

BTS ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE

E4 MODÉLISATION ET CHOIX TECHNIQUES EN ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE

U42 Détermination et justification de choix techniques

SESSION 2023

—
Durée : 4 heures

Coefficient : 3
—

Le sujet se compose de 15 pages, numérotées de 1/15 à 15/15.
Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Il est associé à un dossier technique de 19 pages.

Ce sujet comporte 4 parties indépendantes avec le barème suivant :

Partie A : 11/40

Partie B : 10/40

Partie C : 10/40

Partie D : 9/40

DOCUMENTS ET MATÉRIELS AUTORISÉS

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.

L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège », est autorisé.

Tout autre matériel est interdit.

Aucun document autorisé.

Documents à rendre avec la copie :

- DOCUMENT RÉPONSE 1 (DR1).....page 13/15
- DOCUMENT RÉPONSE 2 (DR2).....page 14/15
- DOCUMENT RÉPONSE 3 (DR3).....page 15/15

BTS ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE		Session 2023
U42 : Détermination et justification de choix techniques	CODE : 23ENE4JCT	Page 1/15

PROBLÉMATIQUE

Sécurisation du circuit de Refroidissement Intermédiaire (RRI)

Le circuit de refroidissement intermédiaire permet de refroidir, en fonctionnement normal comme en situation accidentelle, l'ensemble des matériels et fluides des systèmes auxiliaires et de sauvegarde du réacteur. En particulier, le RRI refroidit les différentes parties mécaniques de pompes qui assurent la circulation de l'eau de refroidissement dans le circuit primaire, notamment par une circulation d'eau dans un serpentin traversant ces pompes. Le circuit RRI est situé en grande partie à l'extérieur de l'enceinte de confinement ; le serpentin des pompes primaires se trouve à l'intérieur. En cas de dégradation du serpentin, l'eau du circuit primaire pourrait y pénétrer sous forte pression.

Ce sont les robinets RRI225 à 227VN qui, dans la situation décrite précédemment, ferment le circuit RRI.

Dans le cadre des Études Probabilistes de Sûreté (EPS) et donc d'un éventuel dysfonctionnement des robinets précités, des redondances de matériels ont été mises en place (REX post Fukushima).

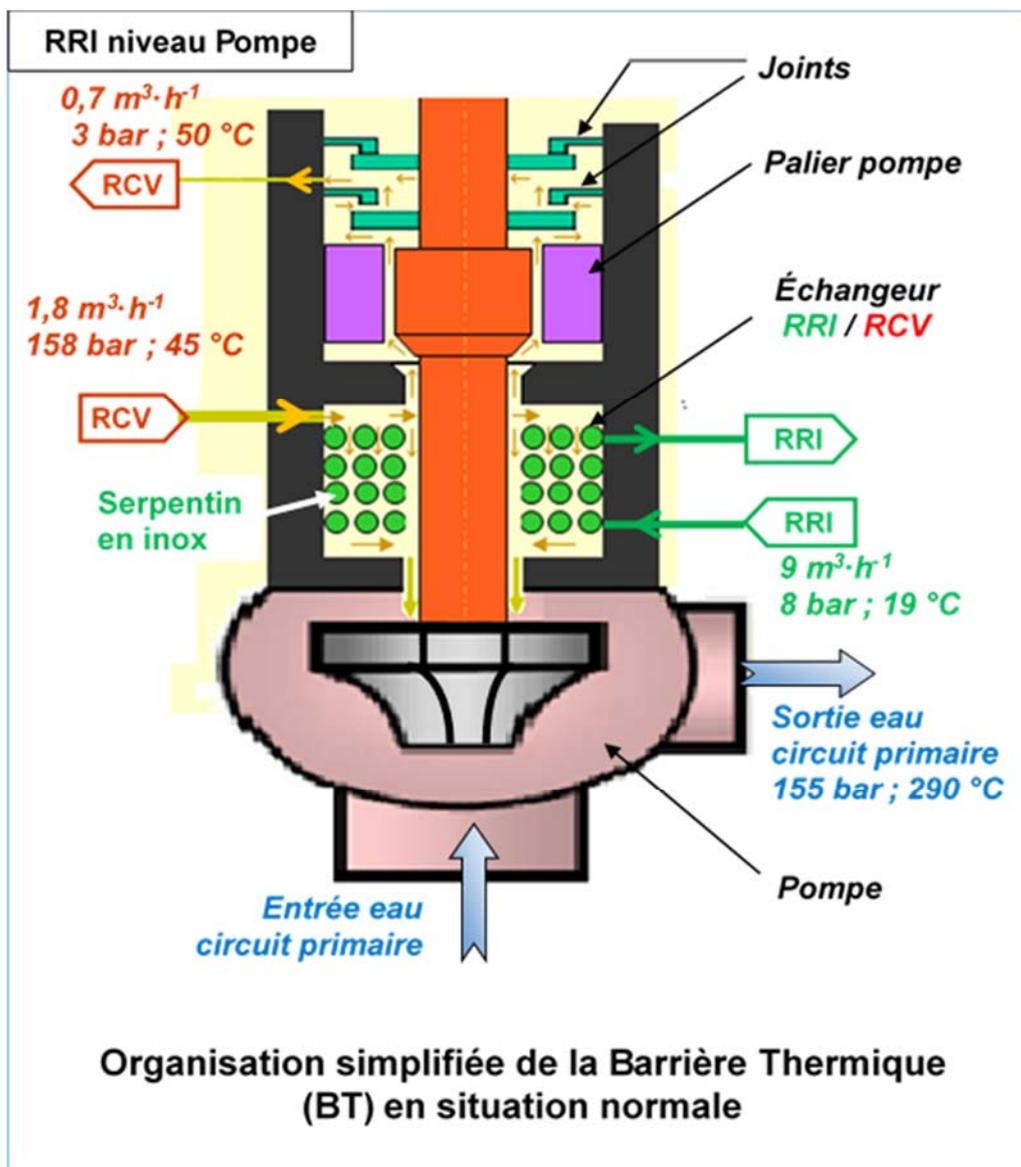


Figure 1

BTS ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE		Session 2023
U42 : Détermination et justification de choix techniques	CODE : 23ENE4JCT	Page 2/15

SOLUTION PROPOSÉE

Il s'agit de rajouter sur le circuit du Groupe Moto-Pompe Primaire (GMPP) un robinet RADUR DN50 électrique à presse étoupe. C'est un thermostat de température ST qui provoque la fermeture du robinet d'isolement à partir d'un seuil de 100 °C (figure 2).

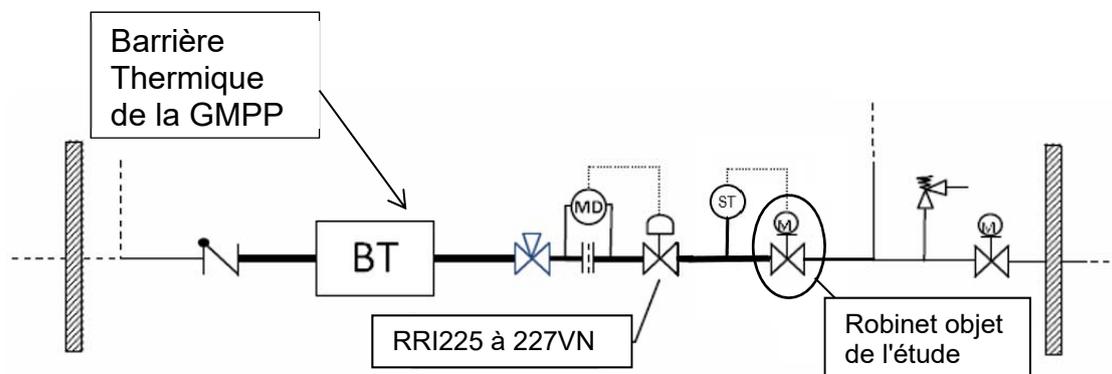


Figure 2

ST : Sonde de Température

M : Moteur du robinet

MD : Mesure de Débit

Présentation du robinet RADUR DN50

Caractéristiques générales (figure 3)

Ce robinet à soupape est conçu par la société Segault selon la technologie RADUR (robinets à démontage ultrarapide), à commande électrique ou pneumatique.

Il est manœuvré électriquement par un actionneur conçu par Bernard Controls.

Éléments constitutifs

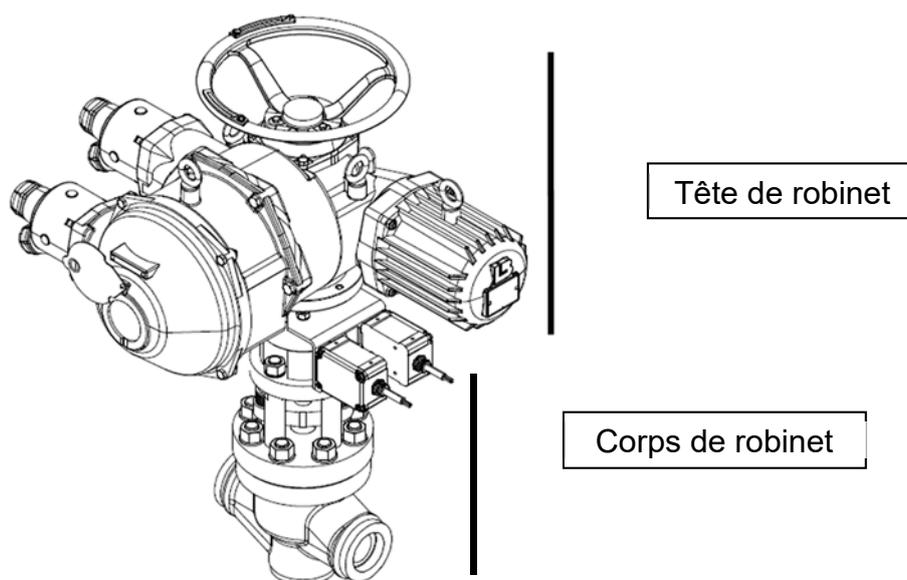


Figure 3

BTS ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE		Session 2023
U42 : Détermination et justification de choix techniques	CODE : 23ENE4JCT	Page 3/15

PARTIE A1 : ÉTUDE DES PERFORMANCES DU ROBINET DN50

Les exigences de fonctionnement imposent un temps de fermeture inférieur à 10 secondes.

Vérification $t_f < 10$ s

Calcul du temps de fermeture t_f du robinet (phase 1 de fonctionnement : descente de l'obturateur)

Données :

- fréquence de rotation du moteur électrique, $N_m = 3\,000$ min⁻¹ (tour par minute) ;
- puissance nominale du moteur électrique, $P_m = 1\,500$ watts ;
- nombre de dents de la « roue creuse 2 », $Z_{rc} = 65$;
- « vis sans fin 1 » : nombre de filet $n = 1$; pas de la vis $p_1 = 2$ mm.

A1.1	Répondre sur :	Feuille de copie
	Documents à consulter :	aucun

Convertir la fréquence de rotation N_m (min⁻¹) du moteur électrique en vitesse angulaire ω_m (rad/s).

A1.2	Répondre sur :	Feuille de copie
	Documents à consulter :	DT1 page 2/19 – DT2 page 3/19

Calculer le rapport de réduction R_{rv} au niveau du système roue creuse 2 et vis sans fin 1.

A1.3	Répondre sur :	Feuille de copie
	Documents à consulter :	DT1 page 2/19 – DT2 page 3/19

Calculer la vitesse angulaire ω_{rc} de la roue creuse 2, exprimer cette dernière en rad/s.

Convertir et déterminer N_{rc} en min⁻¹.

A1.4	Répondre sur :	Feuille de copie
	Documents à consulter :	DT1 page 2/19 – DT2 page 3/19

Calculer la vitesse linéaire de déplacement du clapet 5 V_d (mm.s⁻¹).

A1.5	Répondre sur :	Feuille de copie
	Documents à consulter :	DT1 page 2/19 – DT2 page 3/19

Sachant que la course du clapet 5 est de $C_1 = 14$ mm, **déterminer la durée t_f (en s) de fermeture du clapet 5 . Est-elle conforme aux exigences imposées ?**

PARTIE A2 : RECHERCHE DE L'EFFORT ENGENDRÉ PAR LA VIS TANGENTE 1

Détermination de l'effort \vec{F}_{vis} que doit exercer la vis tangente 1 sur la roue 2 pour garantir l'étanchéité du robinet quand celui-ci est fermé.

Données :

- pression maxi du fluide : $P = 173 \text{ bar}$ (agissant sur le clapet 5) ;
- diamètre du clapet 5 où s'applique le fluide : $d = 43 \text{ mm}$;
- diamètre roue creuse 2 : $D = 130 \text{ mm}$;
- rendement roue 2/vis sans fin 1 : $\eta_2 = 0,5$.

À déterminer :

- force du fluide sur le clapet 5 : \vec{F} ;
- force de l'écrou 3 sur la tige 4 engendrée par le couple : \vec{F}' ;
- couple exercé par la roue creuse 2 sur la tige 4 : \vec{C} ;
- force motrice produite par la vis sans fin 1 pour assurer l'étanchéité : \vec{F}_{vis} .

A2.1	Répondre sur :	Feuille de copie
	Document à consulter :	DT3 page 4/19

Déterminer la force \vec{F} exercée par le fluide sur la tige 4 (unité : N).

A2.2	Répondre sur :	Feuille de copie
	Document à consulter :	DT3 page 4/19

Sachant que la tige 4 est en équilibre, isoler cette dernière, **appliquer le Principe Fondamental de la Statique et déterminer la force \vec{F}'** de l'écrou 3 sur la tige 4 engendrée par le couple \vec{C} (unité : N).

A2.3	Répondre sur :	Feuille de copie
	Document à consulter :	DT2 page 3/19 – DT3 page 4/19

Connaissant \vec{F}' , à l'aide de la relation suivante : $C = F' \frac{p_4}{2\pi \eta_1}$, **déterminer le couple \vec{C}** (unité : Nm).

- $p_4 = 2 \text{ mm}$: pas de la vis 4
- $\eta_1 = 0,7$: rendement du système vis/écrou

A2.4	Répondre sur :	Feuille de copie
	Document à consulter :	DT2 page 3/19 – DT3 page 4/19

On prendra, pour la suite, $C = 11,5 \text{ Nm}$. **Déterminer, sans tenir compte du rendement, la force \vec{F}_{vis}** permettant d'obtenir l'étanchéité du robinet (unité : N).

A2.5	Répondre sur :	Feuille de copie
	Document à consulter :	DT2 page 3/19 – DT3 page 4/19

Calculer, en tenant compte du rendement η_2 , la force \vec{F}_{vis} (unité : N).

PARTIE B : ÉTUDE DU RESEAU ÉLECTRIQUE D'ALIMENTATION

L'alimentation électrique du robinet motorisé est effectuée depuis l'armoire LLD001TB.

B1	Répondre sur :	Feuille de copie
	Document à consulter :	DT4 : <i>Caractéristiques des installations</i> , page 5/19

Donner le schéma des liaisons à la terre de l'installation. Expliquer la signification de chacune des lettres. Rappeler le nom de l'appareil qui assure la protection des personnes (et des biens) dans ce SLT.

B2	Répondre sur :	Feuille de copie
	Documents à consulter :	DT5 : <i>Détermination des sections de câbles</i> , pages 6, 7, 8 et 9/19

Choix du câble de liaison entre l'armoire LLD001TB et le coffret du robinet motorisé situé dans le BR.

Un câble multiconducteur 3Ph + Terre âmes en cuivre, isolation en PVC, assure la liaison électrique entre l'armoire LLD001TB et le coffret du départ de puissance du robinet motorisé. Ce câble est posé sur un chemin de câble perforé où se trouvent déjà 8 câbles jointifs. Il y a 3 couches de câbles sur ce chemin de câble. La température de fonctionnement pourra ponctuellement atteindre 45 °C. Le dimensionnement de l'installation sera effectué pour un courant admissible d'emploi de 16 A (I_z).

Les coefficients K_n et K_s n'ont pas d'utilité dans le choix de notre câble : ne pas tenir compte de K_n et K_s qui sont donc $K_n = 1$ et $K_s = 1$.

B2.1 Donner la lettre de sélection.

B2.2 Donner le facteur de correction K_1 .

B2.3 Donner le facteur de correction K_2 (la pose sur chemin de câble perforée correspond, selon la NF C 15-100, à un mode de pose des tablettes perforées).

B2.4 Donner le facteur de correction lié au nombre de couches.

B2.5 Donner le facteur de correction K_3 pour la température ambiante.

B2.6 Calculer le coefficient total K .

B2.7 Calculer l'intensité fictive (I'_z) tenant compte du coefficient K .

B2.8 Déterminer la section minimale du câble.

B2.9 Donner le code produit du câble.

B2.10 Vérifier l'intensité admissible par la canalisation.

BTS ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE		Session 2023
U42 : Détermination et justification de choix techniques	CODE : 23ENE4JCT	Page 6/15

B3	Répondre sur :	Feuille de copie
	Document à consulter :	DT6 : <i>Schéma de Liaison à la Terre : longueur maximale des canalisations</i> , page 10/19

Vérification des conditions de déclenchement du dispositif de protection des personnes.

Quels que soient les résultats trouvés à la question précédente, on considèrera que la section du câble est de 10 mm². Ce câble fait 160 m de long. Le départ est protégé dans l'armoire LLD001TB par un disjoncteur iC60L courbe C de calibre 16 A.

Donner la longueur maximale de la canalisation. Les personnes seront-elles protégées ? Justifier la réponse.

B4	Répondre sur :	Feuille de copie
	Documents à consulter :	DT4 : <i>Caractéristiques de l'installation</i> , page 5/19 et DT7 : <i>Coffret électrique</i> , page 11/19

Coffret électrique.

Le coffret du départ de puissance du robinet motorisé est un coffret Spacial S3D, en acier porte pleine 700 x 500 x 250, de référence NSYS3D7525.

Il est géographiquement situé dans le Bâtiment BW.

B 4.1 Vérifier si l'indice de protection du coffret est suffisant au regard des influences externes des locaux. **Justifier la réponse.**

B 4.2 Donner la référence du châssis téléquick associé à ce coffret.

BTS ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE		Session 2023
U42 : Détermination et justification de choix techniques	CODE : 23ENE4JCT	Page 7/15

PARTIE C : ÉTUDE DU SERVOMOTEUR

Les moteurs électriques de type asynchrone sont fabriqués par la société Bernard Controls. Ils fonctionnent en démarrage direct.

Le modèle fourni est un SN14-46 qualifié K2.

Accouplement par bride selon ISO5210 et forme C.

À la fermeture, l'arrêt s'effectue quand le couple limite réglé est atteint.

À l'ouverture, l'arrêt s'effectue quand le capteur de fin de course pré-réglé est déclenché.

Réglage couple limite de fermeture des moteurs :

Code Robinet SEGAULT actionneur	Modèle et classement actionneur	Vitesse rotation (min^{-1})	Réglage limiteur de couple en Fermeture (Nm)
Q5941	SN14-46	46	110

C1 à C4	Répondre sur :	Feuille de copie
	Document à consulter :	DT8 : <i>Données de performances SN</i> , page 12/19

C1 À partir du Dossier Technique DT8, **relever les quatre éléments suivants concernant le moteur** :

Tension Puissance Rendement Cos φ

C2 Calculer la puissance absorbée en W par le moteur.

C3 Calculer le courant absorbé par le moteur.

C4 Le réseau électrique provenant de l'armoire LLD001TB est triphasé 400 V.

La plaque signalétique du moteur est donnée ci-contre :

Donner le couplage moteur. Dessiner la plaque à bornes avec son couplage et les fils d'alimentation.



(1 tr/min = 1 min^{-1})

BTS ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE		Session 2023
U42 : Détermination et justification de choix techniques	CODE : 23ENE4JCT	Page 8/15

C5	Répondre sur :	Feuille de copie et Document Réponse DR1
	Documents à consulter :	DT9 : <i>Contacteur inverseur</i> , pages 13 et 14/19

Choix des contacteurs moteurs :

Quels que soient les résultats trouvés dans les questions précédentes, on considèrera que la puissance moteur est de 1,5 kW, et la tension d'alimentation 400 V – 50 Hz.

Les circuits nécessitent chacun :

- une autoalimentation ; un inter-verrouillage électrique pour les deux sens de marche et un téléreport d'information de l'état des contacteurs *via* 3 contacts NO ;
- le circuit de commande en 48 V DC ;
- raccordement par vis-étrier.

C5.1 Choisir le contacteur inverseur et le bloc de contact auxiliaire frontal nécessaire pour répondre au cahier des charges. **Préciser la référence complète du matériel.**

C5.2 Les essais de qualification du robinet portent sur 1 000 cycles de fonctionnement (ouverture et fermeture) sur 1 an. L'installation doit pouvoir fonctionner pendant 40 ans.

Quels que soient les résultats trouvés à la question ci-dessus, le contacteur considéré portera la référence LP1-K06.

Vérifier, à partir des courbes de durabilité électrique, que le contacteur choisi répond aux critères de qualification.

Tracer la réponse sur le document réponse DR1.

C6	Répondre sur :	Feuille de copie et Document Réponse DR1
	Document à consulter :	DT10 : <i>Relais thermique</i> , page 15/19

Choix du relais de protection thermique :

Quels que soient les résultats obtenus dans les calculs précédents, et suite à des mesures effectuées par le service des essais, on considèrera que le courant absorbé par le moteur est de 2,9 A.

C6.1 Rappeler le rôle de cet appareil dans le départ de puissance.

C6.2 Choisir le relais thermique approprié.

C6.3 Préciser la zone de réglage possible de l'appareil.

C6.4 Préciser le calibre de la protection contre les courts-circuits à associer au relais thermique pour protéger votre machine conseillée par Schneider-Electric.

BTS ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE		Session 2023
U42 : Détermination et justification de choix techniques	CODE : 23ENE4JCT	Page 9/15

C6.5 Déterminer le temps de déclenchement de l'appareil pour un fonctionnement équilibré sur 3 phases, à froid, pour une surintensité de 8,7 A. **Tracer les points sur la courbe du document réponse DR1.**

C7	Répondre sur :	Feuille de copie
	Documents à consulter :	DT11 : <i>Disjoncteur magnétique</i> , pages 16 et 17/19 DT4 : <i>Caractéristiques des installations</i> , page 5/19

Choix du disjoncteur magnétique :

Le centre d'ingénierie du parc nucléaire en exploitation préconise l'utilisation d'un disjoncteur magnétique pour assurer la protection du moteur contre les courts-circuits de calibre 4A.

C7.1 Choisir le disjoncteur de protection du moteur.

C7.2 Au vu des caractéristiques électriques (*Dossier Technique DT4*), **préciser si le pouvoir de coupure ics de la série iC60L est suffisant.**

BTS ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE		Session 2023
U42 : Détermination et justification de choix techniques	CODE : 23ENE4JCT	Page 10/15

PARTIE D : AUTOMATISMES

PARTIE D1 : DÉTERMINATION DE LA RÉFÉRENCE DU THERMOSTAT DE TEMPÉRATURE DE MARQUE GEORGIN

D1	Répondre sur :	Feuille de copie
	Documents à consulter :	DT12 : <i>Document constructeur GEORGIN</i> , pages 18 et 19/19

On souhaite trouver la référence du thermostat de température de la marque GEORGIN qui provoquera la fermeture de la vanne d'isolement associée sur atteinte d'un seuil de 100 °C (+/- 10 %), alimenté en voie B secourue.

D1 À partir du cahier des charges ci-dessous et des valeurs significatives d'utilisation, **donner la codification (référence) du thermostat.**

Extrait cahier des charges :

Thermostats à bulbe et capillaire

- Caractéristiques électriques
 - Contacts électriques (SPDT)
 - Écart réglable
 - Hermétique sous azote (N₂)
- Construction
 - Thermostat à capillaire élément sensible inox
- Précision d'affichage (échelle)
 - Seuil de déclenchement : 100 °C
 - < ± 10 % de l'échelle

PARTIE D2 : AUTOMATISATION DU CYCLE DE TEST DE L'OUVERTURE/FERMETURE DU ROBINET MOTORISÉ

D2	Répondre sur :	Document Réponse DR2
	Document à consulter :	<i>aucun</i>

Afin d'apporter une validation des modifications, une procédure d'essais élémentaires doit permettre :

- la validation des modifications du relayage permettant la qualification de la commande ouverture/fermeture du robinet ;
- la validation de la signalisation des informations « *Robinet ouvert/fermé* » en salle de commande ;
- la validation du renvoi alarme « température haute » en salle de commande.

Le service essai réalise chronologiquement les divers tests en utilisant une procédure d'exécution adaptée.

Afin de vérifier la fiabilité du système mécanique d'ouverture/fermeture, il souhaite automatiser ce protocole en y intégrant des contraintes imposées par le Comité Scientifique et Technique (CST).

BTS ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE		Session 2023
U42 : Détermination et justification de choix techniques	CODE : 23ENE4JCT	Page 11/15

Afin d'éviter un échauffement de la motorisation, des temporisations sont définies entre les commandes :

- 3 min entre ouverture et fermeture ; on commence par l'ouverture ;
- 5 min entre chaque cycle ouverture/fermeture ;
- 5 cycles ouverture/fermeture dans une heure.

Le comptage du nombre de cycles est assuré par le grafcet indépendant (G_{comptage}) document réponse DR2.

D2 Compléter le SFC (grafcet : G_{test}) qui permettra la gestion de l'ouverture/fermeture automatisée du robinet, qui intègre les contraintes ci-dessus.

Le lancement du cycle se fera depuis la salle de contrôle par l'intermédiaire d'un bouton poussoir (BP test).

Les fins de course du robinet seront *Robinet fermé position basse* (R_bas) et *Robinet ouvert position haute* (R_haut).

En salle de commande, un bouton « Arrêt » permet de mettre fin au cycle automatisé.

PARTIE D3 : AMÉLIORATION DE LA SÉCURITÉ

D3	Répondre sur :	Document Réponse DR2 et Document Réponse DR3
	Document à consulter :	<i>aucun</i>

On se propose de surveiller la durée d'exécution d'une ouverture ou fermeture du robinet. Elle ne doit pas dépasser un temps prédéfini (les exigences de fonctionnement imposent un temps de fermeture/ouverture inférieur à 10 secondes) qui supposerait un dérèglement de la Partie Opérative.

La fermeture et l'ouverture du robinet seront matérialisées par, respectivement, des bits internes %M100 et %M101.

De plus, le cahier des charges demande de prévoir le déclenchement d'une alarme au bout de 3 dépassements de la durée enveloppe fixée à 10 s afin de favoriser une optimisation du réglage.

Une fois ce réglage effectué, un acquittement (acq) permet d'effacer le défaut.

D3.1 À partir du SFC (Grafcet : GESDEF) du Document Réponse DR3, le parcours de l'information correspond aux 3 situations suivantes :

1. La durée du cycle est correcte (parcours 1).
2. La durée du cycle est trop longue et le nombre de cycles présentant déjà ce défaut est égal à 2 (parcours 2).
3. La durée du cycle est trop longue pour la première fois (parcours 3).

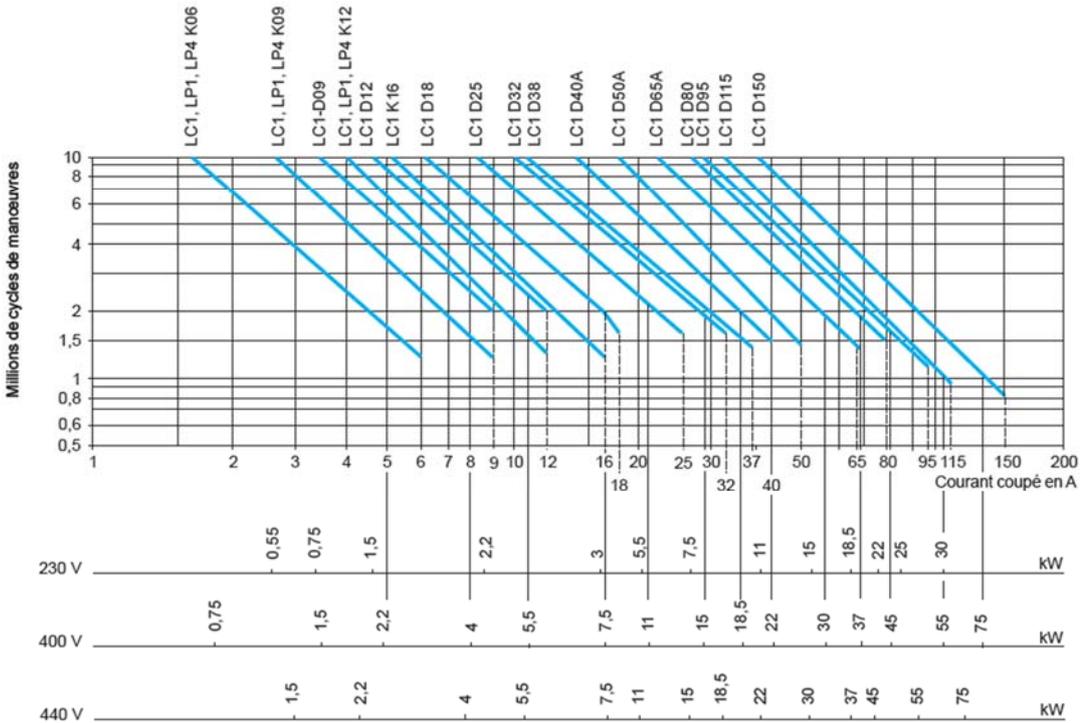
Compléter le tableau proposé sur le document réponse DR3, en indiquant les étapes activées (mettre des croix) selon les 3 situations décrites ci-dessus.

D3.2 Compléter le SFC (Grafcet) G_{test} (Document Réponse DR2) entre les étapes 10 et 11 pour le synchroniser avec le SFC (Grafcet) $GESDEF$.

DR1 : DOCUMENT RÉPONSE 1

Choix selon la durabilité électrique, emploi en catégorie AC-3 ($U_e \leq 440$ V)

Commande de moteurs triphasés asynchrones à cage avec coupure "moteur lancé".
Le courant I_c coupé en AC-3 est égal au courant nominal le absorbé par le moteur.



Puissance d'emploi en kW-50 Hz.

Exemple :

Moteur asynchrone avec $P = 5,5$ kW - $U_e = 400$ V - $I_e = 11$ A - $I_c = I_e = 11$ A
ou moteur asynchrone avec $P = 5,5$ kW - $U_e = 415$ V - $I_e = 11$ A - $I_c = I_e = 11$ A
3 millions de cycles de manœuvres souhaités.

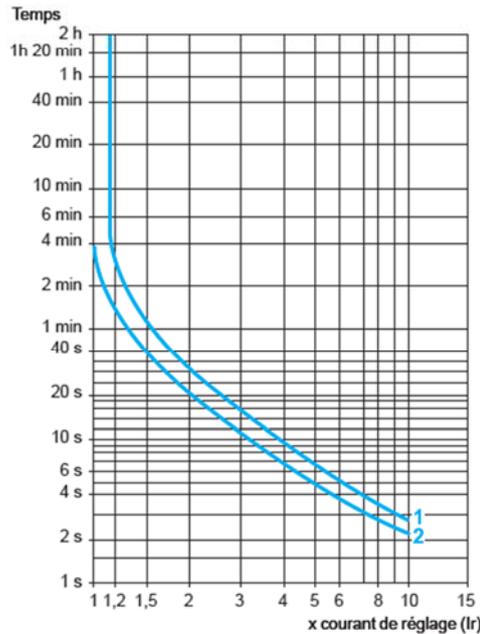
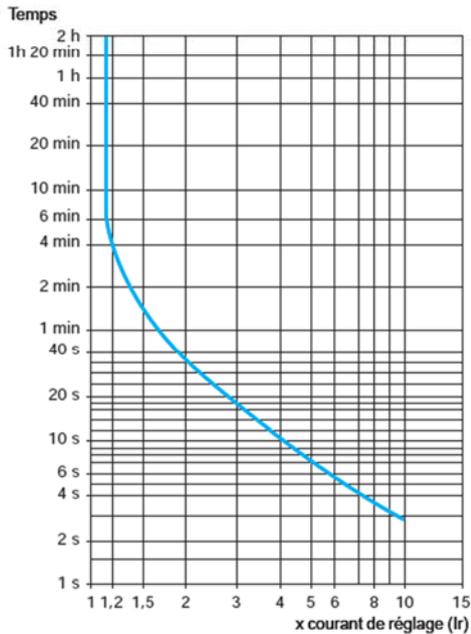
Les courbes de choix ci-dessus déterminent le calibre du contacteur à choisir : soit LC1 D18.

Courbes de déclenchement

Temps de fonctionnement moyen, en fonction des multiples du courant de réglage (Classe 10 A)

Fonctionnement équilibré, 3 phases, sans passage préalable du courant (à froid)

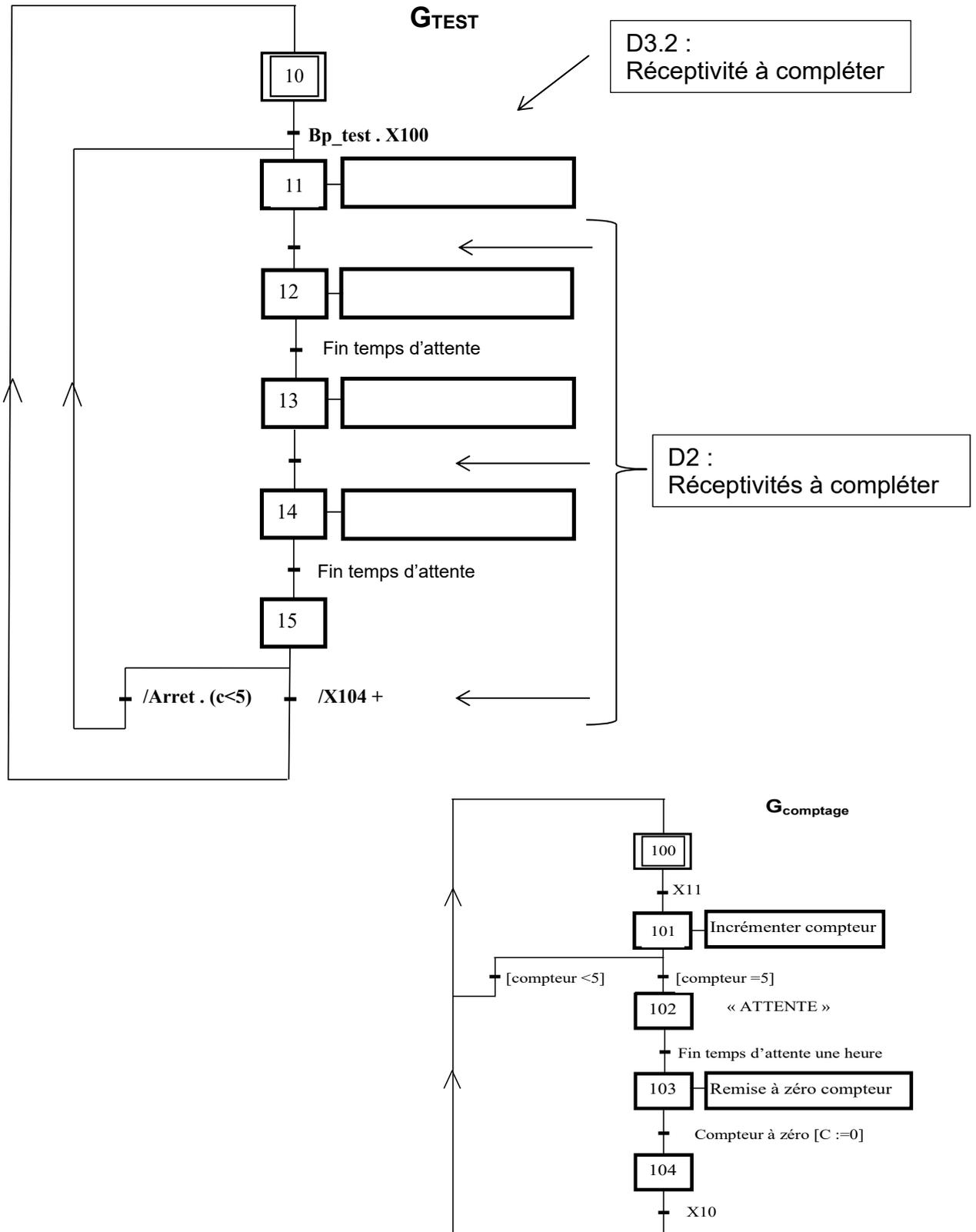
Fonctionnement équilibré sur 2 phases seulement, sans passage préalable du courant (à froid)



- 1 Réglage : début de plage
- 2 Réglage : fin de plage

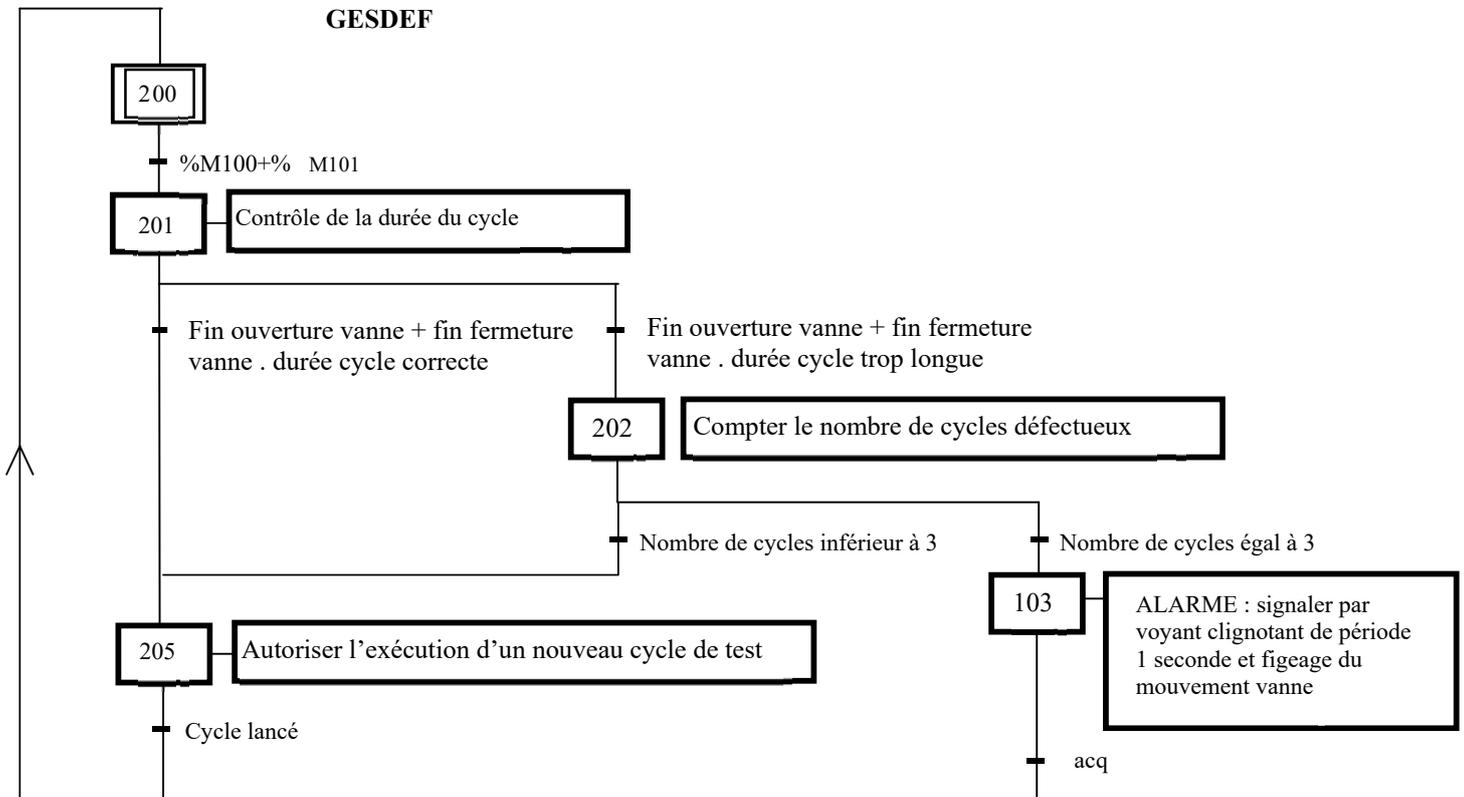
DR2 : DOCUMENT RÉPONSE 2

Grafcet à compléter



BTS ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE		Session 2023
U42 : Détermination et justification de choix techniques	CODE : 23ENE4JCT	Page 14/15

DR3 : DOCUMENT RÉPONSE 3



	X200	X201	X202	X103	X205
Parcours 1	X				
Parcours 2	X				
Parcours 3	X				

