

SESSION 2011

**CAPLP
CONCOURS EXTERNE
ET CAFEP**

**Section : GÉNIE MÉCANIQUE
Option : MAINTENANCE DES SYSTÈMES MÉCANIQUES AUTOMATISÉS**

**ÉCRIT 2
ÉTUDE D'UN SYSTÈME, D'UN PROCÉDÉ
OU D'UNE ORGANISATION**

Durée : 5 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.

Il est demandé au candidat d'utiliser des feuilles de copie distinctes pour chacune des parties traitées et d'insérer les documents réponses, complétés ou non, dans les copies relatives à la partie considérée. Le candidat pourra apporter tous les compléments qu'il souhaite sur ces mêmes copies.

L'ensemble sera alors placé dans une copie qui servira de « chemise » pour toute la composition.

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

Conseil au candidat :

Les parties du sujet sont indépendantes.

SOMMAIRE

Le sujet « Maintenance dans un atelier de moulage » comporte 4 chemises :

1 Dossier Présentation

- Présentation générale : documents DP1 à DP6

2 Dossier Sujet

- Partie 1 : (doc. DS1)
- Partie 2 : (doc. DS1)
- Partie 3 : (doc. DS2 à DS3)
- Partie 4 : (doc. DS4 à DS6)
- Partie 5 : (doc. DS7 à DS8)

3 Dossier Technique

Documents techniques : documents DT1 à DT35

4 Dossier Réponses

Documents réponses : documents DR1 à DR11

		Barème
1 ^{ère} Partie	Étude de la disponibilité du carousel	16 pts
2 ^{ème} Partie	Dysfonctionnement du moteur de rotation du carousel	18 pts
3 ^{ème} Partie	Étude électrique du système	20 pts
4 ^{ème} Partie	Maintenance améliorative du malaxeur	18 pts
5 ^{ème} Partie	Contrôle de position du carousel	18 pts

Chemise : Dossier de présentation

Présentation générale : documents **DP1 à DP6**

Mise en situation générale

La société française de construction mécanique et électrique (S.F.C.M.E) est basée à Libourne dans le département de la Gironde (33). Elle a pour principale activité la fabrication complète du RM6 (Fig. 1).

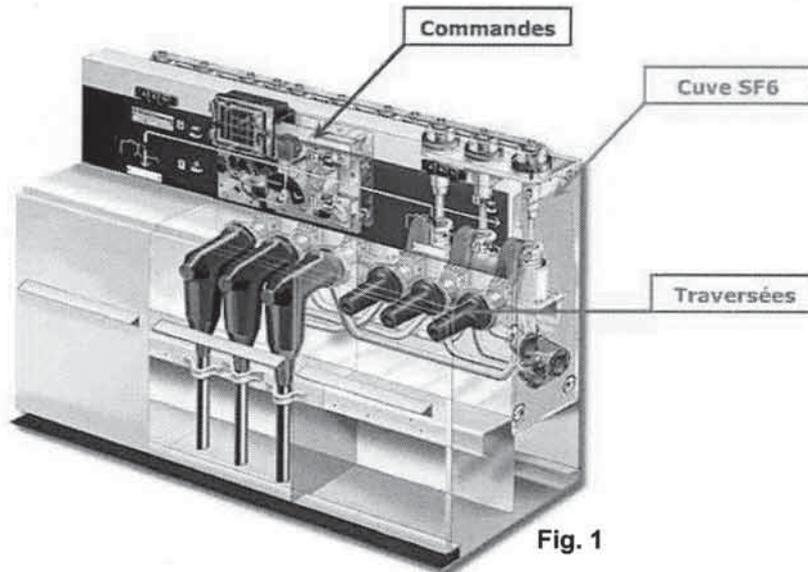


Fig. 1

Le RM6 regroupe dans un ensemble compact, toutes les fonctions **Moyenne tension** de branchement, d'alimentation et de protection de transformateur. C'est un sectionneur de réseau Moyenne tension allant jusqu'à 24 kV. Étant un interrupteur, l'utilisateur peut ainsi couper le réseau en toute sécurité.

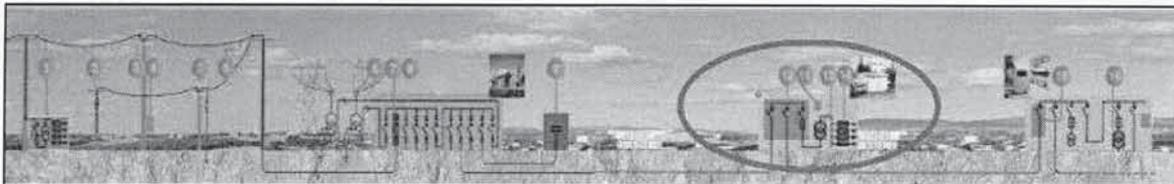


Fig. 2

Modulable et extensible, le RM6 dispose des éléments essentiels suivants :

- des traversées (prises)
- des puits fusibles,
- du gaz SF6
- et suivant les options, des fusibles, des disjoncteurs.

Aujourd'hui à la SFCME, il existe deux lignes de production réparties sur deux bâtiments, l'atelier moulage des composants isolants et l'atelier montage où l'ensemble des pièces du RM6 est assemblé.

Dans l'atelier moulage sont réalisés des puits-fusibles et des traversées en résine d'époxy pour la construction du RM6. Ces pièces sont fabriquées à l'aide de 8 presses et d'un carrousel à 5 moules pour une consommation de 500 tonnes de résine par an. C'est cette dernière machine qui va être étudiée en détails dans le questionnaire du sujet.

Du fait du temps de polymérisation de la résine, ce système industriel de moulage de traversées en résine époxy chargée est composé d'un poste fixe de démoulage (poste 1) et de préparation des moules, d'un poste fixe où a lieu l'injection (poste 2) et d'une partie mobile qui permet de déplacer en rotation les 5 moules comme cela est décrit sur la figure ci-dessous.

Pour le descriptif des postes, se reporter à la figure 11 à la page DP5.

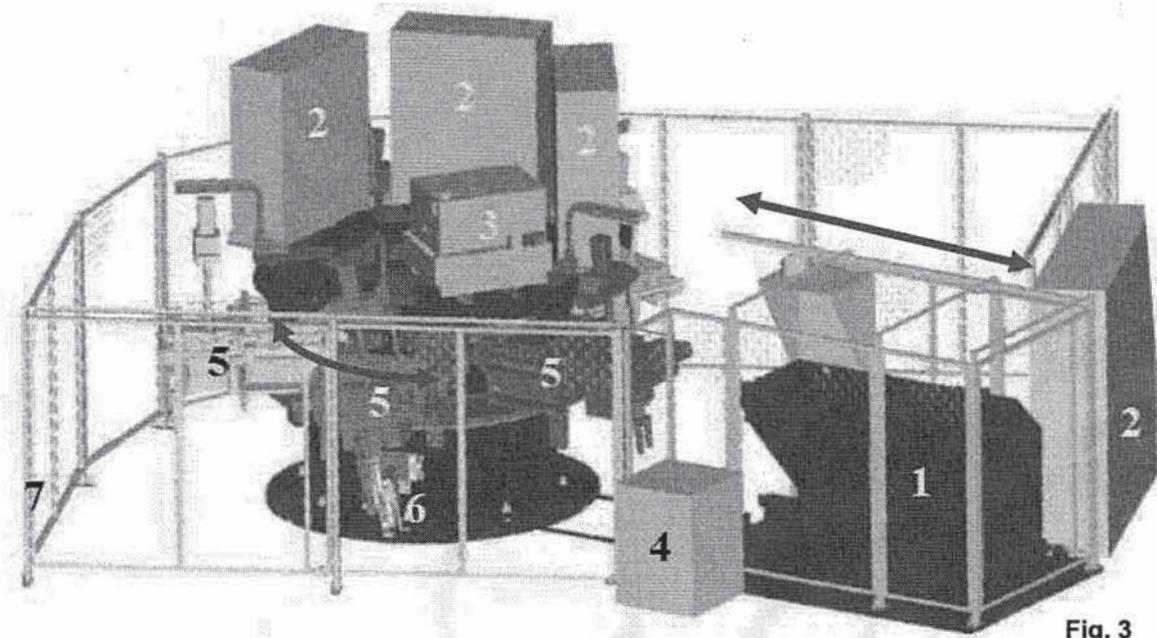


Fig. 3

Légende :

- 1 : Préhenseur, 2 : Armoires électriques, 3 : Groupe hydraulique, 4 : Pupitre de commande
5 : Moule, 6 : Injection, 7: Barrière de sécurité

Le moulage des traversées peut être décomposé avec le niveau A-0 de l'analyse fonctionnelle descendante suivant.

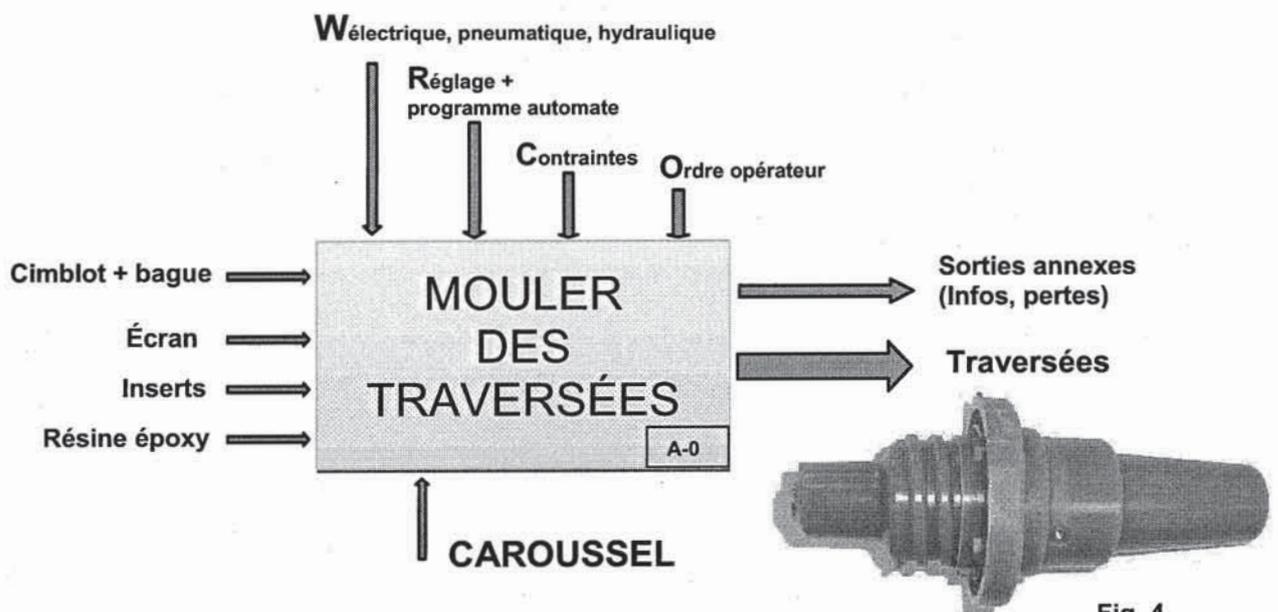


Fig. 4

Le principe du moulage peut être décomposé en 4 opérations :

- Préchauffage du moule et des inserts,
- Injection de la matière dans le moule (42°C),
- Attente de polymérisation dans les fours,
- Démoulage de la pièce,

Un moule (Fig. 5) est constitué d'une partie avant fixe (Fig. 6), d'une partie arrière (Fig. 7) mue par le préhenseur (1 - Fig. 3) et d'une partie basse (bas moule - Fig. 6).

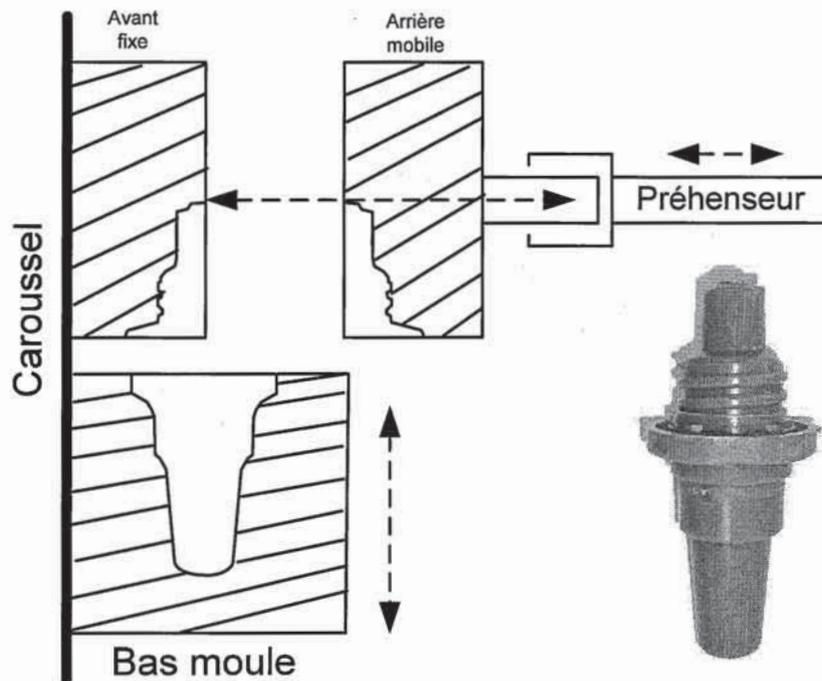
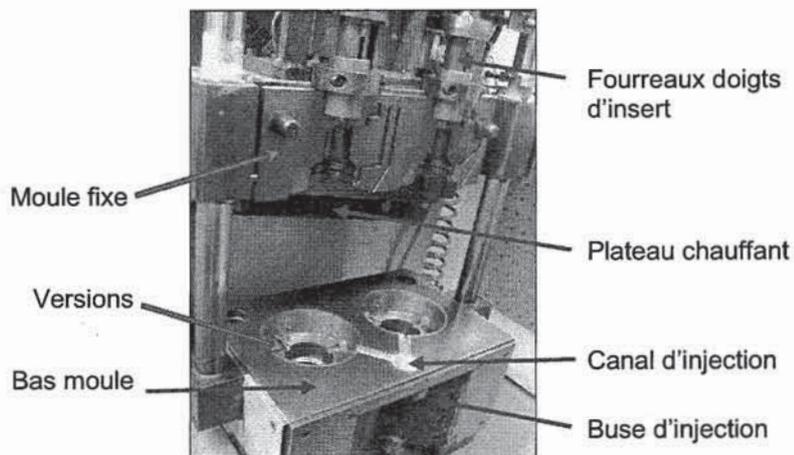
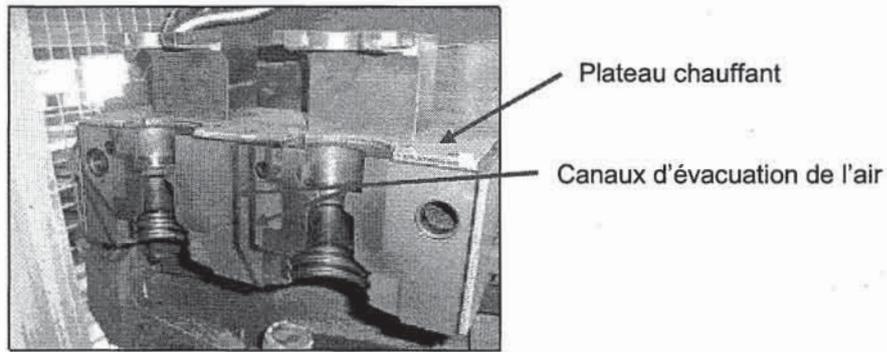


Fig. 5



Partie avant

Fig. 6



Partie arrière

Fig. 7

Sur le poste 2 (poste de moulage), on trouve un malaxeur posé sur une balance qui permet de mesurer la quantité de résine injectée. Une bride sert à l'ouverture de l'injection, réalisée grâce au vérin électrique qui régule la quantité de résine injectée en faisant pression sur le tuyau.

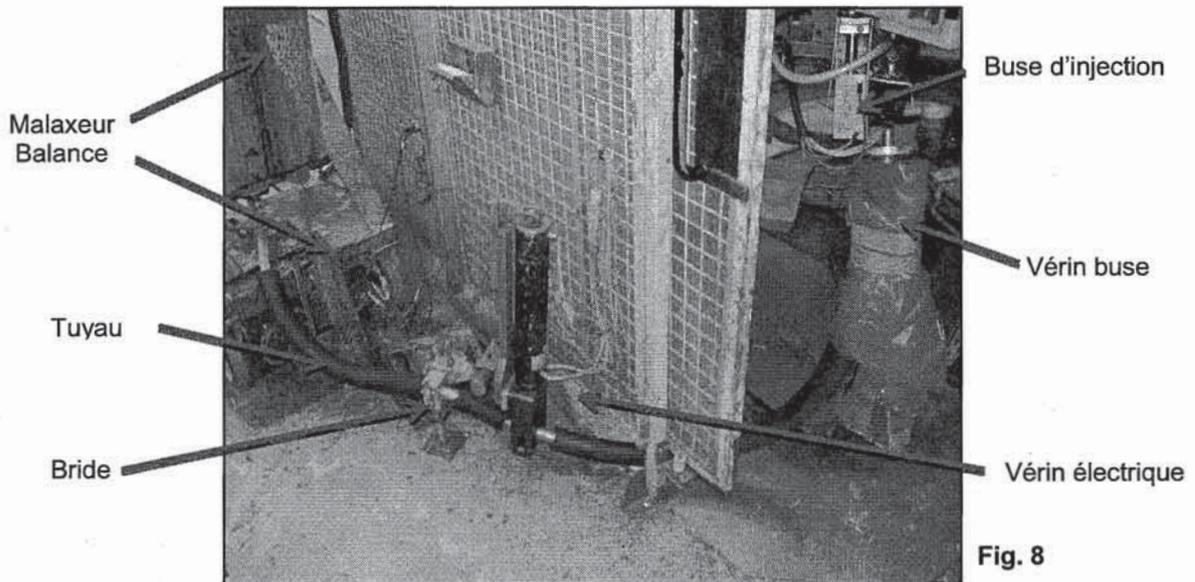


Fig. 8

Le groupe hydraulique est placé sur la partie mobile du carrousel (Fig. 9), ce qui évite les problèmes de distribution. Chaque poste comporte son câblage hydraulique. Ils sont tous identiques (Fig. 10).

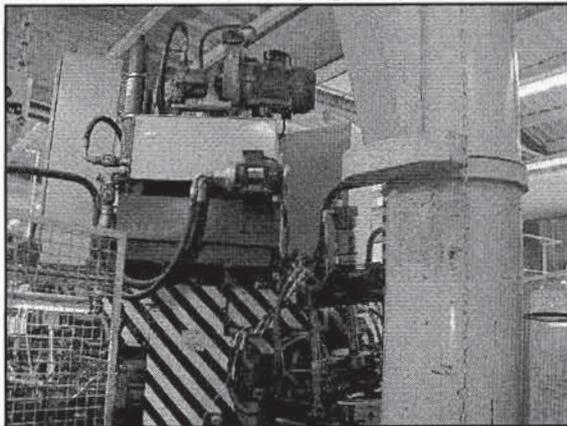


Fig. 9

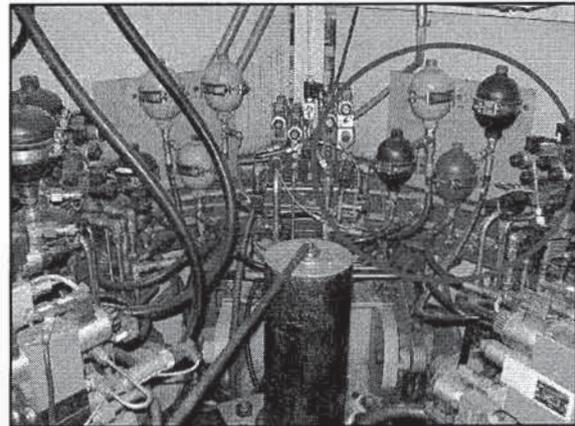


Fig. 10

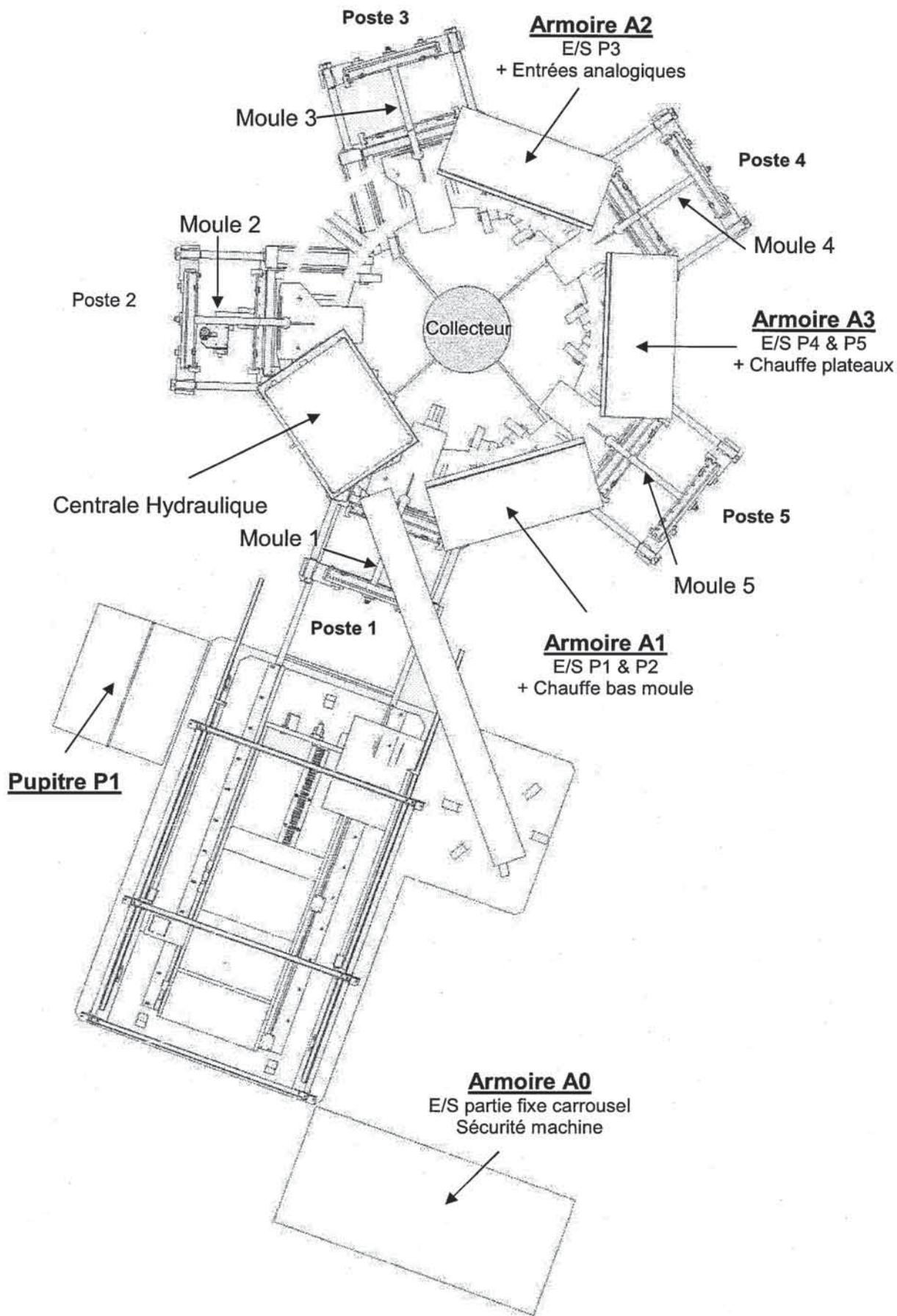


Fig. 11

Présentation du fonctionnement

Machine à l'arrêt et en sécurité, un moule vide et ouvert est présent au poste 1. Le préhenseur est en position arrière.

L'opérateur procède aux opérations de nettoyage des versions (Fig. 6), puis place deux doigts d'insert dans les fourreaux prévus à cet effet.

Il quitte la zone et depuis le pupitre lance le cycle de fabrication.

Le préhenseur (1 – Fig. 3) sort et vient fermer le moule en solidarissant partie avant et partie arrière (Fig. 6 et Fig. 7).

Le préhenseur repart à sa position initiale en arrière.

Le vérin de descente du bas moule (Fig. 5) vient fermer le moule sur ses parties haute (avant + arrière) et basse.

Par rotation de l'ensemble sur l'axe du carrousel, le moule se déplace ensuite vers le poste 2. S'ensuit la phase d'injection de la résine.

L'injection terminée, des rotations successives sont effectuées, afin d'amener le moule aux postes 3, 4 et 5 où des contrôles de température sont effectués durant la durée du cycle.

Ces contrôles terminés, une dernière rotation ramène le moule au poste 1. Le vérin de descente du bas moule désolidarise partie basse et haute. Le préhenseur sort et détache partie avant et arrière puis repart en position arrière. Les 2 traversées réalisées sont ensuite démoulées par l'opérateur.

Le moule 1 va donc successivement passer par les postes 1, 2, 3, 4 et 5.

Quand le moule 1 passe du poste 1 au poste 2, le moule 2 passe du poste 5 au poste 1, le moule 3 du poste 4 au poste 5 et ainsi de suite. Ceci permet donc de traiter 10 traversées sur une rotation complète du carrousel.

Chemise : Dossier Sujet

Étude de la disponibilité du carrousel :

doc. **DS1**

Dysfonctionnement du moteur de rotation du carrousel :

doc. **DS1**

Étude électrique du système:

doc. **DS2 à DS3**

Maintenance améliorative du malaxeur :

doc. **DS4 à DS6**

Contrôle de position du carrousel :

doc. **DS7 à DS8**

Partie 1 - Étude de la disponibilité du carrousel

L'étude sera conduite sur la période du 1^{er} janvier 2005 au 31 décembre 2006 à partir des éléments d'historique fournis dans les pages du dossier technique.

Question 1.1	Document(s) à consulter : DT1 à DT6	Réponse sur : copie
--------------	--	---------------------

Calculez pour chaque-sous ensemble le MTTR et le MTBF

Question 1.2	Document(s) à consulter : DT1 à DT6	Réponse sur : copie
--------------	--	---------------------

Précisez pour chacun des sous-ensembles, le taux de défaillance, dont vous rappellerez la définition.

Question 1.3	Document(s) à consulter : DT1 à DT6	Réponse sur : copie
--------------	--	---------------------

Donnez la disponibilité opérationnelle du système.

Question 1.4	Document(s) à consulter : DT1 à DT6	Réponse sur : copie
--------------	--	---------------------

Sur quel sous-ensemble doit-on travailler de façon prioritaire afin d'améliorer la disponibilité du système ?

Question 1.5	Document(s) à consulter : DT1 à DT6	Réponse sur : copie
--------------	--	---------------------

À partir d'une analyse Pareto, quels sont les éléments les plus pénalisants sur ce sous-ensemble ?

Partie 2 – Dysfonctionnement du moteur de rotation du carrousel

Le système d'entraînement en rotation est victime de nombreux dysfonctionnements. Afin de limiter l'apparition de ces problèmes, on souhaite faire des modifications des phases de démarrage et de freinage de façon à les rendre plus progressives.

Question 2.1	Documents à consulter : DT7 à DT12, DT14	Répondre sur : DR1
--------------	---	---------------------------

Complétez la chaîne fonctionnelle de la fonction permettant d'effectuer la rotation du carrousel sous forme de schéma bloc. Vous noterez quand c'est possible les grandeurs physiques échangées et leurs valeurs. Vous n'étudierez pas les sorties du variateur L01, L02, L14, R2A, R1A, A01 et A02. Le carrousel ne tourne que dans le sens avant.

Question 2.2.1	Documents à consulter : DT7 à 14	Répondre sur : DR2
----------------	---	---------------------------

Relevez les paramètres de la voie 0 envoyant la consigne de vitesse de rotation au variateur du carrousel (l'adresse complète du mot de sortie %QW x,x et ses valeurs mini et maxi) et complétez le tableau d'adressage des variables utilisées par la partie commande.

Question 2.2.2	Documents à consulter : DT13 et DT14	Répondre sur : DR2 et DR3
----------------	---	----------------------------------

Analysez le GRAFCET de fonctionnement de la rotation du système en complétant le chronogramme du document réponse. Vous préciserez la valeur de %MW190 lorsqu'il aura un lien avec l'évolution du chronogramme.

Représentez ce programme sous forme d'un organigramme (contenu de X23 uniquement).

Question 2.2.3	Documents à consulter : ----	Répondre sur : DR4
----------------	------------------------------	---------------------------

Le grafcet a été modifié afin d'avoir une rampe d'accélération et une rampe de décélération lors du pilotage du mouvement de rotation. On vous demande de calculer les pas d'accélération et de décélération afin que la rampe dure 2s pour passer de la vitesse nulle à la vitesse maximum et 1,5 s pour décélérer de la vitesse maximum à la valeur minimum, égale à 10% de la vitesse maximum. Pour cela, vous vous référerez au chronogramme donné sur le document réponse.

Partie 3 - Étude électrique du système

3.1 Chauffage du moule

La confection des traversées se fait à travers un moule chauffé dans lequel est introduit un matériau composite sous pression. Cette chauffe se fait grâce à des résistances électriques de 300W chacune dans un réseau triphasé 3x400V + N + PE.

Question 3.1.1	Document(s) à consulter : DT15	Réponse sur : copie
----------------	---------------------------------------	---------------------

Quel est le couplage des résistances du moule bas gauche P2 ? Quelle est la valeur efficace de la tension nominale de fonctionnement d'une des résistances de ce moule ?

Question 3.1.2	Document(s) à consulter : DT15	Réponse sur : copie
----------------	---------------------------------------	---------------------

Calculez la valeur unitaire en Ohm (Ω) d'une des résistances.

Question 3.1.3	Document(s) à consulter : DT15	Réponse sur : DR5
----------------	---------------------------------------	--------------------------

Par la suite (et pour les questions suivantes), afin d'obtenir une puissance de chauffe différente, le service maintenance a remplacé les 7 résistances (R1-2 à R7-2) par 7 résistances de valeur ohmique 90 Ω chacune dans la même structure.

Calculez la valeur efficace de chacun des courants de ligne alimentant ce nouveau récepteur ainsi que la valeur efficace du courant de neutre.

Vous pourrez vous appuyer sur la figure 1 du DR5 en précisant les échelles utilisées.

Question 3.1.4	Document(s) à consulter : DT16 à DT18	Réponse sur : copie
----------------	--	---------------------

Le service maintenance a cependant du changer plusieurs fois des résistances de chauffe des phases 2 et 3 suite à des surcharges non interrompus. Il a donc été décidé de rajouter une protection par fusibles au plus proche des récepteurs. Justifiez cette proximité et choisissez, en justifiant, le ou les dispositifs de protection adéquats contre les surcharges à l'aide des documents constructeurs fournis.

Suite à un choc mécanique, le conducteur de neutre vient à rompre. Nous nous trouvons donc dans le cas d'un récepteur triphasé déséquilibré sans neutre. Vous allez étudier dans les questions suivantes l'importance de la présence du conducteur de neutre sur ce type d'installation.

Question 3.1.5	Document(s) à consulter : DT19	Réponse sur : copie
----------------	---------------------------------------	---------------------

Calculez le groupement équivalent à l'existant. Vous représenterez le récepteur ainsi obtenu en précisant les valeurs ohmiques des éléments constitutifs.

Question 3.1.6	Document(s) à consulter :	Réponse sur : copie
----------------	---------------------------	---------------------

Calculez les valeurs efficaces des courants dans les récepteurs de ce nouveau groupement.

Question 3.1.7	Document(s) à consulter : ----	Réponse sur : DR5
----------------	--------------------------------	--------------------------

Calculez à partir des résultats précédents, les nouvelles valeurs efficaces des courants de ligne dans les récepteurs initiaux.

Vous pourrez vous appuyer sur la figure 2 du DR5 en précisant les échelles utilisées.

Question 3.1.8	Document(s) à consulter : ----	Réponse sur : copie
----------------	--------------------------------	---------------------

À partir des valeurs de ces courants efficaces de ligne, calculez les valeurs efficaces des trois nouvelles tensions simples équivalentes à point neutre fictif. Quels sont alors les risques encourus par le récepteur ? Que doit-on respecter également concernant la protection du conducteur de neutre ?

3.2 Protection des Personnes

Question 3.2.1	Document(s) à consulter : ----	Réponse sur : copie
----------------	--------------------------------	---------------------

Le Schéma de liaison à la Terre de cette installation est le I.T. Quel matériel spécifique retrouve t'on obligatoirement dans ce type de schéma ?

Question 3.2.2	Document(s) à consulter : ----	Réponse sur : copie
----------------	--------------------------------	---------------------

Donnez la signification des deux lettres du Schéma de Liaison à la Terre donné à la question précédente.

Question 3.2.3	Document(s) à consulter : ----	Réponse sur : copie
----------------	--------------------------------	---------------------

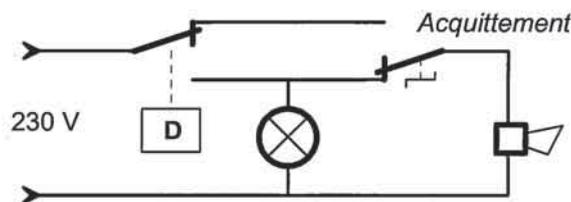
Citez les avantages et inconvénients d'un tel Schéma de Liaison à la Terre.

Question 3.2.4	Document(s) à consulter : ----	Réponse sur : copie
----------------	--------------------------------	---------------------

Dans le cas d'une maintenance de l'installation en cas de premier défaut d'isolement, donnez les méthodes ou moyens de localisation de défaut simple.

Question 3.2.5	Document(s) à consulter : ----	Réponse sur : copie
----------------	--------------------------------	---------------------

Le schéma d'un circuit d'alarme (au repos) raccordé à l'appareil repéré D signalant tout défaut d'isolement est représenté ci dessous.



- Que se passe-t-il dès qu'un défaut est constaté par cet appareil ?
- Que se passe-t-il après acquittement du défaut par action sur le commutateur par le personnel d'entretien ?
- Que se passe-t-il dès que la partie en défaut est ensuite mise hors tension ?

Question 3.2.6	Document(s) à consulter : DT20 et DT21	Réponse sur : copie
----------------	--	---------------------

La restructuration de l'entreprise oblige à des modifications de la distribution de l'énergie électrique des différents ateliers. Le service maintenance souhaite optimiser ces changements en conservant le maximum de matériel. La nouvelle ligne du coffret1 prendra place dans un ancien secteur inoccupé actuellement. Celle-ci sera alimentée par une canalisation préfabriquée, à partir du poste (DT20) par l'intermédiaire d'un câble en cuivre de longueur 130 mètres muni de 3 conducteurs et d'un conducteur PE séparé.

Protection assurée par le disjoncteur C250 équipé d'un déclencheur D250 avec réglage magnétique à $5 \times I_n$.

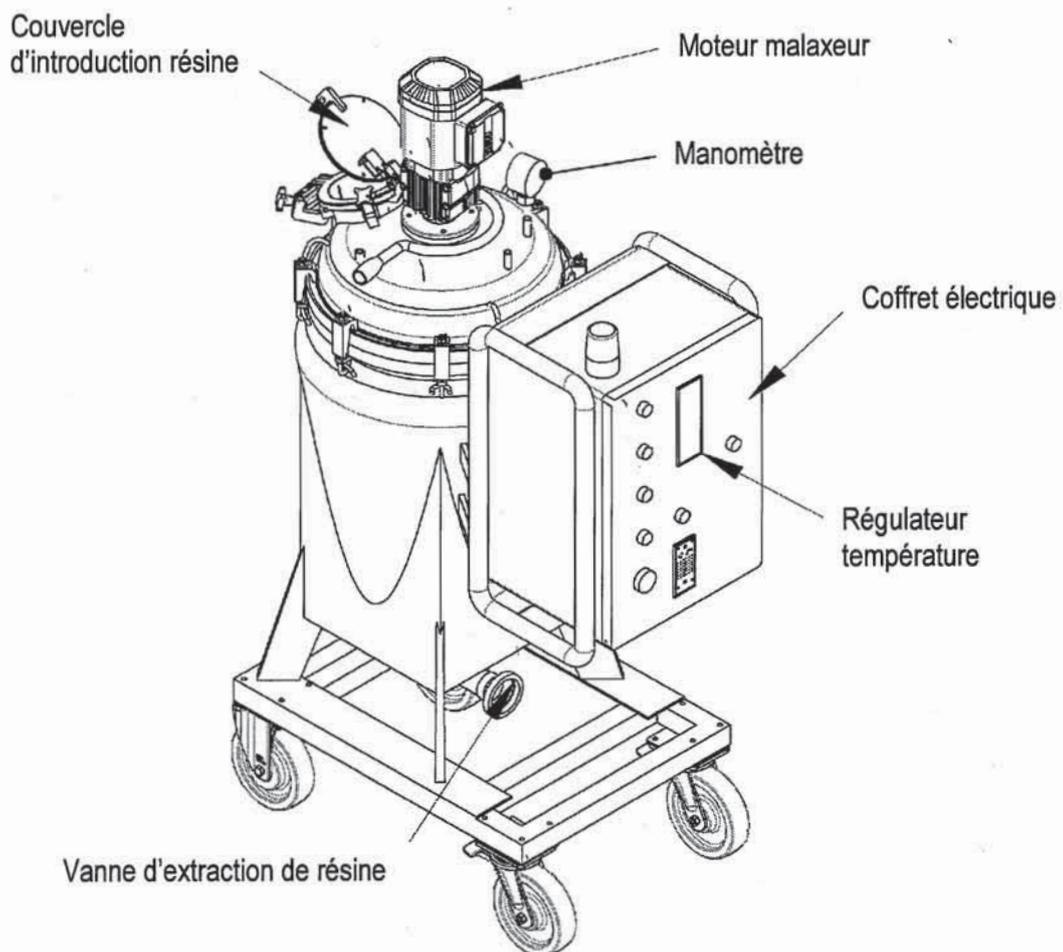
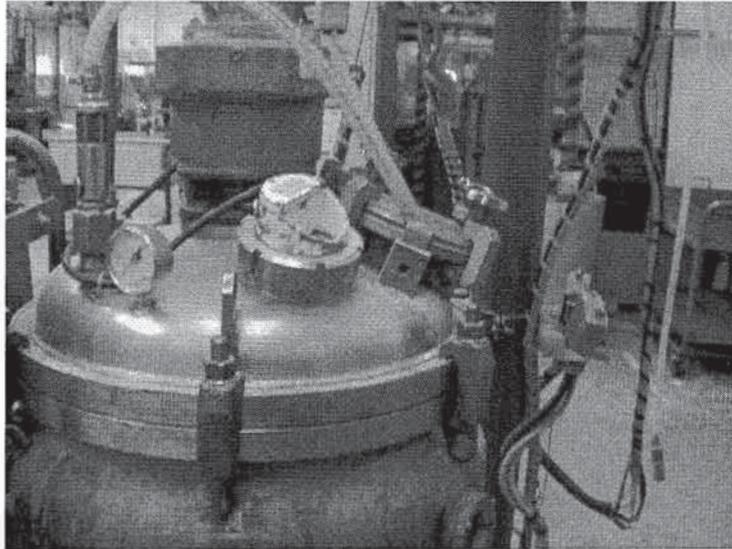
A l'aide du DT21, montrez pourquoi la protection de personnes n'est pas assurée cette l'installation.

Le service maintenance pour remédier à ce problème, décide de changer la section du conducteur PE d'alimentation.

Calculez la section du conducteur PE qui assurera la protection des personnes. Etablissez le devis matériel de la modification.

Partie 4 - Maintenance améliorative du malaxeur

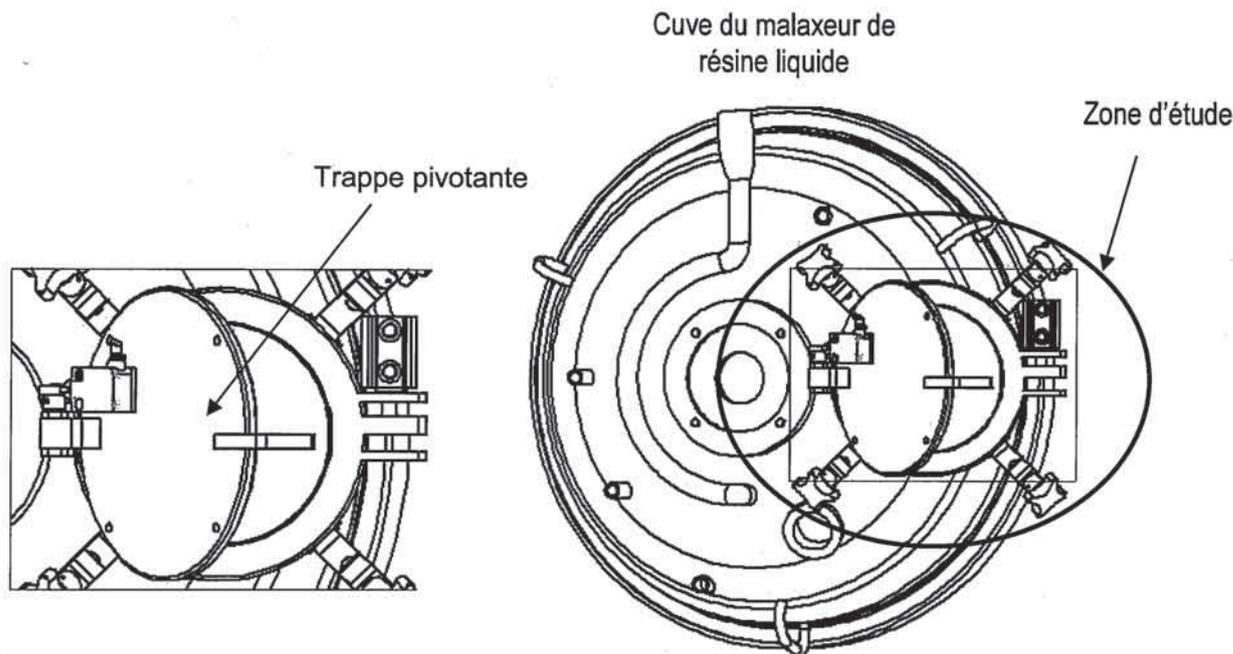
Le système d'alimentation en résine est constitué d'un malaxeur mobile qui maintient la résine sous une pression de 2 bars à température régulée et en agitation permanente.



Du fait même de leur mobilité et des changements d'équipes de production, des risques de déverrouillage inopinés du couvercle des malaxeurs de résine existent et constituent ainsi l'une des problématiques rencontrées.

On se propose donc d'étudier la mise en œuvre d'un dispositif de verrouillage de la trappe, la condamnant tant que le système est sous pression ou/et le moteur d'agitation est en service.

4.1 – Détection de la fermeture de la trappe de remplissage



L'interrupteur que l'on se propose de mettre en place est référencé XCMN2103L1.

Question 4.1.1	Document(s) à consulter : DT22 à DT27	Réponse sur : DR6
----------------	--	--------------------------

Représentez l'implantation réalisée de ce détecteur à l'échelle 1 : 1. Une plaque support permettant de faire coïncider, l'axe de l'interrupteur et celui de l'axe de la trappe sera prévue. Vous en préciserez l'épaisseur

Question 4.1.2	Document(s) à consulter : ----	Réponse sur :
----------------	--------------------------------	---------------

Donnez la désignation et une représentation « à main levée » :

- Des vis de fixation de l'interrupteur sur la plaque support.
- Des vis de fixation de la plaque support sur la trappe.

Question 4.1.3	Document(s) à consulter : DT28 et DT29	Réponse sur :
----------------	---	---------------

Vous préciserez l'ajustement de l'axe de trappe avec la trappe elle-même, qui permettrait un guidage précis de celle-ci en rotation. Donnez le jeu maximum et le jeu minimum.

La solution finalement retenue n'est pas celle-ci ; l'orifice de la trappe est oblong. Expliquez ce choix qui ne permet pourtant plus un guidage aussi précis en rotation.

Question 4.1.4	Document(s) à consulter : DT28 et DT29	Réponse sur : DR6
----------------	---	--------------------------

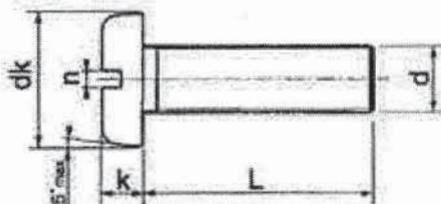
Modélisez la came, qui, fixée à l'axe de la trappe, va commander l'activation de l'interrupteur à la fermeture.

4.2 – Verrouillage de la porte

Le verrouillage de la porte va être réalisé par un vérin pneumatique double effet Bosch Rexroth à course courte type KHZ082201063X, dont les documentations vous sont données pages RES mal3 à RES mal6.

Question 4.2.1 | Document(s) à consulter : **DT27, DT31 à DT33** | Réponse sur : **DR6**

Précisez quelle doit être la course du vérin, sachant qu'il doit être amené en fin de course contre une butée, et que la tige est munie à son extrémité d'une vis DIN 85 A2 ISO 1580 Inox



	d	M1,6	M2	M2,5	M3	M4	M5	M6	M8
dk		3	4	5	6	8	10	12	16
k		1	1,2	1,5	1,8	2,4	3	3,6	4,8
n		0,4	0,7	0,8	0,8	1,2	1,2	1,6	2
L			x	x	X				
4		x	x	x	x	x			
5		x	x	x	x	x	x		
6		x	x	x	x	x	x	x	
8		x	x	x	x	x	x	x	x
10			x	x	x	x	x	x	x

Question 4.2.2 | Document(s) à consulter : ---- | Réponse sur : **DR7**

Complétez le schéma en y faisant figurer, le vérin tige rentrée en rouge. Vous prendrez soin de montrer la tige sortie en butée.

Question 4.2.3 | Document(s) à consulter : ---- | Réponse sur : copie

Quel type de capteurs serait adapté à la détection de la sortie et de la rentrée de la tige. Vous expliquerez en quelques lignes le principe qu'ils mettent en œuvre.

Question 4.2.4 | Document(s) à consulter : ---- | Réponse sur : copie

Précisez la signification de la désignation G1/8 qui est faite du raccordement air comprimé. Donnez en les caractéristiques principales.

Question 4.2.5 | Document(s) à consulter : **DT31** | Réponse sur : copie

Précisez la désignation et la fonction des composants PS522 et Rp25.

Question 4.2.6 | Document(s) à consulter : | Réponse sur : copie

Expliquez le principe de montée - descente de la cuve du malaxeur.

Partie 5 : Contrôle de position du carrousel

On considérera dans cette partie que le GRACFET de gestion de la rotation est le GRACET donné sur le DT14. On souhaite pouvoir vérifier que le mouvement de rotation se fait correctement. En effet, il arrive que le carrousel ne s'arrête pas avec une orientation qui permette au préhenseur de saisir correctement la partie mobile du moule. Ce problème est dû au mauvais comptage des dents de la couronne. Cela engendre des contraintes de reprise de production importantes.

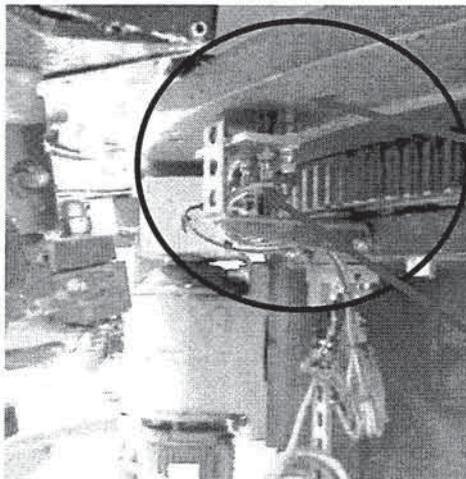
Question 5.1 | Document(s) à consulter : DT14 | Réponse sur : DR8

Sur le document réponse, représentez de façon hachurée la zone de collision du carrousel et du préhenseur.

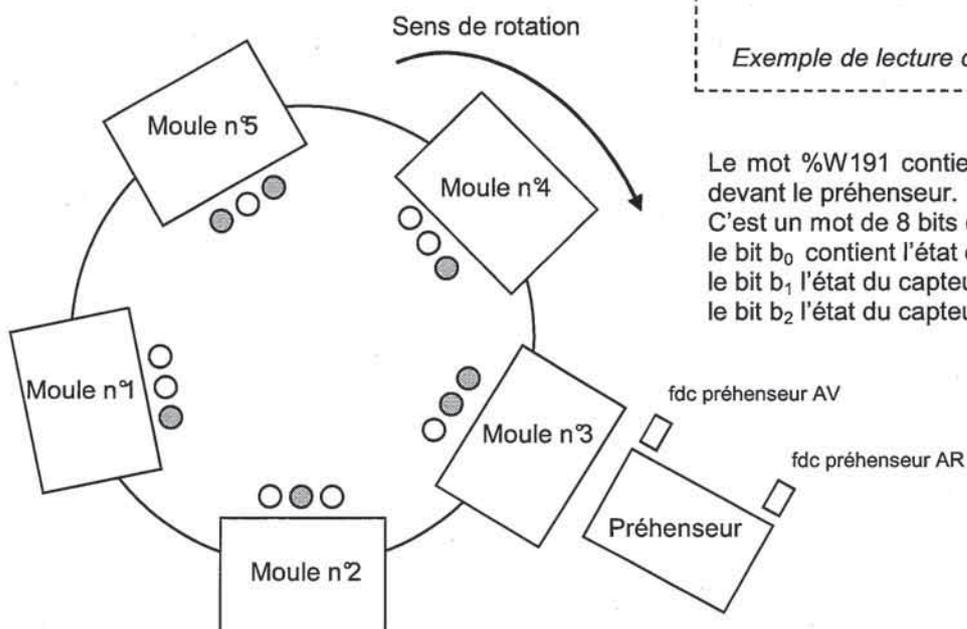
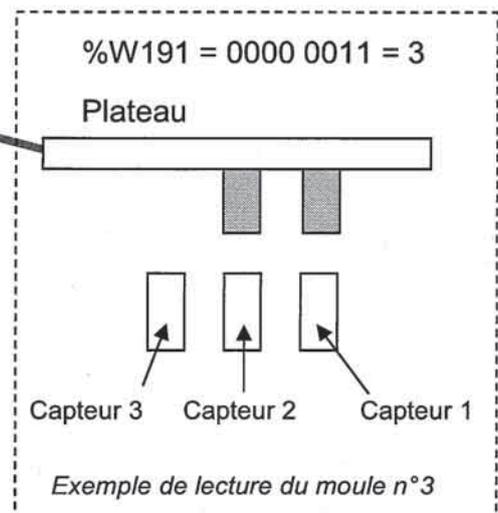
Question 5.2 | Document(s) à consulter : DT7 et DT11 | Réponse sur : copie

Justifiez l'utilisation du contact SQ8A sur le schéma électrique puissance du variateur. Quelle sécurité pourrait-on ajouter sur les contacteurs des moteurs préhenseur et rotation ?

Pour pouvoir vérifier l'arrêt du carrousel dans une bonne position, on installe sous le plateau des capteurs qui indiqueront le numéro du moule positionné au poste de chargement face au préhenseur. Le temps de rotation d'un poste est estimé à 15s.



Capteurs sous le plateau



Le mot %W191 contient la valeur du moule devant le préhenseur. C'est un mot de 8 bits où :
le bit b_0 contient l'état du capteur 1,
le bit b_1 l'état du capteur 2 et
le bit b_2 l'état du capteur 3.

L'affectation de la valeur des entrées (capteurs 1,2 et 3) dans les bits du mot %W191 se fait dans le programme de l'automate et n'est pas à traiter. Les questions Q5.3.2, Q5.3.3 et Q5.3.4 faisant partie de la même étude, les documents techniques et réponse devront être traités ensemble.

Question 5.3.1	Document(s) à consulter : ----	Réponse sur : copie
----------------	--------------------------------	---------------------

Justifiez le nombre de capteurs utilisés.

Question 5.3.2	Document(s) à consulter : DT14, DT34 et DT35	Réponse sur : DR9
----------------	---	--------------------------

Complétez le GRAFCET de défaillance Gdef suivant le cahier des charges donné sur le **DT34**.

Question 5.3.3	Document(s) à consulter : DT14, DT34 et DT35	Réponse sur : DR10
----------------	---	---------------------------

Synchronisez, à l'aide de variables d'étapes, le GRAFCET Gdef et le GRAFCET de mode de marche GMMA.

Question 5.3.4	Document(s) à consulter : DT14, DT34 et DT35	Réponse sur : DR11
----------------	---	---------------------------

Modifiez le GRAFCET de rotation Grot de façon à répondre au cahier des charges du **DT34**.