

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## ÉLECTROTECHNIQUE

ÉPREUVE E.4

CONCEPTION - ETUDE PRELIMINAIRE

SESSION 2022

Durée : 4 heures  
Coefficient : 5

### Matériel autorisé :

« L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé, L'usage de calculatrice sans mémoire « type collègue » est autorisé.

### Documents à rendre avec la copie :

- le candidat répondra sur le dossier réponses et des feuilles de copie ;

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet. Le sujet comporte quatre dossiers :

- le **dossier présentation - questionnaire** qui se compose de 13 pages, numérotées de 1/13 à 13/13 ;
- le **dossier technique** qui se compose de 7 pages, numérotées de 1/7 à 7/7 ;
- le **dossier ressources** qui se compose de 9 pages, numérotées de 1/9 à 9/9 ;
- le **dossier réponses à rendre avec la copie** qui se compose de 3 pages, numérotées de 1/3 à 3/3.

Il sera tenu compte de la qualité de la rédaction, en particulier pour les réponses aux questions ne nécessitant pas de calcul. Le correcteur attend des phrases construites respectant la syntaxe de la langue française. **Chaque réponse sera clairement précédée du numéro de la question à laquelle elle se rapporte.**

Les notations du texte seront scrupuleusement respectées.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE	SESSION 2022
Épreuve E4 : Conception – étude préliminaire	Code : 22EQCEPME1

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## ÉLECTROTECHNIQUE

Session 2022

ÉPREUVE E4



### **PRÉSENTATION - QUESTIONNEMENT**

PRÉSENTATION GÉNÉRALE .....	2
Partie A : CUVERIE PRIMAIRE.....	4
Partie B : POMPES DE CIRCULATION.....	6
Partie C : TRANSFORMATEUR ET PROTECTIONS .....	8
Partie D : ALIMENTATION SANS INTERRUPTION ET COMPTEURS D'ÉNERGIE.....	12

## PRÉSENTATION GÉNÉRALE

L'entreprise VDLV voit le jour en 2012 à Pessac en Gironde, près de Bordeaux. Elle est spécialisée dans la fabrication de liquides pour générateurs d'aérosols.

Différentes matières premières entrent dans la composition de ces liquides, notamment :



- **le Propylène Glycol (dénommé PG par la suite)** : Il appartient à la famille des éthers de glycol et a la particularité de se vaporiser facilement. Il est utilisé couramment dans l'industrie cosmétique, médicale et alimentaire.
- **la Glycérine Végétale (dénommée VG par la suite)** : Elle rentre dans la famille des polyols et se vaporise à basse température. Produisant plus de vapeur que le PG, elle a un aspect très visqueux et un goût légèrement sucré.

L'augmentation de la demande, qui s'accompagne d'un développement du parc de machines ainsi que d'une augmentation des besoins en stockage, amène la société à devoir s'agrandir. L'entreprise choisit de déménager dans un bâtiment plus spacieux et mieux adapté de 14 000 m<sup>2</sup> situé sur la commune voisine de Cestas.

### **Premier enjeu étudié : répondre à la demande d'alimentation en mélange (PG + VG) par la production.**

Avec une production estimée à deux millions de flacons de 10 mL par mois et la production d'un autre type de conditionnement DIY (Do It Yourself / à préparer soi-même), les nouveaux locaux doivent permettre de stocker dans la cuverie primaire le PG et le VG en quantité suffisante pour une autonomie de deux mois et demi.

La gestion des stocks de PG et VG doit être réalisée de manière sécurisée et automatisée.

Depuis la cuverie primaire, un système de pompes doit envoyer la matière première vers des mélangeurs situés à l'étage.

C'est dans cette seconde zone, la cuverie secondaire, que les mélanges de base sont créés et homogénéisés selon différentes proportions PG/VG. Le mélange est ensuite envoyé vers la zone de production par gravité où des arômes peuvent être ajoutés.

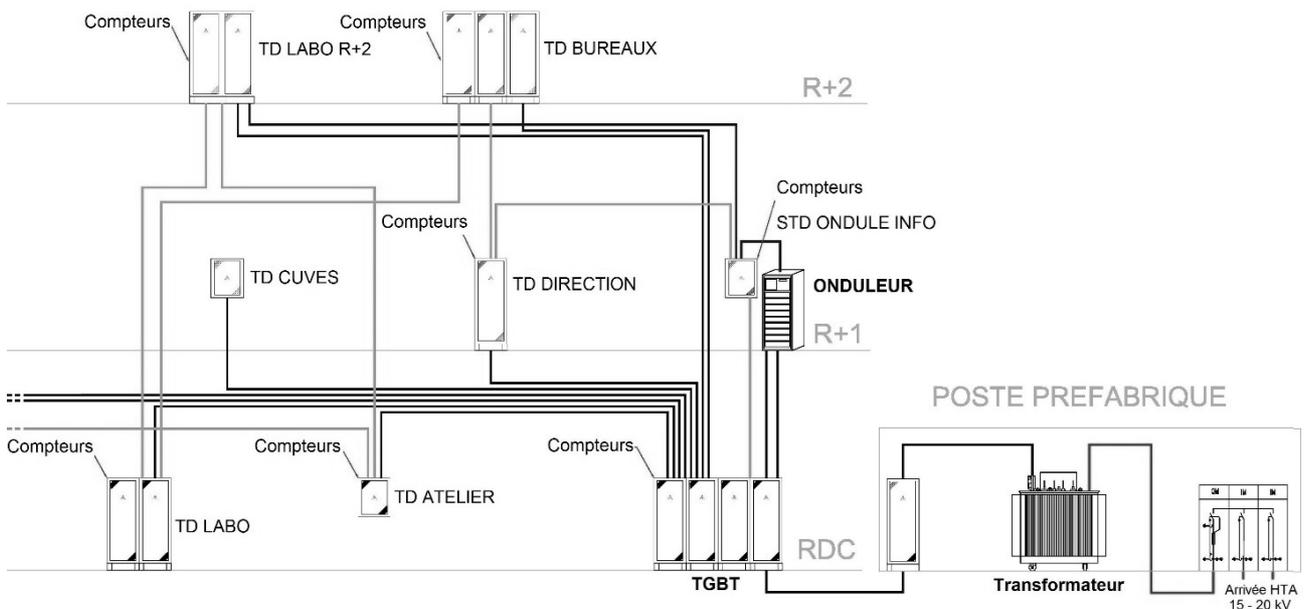
Pour simplifier notre étude, nous considérerons que les flacons sont remplis à 100 % de (PG+VG).

**Deuxième enjeu étudié : assurer l'alimentation électrique et le contrôle des consommations de l'ensemble du site.**

Enedis alimente le site à partir d'une boucle HTA de 15 kV. Un poste préfabriqué est installé à une centaine de mètres du site avec un transformateur HTA/BT.

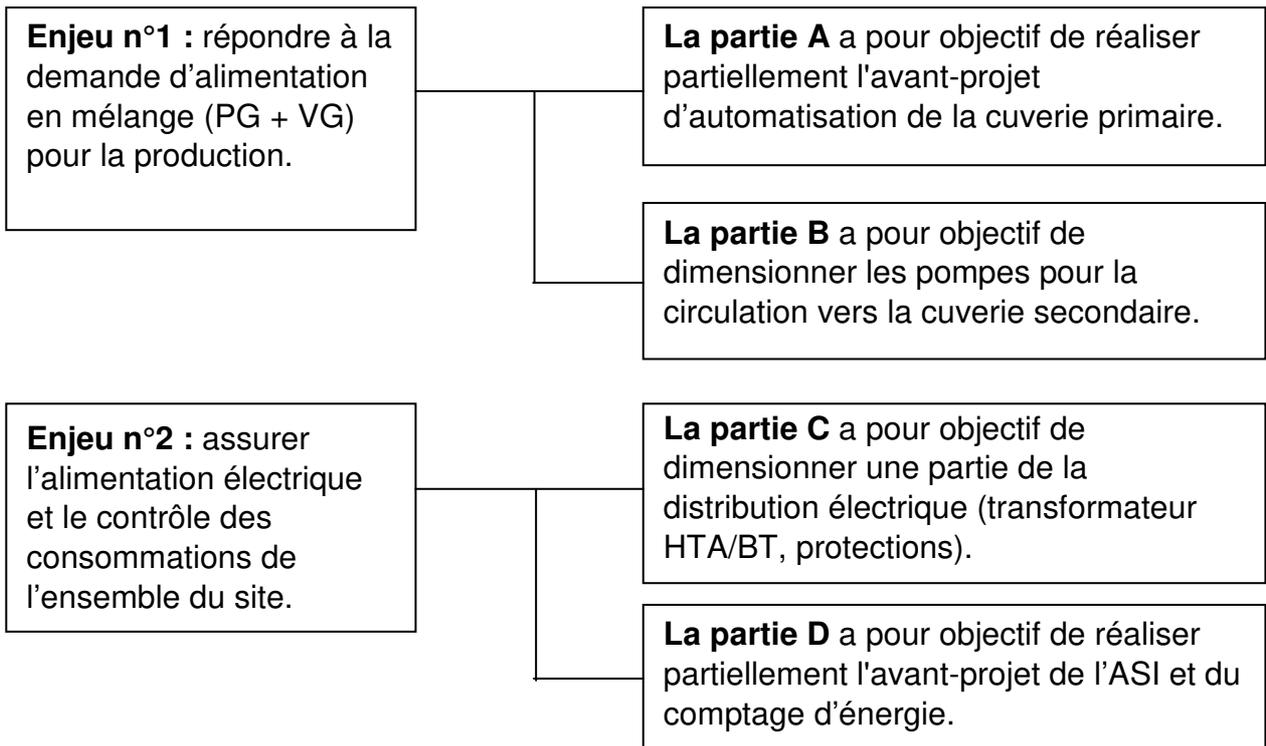
La distribution est ensuite assurée via le tableau général basse tension (TGBT) par différents tableaux divisionnaires (TD), une partie devant être secourue par une alimentation sans interruption (ASI).

Le TGBT et tous les TD sont associés à des compteurs d'énergie communicants.



**Objectifs de l'étude préliminaire**

Le sujet a pour objectif de conduire une étude de conception préliminaire en relation avec les deux enjeux énoncés précédemment selon le plan présenté ci-dessous.



## **PARTIE A : CUVERIE PRIMAIRE**

L'étude porte sur l'avant-projet de dimensionnement des volumes de PG et de VG à stocker, ainsi que sur l'automatisation des cuves primaires.

Documents :

- DRES1 : capteurs de niveau ;
- DTEC1 : cahier des charges de l'automatisation des cuves primaires ;
- DREP1 : synoptique de la cuverie primaire.

### **Dimensionnement des cuves primaires**

- A.1.** Sachant que la production est estimée à 2 millions de flacons de 10 mL par mois, **calculer** en litres la quantité  $V_m$  de mélange (PG+VG) utilisée chaque mois pour les flacons. **Calculer** le volume  $V$  à stocker pour obtenir deux mois et demi d'autonomie.

L'entreprise produisant également un autre type de conditionnement, **la solution retenue est 4 cuves de 15 000 litres.**

### **Mesure du niveau des cuves primaires**

Les stocks de PG et VG diminuant de manière égale, l'entreprise retient une solution avec 2 cuves VG et 2 cuves PG cylindriques, de 6 m de hauteur chacune (avec remplissage maximum à 5 m), situées en intérieur.

Afin de lancer un réapprovisionnement lorsque le stock est de moitié, le niveau dans ces cuves doit être mesuré en permanence, avec un minimum de **maintenance et d'entretien.**

Le PG et le VG ne possèdent pas exactement les mêmes caractéristiques (viscosité, masse volumique...) mais les capteurs des quatre cuves devront être identiques dans un souci d'homogénéisation du matériel.

- A.2. Justifier** la ou les technologies de capteur de niveau qui peu(ven)t être envisagée(s) parmi les 4 familles proposées sur le DRES1, sachant que la viscosité du VG est élevée.

### **Automatisation des cuves primaires**

L'entreprise souhaite automatiser le stockage et le transfert du PG et du VG vers la cuverie secondaire.

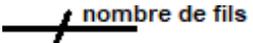
- A.3.** À l'aide du cahier des charges DTEC1, **indiquer** et justifier le nombre et le type des entrées / sorties nécessaires pour l'API (Automate Programmable Industriel).
- A.4. Citer** les autres critères de choix de l'API permettant de répondre au cahier des charges.

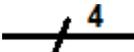
Les principaux formats de standard électrique analogique utilisés pour les capteurs industriels sont 0-10 V et 4-20 mA.

**A.5. Indiquer** le format demandé par l'entreprise et **préciser** les avantages de ce choix.

L'entreprise retient la solution avec des capteurs à ultrasons actifs. Par sécurité, des détecteurs « cuve vide » à contact sec sont également installés.

**A.6.** Pour les 4 cuves, **représenter** sur le synoptique du document réponse DREP1 l'emplacement des capteurs, des détecteurs ainsi que des balises lumineuses.

Un schéma unifilaire doit respecter la schématisation suivante : 

Exemple pour 4 fils : 

**A.7.** Pour la cuve PG2 uniquement, **représenter** en schéma unifilaire sur le synoptique du document réponse DREP1 les liaisons reliant le coffret électrique :

- à la balise 5 voyants ;
- au capteur de niveau 4-20 mA (actif) ;
- au détecteur cuve vide.

## PARTIE B : POMPES DE CIRCULATION

L'étude porte sur le dimensionnement des pompes permettant l'acheminement du PG et du VG vers la cuverie secondaire.

Les caractéristiques à déterminer pour le choix des pompes sont :

- le débit ;
- la pression que devra apporter chaque pompe ;
- la puissance hydraulique.

Dans un souci d'homogénéité, les quatre pompes seront identiques.

On se place dans le cas le plus défavorable du circuit VG (fluide très visqueux).

Documents :

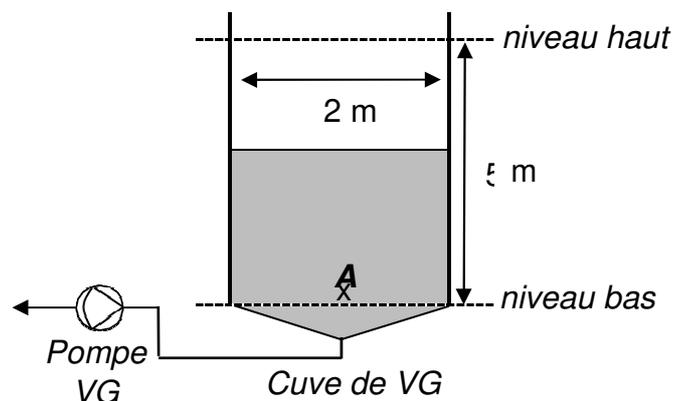
- DTEC2 : réseaux fluides de l'installation ;
- DRES2 : correspondance des dimensions de tuyauteries.

Données :

- débit volumique maximal attendu :  $Q_V = 10 \text{ m}^3/\text{h}$  ;
- accélération de la pesanteur :  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  ;
- masse volumique du VG :  $\rho_{VG} = 1\,260 \text{ kg/m}^3$  ;
- la pression atmosphérique sera prise comme référence, toutes les pressions seront donc relatives.

Afin de déterminer les caractéristiques d'une pompe du circuit VG, il est nécessaire de faire une étude hydraulique entre les points A et B repérés sur le DTEC2. Le point A est situé au niveau du **rez-de-chaussée** (en bas de la cuve).

La *figure 1* représente le schéma simplifié d'une cuve de VG associée à sa pompe.



**Figure 1** : Schéma simplifié d'une cuve de VG

- B.1. Calculer** la pression relative  $p_{Ah}$  au niveau du point A lorsque la cuve est à son niveau haut (cuve pleine).
- B.2. Déterminer** la valeur de la pression relative  $p_{Ab}$  au point A lorsque la cuve est à son niveau bas (cuve vide).
- B.3. En déduire** le cas le plus défavorable (cuve pleine ou cuve vide) pour le dimensionnement de la pompe.

On rappelle le théorème de Bernoulli appliqué à un fluide s'écoulant d'un point A vers un point B, avec présence d'une pompe générant une différence de pression  $\Delta p_{pompe}$  et sans tenir compte des pertes de charges ( $v$  = vitesse en m/s,  $z$  = altitude en m,  $p$  = pression en Pa,  $\rho$  = masse volumique en kg/m<sup>3</sup>) :

$$\frac{1}{2} \rho \cdot v^2 + \rho \cdot g \cdot z_B + p_B = \frac{1}{2} \rho \cdot v^2 + \rho \cdot g \cdot z_A + p_A + \Delta p_{pompe}$$

Compte tenu du diamètre important de la cuve, on néglige la vitesse  $v_A$  du fluide au niveau du point A (point bas dans la cuve).

Le point B, repéré sur le DTEC2, est situé au **premier étage** (dans le tuyau, très proche de la sortie). Les points A et B seront considérés à la pression atmosphérique.

- B.4.** À partir du DTEC2, **estimer** la différence d'altitude ( $z_B - z_A$ ) à remonter pour amener le fluide au niveau du point B.
- B.5.** À partir du DTEC2 et du DRES2, **calculer** la section intérieure **S** du tuyau qui achemine le VG.
- B.6. Montrer** que pour le débit volumique maximal attendu, la vitesse  $v_B$  du fluide au point B (dans le tuyau à l'étage) est d'environ **0,55 m/s**.
- B.7. Calculer** la valeur de la différence de pression  $\Delta p_{pompe}$  que devra créer la pompe pour acheminer le VG du point A au point B.

Compte tenu de la viscosité élevée du VG, de la longueur de tuyau et des différents coudes, les pertes de charges sont ici très importantes et ont été évaluées à  $\Delta p_{pertes} = 7,3 \cdot 10^5$  Pa.

- B.8. Calculer** la valeur de la différence de pression totale  $\Delta p'_{pompe}$  que devra générer la pompe en tenant compte de ces pertes de charges et **conclure** sur l'élément le plus important à prendre en compte pour son calcul.

On rappelle l'expression de la puissance hydraulique d'une pompe en fonction du débit et de la pression :

$$P_{hyd} = Q_v \Delta p \quad \text{avec } P_{hyd} \text{ en W, } Q_v \text{ en m}^3/\text{s, } \Delta p \text{ en Pa}$$

- B.9. Calculer** la puissance hydraulique maximale que devra pouvoir fournir la pompe.

## PARTIE C : TRANSFORMATEUR ET PROTECTIONS

L'étude vise à établir les caractéristiques du transformateur du poste de livraison et celles de disjoncteurs à différents niveaux de l'installation.

Documents :

- DTEC3 : extraits du CCTP
- DTEC4 : extrait du schéma de distribution du site
- DRES3 : notations et définitions utilisées
- DRES4 : extrait de la norme EN 50588 sur les transformateurs triphasés
- DRES5 : détermination du courant de court-circuit par la méthode de composition
- DRES6 : standard des calibres et pouvoirs de coupure des disjoncteurs

### Bilan de puissance

Le tableau divisionnaire intitulé TD CUVES alimente uniquement les éléments de la cuverie secondaire, constituée de 17 moteurs.

Les moteurs M1 à M16 sont identiques, et leurs plaques signalétiques indiquent :

**Puissance utile : 2,2 kW**      **cos  $\varphi$  : 0,80**      **rendement : 0,73**

**C.1. Calculer** la puissance active  $P_{aM1}$  absorbée par un de ces moteurs. **Calculer** le courant efficace consommé correspondant  $I_{bM1}$ .

Les 16 moteurs identiques du TD CUVES (M1 à M16) fonctionnent un peu en dessous de leur régime nominal de telle manière que la puissance réellement utilisée correspond à 90% de leur puissance nominale. Ces moteurs ne fonctionnent jamais simultanément et leur facteur de simultanéité **ks** est égal à 0,8.

Le moteur M17 absorbe une puissance active nominale de 5 kW et fonctionne quant à lui à 77% de sa puissance absorbée nominale.

Les définitions des coefficients d'utilisation et de simultanéité sont rappelées dans le DRES3.

**C.2. Donner** la valeur du facteur d'utilisation des moteurs M1 à M16 et celle du moteur M17. **Calculer** la puissance active à installer  $P_{installée}$ .

**C.3. Calculer** la puissance apparente  $S_{installée}$  du TD CUVES (le  $\cos\varphi$  du moteur M17 vaut également 0,8). **Calculer** l'intensité efficace  $I_{installée}$  du courant sur le TD CUVES.

## Dimensionnement et caractérisation du transformateur

Les bilans des puissances des autres tableaux divisionnaires, TD, sont réalisés en appliquant la même méthode que celle employée pour le TD CUVES. On obtient un courant d'emploi  $I_{btotal}$  au niveau du poste source de 1 100 A.

**C.4. Calculer** la puissance apparente **S** que doit pouvoir fournir le transformateur.

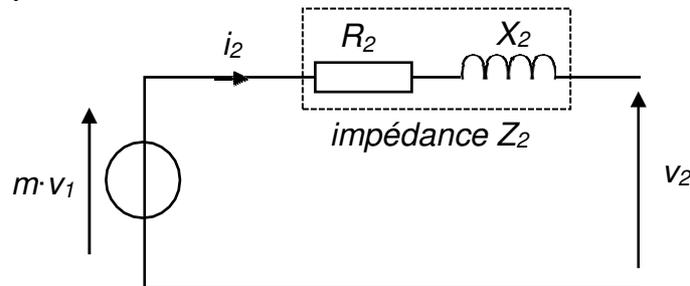
**C.5. Déterminer** les caractéristiques du transformateur qui satisfait au CCTP (technologie, tension primaire, puissance apparente normalisée, valeurs maximales des pertes).

## Caractérisation des disjoncteurs

Afin de déterminer le pouvoir de coupure des disjoncteurs, il faut calculer les valeurs des courants de court-circuit en différents points de l'installation :

- au niveau du transformateur du poste de livraison ;
- au niveau du TGBT ;
- au niveau du TD CUVES.

On rappelle le schéma équivalent d'une phase du transformateur triphasé, vu du secondaire (les éléments  $R_2$  et  $X_2$  modélisent les imperfections du transformateur ;  $m$  est le rapport de transformation ;  $v_1$  est la tension simple au primaire ;  $v_2$  est la tension simple au secondaire) :



Les caractéristiques du transformateur sont les suivantes :

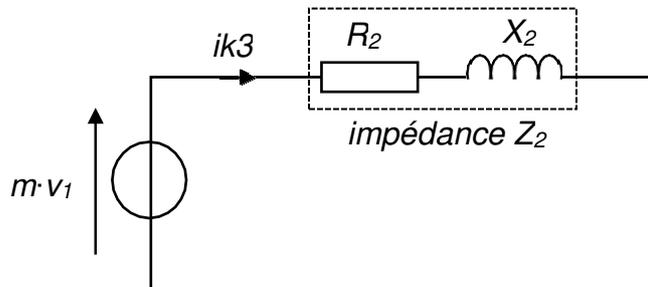
- tension efficace nominale entre phases au primaire :  $U_{1N} = 15 \text{ kV}$  ;
- tension efficace à vide entre phases au secondaire :  $U_{20} = 410 \text{ V}$  ;
- résistance modélisant les pertes joules :  $R_2 = 2,2 \text{ m}\Omega$  ;
- réactance modélisant les fuites magnétiques :  $X_2 = 12,4 \text{ m}\Omega$ .

On rappelle l'expression de l'impédance  $Z$  équivalente à l'association série d'une résistance  $R$  et d'une réactance  $X$  :  $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$

**C.6.** À partir des caractéristiques du transformateur, **calculer** :

- la valeur du rapport de transformation  $m$  ;
- la valeur de l'impédance  $Z_2$ .

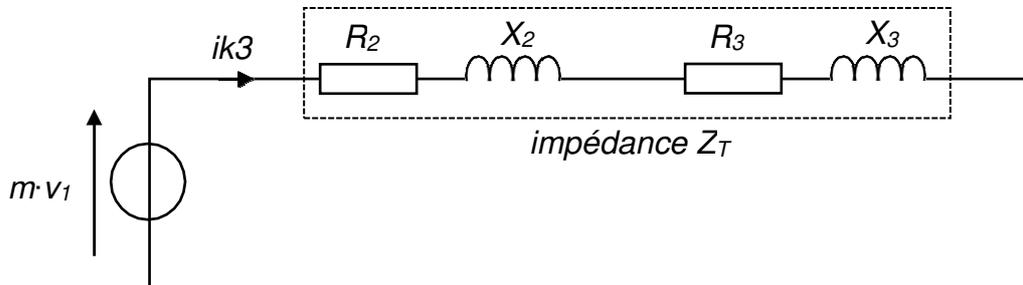
Si un court-circuit triphasé a lieu au secondaire du transformateur (on note  $ik_3$  le courant de court-circuit triphasé), le schéma équivalent d'une phase devient :



**C.7.** **Etablir** la relation entre  $m$ ,  $V_1$ ,  $Z_2$  et la valeur efficace  $Ik_3$ .

**C.8.** **Calculer** la valeur efficace du courant de court-circuit  $Ik_3$  au secondaire du transformateur lorsqu'il est alimenté sous tension nominale.

Lors d'un court-circuit triphasé au niveau du TGBT, le schéma équivalent d'une phase devient le suivant ( $R_3$  et  $X_3$  modélisent les imperfections du jeu de barre et du câble reliant le transformateur au TGBT) :



Connaissant les caractéristiques du câble reliant le transformateur au TGBT (aluminium, longueur 95 m, section  $4 \times 300 \text{ mm}^2$ ), ainsi que celles du jeu de barre, on a pu déterminer les valeurs :  $R_3 = 2,9 \text{ m}\Omega$  et  $X_3 = 3,2 \text{ m}\Omega$ .

**C.9.** **Calculer** l'impédance totale  $Z_T$  lors d'un court-circuit au niveau du TGBT.

**C.10.** **Calculer** la valeur efficace du courant  $Ik_3$  lors d'un court-circuit triphasé au niveau du TGBT.

La méthode que l'on vient d'appliquer pour trouver  $I_{k3}^{TRANSFO}$  et  $I_{k3}^{TGBT}$  s'appelle la méthode des impédances.

Pour déterminer la valeur du courant de court-circuit  $I_{k3}^{TDCUVES}$  au niveau du TD CUVES, il est possible d'utiliser la méthode de composition à partir d'abaques qui figurent dans le guide UTE C 15-105 de la norme NFC 15-100.

- C.11.** Sur le DTEC4, **relever** la longueur, la section et le matériau du câble reliant le TGBT au TD CUVES. En admettant que le courant de court-circuit  $I_{k3}^{TGBT}$  au niveau du TGBT est de 15 kA, **déterminer** le courant  $I_{k3}^{TDCUVES}$  au niveau des moteurs du TD CUVES par la méthode de composition (DRES5).

L'ensemble des questions précédentes permettent de choisir les caractéristiques principales des disjoncteurs à 3 niveaux différents de l'installation : au niveau du poste de livraison, au niveau du TGBT ainsi qu'au niveau du TD CUVES.

- C.12.** **Compléter** le tableau du document réponse DREP2 pour les trois disjoncteurs à choisir (DRES6).

## PARTIE D : ALIMENTATION SANS INTERRUPTION ET COMPTEURS D'ENERGIE

### Alimentation sans interruption (ASI)

L'étude porte sur les caractéristiques de l'onduleur et de ses batteries, afin d'alimenter une partie de l'installation en assurant la continuité et la qualité de l'énergie électrique.

Documents :

- DTEC3 : extraits du CCTP
- DRES7 : données techniques d'onduleurs

- D.1.** Parmi les données techniques qui figurent dans les documentations d'onduleurs, **indiquer** :
- une donnée technique qui permet de savoir si la tension délivrée par l'onduleur est proche d'une sinusoïde parfaite ;
  - une donnée technique qui permet de savoir si l'onduleur crée de la pollution harmonique sur le réseau.
- D.2.** En s'appuyant sur la partie 4.13 du CCTP (DTEC3), **calculer** l'énergie  **$E$**  (en W·h) que les batteries de l'onduleur doivent pouvoir fournir afin de garantir l'autonomie imposée par le CCTP.
- D.3.** En vous appuyant sur l'homogénéité des unités, **établir** la relation entre l'énergie  **$E$**  stockée dans les batteries (en W·h), la tension  **$U$**  aux bornes des batteries (en V) et la capacité  **$Q$**  des batteries (en A·h).
- D.4.** **Calculer** la capacité utile  **$Q_u$**  des batteries qui permettrait d'obtenir l'autonomie demandée en cas de coupure réseau, avec une tension aux bornes des batteries  $U = 480$  V. En **déduire** la valeur de capacité nominale  **$Q_n$**  de ces batteries, sachant que pour les préserver, on n'utilise que 70% cette capacité nominale.

### Compteurs d'énergie

L'étude porte sur la justification, le coût et l'utilité de la pose de compteurs d'énergie communicants.

L'entreprise possède plus de 1 000 m<sup>2</sup> de superficie dédiée à une activité de type tertiaire.

Documents :

- DTEC3 : extraits du CCTP ;
- DTEC5 : synoptique de l'installation électrique ;
- DRES8 : réglementation liée à la réduction des consommations énergétiques.

- D.5.** Parmi les textes réglementaires cités dans le DRES8, **indiquer** en justifiant la réponse, ceux qui doivent être respectés par l'entreprise.

Le TGBT possède des départs vers :

- la centrale de mesure ;
- les luminaires de la zone du stock de matières premières ;
- les prises de courant de la zone matières premières ;
- les chauffages du local technique ;
- des unités de ventilation du site ;
- les TD et STD qu'il alimente directement.

**D.6.** Le CCTP (partie 4.7.6) étant plus contraignant que les textes réglementaires, **lister** les dispositifs de comptage électrique dans le TGBT, en indiquant pour chacun son affectation (*exemple : n°4 = compteur chauffage*).

**Calcul des coûts** - Données complémentaires :

- Centrale de mesure :
  - implantation et raccordement : 30 min / unité
  - paramétrage et mise en service : 1 h / unité
- Compteur communicant :
  - implantation et raccordement : 30 min / unité
  - paramétrage et mise en service : 15 min / unité
- pose du bus de communication : 5 h
- paramétrage et mise en service de l'interface logicielle sur PC : 24 h
- taux horaire hors taxe (HT) :
  - implantation, pose et raccordement 40 € / h
  - paramétrage et mise en service : 60 € / h
- TVA : 20 %

**D.7. Calculer** le coût total toutes taxes comprises (TTC) de la main d'œuvre nécessaire à l'installation et à la mise en service de 13 compteurs communicants, d'une centrale de mesure, du bus et de l'interface logiciel.

**D.8. Proposer** des actions à mettre en place afin d'améliorer les performances énergétiques du site.

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## ÉLECTROTECHNIQUE

SESSION 2022

ÉPREUVE E4



### DOSSIER TECHNIQUE

DTEC 1 : cahier des charges de l'automatisation des cuves primaires .....	2
DTEC 2 : réseaux fluides .....	3
DTEC 3 : extraits du CCTP concernant le lot électricité CFO - Cfa .....	4
DTEC 4 : extrait du schéma de distribution du site .....	6
DTEC 5 : synoptique de l'installation électrique .....	7

L'installation sera alimentée en 230 VAC par un câble 3G2,5.

Un convertisseur 230 VAC / 24 VDC devra alimenter les différents éléments du coffret électrique.

L'utilisation d'un module de sécurité est imposée.

Un seul automate devra récupérer les informations suivantes :

- pour l'ensemble des cuves :
  - o module de sécurité alimenté
  - o module de sécurité armé
  - o ARU (BP coup de poing arrêt d'urgence) enclenché
  
- pour chacune des 4 cuves :
  - o détection cuve vide
  - o mesure du niveau de cuve
  
- pour les 2 circuits hydrauliques (VG et PG) :
  - o mesure de la pression dans le circuit VG
  - o mesure de la pression dans le circuit PG

L'entreprise souhaite utiliser des capteurs 4-20 mA.

L'automate devra piloter :

- une électrovanne pour chaque cuve
- une balise lumineuse de 5 voyants pour chaque cuve (le 0 VDC est commun aux 5 voyants)
- le réarmement du module de sécurité
- le voyant blanc intégré à l'ARU

Une réserve de 30% sera prévue pour les entrées et les sorties TOR (Tout Ou Rien)

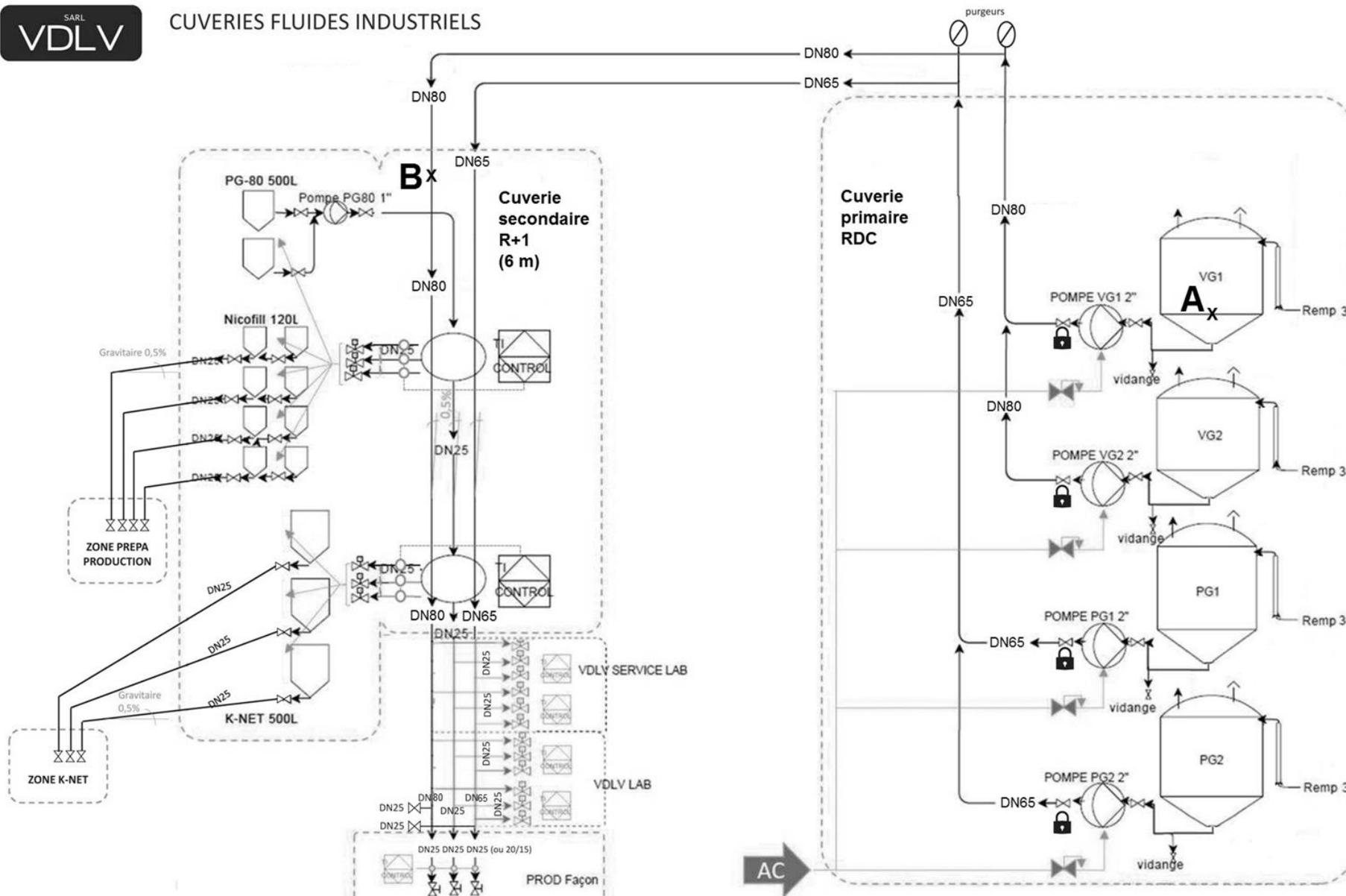
Des colonnes lumineuses pour chaque cuve devront être visibles de plusieurs dizaines de mètres.

L'Interface Homme Machine du système se fera uniquement par écran tactile (pas de bouton classique ou commutateur) et une communication Ethernet entre l'API, l'écran tactile et le réseau de l'entreprise doit être mise en place.

# DTEC 2 : réseaux fluides



## CUVERIES FLUIDES INDUSTRIELS



## **PARTIE 2 : SPECIFICATIONS GENERALES**

### **2.11 : TABLEAUX ELECTRIQUES**

#### **2.11.1 Généralités**

On entendra par tableau électrique, les tableaux suivants :

- tableau Général Basse Tension (TGBT) : origine des installations électriques :
- tableaux Divisionnaires Basse Tension (TD) : tableau regroupant des alimentations diverses ;
- STD : Sous Tableau Divisionnaire
- tableaux divers : tableaux de commande d'éclairage, tableau de gradation, etc...

#### **2.11.3 Division des installations**

##### 2.11.3.1 Force motrice

400 V entre phases, neutre distribué.

#### **2.11.8 Composants**

Les protections terminales seront assurées par des disjoncteurs omnipolaires convenablement déterminés en fonction de leur intensité nominale, de leur pouvoir de coupure, de leur courbe de déclenchement ainsi que de la sélectivité de l'installation.

Les disjoncteurs de calibre supérieur ou égal à 100 A seront de type à boîtier moulé. Les autres seront de type modulaire. Les disjoncteurs modulaires du TGBT vers les TD et STD seront de type courbe C. Aucune protection de type fusible ne sera acceptée.

## **PARTIE 4 : DESCRIPTION DES TRAVAUX COURANTS FORTS**

### **4.2 SCHEMAS DE LIAISON A LA TERRE ADOPTES (REGIMES DE NEUTRE)**

Le schéma de liaison à la terre (ex régime de neutre) de la distribution du réseau électrique sera le schéma TNC-S. Les liaisons entre poste source et le TGBT, ainsi que les liaisons entre le TGBT et les TD se fera en TNC. Le passage du TNC au TNS sera réalisé à l'intérieur des tableaux.

### **4.5 ALIMENTATION ELECTRIQUE NORMALE**

#### **4.5.1 Généralités**

Le réseau de livraison HTA Enedis à proximité du site est actuellement de 15 kV. Une homogénéisation nationale du réseau HTA à 20 kV est en cours.

L'alimentation électrique de l'établissement s'effectuera à partir d'un poste de transformation, avec comptage BT alimenté en moyenne tension 15-20 kV en boucle par Enedis.

Elle se fait par le réseau HTA de Enedis sur le poste de transformation HTA/BT de l'établissement.

#### **4.5.4 Transformateur HTA/BT**

Le transformateur sera de type huile minérale et dimensionné suivant le bilan de puissance de l'opération, afin d'assurer la fourniture de l'énergie BT normale nécessaire à l'alimentation des installations.

Il s'agira de prévoir un transformateur capable de basculer de 15 kV à 20 kV.

Pour satisfaire aux besoins d'efficacité énergétique il sera au minimum de classe  $A_0C_k$  suivant la norme EN 50588.

## 4.7 ARMOIRES

### 4.7.6 Comptage et Sous comptage- Analyse Réseau

Dans le TGBT et l'ensemble des TD, des compteurs d'énergie permettront le comptage d'énergie pour les systèmes de :

- chauffage ;
- refroidissement ;
- éclairage ;
- réseaux de prises de courant ;
- centrales de ventilation ;
- production d'ECS ;
- tous les départs vers un autre TD ou STD.

Dans le TGBT une centrale de mesure permettra de contrôler et d'optimiser la consommation d'énergie à tout moment sur l'ensemble du réseau électrique du site.

Les dispositifs de comptage devront être communicants grâce à une liaison bus RS485.

#### 4.7.6.1 Comptage et mesure

Les modules de mesure collectent les données essentielles d'une installation :

- tensions simples et composées ;
- intensité absorbée sur chaque phase, avec mémorisation du maximum obtenu ;
- puissances actives (kW), réactives (kvar) et apparentes (kVA), sur chaque phase et cumulées ;
- $\cos \varphi$  et fréquence ;
- indications du taux d'harmoniques (rangs 3-5-7-9-11 minimum) en tension et courant THDI et THDU en %.

## 4.13 APPAREILLAGE

### 4.13.5 Appareillages divers

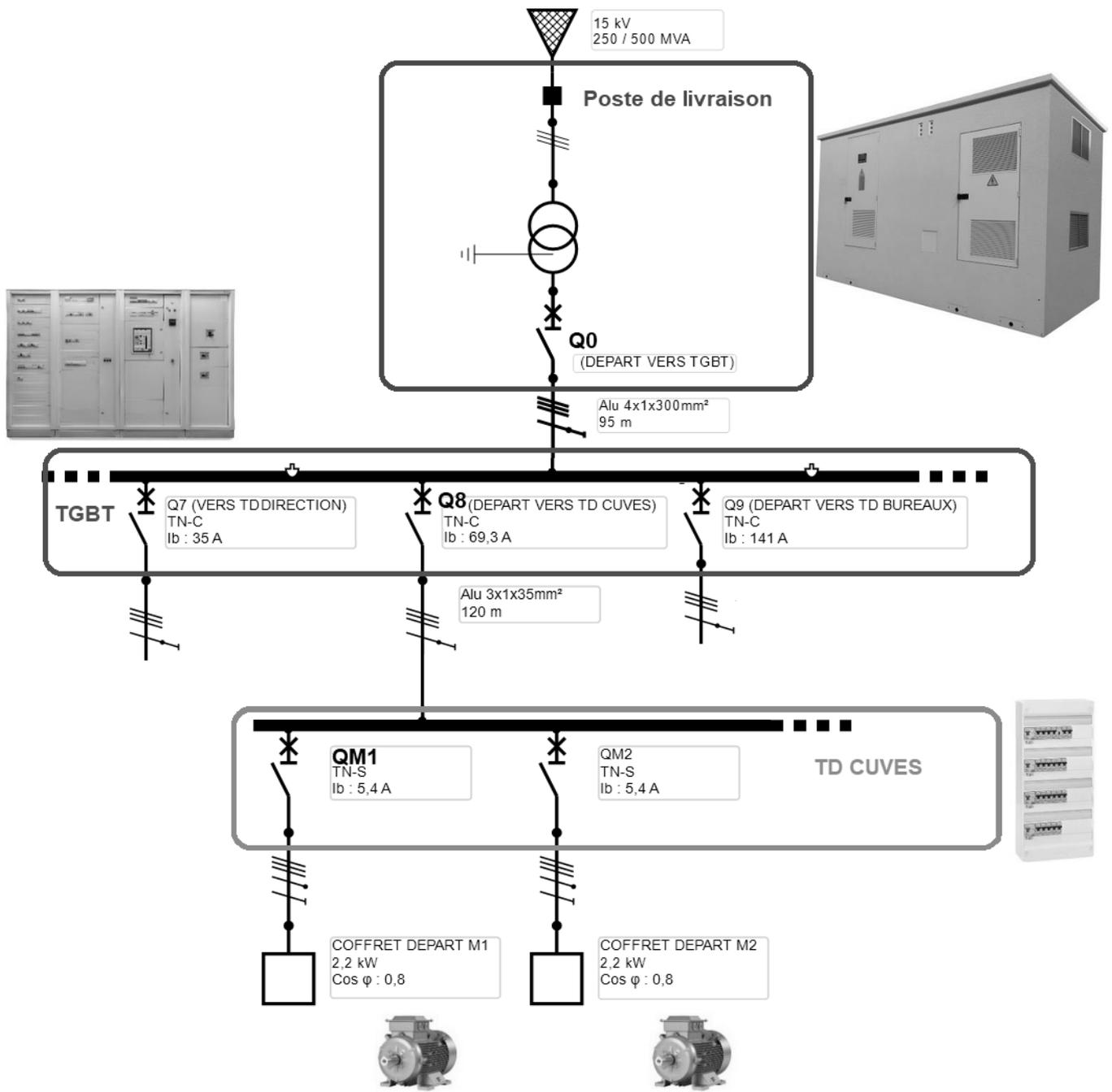
#### 4.13.5.13 Onduleur

Les caractéristiques des ASI à fournir sont les suivantes :

Marque	Type	KVA	KW	Entrée : Sortie	Autonomie
SOCOMEK (*)	MASTERYS BC (*)	20	18	3 : 3	10 min

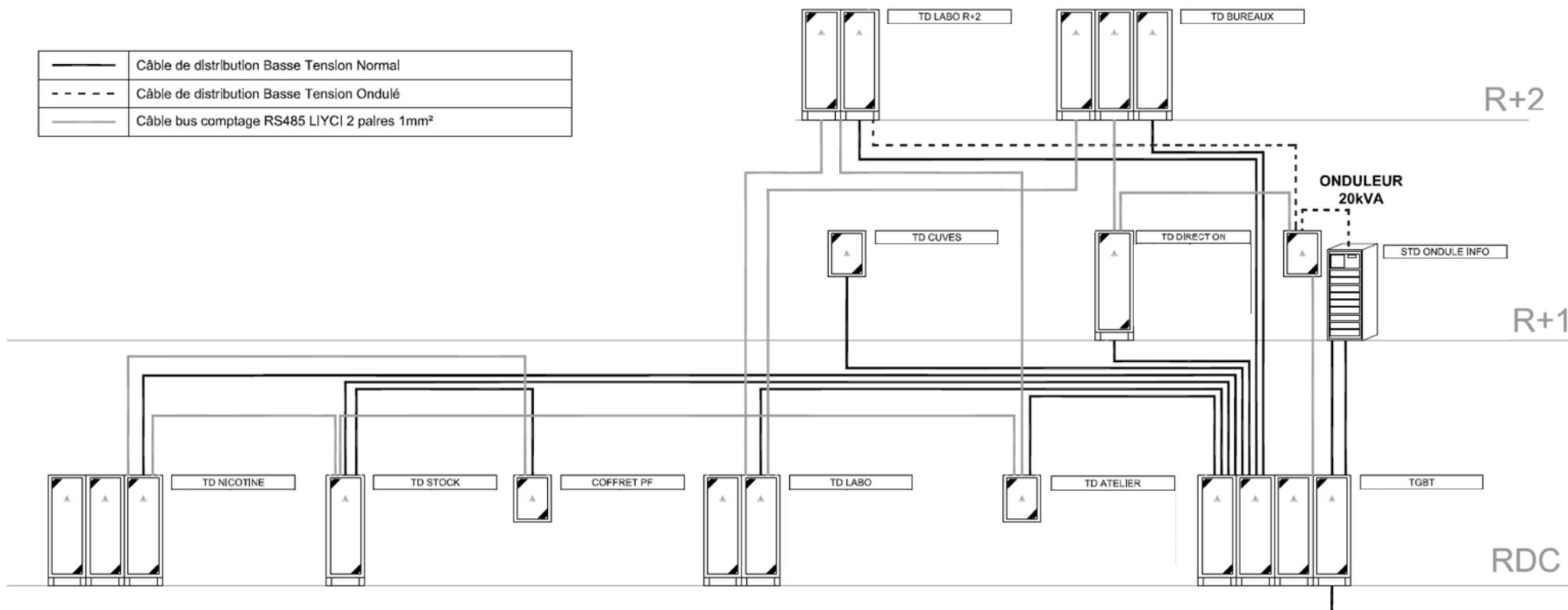
(\*) : ou techniquement équivalent.

- on-line double conversion ;
- double alimentation ;
- bypass automatiquement ;
- bypass de maintenance manuelle ;
- pas de pollution harmonique sur le réseau ;
- correcteur de facteur puissance ;
- tension de sortie parfaitement sinusoïdale ;
- rendement proche de 1 ;
- communication à distance.



Vue générale :

	Câble de distribution Basse Tension Normal
	Câble de distribution Basse Tension Ondulé
	Câble bus comptage RS485 LIYCI 2 paires 1mm²



# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## ÉLECTROTECHNIQUE

SESSION 2022

ÉPREUVE E4



### DOSSIER RESSOURCES

<b>DRES1 :</b>	capteurs de niveau.....	2
<b>DRES2 :</b>	correspondances des dimensions des tuyauteries .....	3
<b>DRES3 :</b>	notations et définitions utilisées .....	4
<b>DRES4 :</b>	extrait de la norme EN 50588 sur les transformateurs triphasés .....	5
<b>DRES5 :</b>	détermination du courant de court-circuit par la méthode de composition ...	6
<b>DRES6 :</b>	standard des calibres et pouvoirs de coupure des disjoncteurs.....	7
<b>DRES7 :</b>	données techniques d'onduleurs .....	8
<b>DRES8 :</b>	réglementation liée à la réduction des consommations énergétiques .....	9

**DRES1: capteurs de niveau**

TYPE DE CAPTEUR		TYPE DE MATIERE	PRINCIPE	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Capteur à flotteur		Liquide	Un flotteur coulisse sur un axe vertical au gré des variations de niveau d'un liquide	Mesure précise Insensible à la présence de mousse et à la viscosité Peu coûteux, pas de maintenance	Sensible aux vagues Faible plage de mesure (< 1 m) Mesure avec contact Inadapté aux produits corrosifs
Capteur hydrostatique		Liquide	Les capteurs de niveau hydrostatiques mesurent la pression hydrostatique qui est proportionnelle à la hauteur du liquide situé au-dessus du capteur	Mesure précise Insensible à la présence de mousse et à la viscosité Montage facile Large plage de mesure	Maintenance régulière Obligation de vidanger pour effectuer des interventions Mesure avec contact
Capteur radar		Liquide Solide Pâte	Le capteur de niveau radar s'installe en haut du réservoir, au-dessus du produit. Il envoie des micro-ondes vers la surface du produit qui les réfléchit à son tour vers le capteur.	Mesure sans contact Pas de maintenance, installation facile Mesure très précise Plage de mesure réglable Peut supporter des températures élevées jusqu'à 450 °C	Technologie assez chère  Sensible aux produits électro-conducteurs
Capteur à ultrasons		Liquide Solide  Produit granulaire  Poudre	Comme les capteurs de niveau radar les capteurs de niveau à ultrasons s'installent au-dessus du produit. Leur principe est similaire, ils émettent des impulsions d'ultrasons qui sont réfléchies par la surface du produit	Mesure sans contact Mesure précise Auto-nettoyage, pas d'entretien Facile à monter Large plage de mesure  Peut supporter des températures et des pressions très élevées Robuste  Résistant aux températures et pressions extrêmes	Sensible aux variations de température

Source : <https://www.directindustry.com/>

<b>Ø Nominal</b>	<b>Pouces (")</b>	<b>Ø intérieur / Ø extérieur (en mm)</b>
DN 6	1/8 "	5 / 10
DN 8	1/4 "	8 / 13
DN 10	3/8 "	12 / 17
DN 15	1/2 "	15 / 21
DN 20	3/4 "	20 / 27
DN 25	1"	26 / 34
DN 32	1¼"	33 / 42
DN 40	1½"	40 / 49
DN 50	2"	50 / 60
DN 60	2¼"	60 / 70
DN 65	2½"	66 / 76
DN 80	3 "	80 / 90
DN 90	3½"	90 / 102
DN 100	4 "	102 / 114
DN 125	5 "	125 / 139
DN 150	6 "	150 / 168

- Facteur d'utilisation maximal **ku** : Le régime de fonctionnement normal d'un récepteur peut être tel que sa puissance utilisée soit inférieure à sa puissance nominale installée, d'où la notion de facteur d'utilisation. Le facteur d'utilisation s'applique individuellement à chaque récepteur. Conformément à cette définition, la valeur est toujours  $\leq 1$  et peut être exprimée en pourcentage :

$$P_{utilisée} = \mathbf{ku} \times P_{nominale}$$

- Facteur de simultanéité **ks** (appelé parfois coefficient de foisonnement) : Par expérience, nous savons que toutes les charges d'une installation donnée fonctionnent très rarement simultanément. Ce facteur est défini comme suit dans la NFC 15-100 :

*« rapport de la somme des puissances nominales des appareils susceptibles de fonctionner simultanément à la somme des puissances nominales de tous les appareils alimentés par le même circuit ou la même installation. »*

Conformément à cette définition, la valeur est toujours  $\leq 1$  et peut être exprimée en pourcentage

$$\mathbf{ks} = \frac{\text{Somme des puissances des appareils fonctionnant simultanément}}{\text{Somme des puissances de tous les appareils}}$$

- **Icu** : Intensité du courant de coupure ultime d'un appareil de protection, aussi appelée « pouvoir de coupure », exprimé en A
- **Ik3** : Intensité du courant de court-circuit triphasé exprimée en A (appelée parfois **Icc**)
- **In** : Intensité du courant nominal exprimée en A
- **Ib** : Intensité du courant d'emploi exprimée en A
  
- Majuscule = valeur efficace (**I** = valeur efficace de l'intensité du courant)
- Minuscule = valeur instantanée (**i** = valeur instantanée de l'intensité du courant)

**DRES4:** extrait de la norme EN 50588 sur les transformateurs triphasés

Pertes des transformateurs triphasés immergés dans un liquide (norme EN 50588-1) :

Niveaux de pertes		Pertes à vide <b>P<sub>0</sub> (W)</b>			Pertes dues à la charge à 75 ° <b>P<sub>K</sub> (W)</b>			Tension de court-circuit (%)
		A <sub>0</sub>	AA <sub>0</sub>	AAA <sub>0</sub>	C <sub>k</sub>	B <sub>k</sub>	A <sub>k</sub>	
Puissance assignée <b>(kVA)</b>	50	90	81	45	1100	875	750	4
	100	145	130	75	1750	1475	1250	
	160	210	189	105	2350	2000	1750	
	250	300	270	150	3250	2750	2350	
	315	360	324	180	3900	3250	2800	
	400	430	387	220	4600	3850	3250	
	500	510	459	260	5500	4600	3900	
	630	600	540	300	6500	5400	4600	
	800	650	585	330	8400	7000	6000	6
	1000	770	693	390	10500	9000	7600	
	1250	950	855	480		11000	9500	
	1600	1200	1080	600		14000	12000	
	2000	1450	1305	730		18000	15000	
	2500	1750	1575	880		22000	18500	



**DRES6:** standard des calibres et pouvoirs de coupure des disjoncteurs

**Calibres  $I_n$  standards des disjoncteurs en A :**

1	2	3	6	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200
---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----

250	400	630	800	1 000	1 250	1 600	2 000	2 500	3 200
-----	-----	-----	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------

**Pouvoirs de coupure  $I_{cu}$  standards des disjoncteurs en kA :**

3	4,5	6	10	16	25	36	50	70	85	150
---	-----	---	----	----	----	----	----	----	----	-----

Les documentations techniques d'onduleurs fournissent en général les données suivantes :

<b>Etage d'entrée</b>	
Tension nominale	$U_1$ en V
Fréquence nominale	$f_1$ en Hz
Tolérance acceptée tension d'entrée	% de $U_1$
Tolérance acceptée fréquence d'entrée	% de $f_1$
Distorsion harmonique courant d'entrée	THDi max en %
Facteur de puissance d'entrée	Valeur minimale
<b>Etage de sortie</b>	
Tension nominale	$U_2$ en V
Fréquence nominale	$f_2$ en Hz
Puissance apparente nominale de sortie	$S_n$ en VA
Puissance active nominale de sortie	$P_n$ en W
Facteur de puissance de sortie	Valeur nominale
Courant nominal de sortie	$I_n$ en A
Courant de court circuit	% de $I_n$ pour un temps donné
Précision de la tension de sortie	% de $U_2$
Distorsion harmonique tension de sortie	THDu max en %
<b>Batterie</b>	
Tension nominale	$E_n$ en V
Capacités disponibles	$E_n$ en Ah
Dimensions	L x P x H en m
Masse	$E_n$ en kg

Dans le contexte actuel où les enjeux environnementaux deviennent une priorité, les bâtiments industriels ou tertiaires, ou même les logements résidentiels, sont soumis à des normes, directives ou décrets en vue de limiter leurs impacts.

Réduire ses consommations d'énergie, c'est réduire les coûts associés et pour cela, la mesure est la base de tout diagnostic. Connaître ses consommations représente le premier pas vers l'efficacité énergétique, les contrôler et agir constitue le deuxième.

**Texte 1 : Article 23 de la RT2012 (Règlementation Thermique 2012) :**

Les maisons individuelles accolées ou les logements collectifs d'habitation doivent être équipés d'appareils permettant de mesurer ou d'estimer, par poste, la consommation d'énergie de chaque logement. Ces systèmes permettent d'informer les occupants, a minima mensuellement, de leur consommation d'énergie suivant la répartition suivante : chauffage, refroidissement, production d'eau chaude sanitaire, prises, autre...

**Texte 2 : Article 31 de la RT 2012 :**

Les bâtiments ou parties de bâtiment à usage autre que d'habitation doivent être équipés de systèmes permettant de mesurer la consommation d'énergie avec un compteur pour :

- le chauffage : par tranche de 500 m<sup>2</sup> de SURT (Surface Utile Règlementation Thermique) concernée ou par tableau électrique, ou par étage, ou par départ direct ;
- le refroidissement : par tranche de 500 m<sup>2</sup> de SURT concernée ou par tableau électrique, ou par étage, ou par départ direct
- la production d'eau chaude sanitaire
- l'éclairage : par tranche de 500 m<sup>2</sup> de SURT ou par tableau électrique, ou par étage -
- pour le réseau des prises de courant : par tranche de 500 m<sup>2</sup> SURT concernée ou par tableau électrique, ou par étage
- les centrales de ventilation : par centrale
- les départs direct de plus de 80 ampères.

**Texte 3 : Extraits/Résumé du décret n°2019-771 du 23 juillet 2019 (aussi appelé décret Tertiaire):**

Applicable à toutes parties d'un bâtiment à usage tertiaire ou à usage mixte qui hébergent des activités tertiaires sur une surface supérieure ou égale à 1 000 m<sup>2</sup>

Le texte législatif précise les objectifs de réduction de la consommation énergétique finale de 40% en 2030, de 50% en 2040 et de 60% en 2050 par rapport à 2010.

Deux possibilités pour remplir les obligations de réduction :

- soit atteindre un certain seuil exprimé en valeur absolue (nouvel arrêté à paraître)
- soit atteindre un certain seuil exprimé en % de la consommation d'une année de référence ne pouvant pas être antérieure à l'année 2010.

Les mesures à prendre sont :

- déploiement d'une solution de supervision énergétique,
- choix d'équipements de mesure performants,
- actions concernant les modalités d'exploitation des équipements de mesure,
- actions contribuant au changement du comportement des occupants.

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## ÉLECTROTECHNIQUE

SESSION 2022

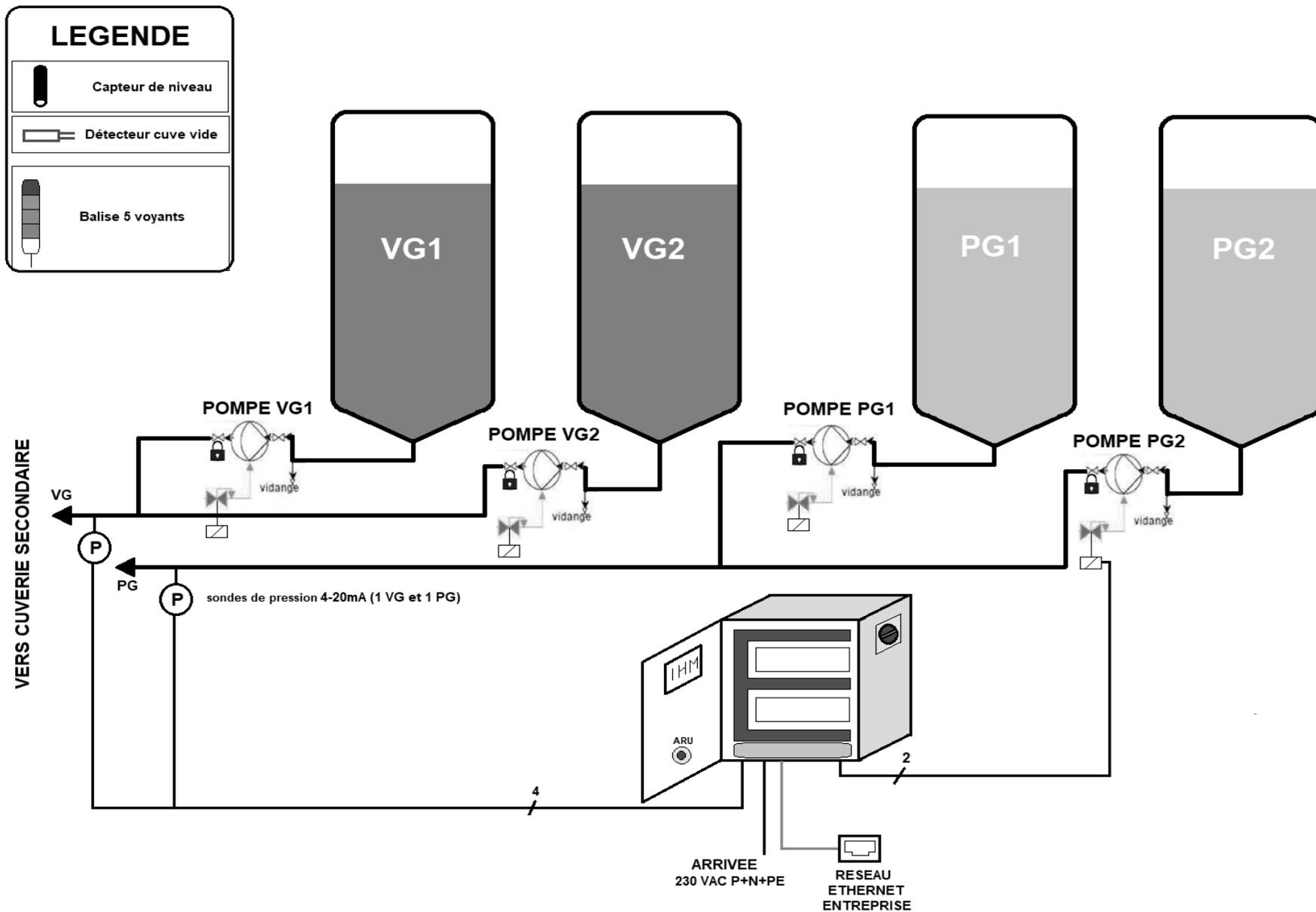
ÉPREUVE E4



### DOSSIER RÉPONSES

DREP 1 : synoptique de la cuverie primaire.....	2
DREP 2 : critères de choix de 3 disjoncteurs .....	3

# DREP 1 : synoptique de la cuverie primaire



Caractéristiques des éléments à protéger			Caractéristiques des disjoncteurs					
Éléments	Courant d'emploi $I_b$ ou courant installé $I_{installé}$	Courant de court-circuit $I_{k3}$	Localisation - Repère	Calibre $I_n$	Pouvoir de coupure $I_{cu}$	Nombre de pôles	Modulaire ou à boîtier moulé ? (2.11.8 du CCTP)	Type de courbe si modulaire
Départ vers TGBT	1 100 A	18,8 kA	Poste de livraison - Q0					
Départ vers TD CUVES	69,3 A	15 kA	TGBT - Q8					
Départ vers moteur M1	5,4 A	2,3 kA	TD CUVES - QM1					