

PARTIE A1 DISTRIBUTION HTA

A1-1 : ETUDE DE L'INSTALLATION HTA

En vous référant aux documents ressources (CAHIER 2) suivants :

- PAGE R 01 (folio 01)
- PAGE R 02 (folio 05)
- PAGE R 03
- PAGE R 10

► **A1-1.1** : Compléter le schéma unifilaire de l'installation CAHIER 4 PAGE T01A (folio 04) en procédant comme suit :

- ❑ compléter le repérage des 4 cellules référencées P... sur le schéma (cadre grisé), en précisant l'intensité nominale.

exemple

P 104 400 A

Remarque: en cas de double emploi d'un repère (ex: P 114), affecter les suivants d'une lettre indice (ex: P 114 et P 114a).

- ❑ à l'aide du document CAHIER 2 PAGE R10, compléter les traits d'axe délimitant les différentes zones d'application des normes (NF C 13-100, NF C 13-200, NF C 15-100)
- ❑ délimiter par des cadres de couleur bleue les frontières des différents postes (ex : POSTE DE LIVRAISON EDF 1...)

► **A1-1.2** : Expliquer en quelques lignes, les avantages de la COGENERATION par rapport à un système d'alimentation conventionnel.

- se référer au document ressource CAHIER 2 PAGE R03

Les avantages de la cogénération sont :

- Meilleur rendement
- Continuité de service en cas de coupure du réseau EDF,
- Possibilité de revendre de l'énergie électrique,
- Utilisation de l'énergie au meilleur prix

► **A1-1.3** : Rédiger en quelques lignes une critique objective relative à la distribution générale en énergie électrique dans cette entreprise.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
Les postes secours, désencrage, B15, B21 sont en coupure d'artère, alimentés par l'une ou l'autre des arrivées EDF (1 ou 2)	Le poste AKILUX ne fait pas partie de la boucle. Il n'y a pas de continuité de service.

CAHIER	PARTIE	QUESTIONNEMENT	Session 2005
03	A2	Distribution B.T.	Page Q1/29

- **A1-1.4** : Enumérer le rôle des clés équipant les cellules en haute tension.

Les clés installées sur les cellules des différents postes autorisent les manœuvres de fermeture ou d'ouverture des disjoncteurs, sectionneurs dans un ordre précis. Les clés sont libérées ou prisonnières, ce qui impose le respect des procédures de conduite du poste.

A1-2 : AMELIORATION DE LA CONTINUITE DE SERVICE

Sur le document réponse CAHIER 4 PAGE T02 (folio 02), on constate:

- toutes les liaisons entre postes sont supprimées
- deux cellules supplémentaires sont rajoutées, respectivement au POSTE LIVRAISON EDF 2 (P205) et au POSTE AKYLUX 1 (P16)

Ces modifications ont pour objectif d'améliorer la continuité de service.

- **A1-2.1** : Tracer les liaisons entre les différents postes en intégrant les cellules supplémentaires P55 et P120 (CAHIER 4 PAGE T 02 (folio 02)), dans le but d'intégrer le poste AKYLUX dans la boucle initiale.

- repérer les liaisons (C2, C3...)

Remarque: le câble C1 qui initialement aboutissait au poste "P106 ak1" est déplacé au poste P16.

- **A1-2.2** : Reporter la modification proposée à la question précédente sur le schéma unifilaire (CAHIER 4 PAGE T01B (folio 04)).

A1-2.3 : Le poste de distribution comporte un **générateur homopolaire** comme indiqué sur le document ressource CAHIER 2 PAGE R02 (folio 05).

- On se propose d'étudier l'incidence de l'apparition d'un courant de défaut I_0 sur une installation électrique, en prenant en compte :
 - l'absence d'un **générateur homopolaire**
 - la présence d'un **générateur homopolaire**

- **A1-2.3/1**: Flécher le parcours du courant de défaut I_0 (CAHIER 4 PAGE T 03 (figure 1)) en l'absence d'un générateur homopolaire.

Remarque: mettre en évidence le fait que le courant de défaut I_0 se décompose en deux courants I_{d1} et I_{d2} .

CAHIER	PARTIE	QUESTIONNEMENT	Session 2005
03	A2	Distribution B.T.	Page Q2/29

- **A1-2.3/2** : Flécher le parcours du courant de défaut I_0 (CAHIER 4 PAGE T 03 (figure 2)) en présence d'un générateur homopolaire.

Remarque: mettre en évidence le fait que le courant de défaut I_0 se décompose en trois composantes respectivement I_{d1} , I_{d2} et I_{d3} au travers du générateur homopolaire.

- **A1-2.3/3** : En vous appuyant sur le fléchage des courants de la question précédente, justifier l'utilisation d'un **générateur homopolaire** au sein d'une distribution HTA.

Seul le disjoncteur de la source en défaut déclenche sur un défaut de fuite à la terre. Il y a continuité de service.

A1-3 : COMPTAGE ET GESTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE

- **Cahier des charges**

La gestion de l'énergie électrique s'effectue par le biais d'une centrale de mesures.

Les caractéristiques de cette dernière sont les suivantes:

- mesures des grandeurs physiques (tensions, courants, puissances...)
- comptage des énergies (actives, réactives et apparentes)
- prise en compte et analyse des harmoniques
- communication entre la centrale de mesures et un ordinateur (protocole SYMAX via port RS 485 ou module ETHERNET)
- coût financier réduit au minimum

- **A1-3.1** : Déterminer la référence complète de la centrale de mesures répondant aux exigences du cahier des charges.

Justifier votre choix.

- se référer aux documents ressources CAHIER 2 PAGES R 04 , R 05 et R 06.

Type et référence de la centrale de mesures:

CM 2250

Justifications:

Les caractéristiques de la centrale de mesures CM2250 correspondent aux exigences du cahier des charges :

- Mesures instantanées : Tension, intensité puissances (actives, réactives et apparentes),
- Comptage des énergies : Énergie cumulées (actives, réactives et apparentes),
- Analyse du signal : Capture d'onde pour analyse d'harmonique, mesure du THD,
- Communication via une liaison RS 485 avec un protocole Symax

Les centrales de mesures de type PM et CM 2150 ne conviennent pas car elles ne permettent pas l'analyse des harmoniques.

CAHIER	PARTIE	QUESTIONNEMENT	Session 2005
03	A2	Distribution B.T.	Page Q3/29

- **A1-3.2** : Compléter le schéma électrique de raccordement de la centrale de mesures (CAHIER 4 PAGE T 04 (folio 06)).

Remarque: les différents appareillages de mesures (TC et TP) doivent avoir un point commun raccordé à la TERRE (PE) et une protection adaptée.

PARTIE A2 DISTRIBUTION BT

A2-1 : EXTENSION DU DEPART P119

Il s'agit du départ AKYLUX 1 dont le schéma de distribution existant est conforme au document ressources CAHIER 2 PAGE R07 (folio 07). La mise en place d'une nouvelle ligne d'extrusion impose de revoir à la hausse la puissance disponible au niveau de ce départ.

On veut disposer d'une puissance apparente $S_T = 2,5$ MVA.

Pour atteindre cet objectif, on branche un nouveau transformateur en parallèle avec celui en place.

L'indice horaire et le sens des enroulements du transformateur existant Y119 est inconnu, mais il peut se déterminer par la méthode dite "des électriciens".

- **A2-1.1** : Calculer la puissance apparente totale S_T de l'installation existante, en tenant compte du facteur de simultanéité.

► se référer au document ressource CAHIER 2 PAGE R 07 (folio 07).

$$\text{Si } I_t = \sum I \text{ alors } I_t = 1250 + 630 + 630 + 100 = 2610 \text{ A}$$

$$I_c = K_s \times I_t = 2610 \times 0,8 = 2088 \text{ A}$$

$$S = \sqrt{3} \times U \times I = \sqrt{3} \times 410 \times 2088 = \boxed{1,48 \text{ MVA}}$$

- **A2-1.2** : Déterminer la puissance théorique du nouveau transformateur afin de pouvoir disposer d'une puissance $S_T = 2,5$ MVA et en respectant les conditions de mise en parallèle de deux transformateurs.

► se référer au document ressource CAHIER 2 PAGE R 09.

Puissance du transformateur existant Y119:

1,6 MVA

Puissance totale à fournir:

2,5 MVA

Puissance théorique du second transformateur:

Vérification : La puissance du plus gros transformateur ne doit pas dépasser deux fois celle du plus petit :

$S_{Y119} = 1,6$

$S_{Y119a} > S_{Y119}/2$

$S_{Y119a} > 1,6/2$

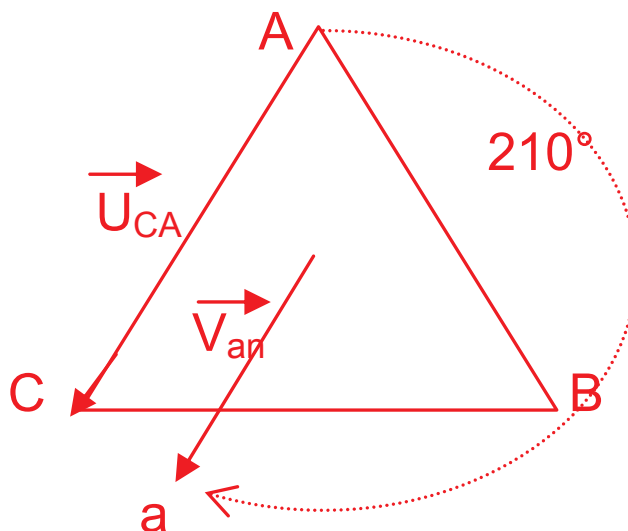
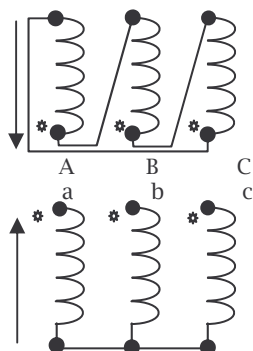
$S_{Y119a} > 0,8 \text{ MVA}$

0,9 MVA

CAHIER	PARTIE	QUESTIONNEMENT	Session 2005
03	A2	Distribution B.T.	Page Q4/29

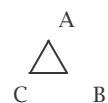
► **A2-1.3** : Le schéma du couplage est dessiner ci-dessous, déterminer l'indice horaire du transformateur Y119.

Alimentation triphasée
3 x 10V 50Hz



INDICE HORAIRE
DE Y119:

7



CAHIER	PARTIE	QUESTIONNEMENT	Session 2005
03	A2	Distribution B.T.	Page Q5/29

A2-1.4 : On admet que le nouveau transformateur **Y119a** branché en parallèle avec Y119 fournit une puissance apparente comprise entre 1 et 2 MVA.

Il s'agit à présent de déterminer ses caractéristiques et sa référence.



► **A2-1.4/1 :** Compléter le tableau suivant :

- on impose $\cos\varphi = 0,8$ et fonctionnement à pleine charge
 - se référer au document ressources CAHIER 2 PAGE R 08.

Transformateurs :	EXTENSION				EXISTANT
	immergés		secs		Y119
Puissances : kVA	1 250	1 600	1 250	1 600	1 600
Pertes Fer : kW	1,8	2,3	2,8	2,3	3
Pertes Cuivre : kW	16	20	13,1	20	14
Courant nominal : A	1760	2253	1760	2253	1 800
Icc : kA	29,3	37,5	29	37,5	30
Chute de tension : %	4,62	4,6	4,47	4,44	5
rendement : %	98,25	98,29	98,43	98,53	98
Ucc : %	6	6	6	6	6
indice :	11	6	11	6	7

► **A2-1.4/2 :** Déterminer le type et la puissance du transformateur **Y119a**, de façon à respecter toutes les conditions de mise en parallèle

- mettre une croix dans les cases correspondantes.

IMMERGE SEC	Justifications:  La chute de tension des transformateurs secs est trop importante
S_{Y119a} = 1 250 kVA S_{Y119a} = 1 600 kVA	Justifications:  L'indice horaire 11 est du même groupe que l'indice horaire 7

► **A2-1.5 :** Compléter sur le schéma de couplage en parallèle des deux transformateurs Y119 et Y119a CAHIER 4 PAGE T 05 (folio 08)

- indiquer le couplage (cadre positionné sous Y119a)
- donner les repères des conducteurs reliés à la plaque à bornes du transformateur Y119a (ex: L12 ...)

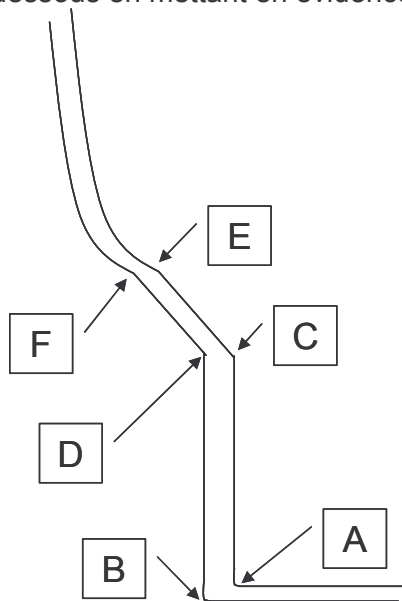
CAHIER	PARTIE	QUESTIONNEMENT	Session 2005
03	A2	Distribution B.T.	Page Q6/29

A2-2 : ETUDE DE LA DISTRIBUTION B.T.

Le tableau général basse tension TGBT du poste "AKYLUX 1" (se référer au document ressource CAHIER 2 PAGE R07), a été dimensionné en utilisant un outil informatique à savoir le logiciel de calcul des installations électriques "CANECO", documents ressources CAHIER 2 PAGES R11

La courbe de réglage du disjoncteur principal 07QD4 est représentée sur le document ressources CAHIER 2 PAGE R12.

► **A2-2.1** : Compléter le tableau ci-dessous en mettant en évidence les coordonnées des points A à F.



	t (s)	I (A)		t (s)	I (A)		t (s)	I (A)
A	0,06	10 000	C	20	10 000	E	200	3 000
B	0,04	8 000	D	25	8 000	F	200	3 000

► **A2-2.2** : On se propose de vérifier les propriétés de sélectivité entre les différentes protections ([07QD4 – 07QGF4] pour la calandre et [07QD4 – 07QGF6] pour les auxiliaires voir CAHIER 2 PAGE R7).

- Reporter les coordonnées des points A à F (tableau de la question précédente) sur les documents CAHIER 4 PAGES T06 et T07.
- Relier ces points entre eux afin de mettre en évidence les courbes $t=f(I)$ du disjoncteur principal.

CAHIER	PARTIE	QUESTIONNEMENT	Session 2005
03	A2	Distribution B.T.	Page Q7/29

► **A2-2.3** : En vous reportant aux courbes de la question précédente CAHIER 4 PAGES T06 et T07, ainsi qu'au dossier ressource CAHIER 2 PAGE R11 :

- Mettre en évidence les problèmes de sélectivité rencontrés sur cette installation.
- compléter le tableau page suivante.

CIRCUIT	DEFAUT DE SELECTIVITE ?
CALANDRE	<p>La sélectivité est partielle.</p> <p>Il n'y a pas de sélectivité pour un courant de court-circuit inférieur à 7kA et supérieur à 10kA</p>
AUXILIAIRES	<p>La sélectivité est totale</p>

PARTIE B COGENERATION

B1 : PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION DE COGENERATION

Circuit EAU – VAPEUR

L'entreprise KAYSERSBERG PACKAGING division CARTON PLAT utilise pour son process de fabrication de la vapeur basse pression ($P = 3$ bars). La vapeur est issue de deux turbines repérées TAV1 et TAV2 sur le synoptique général (document ressource « cogénération » CAHIER 2 PAGE R 13). L'eau récupérée dans les condensats est injectée sous une pression de 50 bars dans la chaudière. La mise en pression est obtenue par l'intermédiaire d'un groupe de pompes repéré P1 sur le synoptique général.

Les détails relatifs à ces pompes sont visibles sur le schéma "EAU" sous-ensemble "DEGAZEUR" (CAHIER 2 PAGE R 14).

L'eau est portée à la température de 106°C au niveau de la zone "ECONOMISEUR" de la chaudière et injectée dans le circuit "ALIMENTATION EN EAU" du ballon. Du ballon, l'eau passe au travers de la zone "VAPORISATEUR" pour atteindre une température initiale de 244°C puis finalement 310°C sous forme de vapeur d'eau lors de son retour dans le ballon. Afin de protéger de la destruction les ailettes des turbines, il importe que la vapeur soit exempte de toute trace d'humidité. A ces fins, la vapeur est détendue à la pression de 33 bars, puis pénètre dans la zone "SURCHAUFFEUR" où elle est portée à la température de 424°C . La vapeur sèche est injectée sous pression dans les turbines TAV1 et TAV2 après ouverture des vannes YV12, YV13 et YV14. Les turbines à vapeur entraînent deux alternateurs d'une puissance apparente de 5 MVA chacun sous une tension de 500 V. L'énergie ainsi produite transite par le poste B15 où la tension est élevée à 20 kV par l'intermédiaire de deux transformateurs. Ces sources d'énergie sont raccordées au réseau de distribution HTA 20 kV par le biais des cellules P151 et P152. Afin de ne pas générer de pertes, la vapeur disponible à la sortie des turbines alimente le process sous une pression de 3 bars (régulation via les vannes YV7 et YV9).

Production de la chaleur

La chaudière fonctionne avec deux modes de production de chaleur:

❑ mode conventionnel

Le fonctionnement optimal de la chaudière est obtenu par trois brûleurs dont le combustible est du gaz et le comburant de l'air ambiant.

❑ Utilisation d'une turbine à gaz

La turbine à gaz (TAG) se comporte comme un réacteur d'avion, dont le combustible est du gaz et non du kérosène.

La TAG entraîne un alternateur d'une puissance apparente de 14 MVA, couplé directement au réseau HTA 20 kV via le poste de livraison EDF1 (cellule P104).

De surcroît, en fonctionnement nominal la POST COMBUSTION émet des fumées à une température de 500°C , fumées introduites dans la chaudière par l'ouverture des registres V3 et V4.

Durant la phase transitoire de montée en régime de la TAG, les registres V3 et V4 du BY PASS sont fermés et les fumées canalisées passent à l'air libre (ouverture préalable des registres V1 et V2).

Ce mode de fonctionnement réduit notablement la consommation en gaz des trois brûleurs conventionnels.

CAHIER	PARTIE	QUESTIONNEMENT	Session 2005
03	B	Cogénération	Page Q9/29

Séquence d'allumage des brûleurs

Conditions initiales

- ❑ fumées issues de la TAG en évacuation directe par ouverture des registres V1 et V2.
- ❑ guillotine relevée, permettant le passage des fumées dans la chaudière après ouverture des registres V3 et V4
 - Se référer au CAHIER 2 PAGE R 13.

Remarque : l'ouverture des registres V3 et V4 est commandée une fois la chaudière en service opérationnel. Au même moment les registres V1 et V2 seront fermés.

Marche de préparation

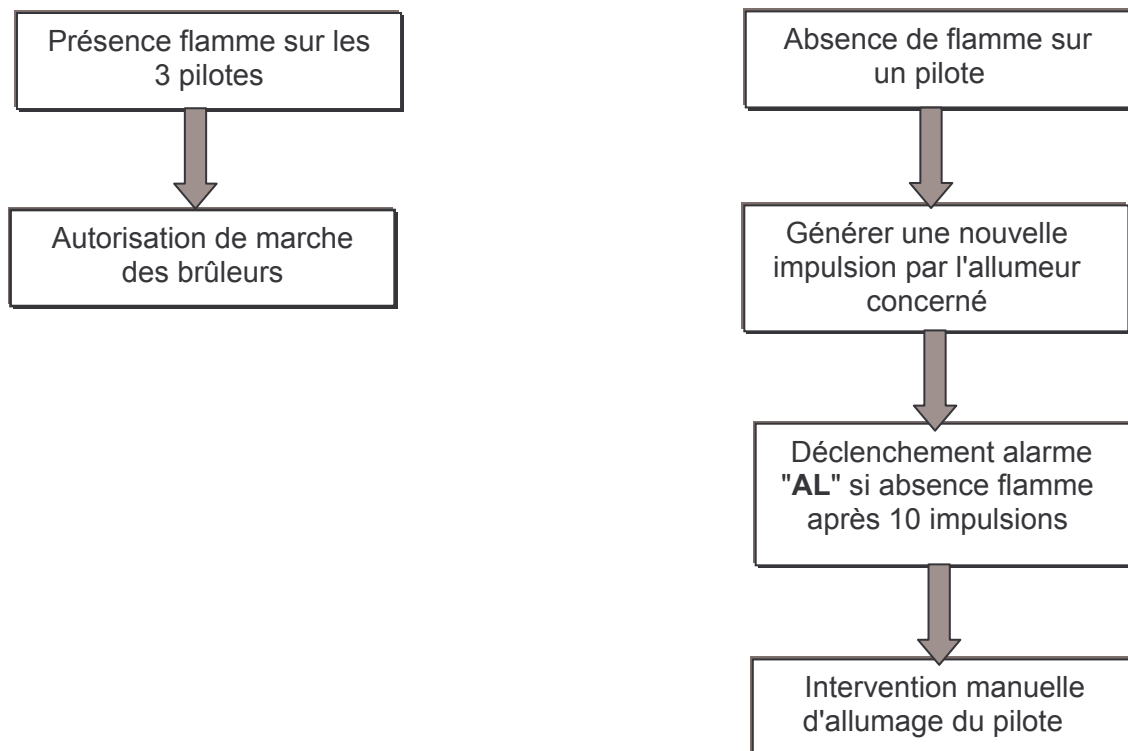
On procède simultanément:

- ❑ au dégazage durant 1 minute de la cheminée par mise en service du ventilateur "air ambiant", repéré S sur le CAHIER 2 PAGE R 15.
- ❑ au remplissage de la moitié du ballon, à partir des condensats
 - mise en marche des pompes d'injection P1
 - ouverture de la vanne YV11
 - contrôle du niveau par capteur S1
 - Se référer au CAHIER 2 PAGE R 13.

Démarrage des pilotes

- ❑ ouverture de la vanne d'amenée de gaz YV1
 - alimentation en gaz des pilotes (veilleuses) p1, p2 et p3.
- ❑ ouverture des vannes pilotes YVP1 à YVP3
- ❑ impulsion d'allumage par les allumeurs KP1 à KP3 (séquence de 0,1 seconde)
- ❑ contrôle de la présence flamme par les capteurs S5, S6 et S7

► deux cas de figure:



CAHIER	PARTIE	QUESTIONNEMENT	Session 2005
03	B	Cogénération	Page Q10/29

Démarrage des brûleurs

- ouverture de la vanne pilotée YV5 (40%) et ouverture de la vanne YV2 et purge de la canalisation (évent YV4 ouvert).
- après un temps de 1 seconde, alimentation en gaz des brûleurs par ouverture de la vanne YV3 (allumage implicite des brûleurs par les pilotes)
 - répartition des flammes issues des trois brûleurs dans les douze zones




Conditions finales (transition vers l'étape d'exploitation)

- absence de défaut flamme (gestion spécifique par les capteurs SF1 à SF12)
 - pression optimale dans les circuits vapeur (capteur S2)
 - température de consigne atteinte ($S15 = 1$ si $t^\circ > 400^\circ\text{C}$)
- A ce stade, mise en exploitation du process, par ouverture de la vanne d'alimentation générale.

Remarque: en cas de défaut majeur, on procède à l'extinction de la chaudière et à la réinitialisation des GRAFCET gérant la P.C. (partie commande). Dans le cadre du sujet, ce point n'est pas abordé.

Détail d'un pilote

- exemple: pilote 1

Symbole	Désignation	Repère
	<ul style="list-style-type: none">▪ détecter la présence flamme	S7
	<ul style="list-style-type: none">▪ vanne (T.O.R.) d'alimentation	YVP1
	<ul style="list-style-type: none">▪ allumeur piézo-électrique	KP1

Gestion de production de l'énergie électrique

La production d'énergie électrique propre à l'entreprise est conditionnée à certaines contraintes :

- durant les 5 mois d'hiver (de novembre à mars), l'entreprise a pour obligation de revendre à EDF (au prix fort) la totalité des 14 MVA produits.
- la cellule de comptage EXPORT P101 du poste de livraison EDF comptabilise l'énergie vendue pour ses besoins propres, l'usine rachète à EDF l'énergie complémentaire qui lui est nécessaire (comptage poste IMPORT P103).
- les 5 mois d'hiver permettent de réaliser une plus-value non négligeable.
- en ce qui concerne les 7 mois restants, le fonctionnement de la TAG est dépendant du prix du gaz. Des calculs de rentabilité déterminent l'opportunité ou non de l'usage de la TAG.
- cependant la TAG peut être mise en service à tout moment pour pallier une défaillance du réseau par exemple. A ce moment, l'ensemble est commuté en mode ILOTAGE, c'est à dire que l'entreprise est autonome du point de vue de la production d'énergie (fonctionnement en mode régulation de vitesse).
- en cas de défaillance de la chaudière, la TAG peut continuer à fonctionner (fumées en évacuation directe) fournissant ainsi de l'énergie électrique au réseau EDF par l'intermédiaire de l'alternateur G3.

CAHIER	PARTIE	QUESTIONNEMENT	Session 2005
03	B	Cogénération	Page Q11/29

- **B1-1** : Indiquer pourquoi la régulation de la TAG doit être du type "régulation de vitesse" lors d'un fonctionnement îloté.

Il faut une régulation de vitesse pour garantir une fréquence fixe de 50 Hz dans l'usine.

B1-2 : Analyse fonctionnelle descendante (S.A.D.T.) de l'unité de COGENERATION.

□ *fonction globale A-0*



- Compléter et colorier l'actigramme de niveau A0 sur le document CAHIER 4 PAGE T08
- représenter les liaisons relatives aux énergies thermiques en **bleu**
- représenter les liaisons relatives à l'énergie primaire (gaz) en **vert**
- représenter les liaisons relatives à l'énergie mécanique en **rouge**
- indiquer le sens de fléchage des liaisons
- annoter les liaisons (fumées, vapeur HP, vapeur BP...)
- exprimer l'équation de l'énergie utile W_{eu} en fonction des énergies suivantes:
 - W_{TAG} , W_{AUX} (auxiliaires), W_{IMP} (énergie importée) et W_{EXP} (énergie exportée)

Remarque :

- les liaisons relatives aux énergies électriques sont données

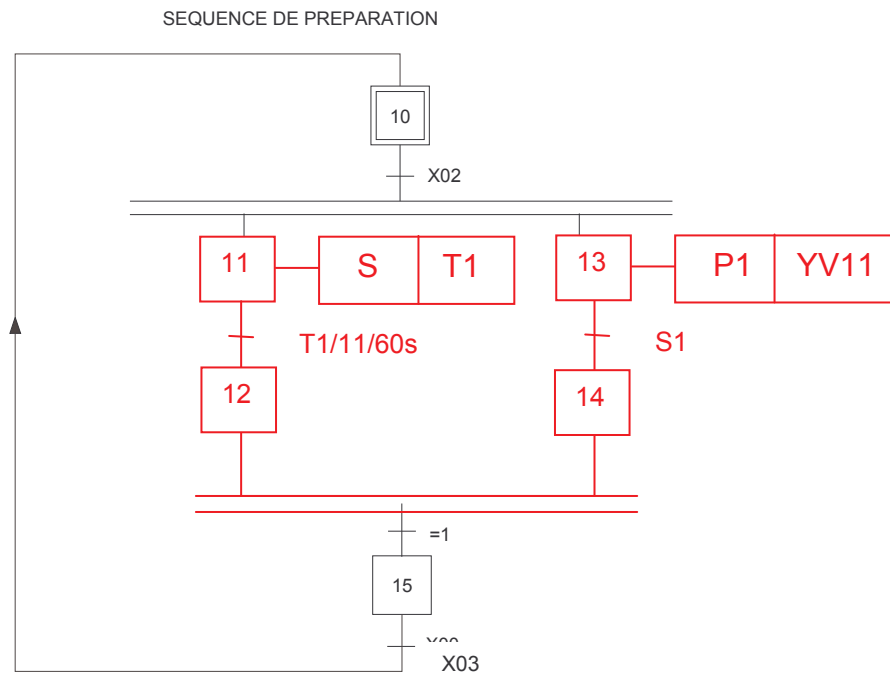
$$W_{eu} = \mathbf{W_{eu} = W_{tag} + W_{imp} - (W_{aux} + W_{exp})}$$

CAHIER	PARTIE	QUESTIONNEMENT	Session 2005
03	B	Cogénération	Page Q12/29

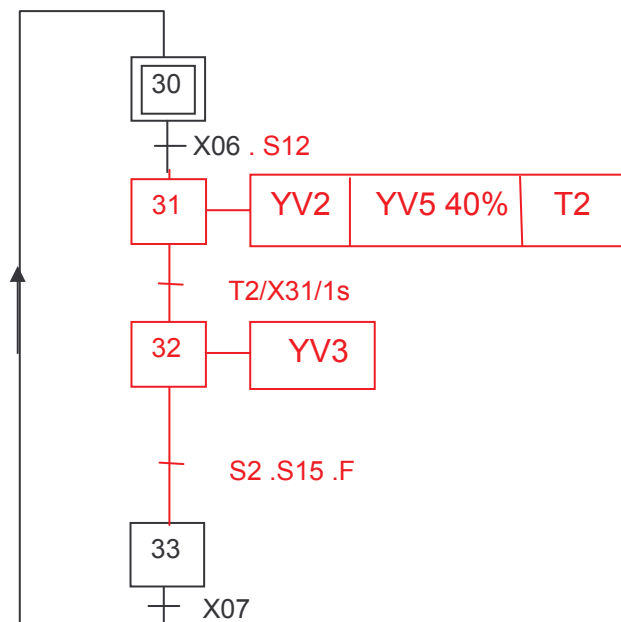
► **B1-3:** Compléter les "GRAFCET" suivants selon un point de vue "partie commande"

- ❑ séquence de "préparation"
- ❑ séquence "allumage brûleurs"

► se référer au CAHIER 2 PAGES R13 à R20, ainsi qu'au cahier des charges.



SEQUENCE D'ALLUMAGE BRULEURS



B1-4 : On s'intéresse à présent au fonctionnement des brûleurs :

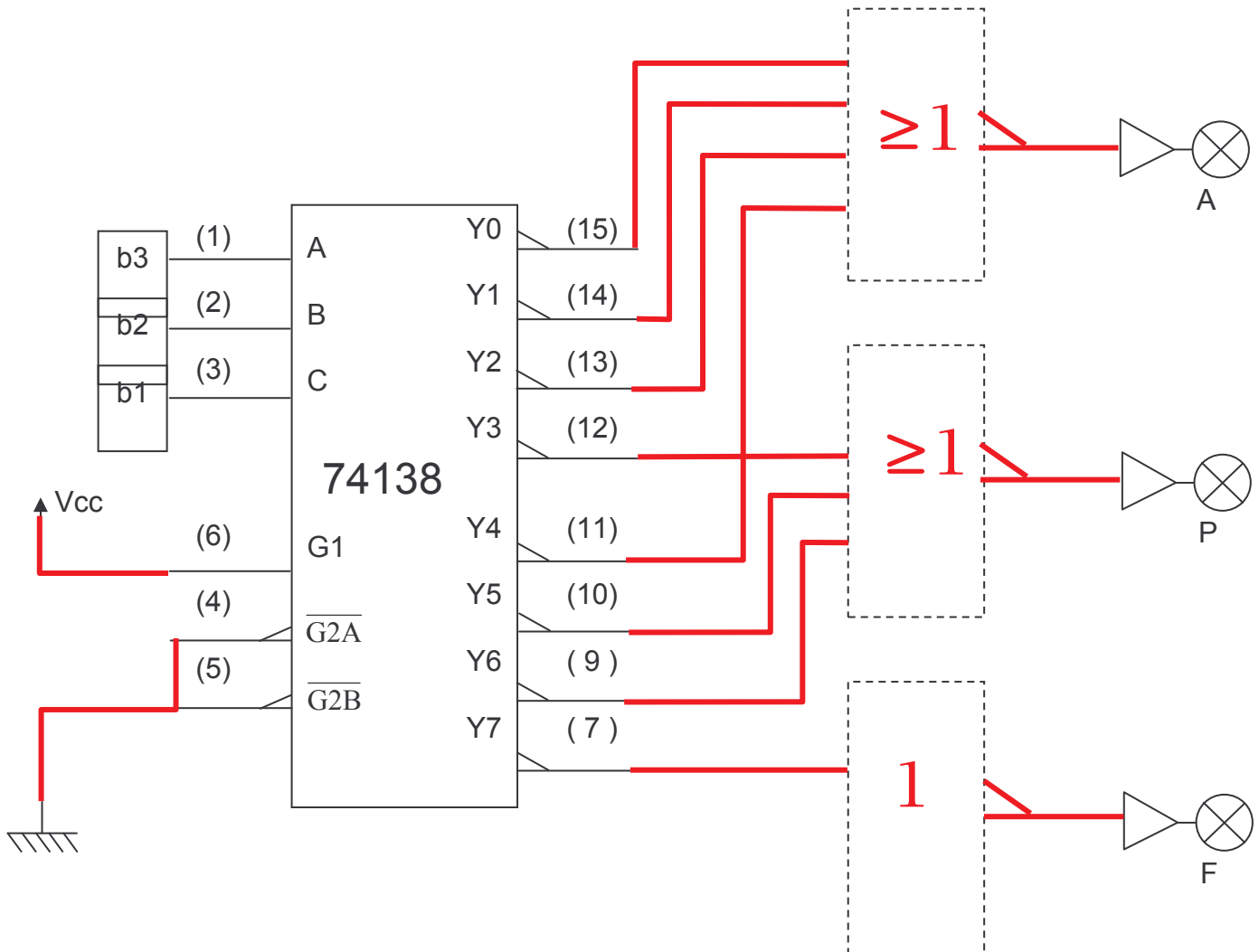
- la présence de la flamme au niveau des brûleurs est contrôlée par capteurs
 - 4 capteurs associés par paires pour chaque brûleur
 - l'état d'un brûleur correspond au fonctionnement normal si la flamme est contrôlée au moins une fois par paire de capteurs
- tous les capteurs sont raccordés à une carte interface indiquant:
 - l'état des 12 capteurs **SF1** à **SF12**
 - l'état des brûleurs **b1** à **b3**
- le contrôle du fonctionnement des brûleurs provoque l'activation:
 - d'une pré-alerte **P** si un et un seul brûleur sur les trois est en défaut (non allumé)
 - d'une alarme **A** avec arrêt complet
 - de la chauffe si deux ou trois brûleurs sont en défaut
 - d'une signalisation **F** si les trois brûleurs fonctionnent.

► **B1-4.1 :** Compléter la table de vérité ci-dessous

➤ progression en binaire réfléchi

Brûleur b1	Brûleur b2	Brûleur b3	Pré-alerte P	Alarme A	Fonct. correct F
0	0	0	0	1	0
0	0	1	0	1	0
0	1	0	1	0	0
0	1	1	0	1	0
1	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	0	1	1	0	0
1	1	1	0	0	1

- **B1-4.2** : Compléter le schéma suivant relatif à la signalisation du fonctionnement des brûleurs
- utiliser des opérateurs logiques standards (ET, OU, NON ET ou NON OU au choix) entre les sorties du décodeur 74138 (Y0 à Y7) et les voyants de signalisation A, P et F
 - se référer au document ressource CAHIER 2 PAGE R21



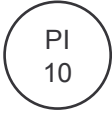

B1-5 : Régulation de procédé

L'étude porte sur la régulation de niveau du ballon représenté sur le document ressource CAHIER 2 PAGES R13.

La boucle de régulation est réalisée à l'aide d'un correcteur P.I.D. mixte géré par un automate programmable industriel et conforme au schéma de la page suivante:

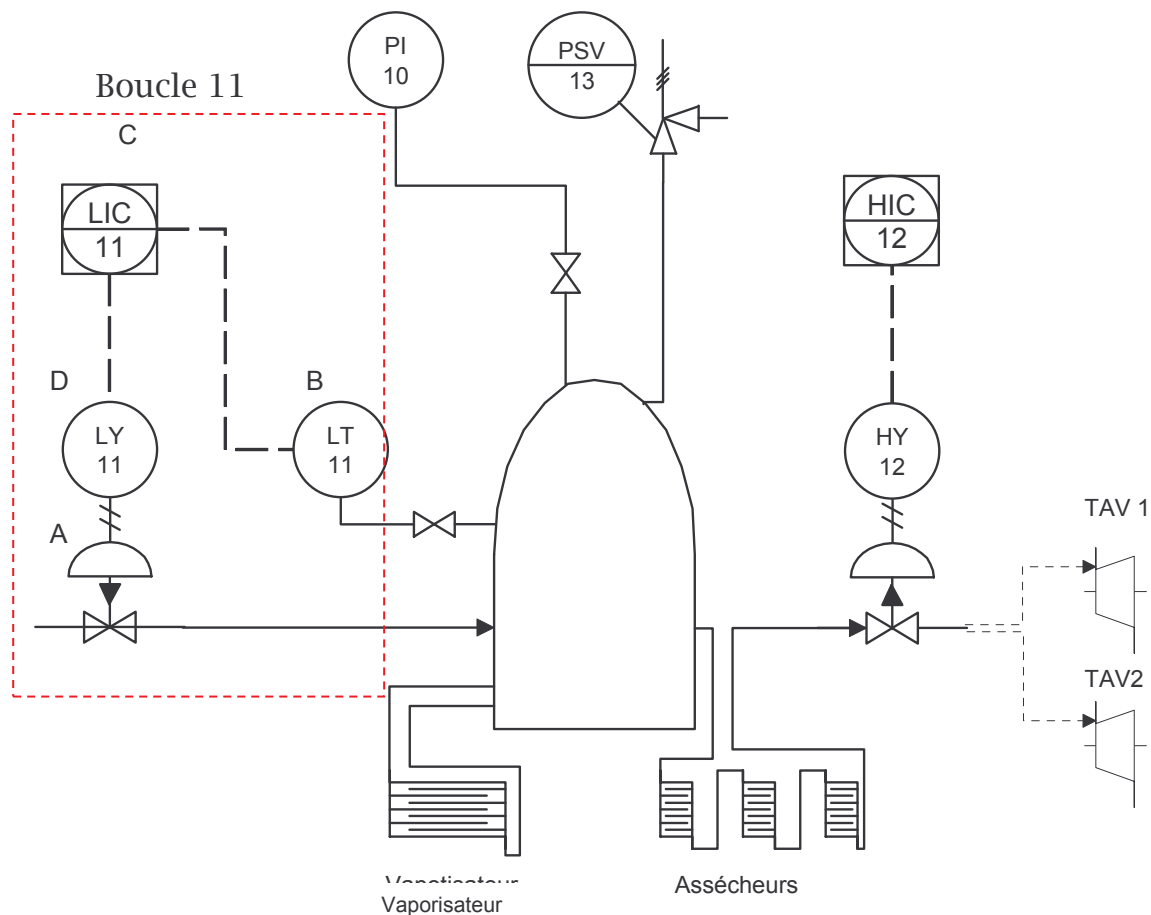
CAHIER	PARTIE	QUESTIONNEMENT	Session 2005
03	B	Cogénération	Page Q15/29

► **B1-5.1** : Donner la dénomination complète des appareils suivants (CAHIER 2 PAGES R22 et R23)

	Indicateur de pression de la boucle 10(en face avant)
	Contact de la vanne registre 13

- **B1-5.2** : Compléter la zone encadrée sur le schéma ci-dessous en insérant les appareils suivants :
- A une vanne à commande pneumatique 2 voies (fermeture par manque d'air)
 - B un transmetteur de niveau
 - C un système de commande et d'affichage (régulateur de niveau en face avant du tableau principal)
 - D un convertisseur pneumatique <--> électrique

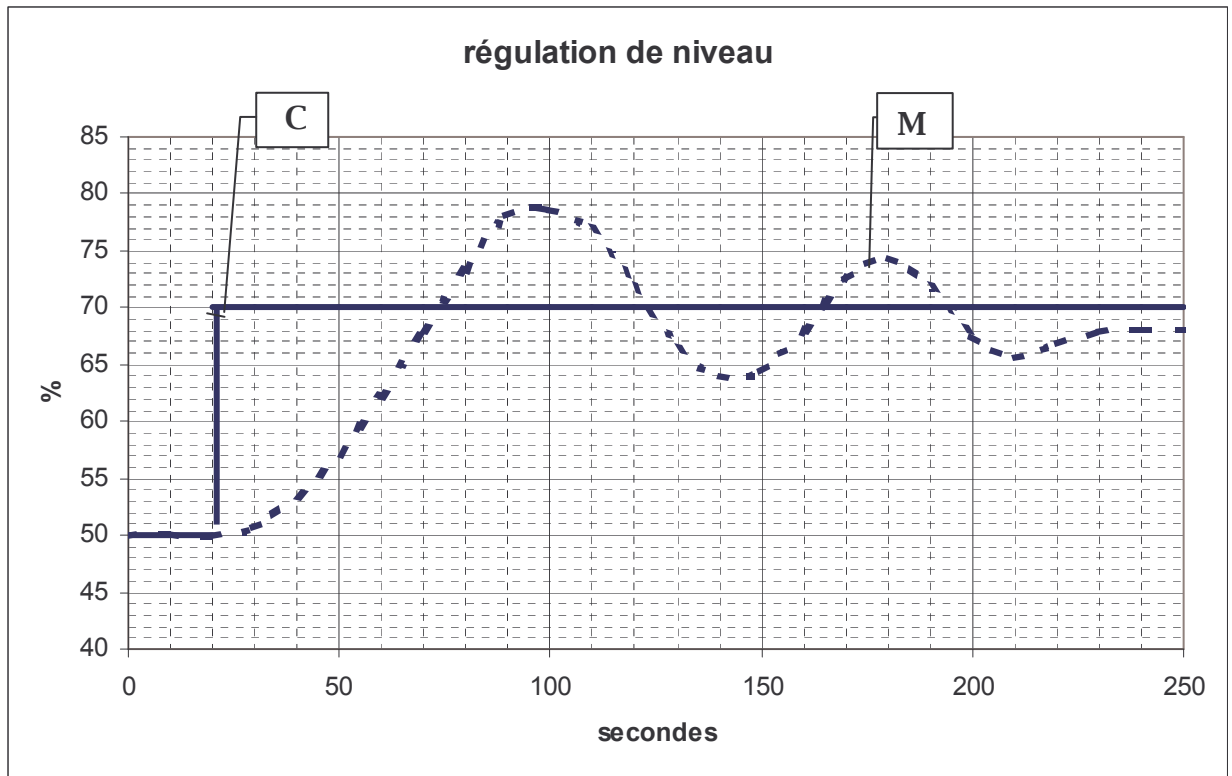
Remarque: le numéro de la boucle figurant dans la partie encadrée est 11.



CAHIER	PARTIE	QUESTIONNEMENT	Session 2005
03	B	Cogénération	Page Q17/29

► **B1-5.3** : La réponse de la boucle de régulation(11) suite à l'application d'un échelon correspondant à une variation de 50% à 70% de la consigne "C", est représentée ci-dessous:

- déterminer le temps d'établissement " t_e " de la mesure "M"
- déterminer l'erreur statique (erreur de statisme) " ε "



$T_e = 220s$ (pour atteindre 95% de la consigne)

$\varepsilon = 2\%$

► **B1-5.4** : Pour quelle raison subsiste t-il une erreur de statisme ε ?

Le temps d'intégrale est trop élevé ($1/T_i$ trop faible)

► **B1-5.5** : Par quelle(s) action(s) peut-on annuler l'erreur de statisme ε ?

Il faut diminuer le temps d'intégrale ou augmenter le gain K_p (en maintenant le système stable).

C1 : CALANDRE DE L'EXTRUDEUSE :

La partie principale de la ligne d'extrusion est la calandre. Des forces importantes sont en jeu et on se propose d'étudier la chaîne de transfert de l'énergie afin de mettre en évidence les solutions qui ont été adoptées.

► Se référer aux documents ressources CAHIER 2 PAGES R 26 à R 33.

► C1-1 : Compléter le tableau ci-dessous :

	Désignation	Symbole normalisé	Valeur
Cylindre 1	Pression de fermeture	F	250 Kn
	Vitesse matière	V	35 m.mn ⁻¹
	Rayon du cylindre	r	0,325 m
	masse d'un cylindre	m	4700 kg
Moteur	Vitesse de synchronisme	ns	1500 tr.mn ⁻¹
	Couplage sous 400 V	Y	
	Temps d'accélération	td	10s

C1-2: caractéristiques mécaniques :

► C1-2.1 : Calculer la vitesse angulaire (en rd.s⁻¹) et la vitesse de rotation (en tr.min⁻¹) du cylindre

Vitesse angulaire du cylindre :

$$\omega_c = V_c / r = 35 / 0,325 = 107,7 \text{ rd.min}^{-1}$$

$$\omega_c = 1,795 \text{ rd.s}^{-1}$$

Vitesse de rotation du cylindre :

$$n_c = 60 \cdot \omega / 2\pi = 60 \times 1,795 / 2\pi = 17,1 \text{ tr.min}^{-1}$$

$$n_c = 17,1 \text{ tr.min}^{-1}$$

► C1-2.2 : Calculer la force de roulement que devra produire le couple moteur.
On assimile le roulement à celui d'une roue métallique sur polymère.
► se référer au document ressource CAHIER 2 PAGE R27.

$$F_r = F \cdot a / r = 250\,000 \cdot 12 / 325 = 9230 \text{ N}$$

$$F_r = 9230 \text{ N}$$

► **C1-2.3** : La vitesse de rotation du moteur étant imposée par le nombre de pôles (on admet que le variateur compense le glissement), calculer le rapport de réduction théorique du réducteur.

► se référer au document ressource CAHIER 2 PAGE R26.

$$K_r = n_s / n_c = 1500 / 17,1 = 87,7$$

$$K_r = 87,7$$

► **C1-2.4** : Calculer le couple utile que doit fournir le réducteur pour entraîner le cylindre.

$$T_m = F_r \cdot r = 9320 \times 0,325 = 2999 \text{ N.m}$$

$$T_m = 2999 \text{ N.m}$$

► **C1-2.5** : Calculer la puissance que doit transmettre le réducteur.

$$P_r = T_r \cdot \Omega = 2999 \times 1,795 = 5384 \text{ W}$$

$$P_r = 5384 \text{ W}$$

► C1-3 : choix de la motorisation

Déterminer les caractéristiques du réducteur et du moteur moto-ventilé qui permettent d'entraîner les cylindres de la calandre (vitesses comprises entre $0,1.n_n$ et n_n)

➤ le moto-réducteur doit fournir un couple de 3 kN.m pour une puissance utile de 5,5 kW.

► se référer aux documents ressources CAHIER 2 PAGES R28 et R33.

Réducteur		Moteur	
Référence	PL - 4320 - 87	Référence	MV Sg 132M - 4
Rapport de réduction	88	<i>Pu (constructeur)</i>	7,5 kw
Rendement	91	Td/T	6

❑ **C1-4 Vérifications :**

Valider le choix de la question précédente en calculant la puissance utile que devra fournir le moteur en tenant compte :

- ❑ de la puissance utile en sortie du réducteur
- ❑ du rendement du réducteur
- ❑ d'une marge de sécurité de 20%
 - ▶ se référer au document ressources CAHIER 2 PAGE R32.

Conforme	<input checked="" type="checkbox"/>	Calculs: $P_{ur} = 5500 \text{ W}$ $\eta_r = 91\%$ $k_s = 20\%$
Non conforme	<input type="checkbox"/>	$P_M = P_{ur} / (\eta_r \cdot (1 - k_s)) = 5500 / (0,91 \cdot 0,8)$

▶ **C1.5 :** Établir la liste de l'ensemble du matériel (réducteur, moteur, variateur, accessoires...).CAHIER 2 PAGE R28 à R33.

Désignation :	Référence :
Réducteur orthogonal	PL – 4320 - 87
Moteur asynchrone triphasé 4 pôles 5,5 kW	MV Sg 132 S – 4
Variateur PARVEX 690	690 C – 0075 – 43 - F
Inductance de ligne	IR TF 075 (facultative)
Filtre CEM	Code F dans la référence du variateur

PARTIE D SCHEMAS ELECTRIQUES LIGNE D'EXTRUSION

D1 : REPERAGE DES SCHEMAS ELECTRIQUES DE LA LIGNE D'EXTRUSION

Les schémas électriques relatifs à la ligne d'extrusion ont été réalisés à l'aide du logiciel de D.A.O. TRACE ELEC PRO.

On se propose d'exploiter et de compléter les différents folios sur les documents réponses CAHIER 4 PAGES T09 à T14.

Principe de repérage

□ Repérage des conducteurs

- Les conducteurs sont toujours affectés de la lettre L suivie d'un chiffre et d'un nombre

L x - yy

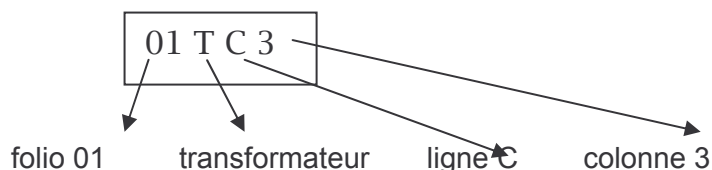
Exemple sur le folio 05:

L 2 - 26

□ Repères des appareils

- Numéro de folio
- Lettre désignant le type de l'appareil
- Coordonnées de positionnement dans le plan

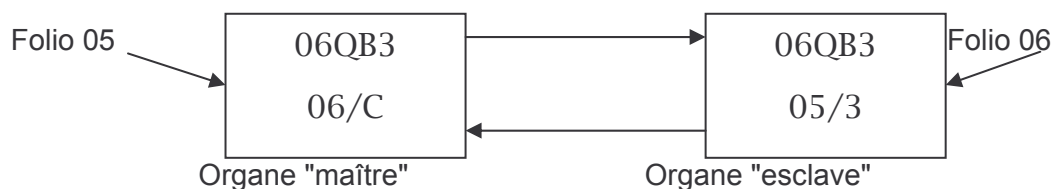
Exemple sur le folio 01:



□ Les références croisées

- Elles sont désignées par le numéro du folio et le numéro de la colonne.

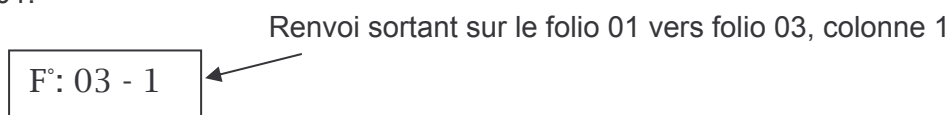
Exemple: le disjoncteur magnéto-thermique 06QB3 représenté sur le folio 05 (ligne B et colonne 13), qui renvoie vers le folio 06 colonne 9 et vice-versa.



□ Les renvois

- La continuité électrique des conducteur d'un folio vers le suivant donne lieu à l'écriture d'un renvoi toujours affecté du sigle F°, suivi du numéro de folio et du numéro de colonne

Exemple sur le folio 01:



CAHIER	PARTIE	QUESTIONNEMENT	Session 2005
03	D	Schémas électriques	Page Q22/29

► **D1-1 : Compléter les cadres grisés CAHIER 4 PAGE T09 (folio 01):**

- indiquer le repère de la protection du circuit primaire du transformateur **01TC3**
- désigner le repère du renvoi sortant de l'alimentation du circuit de commande de la ventilation "armoire"

► **D1-2: compléter les cadres grisés CAHIER 4 PAGE T10 (folio 02):**

- indiquer les repères des renvois entrants:
 - circuit de "puissance" de la ventilation "armoire"
 - circuit de "commande" de la ventilation "armoire"
- indiquer les références croisées respectivement de:
02QB2- 02QB4- 02KMD2 - 02KMD4

► **D1-3: compléter les cadres grisés CAHIER 4 PAGE T13 (folio 05):**

- donner le repère des conducteurs d'alimentation du moteur "ventilation forcée MV130"

► **D1-4 compléter les cadres grisés CAHIER 4 PAGE T14 (folio 06):**

- indiquer les repères des renvois entrants du circuit de commande du moteur MV130.

D2: ALIMENTATION DU GROUPE MOTO-VARIATEUR DE L'EXTRUDEUSE

Les contraintes du cahier des charges en termes de puissance utile du moteur, de précision pour toute la gamme de vitesse et de coût, ont abouti au choix d'une motorisation à courant continu alimentée par le biais d'un variateur de vitesse type "RECTIVAR".

► **D2-1 : Compléter le schéma du groupe moto-variateur CAHIER 4 PAGE T11 (folio 03):**

- ☐ raccorder les bornes CL1 à CL3 de la carte "interface puissance" du variateur (en amont des inductances de lignes)
- ☐ raccorder l'alimentation du circuit "inducteur"
- ☐ raccorder l'alimentation du circuit de ventilation interne du variateur en aval du transformateur 03TC3. Elle doit être protégée par l'appareil 03QD4.
- se référer aux documents ressources CAHIER 2 PAGES R24 et R25 et au dossier schéma

► **D2-2: Compléter le tableau d'affectation des variables d'entrées/sorties de l'automate programmable CAHIER 4 PAGE T12 (folio 04):**

- ☐ mettre une croix dans les cases correspondantes.
- se référer aux documents ressources CAHIER 2 PAGES R24 et R25 et au schéma.

CAHIER	PARTIE	QUESTIONNEMENT	Session 2005
03	D	Schémas électriques	Page Q23/29

E1: GESTION DE LA SECURITE DU PALETTISEUR :

Rappel concernant la réglementation européenne :

Directive machine 93-40

Elle concerne la conception et la construction des machines et des installations automatisées dont elle fixe les exigences maximales. Elle s'applique aux composants de sécurité et aux machines neuves depuis le 1^{er} janvier 1993, assortie d'une période de transition de 2 ans.

Les machines doivent par construction être aptes à assurer leurs fonctions de production, de réglage et d'entretien sans que les personnes ne soient exposées à un risque lorsque les opérations sont effectuées en conformité avec le cahier des charges constructeur.

Article 1 § 2: définition d'une machine

Il s'agit d'un ensemble de pièces ou d'organes liés entre eux, dont l'un au moins est mobile et le cas échéant, d'actionneur et de préactionneurs... réunis en entité de sorte à définir une application définie telle la transformation, le traitement, le déplacement ou le conditionnement d'un matériau.

Article 1 § 3: définition d'un composant de sécurité

Il s'agit d'un composant mis sur le marché par son fabricant dans le but d'assurer par son utilisation, une fonction de sécurité fiable.

Article R. 233-18: mise en marche

La mise en marche d'une machine ne doit pouvoir être obtenue que par l'action volontaire d'un opérateur sur un organe prévu à cet effet, sauf si cette mise en marche, obtenue autrement, ne présente aucun risque pour les opérateurs concernés. Il en est de même pour la remise en marche après arrêt, peut importe l'origine.

Article R. 233-27: arrêt normal

Chaque poste de travail doit être muni d'un organe de service permettant d'arrêter en fonction des risques existants, soit tout l'équipement de travail, soit une partie seulement, de manière à ce que l'opérateur soit en situation de sécurité.

L'ordre d'arrêt doit avoir la priorité sur les ordres de mise en marche. Une fois l'arrêt obtenu, l'alimentation en énergie des actionneurs concernés doit être interrompue.

Article R. 233-28: arrêt d'urgence

Chaque machine doit être munie d'un ou plusieurs dispositifs d'arrêt d'urgence clairement identifiables, accessibles et en nombre suffisant, permettant d'éviter des situations dangereuses immédiates ou à venir et ce dans un temps aussi réduit que possible.

Une fois l'ordre "d'arrêt d'urgence donné", ce dernier doit être maintenu par un dispositif de blocage jusqu'à son déblocage volontaire par une manœuvre appropriée. Cette opération ne doit en aucun cas remettre la machine en marche, mais seulement autoriser un redémarrage.

Estimation du risque

Elle fait partie intégrante de la conception d'un système automatisé de production. Son approche peut être conduite à l'aide de la norme européenne EN 954-1.

Cette norme est un outil d'analyse du risque qui établit une correspondance entre le niveau du risque et les moyens à mettre en œuvre.

Les risques sont classés en 4 catégories de "1" à "4".

Le niveau maximal "4" correspond à une situation où plusieurs défauts ne doivent pas entraîner la perte de la fonction de sécurité, laquelle doit présenter le maximum de garantie.

CAHIER	PARTIE	QUESTIONNEMENT	Session 2005
03	E	Sécurité et habilitation	Page Q24/29

Utilisation du bloc logique "PNOZ multi"

- ❑ Le **"PNOZ multi"** est un bloc logique de sécurité multidirectionnel configurable.
- ❑ La gamme est composée d'un appareil de base et de plusieurs modules d'extension.
- ❑ La liaison entre les appareils est réalisée par un bus situé sur la face arrière du boîtier.
- ❑ L'appareil de base **"PNOZ mp1"** dispose de 20 entrées digitales et de 5 sorties de sécurité, le tout en technologie statique.
- ❑ Divers blocs logiques modulaires peuvent s'associer au module de base.
- ❑ La gestion de toutes les fonctions de sécurité standard est possible :
 - Arrêt d'urgence
 - Protecteurs mobiles
 - Barrières immatérielles
 - Commandes bimanuelles...
- ❑ L'aspect novateur de ce produit outre la technologie statique intégrée, réside dans l'outil graphique de configuration, paramétrable par ordinateur de façon conviviale.
- ❑ Configurer au lieu de câbler génère un gain de temps, sans compter la facilité de modifier librement le schéma.
- ❑ 14 fonctions de sécurité différentes peuvent être prises en compte, la configuration finale étant stockée sur une carte à puce insérée dans l'appareil de base.
- ❑ La transmission de données s'effectue aussi via une interface série.
- ❑ L'ensemble de la gamme **"PNOZ multi"** est homologué en catégorie 4 selon la norme européenne EN 954-1.



Le palettiseur:

Il est situé en bout de la chaîne de production.

Sa fonction principale consiste à empiler les plaques sur une palette.

Pour des raisons de sécurité et de conformité aux normes machines, le niveau de risque est classé 4.

La sécurité électrique sera assurée par l'emploi d'un système "PNOZ multi" associé à son configurateur logiciel.

Remarque: seule la partie "sécurité électrique" du palettiseur est traitée, les schémas électriques relatifs aux tâches fonctionnelles ainsi que l'analyse temporelle ne sont pas abordés dans cette partie.

Le palettiseur est représenté sur la photo de la page suivante:

CAHIER	PARTIE	QUESTIONNEMENT	Session 2005
03	E	Sécurité et habilitation	Page Q25/29

PUPITRE



ZONE 2

ZONE 1

E1-1 : les schémas électriques du module de base

- Se référer aux documents ressources CAHIER 2 PAGE R34 à R37.
- ▶ **E1-1.1** : Alimenter le module de base en assurant sa protection par fusible
 - ▶ compléter le document réponse CAHIER 4 PAGE T15
 - ▶ déterminer le calibre du fusible dans l'hypothèse d'une utilisation maximale du nombre de modules d'extension (information à transcrire sur la page T15).
- ▶ **E1-1.2** : Effectuer le repérage du bornier X5
 - ▶ compléter le document réponse CAHIER 4 PAGE T16
 - ▶ indiquer pour chaque borne (X5_1 à X5_6) le repère des entrées de la base 1 (de I0 à I5).
- ▶ **E1-1.3** : Réaliser le schéma électrique de la barrière immatérielle relative à la zone 1
 - ▶ compléter le document réponse CAHIER 4 PAGE T17
 - Alimentation de l'émetteur et du récepteur.
 - Le double contrôle (pulse 0 et pulse 1) sera relié aux entrées I6 et I7 de la base 1.

CAHIER	PARTIE	QUESTIONNEMENT	Session 2005
03	E	Sécurité et habilitation	Page Q26/29

E2: HABILITATION ELECTRIQUE

- ❑ Le traitement de cette partie du sujet s'articule autour du décret du 14 Novembre 1988 et des normes UTE C 18-510.

Constatations

- ✓ Suite au déclenchement d'une alarme le message suivant s'affiche sur l'écran de contrôle du process de fabrication : « Défaillance régulation bloc de chauffe zone 1 »
- ✓ L'opérateur fait appel au service de maintenance électrique.
- ✓ Cette défaillance autorise une continuité de service à condition de changer rapidement le régulateur électronique à l'intérieur de l'armoire de thermorégulation.
- ✓ Pour des raisons de continuité de service, seule la zone 1 sera séparée du réseau.
- ✓ La notion de «VOISINAGE » s'impose lors de la réparation car tous les autres départs restent sous tension et l'enlèvement d'un carter de protection révèle des pièces nues sous tension.

► **E2-1** : Déterminer le type d'opération qui permet de remédier à la défaillance dans les meilleurs délais.

► cocher la case correspondante dans le tableau suivant

TYPE D'OPERATION	
Travaux hors tension d'ordre électrique	
Travaux sous tension	
Travaux au voisinage de pièces nues sous tension	
Intervention de dépannage	
Intervention de connexion avec présence de tension (domaine BTA)	
Intervention particulière de remplacement	

► **E2-2** : Quel titre d'habilitation permet à une seule personne de mener à bien cette opération?

BR

- **E2-3:** Déterminer quels sont les équipements de protection nécessaires pour effectuer cette opération en toute sécurité
- cocher les cases correspondantes dans le tableau suivant :

EQUIPEMENTS DE PROTECTION INDIVIDUELLE			
Paire de gants de travail et gants isolants	<input checked="" type="checkbox"/>	Casque isolant et anti-choc	<input checked="" type="checkbox"/>
Lunettes anti-UV	<input checked="" type="checkbox"/>	Vêtements de protection	<input checked="" type="checkbox"/>
EQUIPEMENTS COLLECTIFS DE SECURITE		EQUIPEMENTS INDIVIDUELS DE SECURITE	
Ecran de protection	<input checked="" type="checkbox"/>	Cadenas	<input checked="" type="checkbox"/>
Banderole de balisage de zone	<input checked="" type="checkbox"/>	Macaron de consignation	<input checked="" type="checkbox"/>
Pancarte d'avertissement de travaux	<input checked="" type="checkbox"/>	Outils isolants	<input checked="" type="checkbox"/>
		Tapis isolant	<input checked="" type="checkbox"/>

- **E2-4 :** Compléter le titre d'habilitation de Monsieur DUPONT :
- Il a été désigné par son employeur en tant que **chargé de travaux** au sein de la "Division Plastique".
 - Sa qualification d'électricien lui confère, outre la possibilité d'intervenir en qualité d'exécutant dans toute l'usine, le rôle de chargé d'intervention au sein de la "division plastique".
 - De surcroît il est habilité à consigner des installations et équipements alimentés sous 20 kV **maximum** au sein de la "division plastique".

TITRE D'HABILITATION

NOM : DUPONT Prénom : Pierre Fonction : Chef d'équipe		Employeur : Kayzersberg Packaging Affectation : Service Maintenance Division Plastique		
Personnel	Symbole D'habilitation	Champ d'application		
		Domaine de tension	Ouvrages concernés	Indications supplémentaires
Non électricien habilité				
Exécutant électricien	B1 V H1V	BT HTA	Dans toute l'usine	Autorisé à effectuer des travaux au voisinage 20kV max
Chargé de travaux	B2 V H2V	BT HTA	Division plastique	Autorisé à effectuer des travaux au voisinage 20kV max
Chargé d'intervention	BR	BT	Division plastique	
Chargé de consignation	BC HC	BT HTA	Division plastique	
Le titulaire Signature :		Pour l'employeur Monsieur HUMBERT Chef de la "Division Plastique"		Date : 1 Janvier 2004 Validité : en cours

CAHIER	PARTIE	QUESTIONNEMENT	Session 2005
03	E	Sécurité et habilitation	Page Q28/29

- **E2-5** : Compléter le tableau d'affectation des intervenants en tenant compte des informations suivantes:

- Après plusieurs défaillances, la décision de changer tous les régulateurs par un modèle de la marque EUROTHERM est prise.
- Cette opération nécessite une consignation totale de l'armoire électrique et relève de ce fait des « travaux hors tension ».
- M. DUPONT est chargé de la planification et du suivi des travaux.
- M. SIMON est désigné pour exécuter les travaux.
- M. BLEGER intervient en tant que « chargé de consignation »

Remarque : Dans les colonnes « documents à établir » et « documents à recevoir », mentionner la lettre correspondante.

Nom	Rôle	Titre Habilitation	Documents à établir	Documents à recevoir
DUPONT	Chargé d'exploitation		B, D	A, C
SIMON	Exécutant	B1	C	B, A, D
BLEGER	Chargé de consignation	BC	A	C, D, E

Documents Disponibles :	A : attestation de consignation	D : instruction permanente de sécurité
	B : autorisation de travail	E : fiche de manœuvre
	C : avis de fin de travail	