

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

ÉLECTROTECHNIQUE

SESSION 2018

ÉPREUVE E4.2

L'ÉCLUSE D'AVIGNON



PRÉSENTATION - QUESTIONNEMENT

Les quatre parties de l'épreuve sont indépendantes.

| | | |
|------|---|----|
| I. | PRÉSENTATION GÉNÉRALE | 3 |
| | Introduction..... | 3 |
| | La centrale hydroélectrique et l'écluse d'Avignon..... | 4 |
| II. | ENJEU - OBJECTIFS | 5 |
| III. | QUESTIONNEMENT | 6 |
| | PARTIE A. Analyse du réseau électrique rénové de l'écluse d'Avignon | 6 |
| | PARTIE B. Quelle canalisation, quel disjoncteur pour la distribution électrique ? | 8 |
| | PARTIE C. Quelle solution technique pour la commande des portes de l'écluse ? | 12 |
| | PARTIE D. Quelles recommandations suite aux incidents de mise en service ? | 14 |

PAGE BLANCHE

I. PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Introduction

La Compagnie Nationale du Rhône (CNR), créée en 1933, est aujourd'hui le premier producteur français d'énergie électrique renouvelable. Elle est également le deuxième producteur d'électricité, avec environ 3 % de la production électrique française et 25 % de la production hydroélectrique. L'État lui a cédé la concession unique du Rhône en 1934, afin d'exploiter et d'aménager un ensemble d'installation entre le lac Léman et la mer Méditerranée.

L'exploitation et l'aménagement ne doivent pas se faire au détriment de la navigation fluviale qui doit être garanti 24h/24 tous les jours de l'année.

L'aménagement du Rhône dans la région d'Avignon, qui date de 1973, est indiqué sur la figure 1, ci-après.

La centrale hydroélectrique de Sauveterre produit de l'électricité en turbinant la partie des eaux du Rhône qui circule dans le bras 1.

L'autre partie des eaux du Rhône emprunte le bras 2. Le barrage de retenue de Villeneuve permet d'aiguiller une partie des eaux du Rhône vers le bras 4.

Ce dernier est utilisé non seulement pour produire de l'électricité grâce à une centrale hydroélectrique mais également pour assurer, grâce à son écluse, la navigation fluviale sur le fleuve.



Figure 1 aménagement du Rhône

La centrale hydroélectrique et l'écluse d'Avignon

Cet aménagement est principalement constitué :

- d'une centrale hydroélectrique qui permet la production d'électricité ;
- d'une écluse qui permet la navigation fluviale.

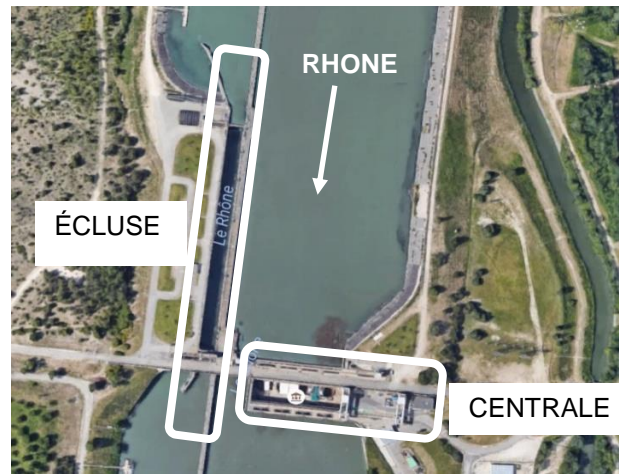


Figure 2 Centrale hydroélectrique et écluse

L'écluse et son alimentation en énergie font l'objet de l'étude. Elle a une longueur de 195 mètres et une largeur de 12 mètres.

Le barrage permet d'obtenir une dénivellation de 10,5 mètres afin de produire l'électricité. L'écluse permet aux bateaux de franchir cette dénivellation grâce au principe rappelé ci-après à l'aide de la figure 3.

Le sas peut être vu comme un bassin que l'on peut remplir ou vider grâce à deux portes latérales.

L'écluse est constituée d'un sas dans lequel on peut faire varier le niveau de l'eau et de deux portes étanches, l'une située en amont et l'autre située en aval.

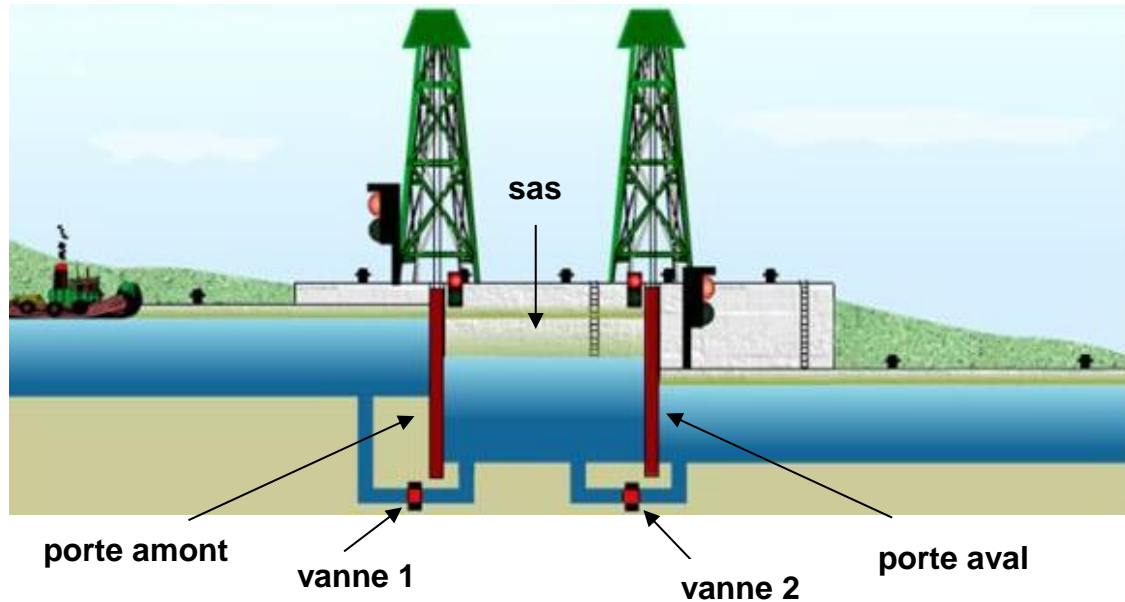


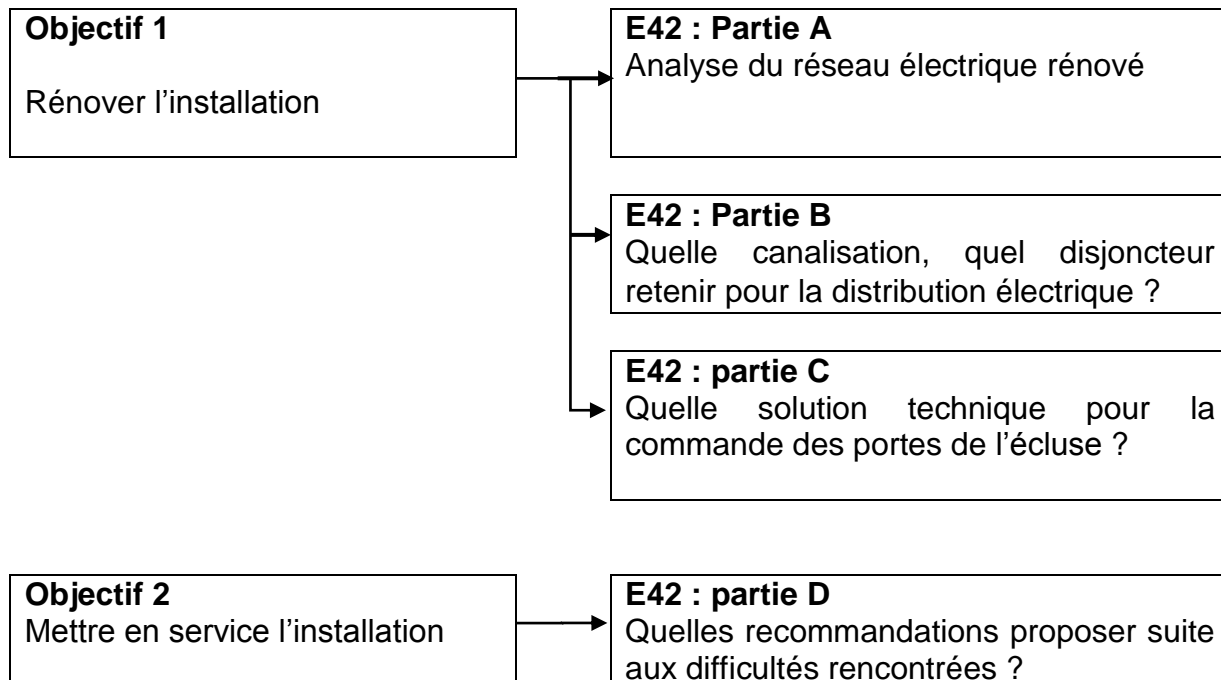
Figure 3 Principe de fonctionnement de l'écluse

Principe : l'ouverture de la vanne 1 permet de remplir le sas pour obtenir un niveau d'eau égal au niveau d'eau amont, ce qui autorise l'ouverture de la porte amont et l'entrée du bateau dans le sas. Après fermeture de la porte amont, la vanne 2 est ouverte et permet d'obtenir un niveau d'eau dans le sas égal au niveau d'eau aval. L'ouverture de la porte aval permet au bateau de continuer sa navigation.

II. ENJEU - OBJECTIFS

L'enjeu est de permettre une navigation fluviale 24h/24. Cette continuité de service est nécessaire pour assurer le transport maritime sur le fleuve.

La Compagnie Nationale du Rhône (CNR) chargée d'assurer cette continuité de service doit payer des pénalités importantes de retard au cas où le transport maritime est interrompu à cause d'une défaillance de l'une de ses écluses.



Le barème de notation des parties A, B, C et D représente respectivement 31 %, 23 %, 23 % et 23 % de la note totale.

III. QUESTIONNEMENT

PARTIE A. Analyse du réseau électrique rénové de l'écluse d'Avignon

Contexte

Le schéma du réseau électrique de la centrale hydroélectrique et de l'écluse d'Avignon est représenté sur le document technique DTEC1.

Nous désignons « alternateur » chaque équipement repéré GA1, GA2, GA3 ou GA4 tandis que l'ensemble « GA1 et GA2 » ou « GA3 et GA4 » est nommé un « groupe d'alternateurs ». Il y a donc 4 alternateurs et deux groupes d'alternateurs.

Le terme « les équipements » fait référence aux **auxiliaires RD et RG**, aux **pompes de vidange**, et à **l'alimentation du poste écluse** avec en particulier les actionneurs permettant d'ouvrir les portes amont ou aval.

Nous employons le terme « source d'énergie » pour décrire un générateur qui transforme de l'énergie primaire en énergie électrique.

Spécifications :

- En fonctionnement normal, les équipements sont alimentés par un seul groupe d'alternateurs ;
- Les transformateurs ne sont utilisés que pour abaisser la tension ;
- Une pompe de vidange est utilisée pour vider la salle des groupes d'alternateurs ;
- Une seule pompe de vidange parmi les deux est mise en fonctionnement ;
- La puissance apparente nécessaire à chacun des auxiliaires (Auxiliaires RG ou Auxiliaires RD) est égale à 150 kVA.

Contraintes :

La compagnie nationale du Rhône (CNR) impose que trois sources d'énergie électrique restent disponibles. La gestion des priorités entre les sources n'est pas étudiée.

Informations complémentaires

Une **estimation** de la puissance apparente en un point peut être obtenue par la somme algébrique des puissances apparentes des circuits avals lorsque les valeurs des puissances active et réactive ne sont pas connues.

Documents nécessaires pour cette partie :

- ↗ Dossier technique : DTEC1, DTEC 2 et DTEC3
- ↗ Dossier réponses : DREP1 et DREP2

A.1. Analyse du réseau de distribution et de sa conduite

- A.1.1. **Indiquer**, sur votre copie, les repères des « sources d'énergies » permettant d'alimenter « les équipements ».
- A.1.2. **Entourer**, sur DREP1, le réseau BT 400 V en le notant « Réseau BT 400 ».
- A.1.3. **Entourer**, sur DREP1, le réseau HT 5,5 kV en le notant « Réseau HT 5,5 ».
- A.1.4. **Indiquer**, sur votre copie, quels sont les équipements alimentés lorsque la source d'énergie est le groupe électrogène.
- A.1.5. **Compléter**, sur DREP2, les états (O pour OUVERT ou F pour FERMÉ) des disjoncteurs et des interrupteurs selon les deux cas proposés.
- A.1.6. **Justifier**, en fonction de l'enjeu général, la présence de toutes les sources d'énergie.

A.2. Justification de la puissance apparente du transformateur « TA12 »

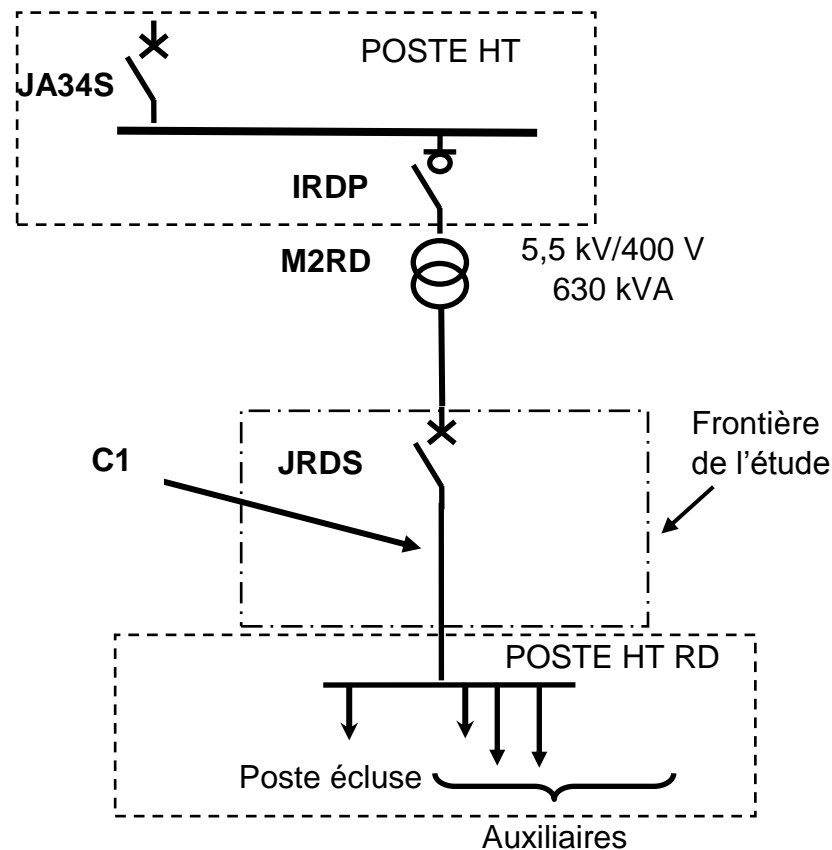
- A.2.1. **Déterminer** la puissance apparente nominale nécessaire à l'alimentation du poste Écluse.
- A.2.2. **Calculer** la puissance apparente nécessaire à l'alimentation d'une pompe de vidange.
- A.2.3. **Estimer** alors la puissance apparente au niveau du transformateur « TA12 ».
- A.2.4. **Justifier**, sur votre copie, la valeur de 1 MVA de la puissance apparente du transformateur « TA12 ».

PARTIE B. Quelle canalisation, quel disjoncteur pour la distribution électrique ?

Contexte

La rénovation de l'ouvrage a conduit à la proposition donnée en DTEC1. Cela a nécessité de revoir l'installation entre le poste HTA / BT et le poste TGBT rive droite et rive gauche.

L'étude porte sur le disjoncteur JRDS, l'unité de contrôle associé et la canalisation C1, voir figure ci-dessous.



Données pour la canalisation C1:

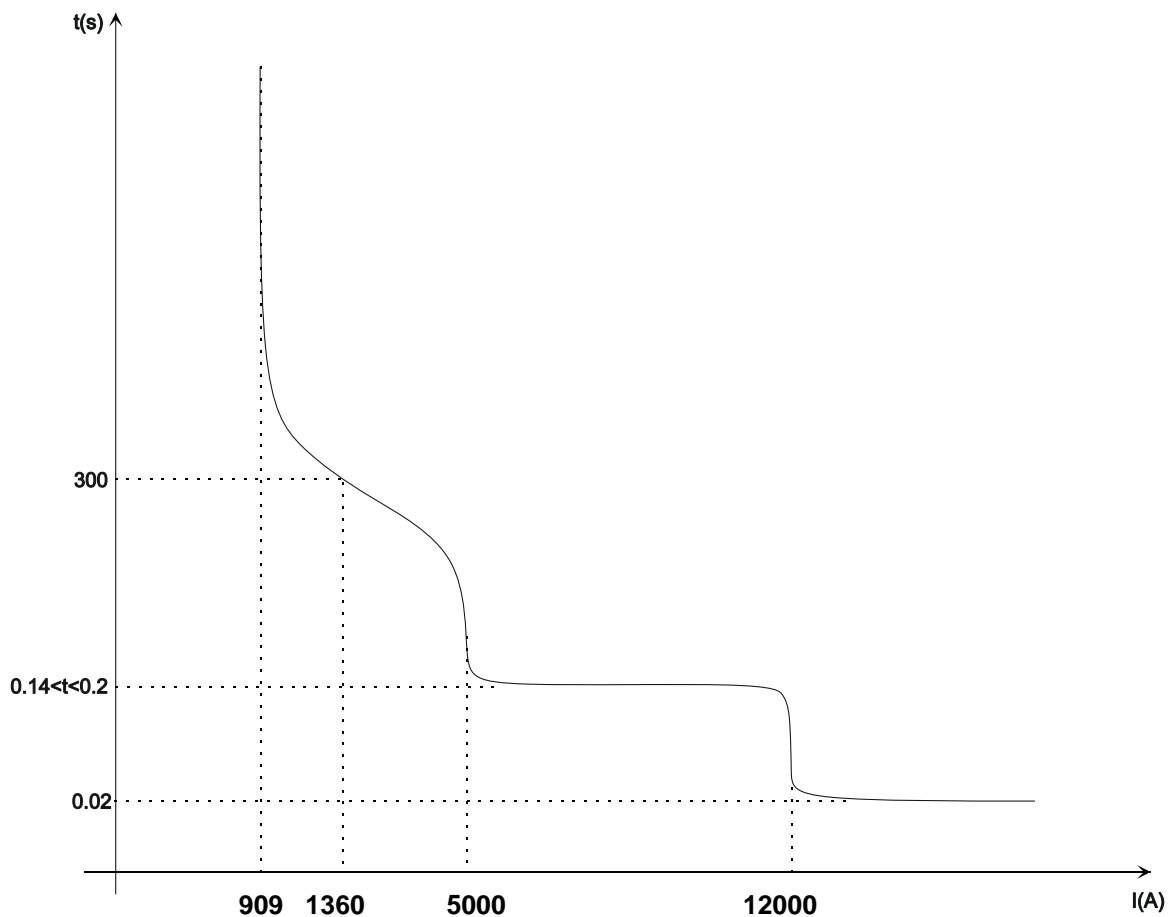
- le câble est monoconducteur de type polyéthylène réticulé triphasé ;
- le neutre est non distribué ;
- l'âme du conducteur sera en cuivre ;
- il est posé sur des chemins de câbles perforés, avec un autre circuit disposé en une couche ;
- la température ambiante ne dépassera pas 20°C ;
- Rappel de quelques valeurs normalisées pour le choix du courant assigné (calibre) du disjoncteur I_N : 63, 80, 100, 125, 160, 630, 800, 1000, etc.

Données pour le choix du disjoncteur :

- Compact NS, débrochable avec commande électrique communicante sous 48 V;
- Sur DRES2, le calibre de chaque disjoncteur est donné par le nombre derrière le sigle NS. Nous avons ainsi les calibres 630 A ; 800 A ; 1000 A ; 1250 A ; 1600 A.
- Le courant de court-circuit triphasé présumé au point de raccordement du disjoncteur est de 22,8 kA;
- neutre non distribué ;
- raccordement par prise avant.

Données pour le réglage de l'unité de contrôle :

Vous décidez d'associer une unité de contrôle Micrologic 5.0.E au disjoncteur JRDS. En vous aidant d'un outil logiciel approprié, vous établissez la courbe de déclenchement à régler pour ce disjoncteur. Cette courbe est fournie par le document ci-dessous. Vous préparez les réglages d'une unité de contrôle.



Ne pas tenir compte de l'espacement entre les valeurs sur l'axe des abscisses qui est logarithmique.

Documents nécessaires pour cette partie :

- ↗ Dossier technique : DTEC1
- ↗ Dossier ressources : DRES1, DRES2, DRES3
- ↗ Dossier réponse : DREP3, DREP4

B1. Canalisation C1

B1.1 **Justifier**, par le calcul, que nous pouvons choisir pour le disjoncteur un courant assigné I_N de 1000 A.

B1.2 **Rechercher** la valeur de I'_z en complétant le document réponse DREP3.

B1.3 **Déterminer**, en vous justifiant, la section S du câble.

B2. **Choisir** les références du disjoncteur et de ses accessoires en complétant le document réponse DREP4.

B3. Réglage de l'unité de contrôle associé au disjoncteur

B3.1 **Donner**, en vous justifiant, les positions des commutateurs pour régler les seuils, I_r , I_{sd} , I_i .

B3.2 **Donner**, en vous justifiant, les positions des commutateurs pour régler les temporisations, t_r , t_{sd} .

PAGE BLANCHE

PARTIE C. Quelle solution technique pour la commande des portes de l'écluse ?

Contexte

Dans le cadre de la rénovation du poste de l'écluse, les moteurs Dahlander ont été remplacés par des moteurs asynchrones triphasés de référence K11R132S2 (voir DRES5). Ils seront pilotés par des variateurs de vitesse afin de maîtriser les vitesses de déplacement. Le chef de projet vous demande de mener deux études techniques :

- une première étude qui concerne le choix de l'architecture des tableaux électriques de commande des moteurs de portes et le choix des constituants selon les spécifications ci-dessous et les propositions figurant sur le document DTEC4 ;
- une deuxième étude qui s'intéresse à la plateforme d'automatisme. La pré-étude a permis de définir les cartes d'entrées et de sorties nécessaires. Il reste l'alimentation 5 V_{DC} à choisir ainsi que le commutateur permettant de connecter l'ensemble au réseau informatique de l'installation. Une représentation des racks d'automatisme et des références de chacune des cartes d'entrée/sortie est disponible sur le document DTEC5

Spécifications fonctionnelles

- les portes sont manœuvrées l'une après l'autre, jamais en même temps ;
- les constituants principaux des coffrets de commande sont installés en double de manière à pallier à toute défaillance

Spécifications électriques

- le réseau de distribution est un réseau triphasé 400 V ;
- le schéma de liaison à la terre est du type IT ;
- les variateurs doivent pouvoir délivrer un courant transitoire égal à 2,5 fois le courant nominal moteur pendant une durée de 2 secondes.

Spécifications automatisme

- seule la consommation sous la tension 5 V_{DC} est prise en compte pour le choix de l'alimentation ; les autres niveaux de tension sont fournis par des alimentations externes hors étude ;
- le module alimentation sera alimenté sous la tension de 230 V alternatif ;
- le commutateur doit être équipé d'au moins 5 ports Ethernet blindés (10/100 BASE-TX) et de deux liaisons fibre optique afin de permettre la transmission vers les deux principaux postes de pilotage et de supervision.

Informations complémentaires

La notation CIDR 172.108.22.10/28 correspond à :

- une adresse de sous-réseau : 172.108.22.10
- un masque de sous-réseau : 255.255.255.240

Documents nécessaires pour cette partie :

- ↗ *Dossier technique : DTEC4 et DTEC5*
- ↗ *Dossier ressources : DRES4, DRES5, DRES6 et DRES7*
- ↗ *Dossier réponse DREP5*

C1. Étude de l'architecture de la commande de déplacement des portes amont et aval

- C.1.1 **Donner** en vous justifiant la référence des variateurs qui piloteront les moteurs.
- C.1.2 **Indiquer** la longueur de câble blindé maximale admissible sans filtre entre le variateur et le moteur. **Choisir et justifier** la référence d'un filtre qui pourrait éventuellement être installé entre un variateur et un moteur.
- C.1.3 **Rédiger** un message électronique destiné à votre chef de projet pour lui rendre compte de votre analyse des deux solutions proposées sur le document DTEC4 et pour lui proposer un choix argumenté. Votre message comprendra une introduction pour exposer le problème qui vous a été soumis. Un paragraphe dans lequel vous comparerez les deux solutions du point de vue du matériel installé, du point de vue de la longueur des câbles et de l'installation éventuelle de filtres et du point de vue de la continuité de service et un paragraphe dans lequel vous préciserez la solution que vous souhaitez voir retenue.

C2. Automatisme

- C.2.1 **Déterminer** la puissance demandée par l'ensemble des cartes installées en complétant le document DREP5.
- C.2.2 **Choisir et justifier** la référence de la carte alimentation 5 V_{DC}.
- C.2.3 **Choisir et justifier** la référence du commutateur.
- C.2.4 **Indiquer** la plage d'adresses disponibles pour le sous-réseau « Gestion technique centralisée ».

PARTIE D. Quelles recommandations suite aux incidents de mise en service ?

Contexte

Le moteur précédemment utilisé pour permettre l'ouverture de la porte aval de l'écluse était un moteur de type « Dahlander » à deux vitesses. Ce dernier étant vétuste et inadapté, il a été décidé de le changer au profit d'un moteur asynchrone associé à un variateur.

Le profil de vitesse retenu est indiqué sur la figure 5, ci-après.

Le bureau d'étude a retenu les matériels suivants :

- Un variateur de référence ATV71HU55N4 ;
- Un moteur asynchrone du constructeur « VEM Motors Thurm » de réf. K11R132S2. Les caractéristiques principales sont : 5,5 kW ; 18,4 Nm ; 2860 tr.mn⁻¹ ; 400 V ; I_n=11,5 A.

Vous avez observé, durant la mise en service, plusieurs incidents qui sont décrits sous la forme de scénario et vous devrez établir un diagnostic afin d'envisager les modifications à effectuer.

Scénario 1 qui se déroule durant la phase 2: un objet de faible taille a entravé les mouvements de la porte durant quelques secondes et le variateur s'est mis en défaut. Cette situation peut se reproduire et il faudrait éviter que le variateur se mette en défaut trop souvent.

Conditions :

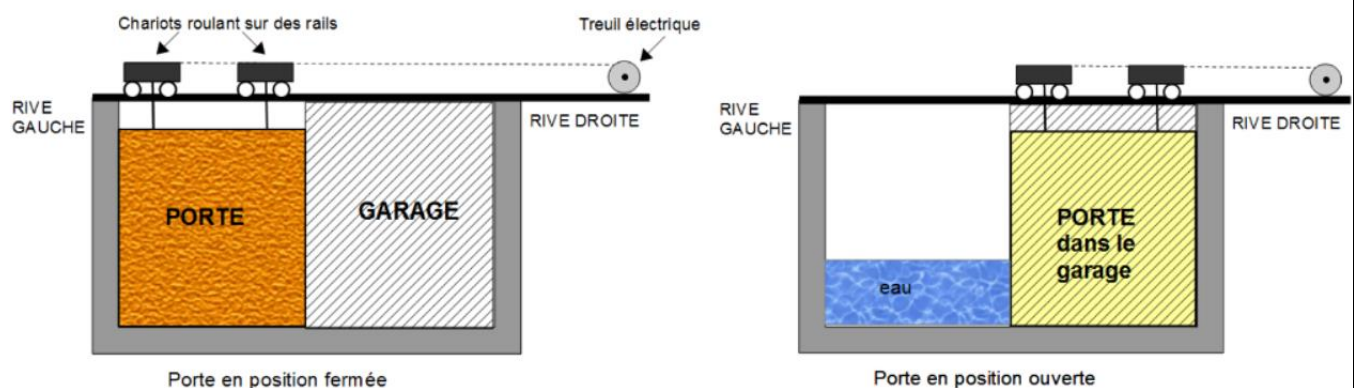
- vous avez utilisé le terminal graphique du variateur, il indique que le paramètre OCF est en défaut (voir cause probable sur DRES8) ;
- On a mesuré, voir DTEC6, la valeur efficace du courant qui traverse le moteur lors d'une phase normale d'ouverture de la porte.

Scénario 2 : l'ouverture de la porte aval semble être plus lente que prévu

Conditions :

- les paramètres du variateur : ITH=11,5, ACC =10, DEC=19, LSP=0 et HSP=40.

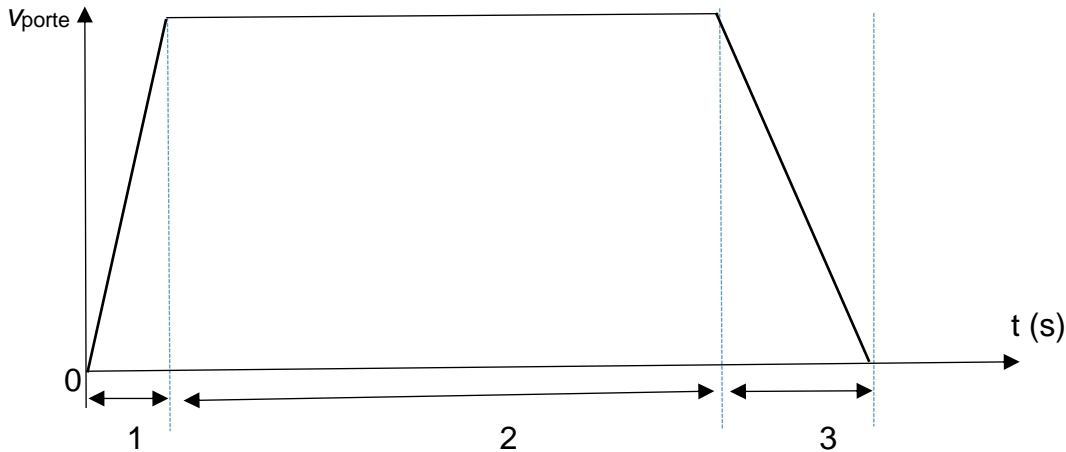
Mécanisme de fermeture de la porte aval



La porte Aval est coulissante du type « suspendue ». Elle quitte le garage situé à droite pour obstruer le sas (revoir le principe dans la présentation générale). Les dimensions de la porte aval sont : $L = 12,1$ m ; $H = 13,4$ m ; $E = 1,0$ m.

Le mouvement, figure 5, se décompose en 3 phases :

- 1 : phase d'accélération pendant 10 s ;
- 2 : phase à vitesse de translation constante ($v_{\text{porte}} = 117 \times 10^{-3} \text{ m.s}^{-1}$) pendant 92 s ;
- 3 : phase de décélération pendant 19 s.



Documents nécessaires pour cette partie :

- ↳ Dossier technique : DTEC6
- ↳ Dossier ressources : DRES8

D1. Scénario 1

D.1.1 **Indiquer**, en vous justifiant, l'hypothèse que vous considérez la plus probable :

- Hypothèse 1 : le courant nominal absorbé par le moteur, durant la phase 2, est supérieur au courant que le variateur peut délivrer et cet objet n'est pas réellement la cause du problème ;
- Hypothèse 2 : le courant a transitoirement augmenté et a dépassé les limites du variateur.

D.1.2 **Analyser**, afin d'établir un diagnostic, les causes du dysfonctionnement, à partir de la mesure et du défaut (revoir contexte), pour confirmer votre hypothèse.

D.1.3 **Faire** une proposition cohérente par rapport à votre diagnostic.

D2. Scénario 2 : l'ouverture de la porte aval semble être plus lente que prévu

Hypothèse : le variateur serait mal configuré. Une simple mesure du temps à l'aide d'un chronomètre donne 157s pour que la porte passe de la position fermée à la position ouverte.

D.2.1 **Analyser** la situation puis établir un diagnostic.

D.2.2 **Faire** une recommandation au technicien afin qu'il puisse modifier la configuration du variateur.