : section du conducteur de protection électrique,
 $m = S_{ph} / S_{PE}$,
 ρ : résistivité du conducteur à la température normale,
 I_m : courant de fonctionnement du déclencheur magnétique

A.6.4. Quelles modifications pourrait-on apporter à cette installation pour assurer la protection des personnes si la longueur du départ considéré dépassait L_{\max} ?

Il n'y a pas présence d'eau dans le local (\Rightarrow UL = 50V).

Dans ces conditions, la NFC 15 100 précise qu'en IT, lorsque le neutre n'est pas distribué, sur un réseau 400V -50Hz, le temps d'élimination du défaut doit être < **200ms**.

Le câble multipolaire est posé seul et partiellement sous conduit MRL.

On a calculé une section de **10 mm²** cuivre pour les conducteurs des câbles d'alimentation de chacun des centres d'usinage 1 et 2.

La longueur du câble issu de Q1 = 6m.

La réactance des câbles peut être négligée pour des sections < 50 mm².

Q1 est du type C60N 3 pôles protégés calibre 50 A courbe C (déclenchement du magnétique entre 5 et 10 fois le calibre)

Le temps de fonctionnement du déclencheur magnétique du disjoncteur Q1 est < **50ms**.

La résistivité du cuivre prise en compte par la méthode conventionnelle est de $22,5 \times 10^{-3} \Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$.

A.6.5. Etablir la référence complète du câble d'alimentation (multipolaire) d'un des centres d'usinage (SPH = SPE = 10 mm²)

--

A.6.6. Vérifier que la protection des personnes contre les contacts indirects est assurée au niveau du centre d'usinage 1.

--

A.6.7. Evaluer les niveaux de sélectivité entre les disjoncteurs QG, Q0 et Q1.
(voir **Annexes A11 et A12**).

--

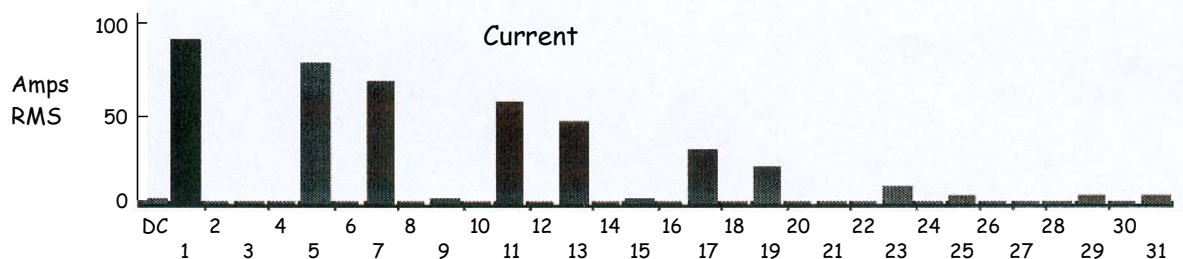
A.7. Analyse de la qualité de l'énergie

Au cours d'une journée normale de fabrication, un analyseur de réseau placé entre une phase et le neutre dans le TGBT en aval de Q0 (cf. sujet page A7) fait apparaître régulièrement les relevés suivants :

Frequency	49,99
Power	
kW	15,5
kVA	29
kvar	5,13
Phase	18° lead
Total PF	0,54
DPF	0,95

	Voltage	Current
RMS	233,3 V	125,4 A
Peak	328,2 V	392,16 A
DC Offset	-0,1 V	-1,71 A
Crest	1,41	3,14
THD Rms (%)	1,23	82,54
THD Fund (%)	1,23	146,18

(THD Fund : Taux de distorsion harmonique par rapport au fondamental).



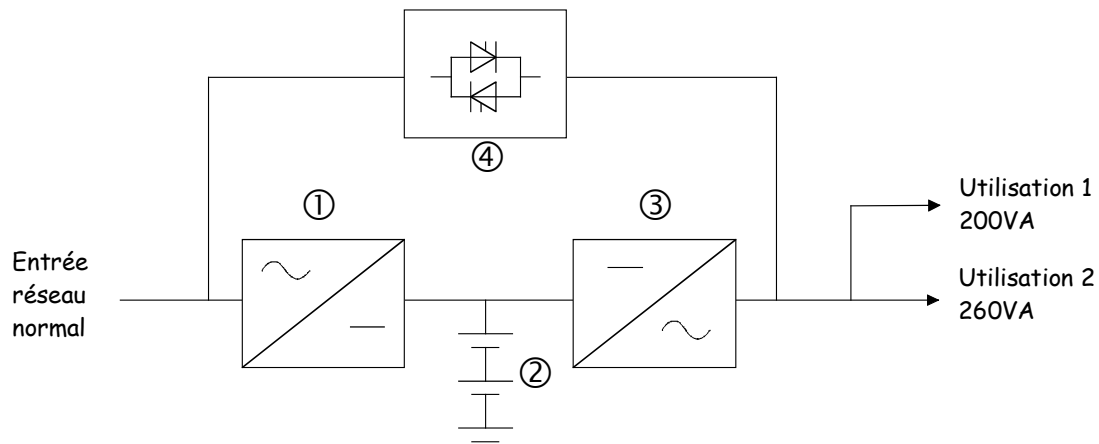
A.7.1. Définir les grandeurs suivantes « Total PF », « DPF », « RMS », « TRMS » et « DC Offset ».

A.7.2. Immédiatement en aval de Q0, on décide de mettre en place des dispositifs destinés à corriger les imperfections de l'énergie électrique absorbée par la canalisation préfabriquée. Au vu de ces relevés, préciser les actions correctrices à envisager. Quelles solutions technologiques vous semblent-elles les mieux adaptées pour effectuer ces actions correctrices ?

A.8. Sauvegarde de l'énergie de commande

Une ligne protégée, maintenue au moins 20 minutes, est nécessaire pour l'alimentation de la commande numérique. Elle est alimentée par une ASI (Alimentation Sans Interruption). Le dispositif ④ permet le transfert sans coupure de l'utilisation sur le réseau suite à une surcharge par exemple.

Le schéma de principe de l'alimentation est le suivant :

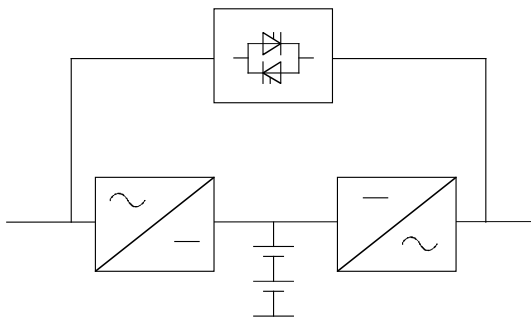


A.8.1. Donner la désignation et la fonction des éléments repérés de ① à ③ :

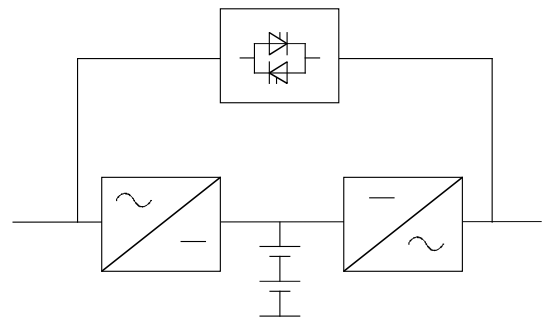
Repère	Désignation	Fonction
①		
②		
③		

A.8.2. Dessiner, sur les schémas ci-dessous, des flèches représentant le sens de passage des énergies

Mode normal (sans surcharge) :



Mode autonome :



Le facteur de simultanéité est égal à 1.

L'utilisation 1 est mise sous tension au moins une fois par jour et provoque un appel de courant de 3 In pendant 200 ms.

L'utilisation 2 ne provoque pas d'appel de courant.

Les indications du fabricant relatives à la capacité de surcharge de l'ASI sont les suivantes :

- 150% - 1 minute
- 125% - 10 minutes.

A.8.3. Calculer la puissance d'utilisation de l'ASI en régime permanent.

A.8.4. Calculer la puissance d'appel à fournir par l'ASI.

A.8.5.

L'ASI doit admettre l'appel de courant. Quelle doit être dans ces conditions sa puissance nominale minimale ?

A.8.6. En déduire et justifier la référence de « l'onduleur » (voir **Annexes A13**).

PARTIE B
ETUDE DE LA MOTORISATION AXE X

B.1 CHOIX DE LA MOTORISATION

Cahier des charges

Le mouvement d'axe X est réalisé par le déplacement de la table sous la poutre.

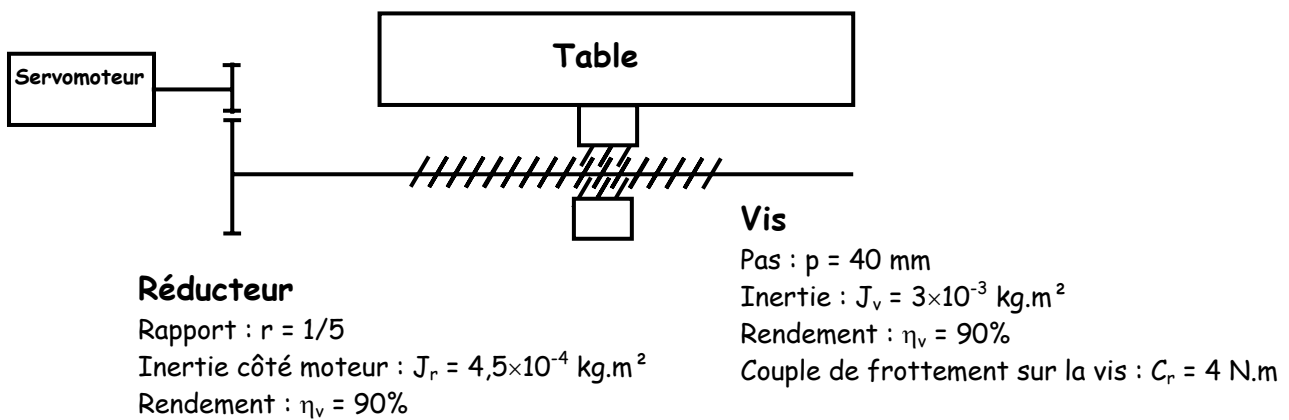
La masse de l'ensemble table et matière à usiner est de 1000 kg.

Le positionnement à vide (sans usinage) doit se faire à grande vitesse :

- Vitesse maximale de la table 30 m/min
- Accélération $1,5 \text{ m/s}^2$.

Le déplacement en charge se fait à vitesse réduite, la puissance pour l'usinage du plâtre est considérée comme faible devant l'inertie du système.

Le dimensionnement de la motorisation de l'axe X se fera sur le positionnement à vide.

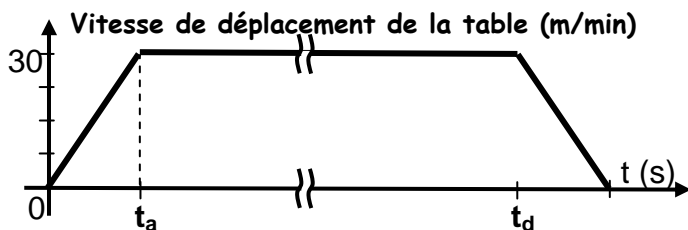


Cinématique

B.1.1 Servomoteur

B.1.1.1 Indiquer le principe des moteurs synchrones autopilotés ?

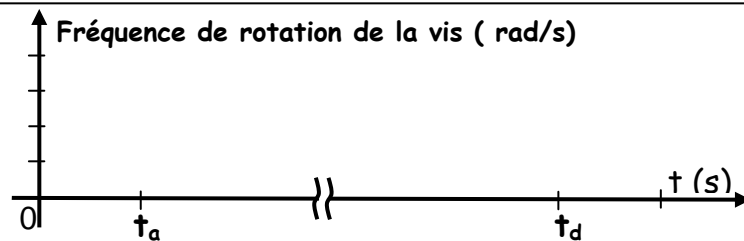
B.1.1.2 Donner les principales caractéristiques de ce type de moteur ?



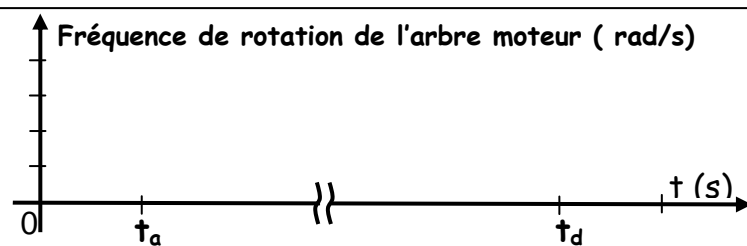
B.1.2 Inertie

B.1.2.1 D'après le profil de vitesse de la table, déterminer t_a le temps nécessaire d'accélération pour atteindre la vitesse maximale.

B.1.2.2 Tracer le profil de la fréquence de rotation de la vis sans fin.
Déterminer la vitesse de rotation maximale de la vis.



B.1.2.3 Tracer le profil de la fréquence de rotation de l'arbre moteur.
Calculer la fréquence de rotation maximale du moteur.



B.1.2.4 Calculer l'inertie de la table ramenée sur l'axe de la vis.

B.1.2.5 Calculer l'inertie de l'ensemble table+vis+réducteur ramenée sur l'arbre moteur.

B.1.3 Dimensionnement

B.1.3.1 En tenant compte du rendement du réducteur, calculer, en régime établi, le couple résistant sur l'arbre moteur.

B.1.3.2 On prendra comme inertie totale ramenée sur l'arbre moteur $J = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ kg.m}^2$ pour des rendements unitaires.

En négligeant l'inertie du moteur, en tenant compte des rendements de tous les éléments et d'après le principe fondamental de la dynamique appliqué à l'arbre moteur : déterminer le couple moteur pendant la phase d'accélération.

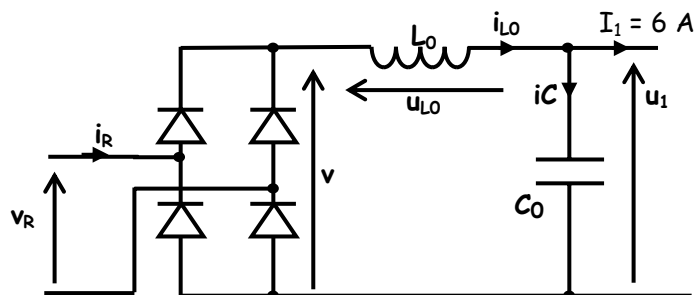
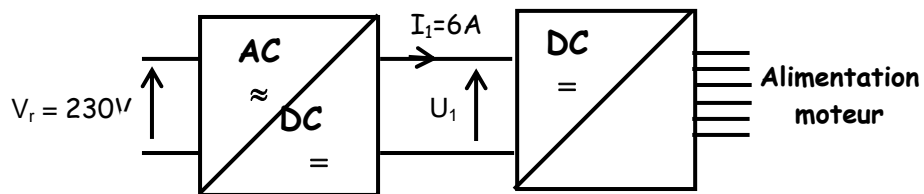
B.1.3.3 Choisir dans le tableau annexe B.1 le moteur adapté pour un bus continu de 200V.

B.1.3.4 En tenant compte de l'inertie du moteur, vérifier votre choix.

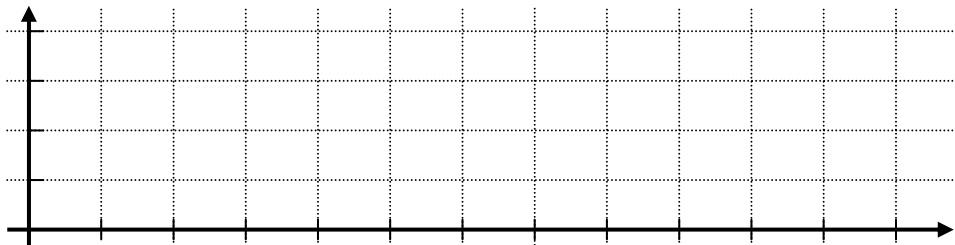
B.2 VARIATEUR

Structure interne du variateur.

B.2.1 Convertisseur AC/DC.

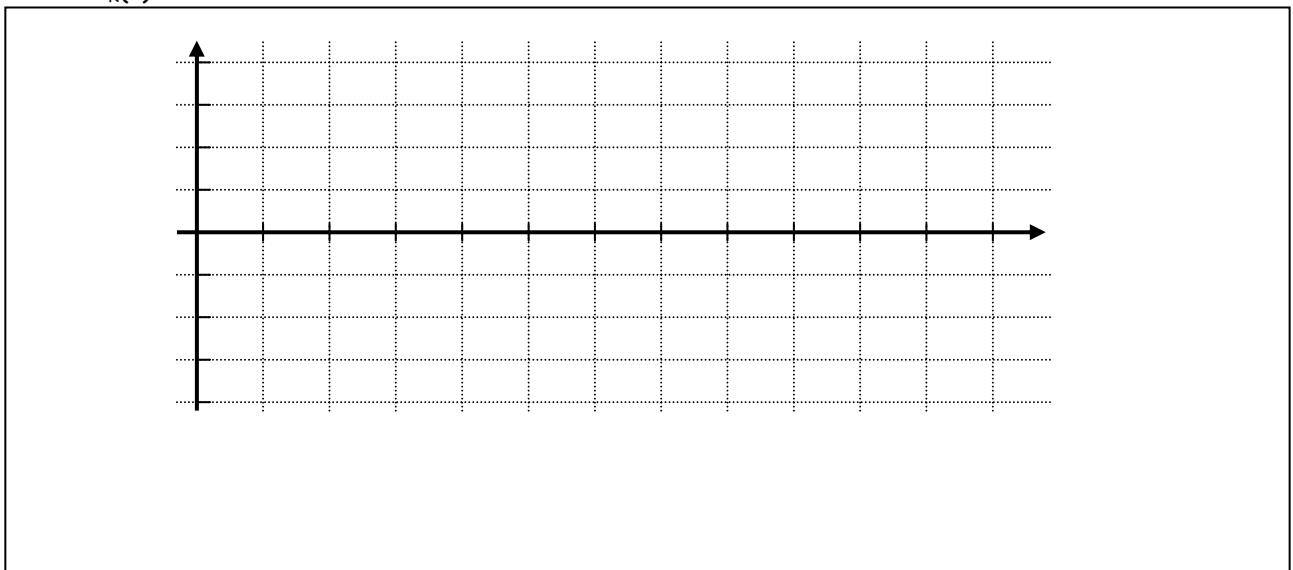


B.2.1.1 On suppose $i_{L0} > 0$. Tracer $v(t)$.



B.2.1.2 Quelle est la valeur moyenne de $u_{L0}(t)$? (justifier votre réponse).
En déduire la valeur moyenne de $u_i(t)$.

B.2.1.3 On suppose la composante alternative de i_{L0} négligeable devant sa valeur moyenne.
Tracer $i_R(t)$.



B.2.1.4 Décomposer en série de Fourier la fonction $i_R(t)$.

B.2.1.5 Comparer les harmoniques de $i_R(t)$ avec le taux d'harmoniques admis par la norme annexe B.2. Le variateur est-il compatible ? Proposer des solutions technologiques pour remédier à ce problème.



B.2.2 convertisseur DC/DC

Pour gérer les harmoniques, un convertisseur continu/continu est utilisé dans la structure du variateur. Une commande adaptée permet l'absorption sinusoidale.

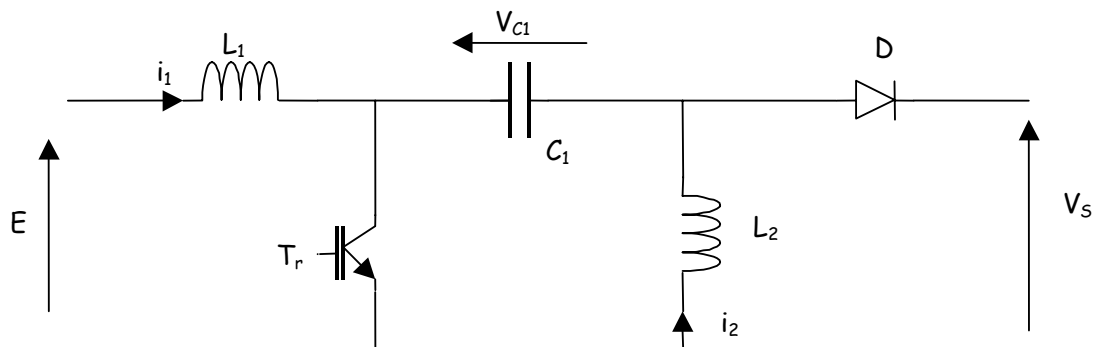


Schéma :

La structure du convertisseur permet la conversion d'une source de tension en une autre source de tension réglable.

On considère le convertisseur en conduction continue et la tension V_{C1} parfaitement lissée.

Il fonctionne en deux temps (accumulation d'énergie puis restitution) à une fréquence de 20 kHz.

- Premier temps : de 0 à αT le transistor T_r est saturé et la diode D reste bloquée.
- Deuxième temps : de αT à T Transistor T_r est bloqué et la diode D devient passante.

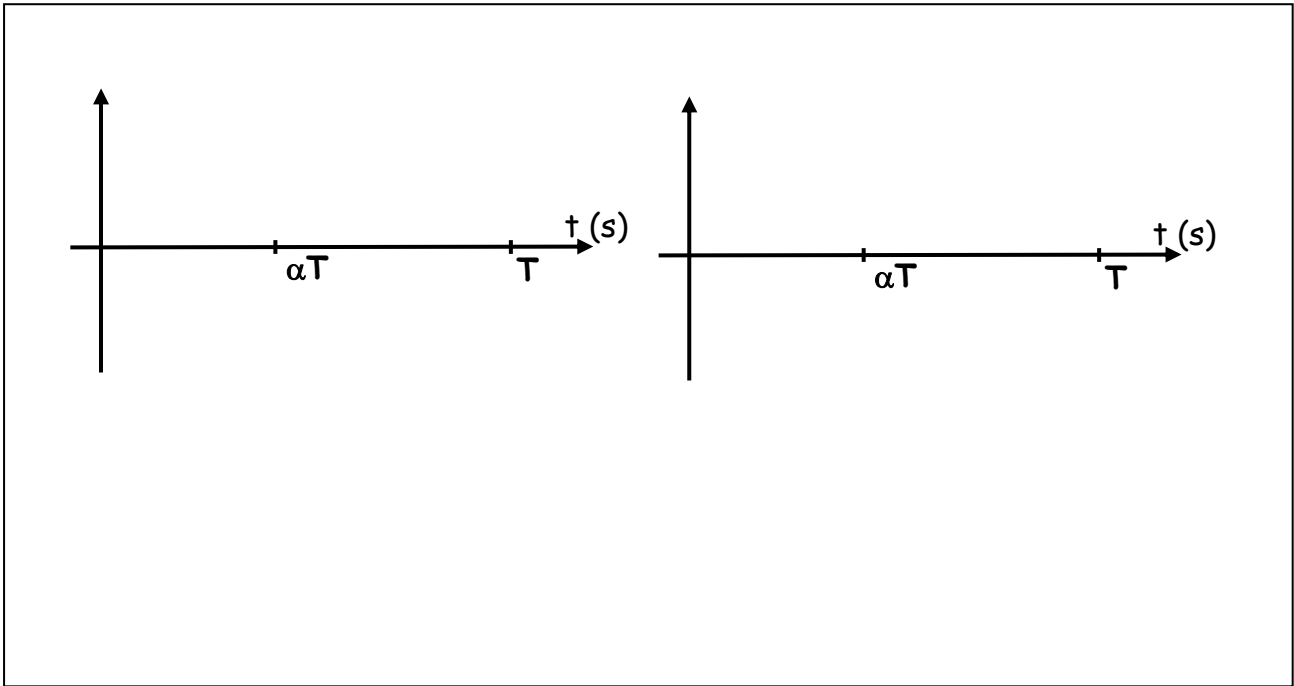
B.2.2.1 Dessiner la structure du variateur en insérant le convertisseur DC/DC.

B.2.2.2 Démontrer que $V_{C1} = E$.

B.2.2.3 Pour $t \in [0 ; \alpha T]$ donner l'équation qui relie $i_1(t)$ et E et celle qui relie $i_2(t)$ et V_{C1} . Préciser les transferts d'énergie réalisés.

B.2.2.4 Pour $t \in [\alpha T ; T]$ donner l'équation qui relie $i_1(t)$ et v_s et celle qui relie $i_2(t)$ et v_s . Préciser les transferts d'énergie réalisés.

B.2.2.5 Tracer pour $t \in [0 ; T]$ $u_{L1}(t)$, $u_{L2}(t)$, l'allure de $i_1(t)$ et celle de $i_2(t)$.



B.2.2.6 Que peut-on dire de la valeur moyenne de $u_{L2}(t)$?

En déduire la relation qui relie v_s à E en fonction de α .

Quelle est la propriété de ce convertisseur ?

B.2.2.7 Déterminer la tension inverse maximale aux bornes de la diode D .

B.2.2.8 Déterminer pour quelle valeur de α l'ondulation de courant dans L_1 est maximum.

B.2.2.9 Comparer les résultats des mesures obtenues avec ce type de variateur (annexe B2) et les taux d'harmoniques autorisés par la norme.

B.2.3 Dimensionnement des inductances.

Pour toute cette partie on fixe la valeur de α à 0,6, $v_s = 300$ V, la valeur moyenne de i_1 est égale à 6 A, $E = V_{C1}$ et on considère le transistor et la diode parfaits.

B.2.3.1 Déterminer la valeur de L_1 pour que Δi_1 ne dépasse pas 5% de i_1 .

Par analogie, donner la valeur de L_2 .

B.2.3.2 L_1 est bobinée sur un noyau ferromagnétique de perméabilité relative $\mu_r = 1500$, de longueur 20 cm et de diamètre 4 cm. ($\mu_0 = 4 \times \pi \cdot 10^{-7}$)
Calcul du nombre de spires nécessaires pour obtenir la valeur de L_1 désirée.

PARTIE C
AUTOMATISATION - SÉCURITÉ

Sur ce centre d'usinage, on respecte scrupuleusement les normes de sécurité. Tous contacts d'arrêts d'urgence, de portes ou de capots sont gérés par un relais de sécurité ayant la particularité d'assurer les fonctions d'autocontrôle et de redondance.

C.1. Approche technologique.

La redondance et l'autocontrôle.

C.1.1 : Donner une définition simplifiée de la redondance dans ce cas précis :

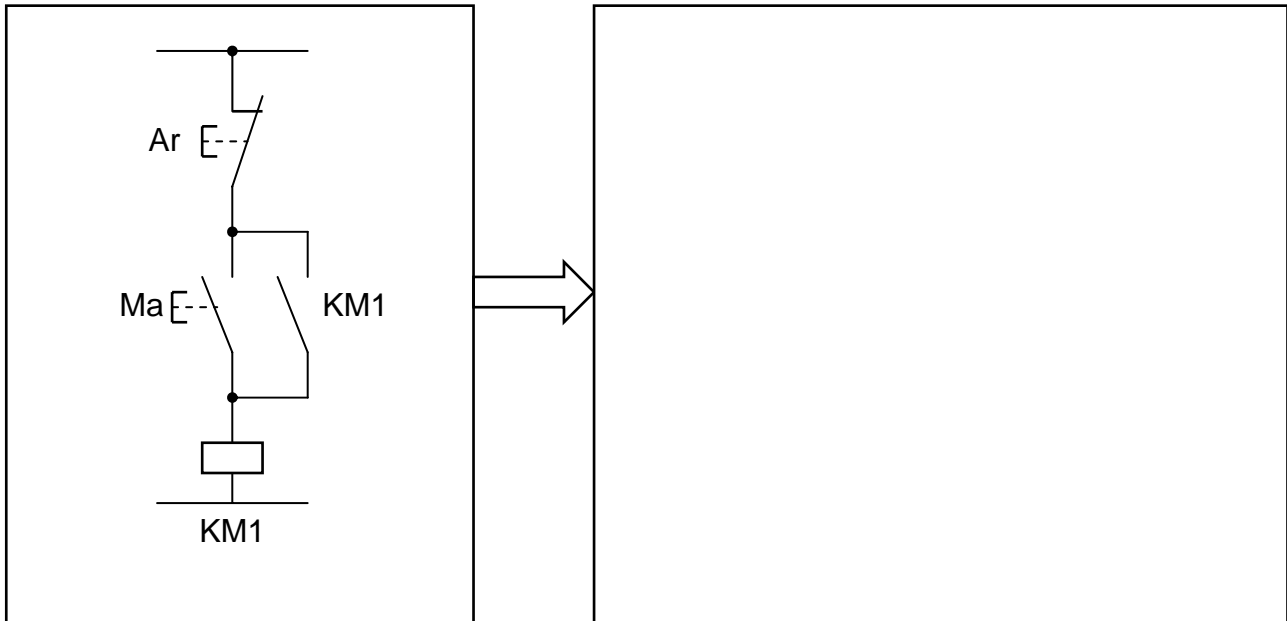
C.1.2 : Pourquoi associer la fonction d'autocontrôle à la fonction de redondance ?

C.1.3 : Le relais de sécurité utilisé, permet la protection des personnes et des biens. Les niveaux de risques estimés de la machine, rares mais inévitables, sont suffisamment importants pour provoquer des lésions graves. Dans quelle catégorie de risque peut-on situer cette machine ?

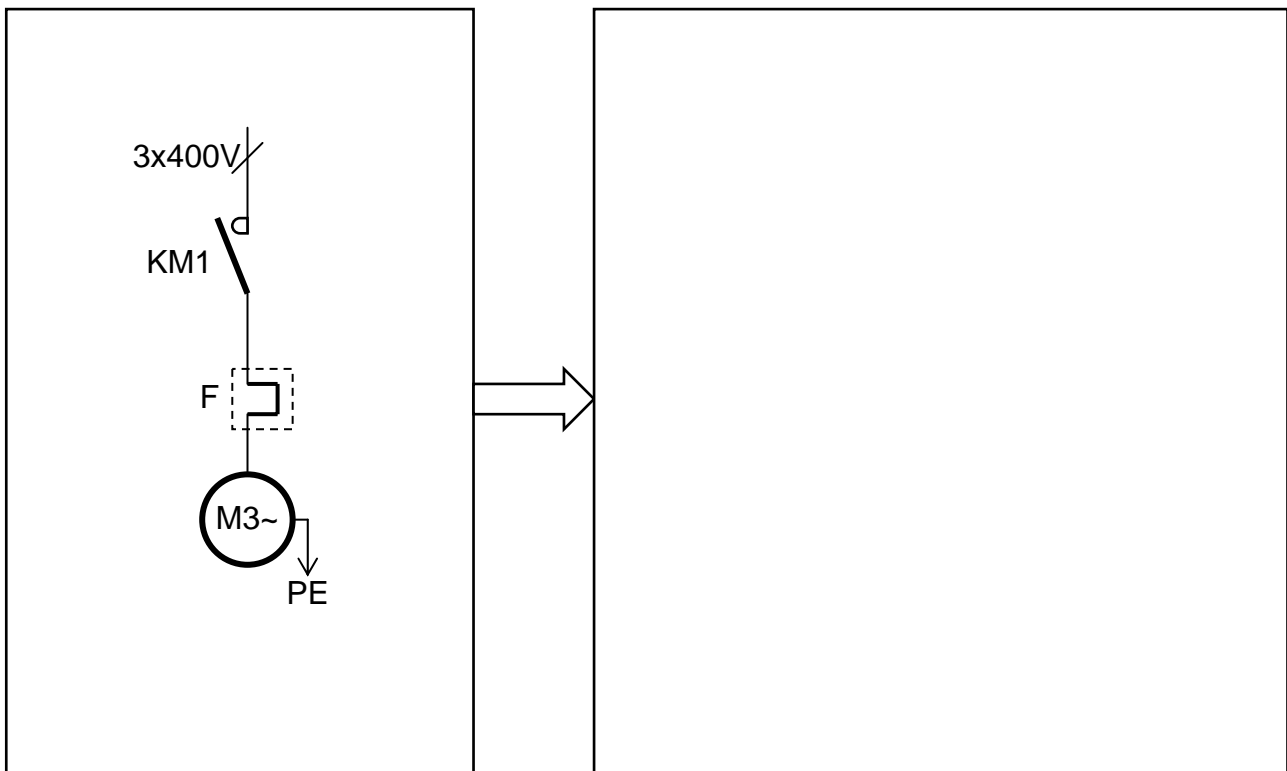
C.2. Approche fonctionnelle.

C.2.1. : Modifier les schémas simplifiés des circuits de commande et de puissance d'un moteur asynchrone triphasé à démarrage direct, permettant d'avoir un câblage « **deux canaux** » afin d'assurer la fonction de redondance pour une machine de catégorie de risques 3 et 4, sans module de sécurité, avec des constituants à contacts liés.

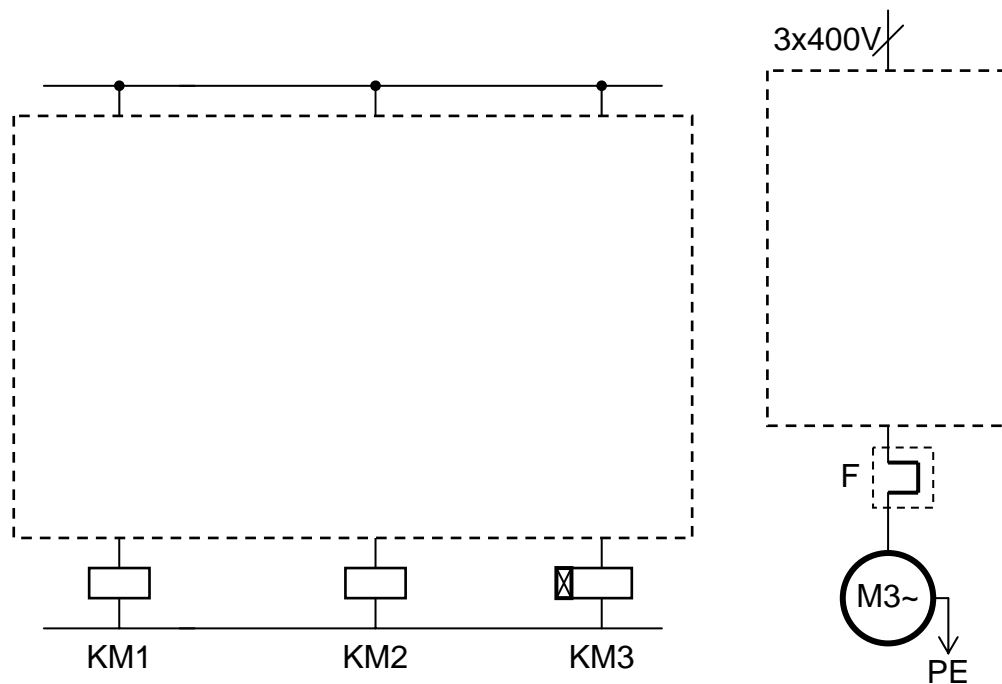
C.2.1.1. Schéma de commande :



C.2.1.2. Schéma de puissance :



C.2.2 : Modifier les schémas simplifiés de commande et de puissance de la question précédente, afin d'assurer les deux fonctions, redondance et autocontrôle.



C.3. Approche structurelle.

C.3.1 : Sur le schéma de la machine (page 4), quels sont les contacts ou appareils de commande qui permettent d'assurer une partie de la fonction autocontrôle ?

C.3.2 : Compléter le schéma développé du relais de sécurité (page 5) contrôlant les arrêts d'urgence et les capteurs de position de la machine :

Schéma développé des arrêts d'urgence et des capteurs de position :

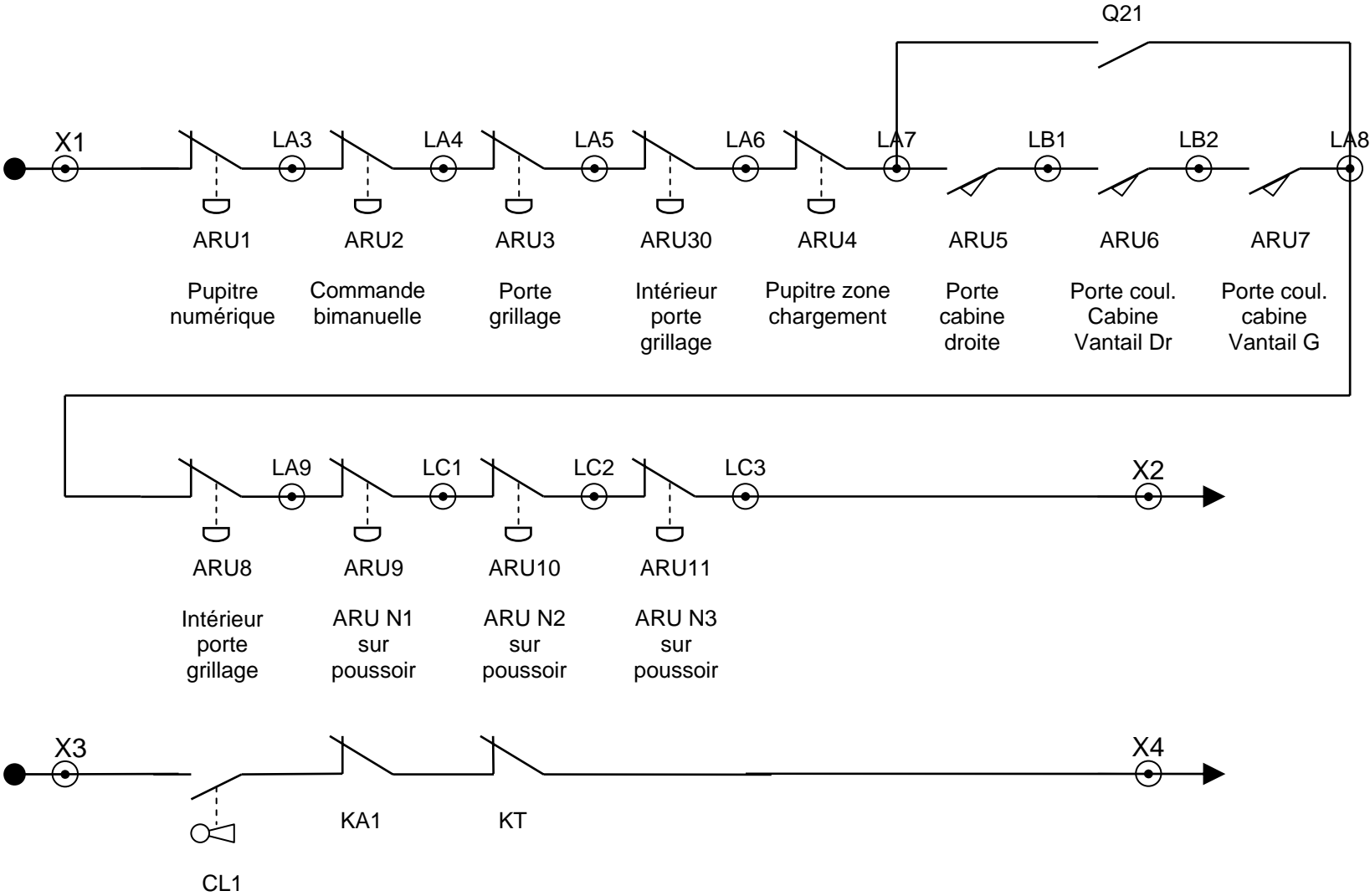
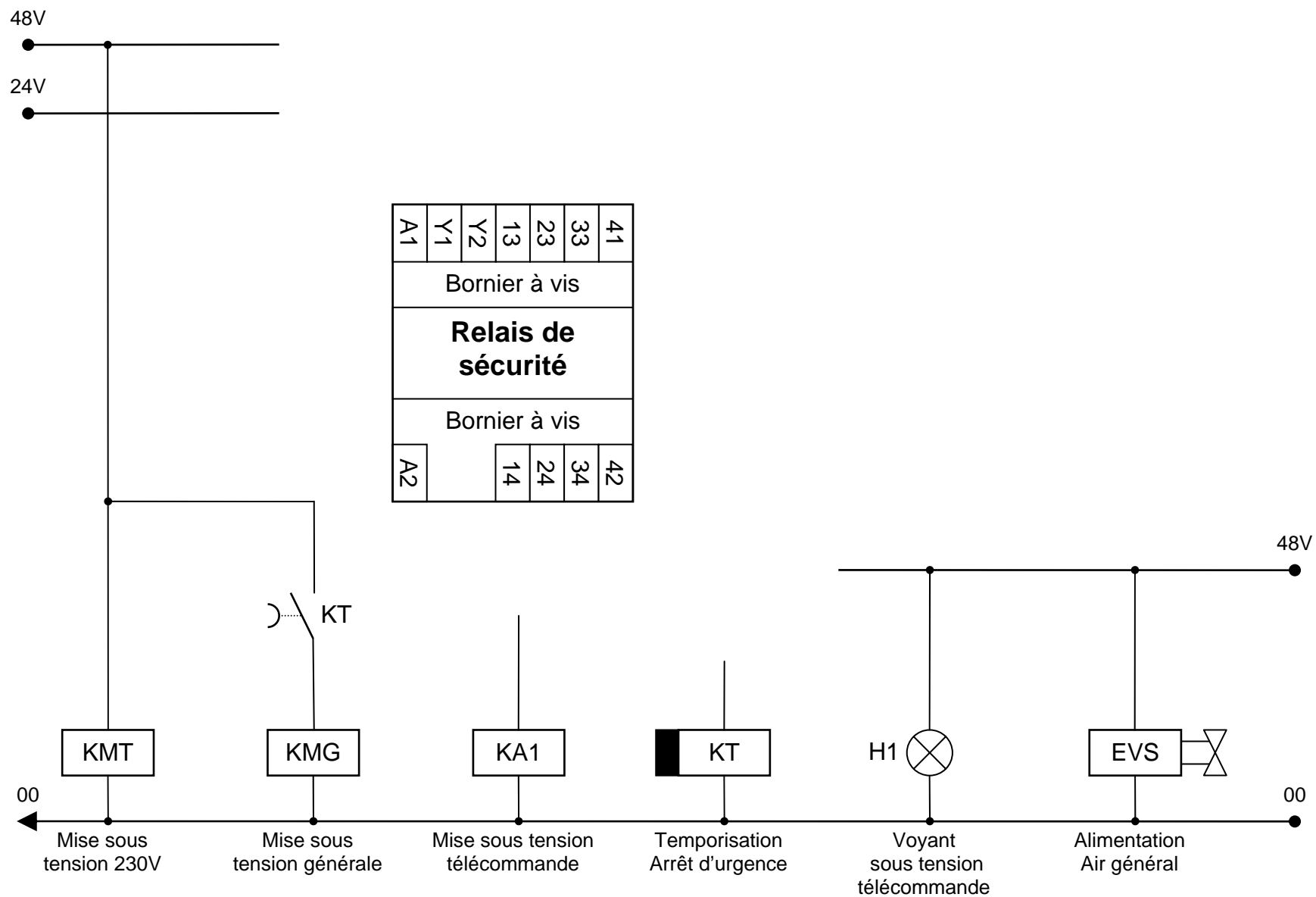


Schéma développé du relais de sécurité : A compléter



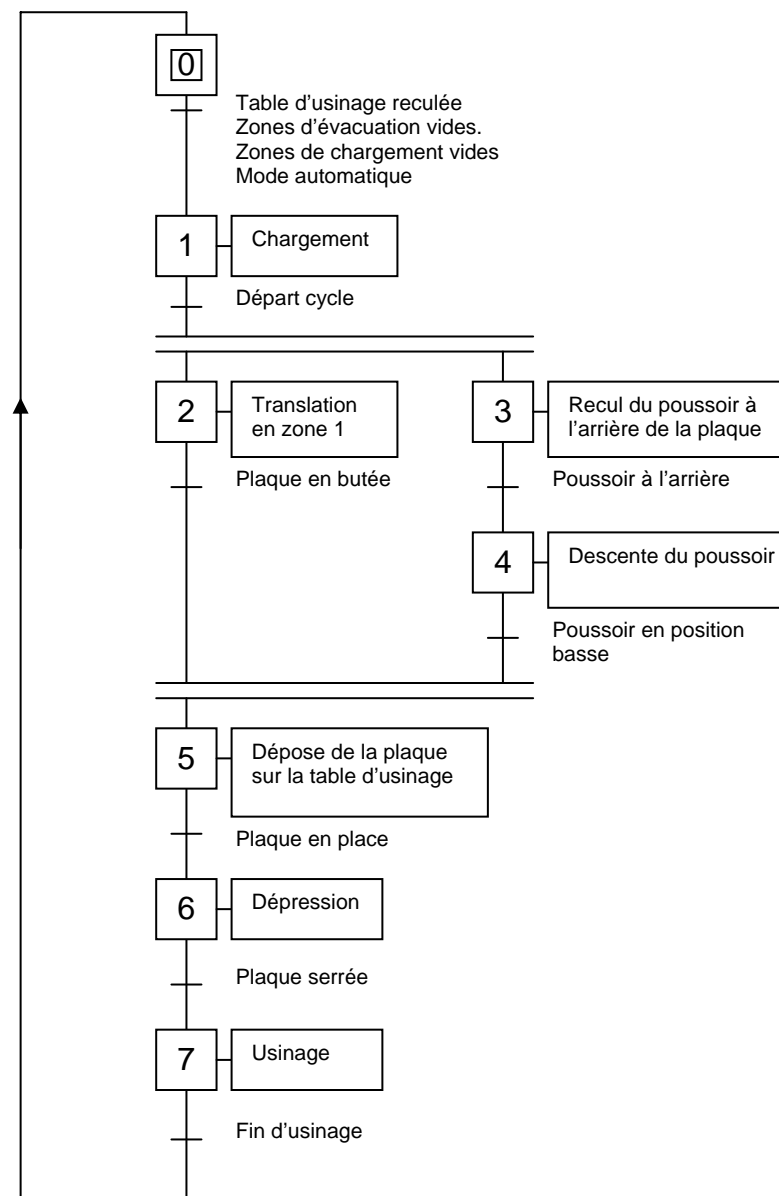
C.4. Approche séquentielle.

Cahier des charges du centre d'usinage.

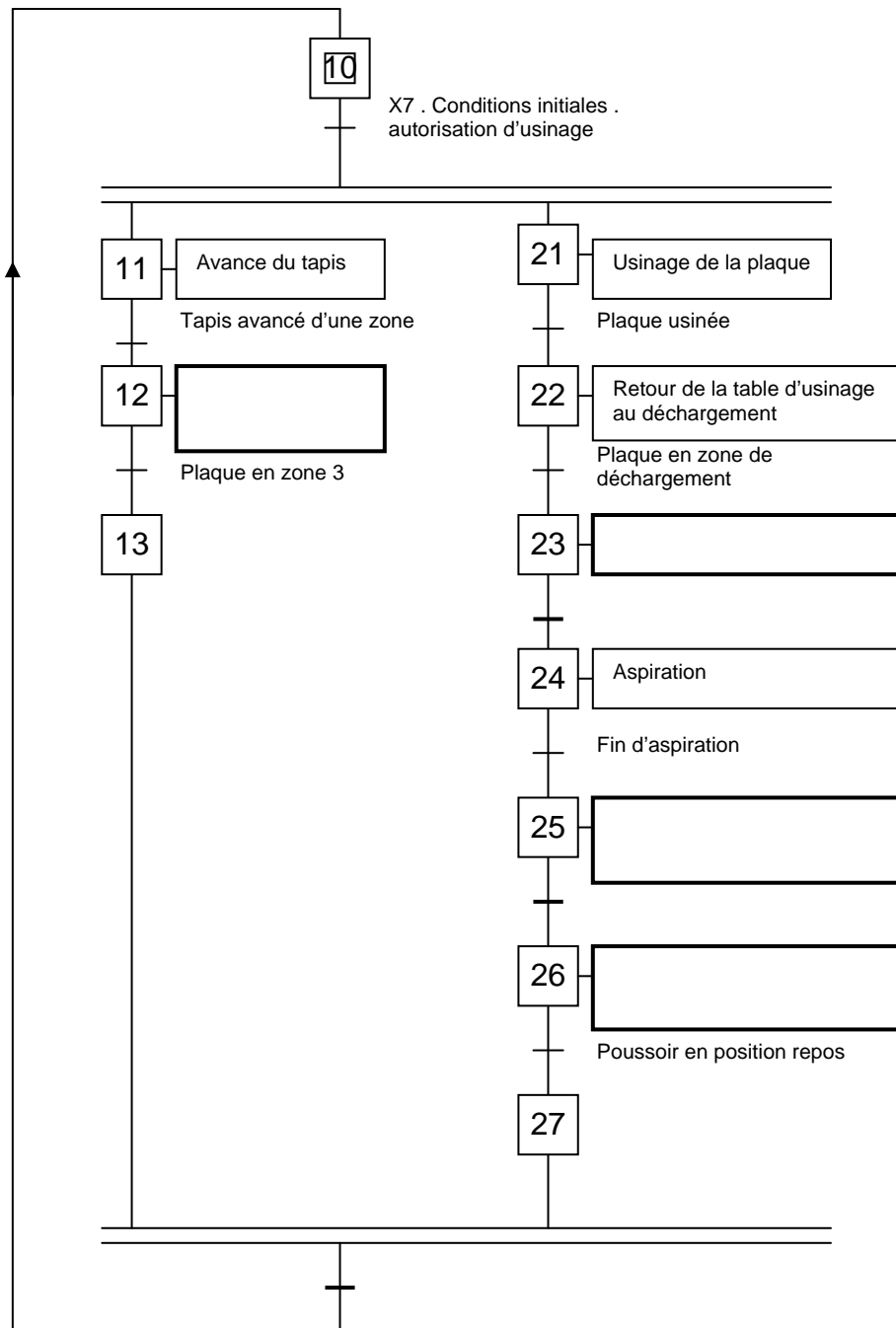
Description du cycle de fonctionnement de chargement/déchargement :

- 1- Etat repos de l'ensemble.
 - Table d'usinage en position reculée coté opérateur, revêtue d'un panneau en aggloméré, déchargée de toute plaque usinée ou à usiner.
 - Les 3 zones d'évacuation sont libres de toute pièce ou chute.
 - Les 3 zones de chargement de la table à rouleaux sont vides. Les butées verticales définissant la limite d'avancée de la plaque en zone 1 sont relevées.
- 2- Cycle de chargement.
 - L'opérateur place 1,2 ou 3 plaques à usiner respectivement dans les zones 1,2 ou 3 de la table à rouleaux.
 - Il valide par action sur un bouton poussoir « départ cycle » le chargement.
 - Une cellule de détection des plaques placée à l'avant de la zone 1 déclenche :
 - La translation de la plaque en zone 1 jusqu'à son arrivée contre les butées de référence ;
 - Le recul simultané du poussoir à l'arrière de la plaque 1 ainsi que sa descente en position basse lorsque celle-ci est arrivée contre les butées verticales.
 - Le poussoir translate la plaque depuis la zone 1 jusqu'à la table d'usinage.
 - Les butées horizontales avancent pour caler la plaque en longueur.
 - La dépression est activée et donc la plaque est serrée sur le martyr.
 - La table de travail part en zone d'usinage.
- 3- Pendant l'usinage.
 - La plaque située en zone 2 avance jusqu'en zone 1.
 - La plaque n°3 avance jusqu'en zone 2.
 - L'opérateur peut recharger la zone 3.
- 4- Lorsque la plaque est usinée :
 - La table d'usinage revient en position déchargement.
 - Les ridelles d'extrémité de table se relèvent.
 - L'aspiration est commutée dans la poutre de balayage sur le poussoir en attente en position basse.
 - Le poussoir évacue la panoplie usinée sur la première zone d'évacuation.
 - Il recule en position repos.
- 5- Le cycle de chargement commence.
 - Si la plaque est présentée en zone 1, en attente contre les butées.
 - En même temps, l'opérateur placé en zone de déchargement à l'extrémité de la table n°3 peut activer à sa demande l'avance des panoplies usinées et stockées sur cette table, par action sur une pédale au sol.
- 6- modes de fonctionnement :
 - Mode manuel : pour le chargement matière première, le chargement de l'outil et le test tourelles.
 - Mode automatique : pour la production.

Grafcet général



C.4.1 : A partir du cahier des charges, on demande de compléter les 4 actions et les 3 transitions manquantes du grafcet du point de vue du système pour une séquence d'usinage.



PARTIE D

AUTOMATISATION PNEUMATIQUE

D.1. Le fluide pneumatique

A propos de l'humidité de l'air

L'humidité est caractérisée par la masse d'eau contenue dans une masse d'air ou de gaz.

La teneur en eau est égale au rapport entre le volume de la vapeur d'eau et le volume total de gaz.

La quantité d'humidité s'évalue en gramme par m³.

Le tableau ci-dessous donne les valeurs de quantité d'humidité saturante (100% d'humidité relative) en fonction d'une température particulière dite « point de rosée ».

Le point de rosée est la température à laquelle il faut refroidir l'air humide pour atteindre le seuil de saturation et à partir de laquelle s'amorce le début de la condensation.

C'est à cette température que la pression partielle de vapeur d'eau dans l'air devient saturante.

Lorsque l'air se refroidit, la quantité maximale de vapeur d'eau qu'il peut contenir diminue.

Au dessous du point de rosée, une partie de cette vapeur commence à se condenser.

Point de rosée en °C	-20	-10	0	5	10	15	20	30	50	70	90	100
Vapeur d'eau en g/m ³	0,88	2,16	4,87	6,79	9,36	12,74	17,14	30,08	82,26	196,21	471,93	588,21

Tableau D1

Pour information

Un gaz parfait à température constante à son volume V inversement proportionnel à sa pression absolue P (Compression isothermique.)

Un gaz parfait à pression constante a son volume V proportionnel à sa température absolue T.

Un gaz parfait à volume constant a sa pression P proportionnel à sa température absolue T.

Nous vous rappelons l'équation d'état des gaz parfaits :

$$P.V = n.R.T, \text{ on prend } n.R = 8,317 \text{ J/K.mol.}$$

Hypothèses de travail

Le réservoir de stockage d'air du compresseur est considéré comme indéformable.

Les températures données sont considérées stables (constantes).

Données techniques

Le dossier technique du système étudié indique :

Alimentation air comprimé AC

- Pression du réseau = 7 bars \pm 1 bar ;
- Diamètre d'arrivée = 10 mm utile ;
- Débit d'air asséché 500 m³/h.

Travail demandé

D.1.1. Sachant que l'air aspiré par le compresseur a un **% d'humidité relative de 60%** et une **température moyenne de 20°C**, calculer, en vous aidant du tableau D1, la quantité d'eau contenue dans un m³ d'air.

D.1.2. Calculer le volume d'air aspiré par le compresseur, **en une heure**, pour assurer le débit demandé (500 m³/h à 7 bars).

D.1.3. Calculer la quantité de vapeur d'eau contenue dans **ce volume** d'air aspiré.

D.1.4. Si on refroidit le **volume d'air comprimé précédent à 5°C**, calculer la nouvelle quantité d'eau contenue dans ce volume d'air comprimé .

D.1.5. Calculer la différence de quantité de vapeur d'eau saturante entre les deux températures (à 20°C et à 5°C).

D.1.6. Sachant que pour assurer la production normale d'air comprimé pour la machine, le compresseur fonctionne en moyenne 4 heures par jour. L'air est absorbé à 20°C, puis refroidit à 5°C, calculer la quantité d'eau à évacuer par jour.

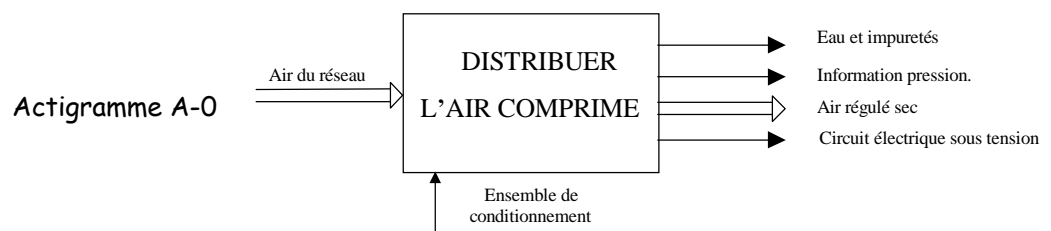
D.1.7. Pour obtenir de l'air comprimé asséché, il est donc nécessaire d'utiliser des refroidisseurs et des sécheurs d'air. Où doit-on placer ces appareils ?

Refroidisseur :

Sécheur :

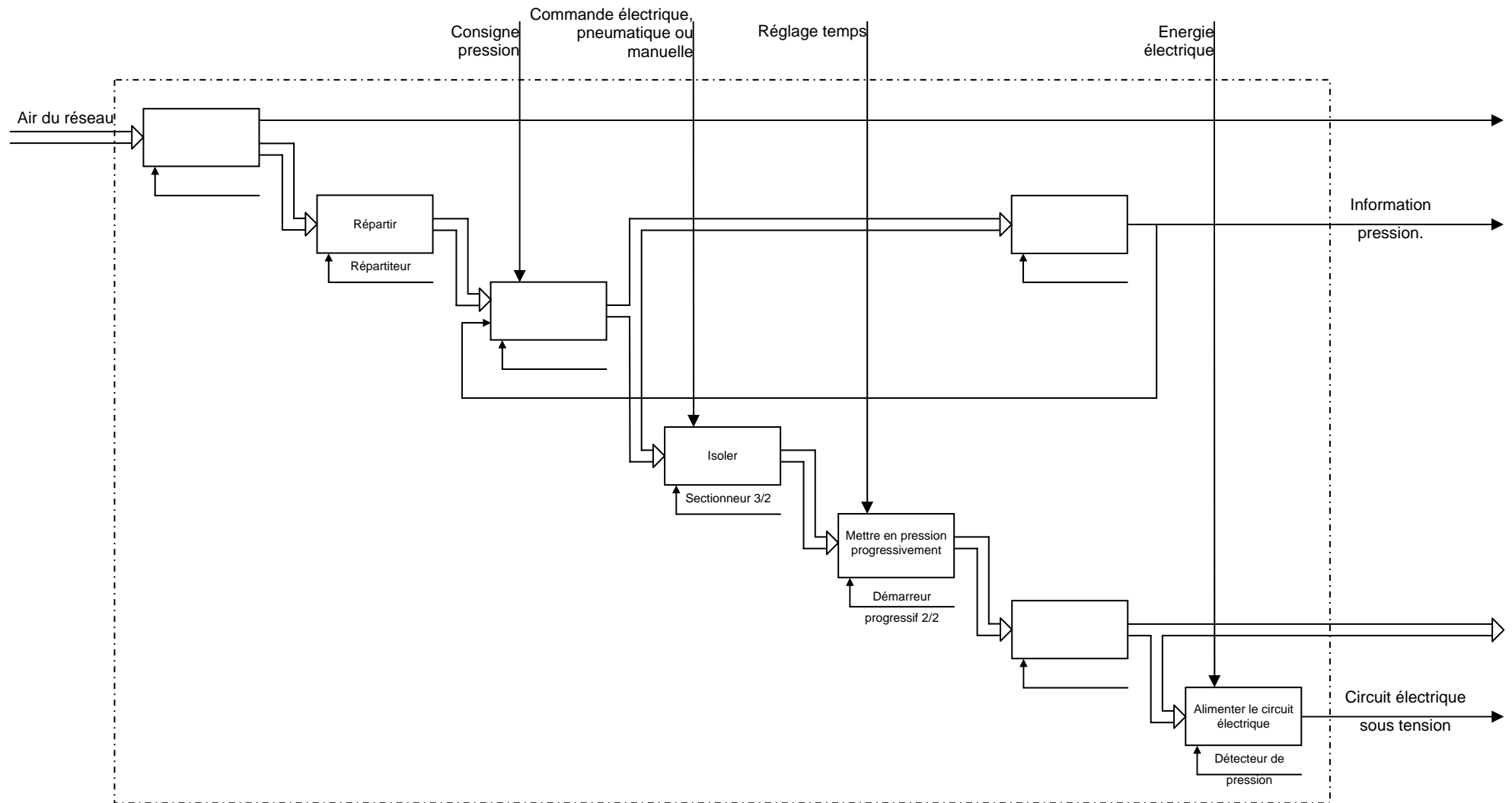
D.2. Alimentation en air comprimé

Actigramme A-0 du groupe de conditionnement

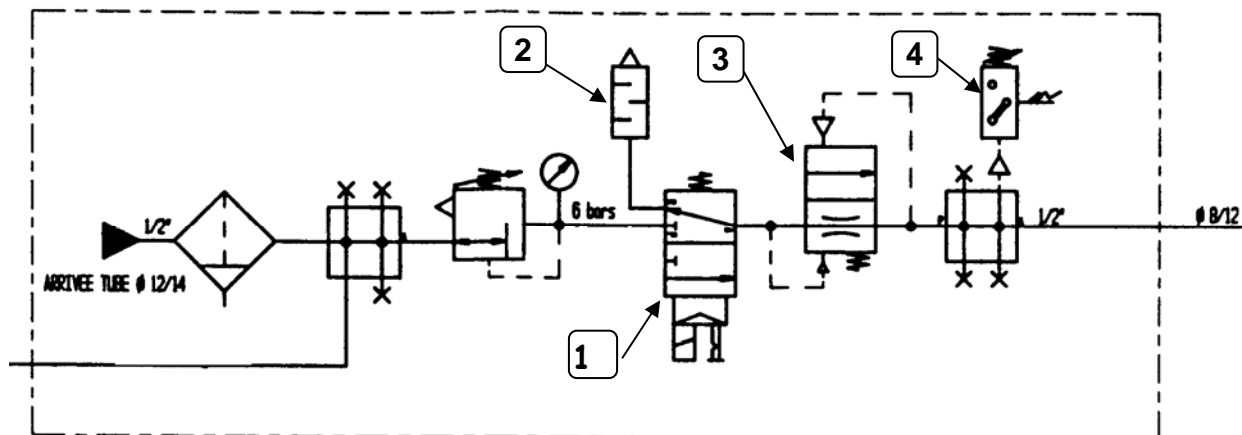


D.2.1. A partir de l'actigramme A-0 et du schéma de l'alimentation, compléter l'actigramme A0 page suivante.

Actigramme A0



D.2.2. Le groupe de conditionnement de la machine étudiée est représenté ci-dessous:



Identifier les matériels repérés 1 ; 2 ; 3 et 4 et préciser leur fonction.

1

Identification :

Fonction

2

Identification

Fonction

3

Identification :

Fonction

4

Identification :

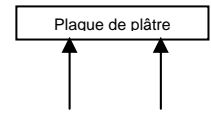
Fonction :

D.3. Détermination des vérins du poussoir de chargement

Données techniques

Le dossier technique du système étudié indique :

- Le poussoir de chargement est constitué de 2 vérins double effet montés en tandem : (voir schéma en Annexe D2) ;
Ce poussoir est chargé de soulever les plaques de plâtre.
- Masse des plaques de plâtre = 30,5 kg ou 57,12 kg
- Pression du réseau = 7 bars \pm 1 bar.



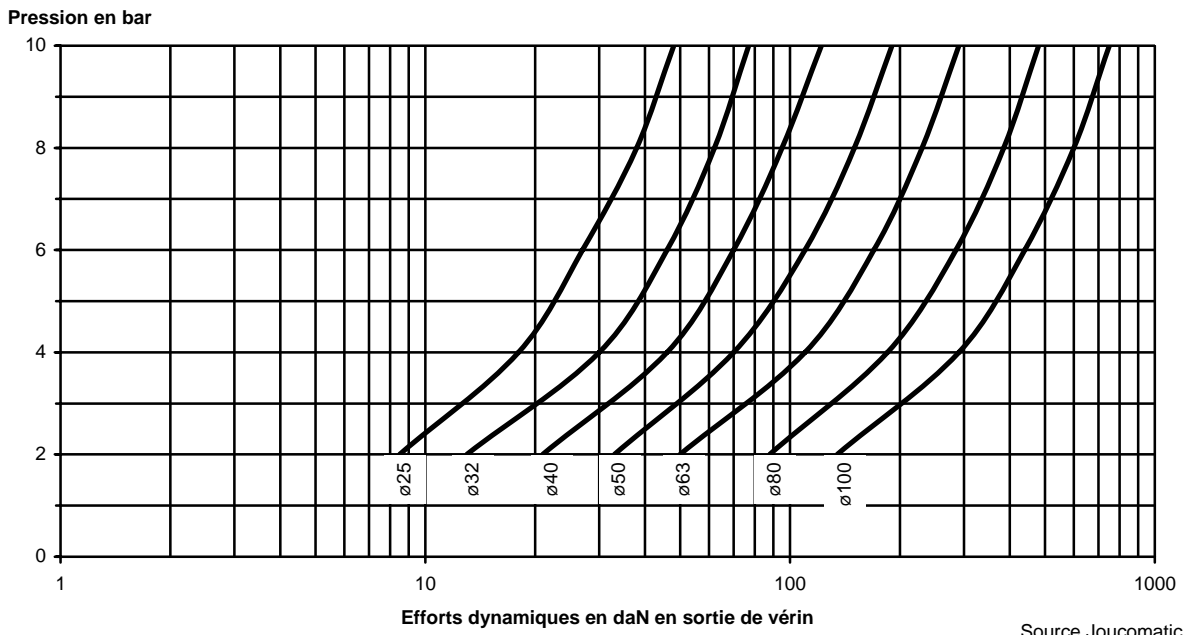
Travail demandé

On vous demande de dimensionner les deux vérins du « poussoir de chargement » sachant que :

- le rendement des vérins est de 0,75
- le taux de charge maximal est de 50%.
- la course des vérins est de 100 mm.

D.3.1. Déterminer l'effort à vaincre par l'un des deux vérins du « poussoir de chargement »

D.3.2. En vous servant de l'abaque ci-dessous déterminer le diamètre normalisé du piston. Faire apparaître le tracé de recherche.



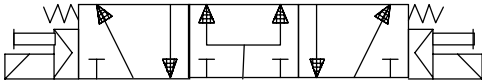
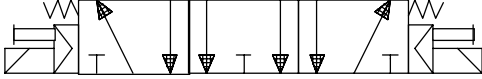
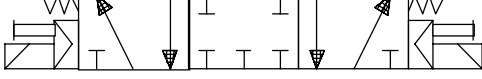
D.3.3. Parmi les vérins présentés sur la documentation technique (voir annexe D1), proposer une référence du vérin avec son système de fixation adapté à notre installation.

D.4. Modification du schéma du poussoir de chargement

D.4.1. Quel sont les nom et rôle de l'appareil repéré 29 sur le schéma du poussoir de chargement (voir annexe D2) ?

D.4.2 Quel sont les nom et rôle de l'appareil repéré 8 sur le schéma du poussoir de chargement (voir annexe D2) ?

D.4.3. Lors d'une opération de maintenance, nous sommes amenés à remplacer le matériel repéré 8 et le distributeur. Malheureusement ils ne sont plus disponibles. Néanmoins, nous disposons au magasin des matériels suivants :

<div>FESTO</div>	
Référence	Représentation
CPE14-M1H-5/3B-QS8	
CPE10-M1H-5/3E-QS6	
CPE10-M1H-5/3G-QS6	

Choisir celui qui convient en justifiant votre choix.