



MINISTÈRE  
DE L'ÉDUCATION  
NATIONALE

EFE GET 1

SESSION 2018

**CAPLP  
CONCOURS EXTERNE  
ET CAFEP**

**Section : GÉNIE ÉLECTRIQUE  
Option : ÉLECTROTECHNIQUE ET ÉNERGIE**

**ANALYSE D'UN PROBLÈME TECHNIQUE**

Durée : 4 heures

*Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.*

*L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.*

*Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.*

*De même, si cela le (la) conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il lui est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.*

**NB : La copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de porter quelque signe d'identification que ce soit.**

Tournez la page S.V.P.

A

## INFORMATION AUX CANDIDATS

Vous trouverez ci-après les codes nécessaires vous permettant de compléter les rubriques figurant en en-tête de votre copie.

Ces codes doivent être reportés sur chacune des copies que vous remettrez.

► **Concours externe du CAPLP de l'enseignement public :**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EFE	5200J	101	7397

► **Concours externe du CAFEP/CAPLP de l'enseignement privé :**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EFF	5200J	101	7397

**Le sujet comporte une partie présentation et 4 parties pour le questionnement :**

**Partie A : étude de la distribution et dimensionnement de l'installation**

(durée conseillée 1h30)

*L'objectif de cette partie est de dimensionner le transformateur d'alimentation définitif du site ainsi que la nouvelle ligne d'alimentation en prenant en compte l'extension du nouveau silo traditionnel.*

- **Partie A1** : effectuer un bilan des puissances partiel de l'existant
- **Partie A2** : contrôler le dimensionnement du transformateur HTA/BT et de ses protections
- **Partie A3** : dimensionner la nouvelle ligne d'alimentation du nouveau silo

**Partie B : motorisation des élévateurs** (durée conseillée 1h15)

*L'objectif de cette partie est de justifier l'intérêt d'un démarreur progressif et de vérifier les paramètres associés au démarrage du moteur asynchrone.*

- **Partie B1** : justifier l'intérêt du démarreur progressif
- **Partie B2** : vérifier le dimensionnement du démarreur
- **Partie B3** : vérifier la valeur de réglage des paramètres du démarreur

**Partie C : étude du réseau de communication du site** (durée conseillée 0h45)

*L'objectif de cette partie est de raccorder le nouveau réseau TCP/IP au réseau local existant.*

- **Partie C1** : décoder le fonctionnement des modules de terrain ETB
- **Partie C2** : effectuer l'adressage des modules en vue de l'extension
- **Partie C3** : établir un synoptique de la nouvelle configuration

**Partie D : étude de rentabilité de l'implantation de l'éolienne** (durée conseillée 0h30)

*L'objectif de cette partie est d'estimer la durée nécessaire à l'amortissement de l'installation de l'éolienne.*

- **Partie D1** : analyser les puissances mises en jeu
- **Partie D2** : évaluer la rentabilité de l'installation

Cette épreuve comporte 2 dossiers : un dossier sujet et un dossier ressources et technique.

DOSSIER SUJET

## PRÉSENTATION DU CONTEXTE :

Le sujet a pour support le silo de stockage BIO de la coopérative la «Drômoise de céréales ».

Ce silo a été construit en 2012, il se situe dans la plaine de Valence sur la commune de Chabeuil. Il est entièrement équipé en matériels Schneider Electric.

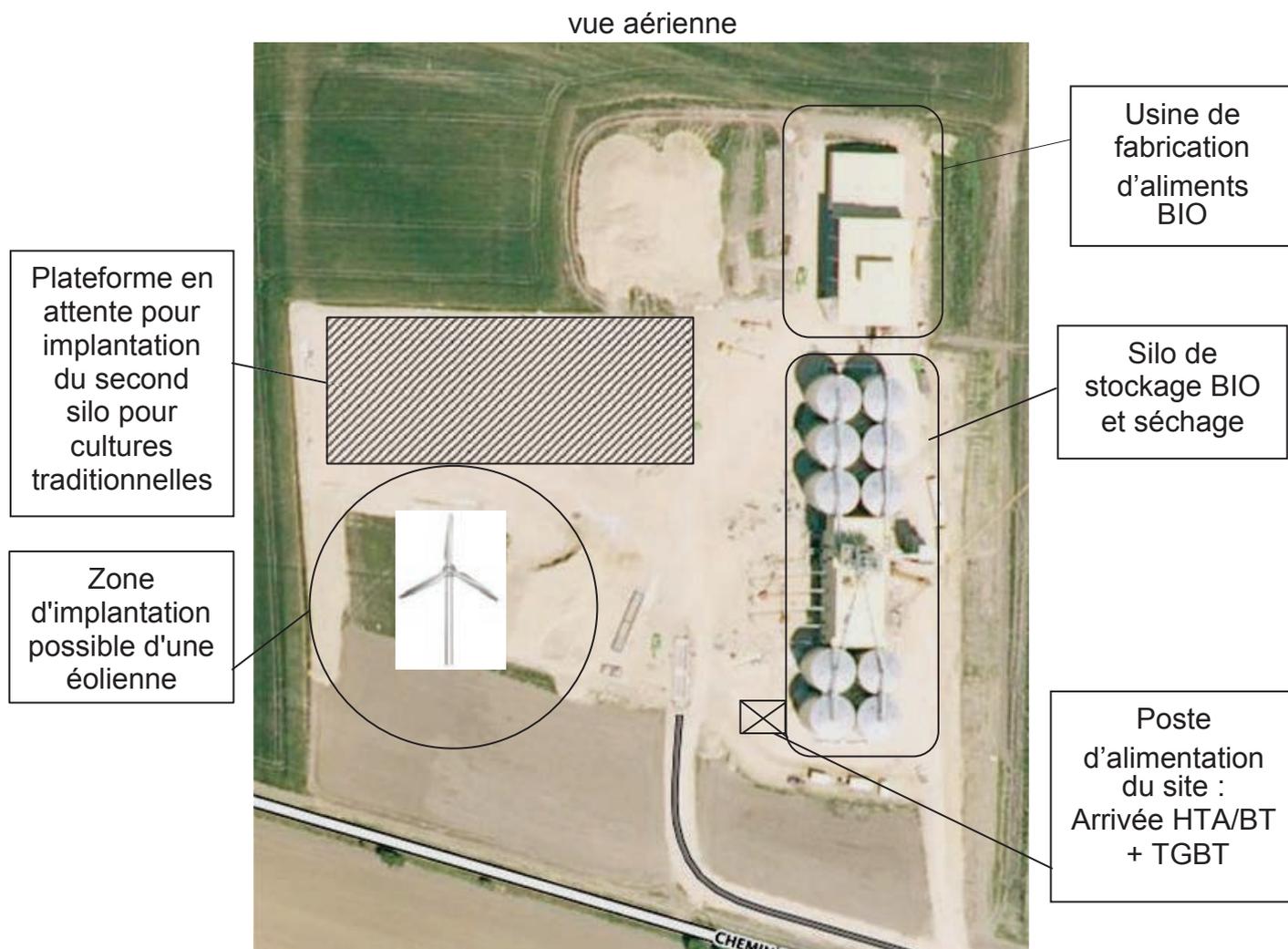
L'entreprise ARVEN, responsable du lot électrique, a entièrement conçu l'équipement, de la distribution de puissance à la supervision.

**Il est prévu de doubler la capacité de stockage de la plate-forme en construisant un nouveau silo, identique à celui existant sur le site, pour les cultures traditionnelles non BIO.**

Dans un souci environnemental, l'implantation d'une éolienne est aussi envisagée sur le site.

Le transformateur actuel est un poste provisoire, actuellement en location.

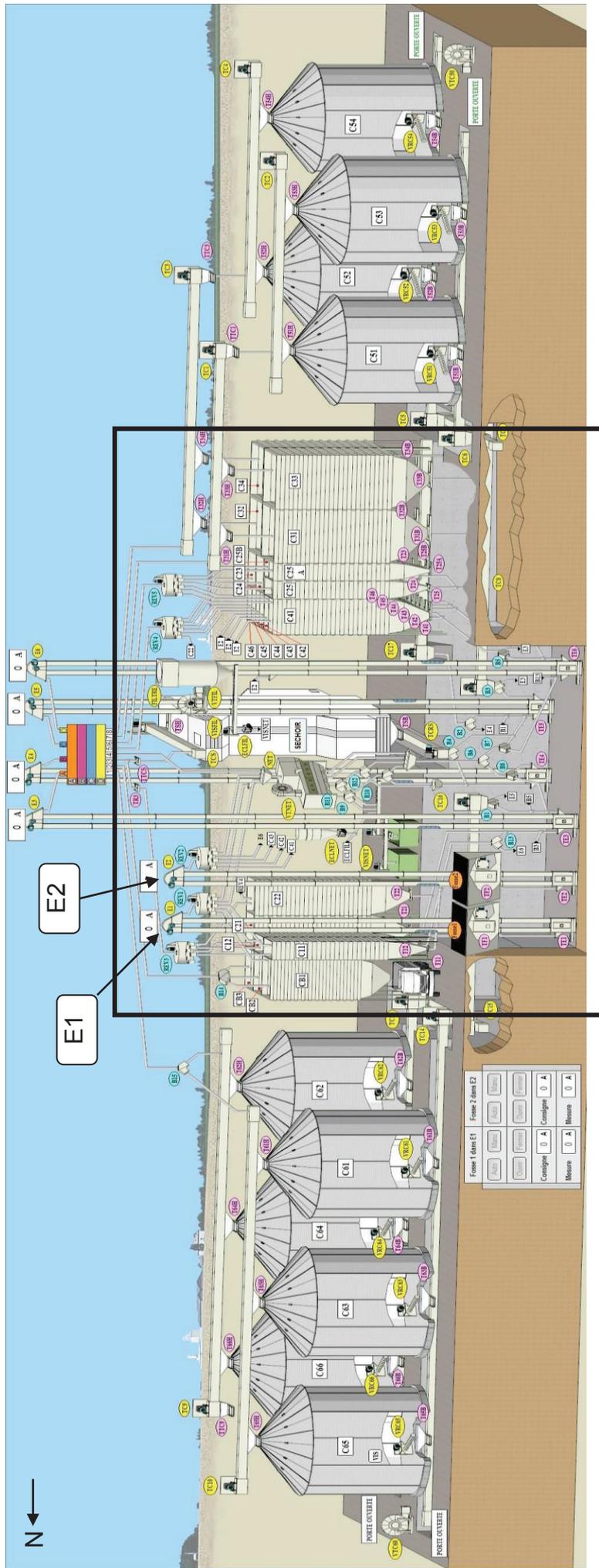
Le transformateur définitif devra alimenter les deux silos et l'usine.



## SILO VUE D'ENSEMBLE :

Le silo est composé d'un bâtiment fermé et de dix cellules extérieures de grande capacité (1800 m<sup>3</sup>).

Le bâtiment comprend : les fosses de déchargement, les élévateurs E1 et E2, les parties séchage et nettoyage, ainsi que des cellules de plus petite capacité.



partie du silo dans bâtiment fermé

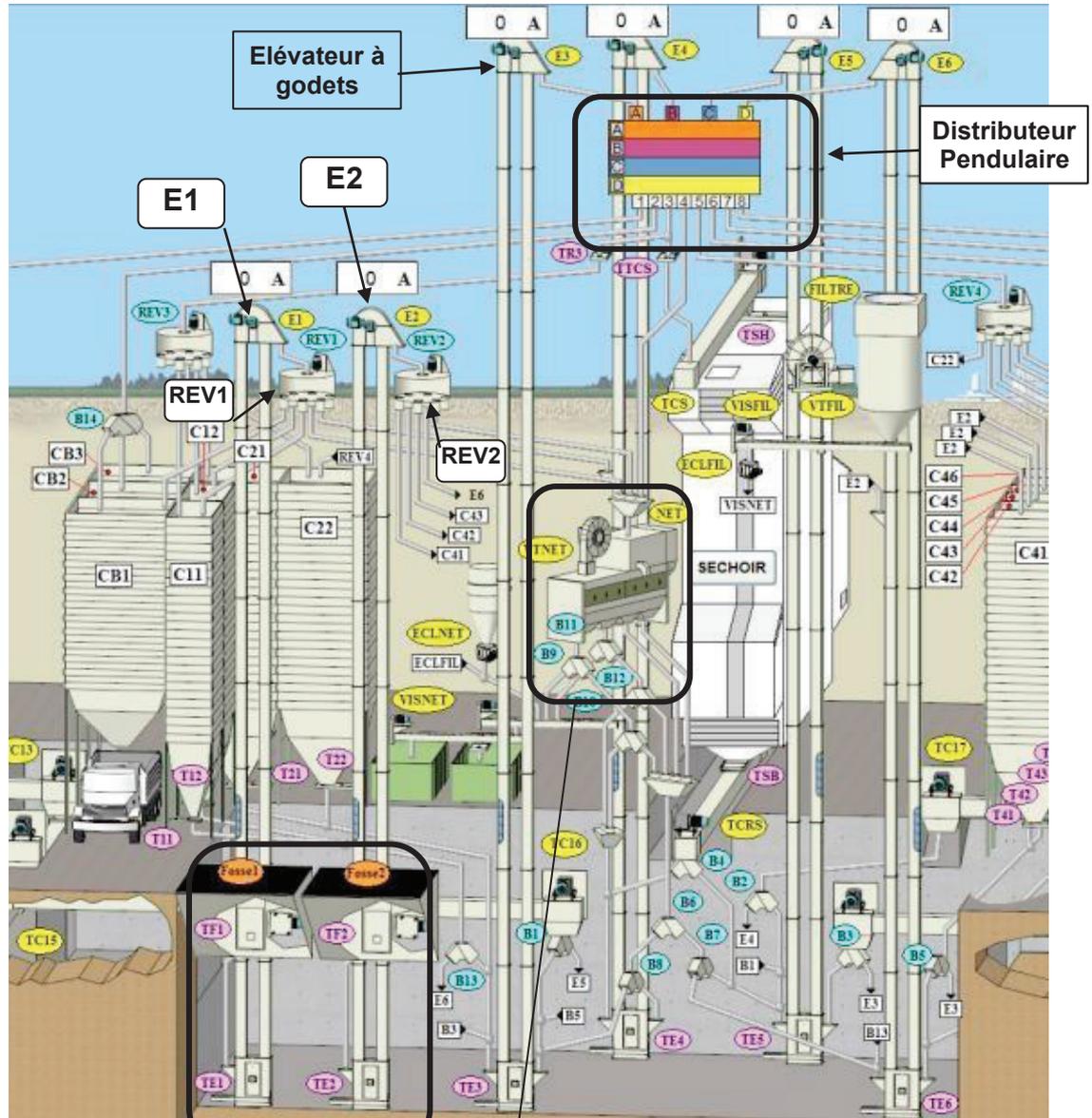
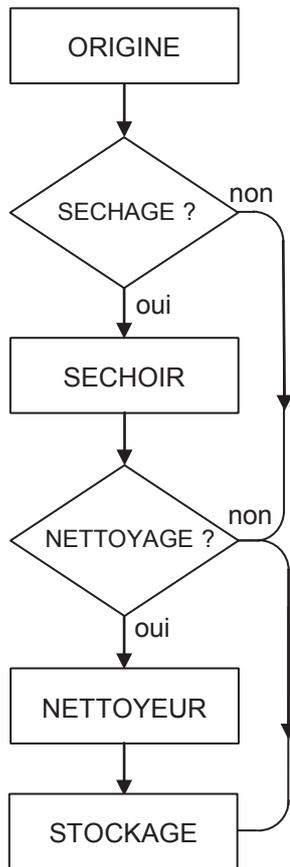
## PRÉSENTATION SILO : PARTIE CENTRALE

Après récolte, lorsque les bennes de céréales arrivent sur le site, le responsable effectue, par échantillonnage, un contrôle du chargement afin de déterminer :

- le type de céréales
- le taux d'humidité
- la qualité du produit

En fonction de ces critères, le responsable va définir « le chemin » des céréales sur la supervision du site.

Méthode de choix :



**Fosses 1 et 2**  
Livraison des céréales

**Nettoyeur**

Avant de décharger les céréales dans les fosses 1 ou 2, les élévateurs E1 et E2 sont mis en service afin d'éviter leur démarrage en charge.

Les révolvers REV1 et REV2, sont des distributeurs à barillets qui permettent en fonction des choix définis par l'opérateur d'envoyer les céréales vers le stockage, le nettoyage ou le séchage.

Une fois traitées, les céréales sont stockées dans l'une des cellules disponibles CB1, C11, C22 ...



**NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE**

# PARTIE A

## ÉTUDE DE LA DISTRIBUTION ET DIMENSIONNEMENT DE L'INSTALLATION

**Voir DT A1 à DT A13.**

L'objectif de cette partie est de dimensionner le transformateur d'alimentation définitif du site ainsi que la nouvelle ligne d'alimentation, en prenant en compte l'extension du nouveau silo traditionnel.

➤ **Partie A1 : effectuer le bilan partiel des puissances de l'existant**

Le bilan des puissances d'utilisation du silo BIO a été partiellement effectué, à l'exception de l'armoire 1.

A1.1) Effectuer le bilan des puissances de l'armoire 1.

*Remarque : les puissances apparentes sont notées  $P$  dans le document constructeur.*

	Pn (kW)	Sa (kVA)	Ku	Su <sub>Maxi_1</sub> (kVA)	Ks	Su <sub>Maxi_2</sub> (kVA)	
Élévateur 1	30	39	0,75	29,25	1	29,25	
Élévateur 2							
Élévateur 3							
Élévateur 4							
Élévateur 5							
Élévateur 6							
Transporteur 9	22	29			21,75	0,75	16,31
Transporteur 10	22	29			21,75	0,75	16,31
Transporteur 13	15	19,3			14,475	0,75	10,86
Transporteur 14	15	19,3			14,475	0,75	10,86
Ventilateur	15	19,3			14,48	1	14,48
Puissance totale d'utilisation armoire 1 $S_{T1} =$							

A1.2) Calculer la puissance d'utilisation totale du silo BIO,  $S_{UT}$ . On prendra  $K_s = 0,6$ .

A1.3) Calculer l'intensité d'emploi du silo BIO,  $I_B$ .

On prendra pour la suite du sujet  $S_{UT} = 260 \text{ kVA}$ .

➤ **Partie A2** : contrôler le dimensionnement du transformateur HTA/BT et de ses protections

A2.1) Effectuer le bilan des puissances (existant + extension) en tenant compte du facteur de simultanéité  $K_s$ .

A2.2) Conclure quant à la possibilité de conserver le transformateur actuel.

A2.3) Identifier le type d'arrivée HTA du poste.

A2.4) Indiquer les avantages et inconvénients de ce type d'alimentation.

A2.5) Donner la fonction du commutateur de tensions au primaire.



**NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE**

**Le choix a été fait de conserver le transformateur actuel soit S=800 kVA.**

A2.6) Donner les caractéristiques et effectuer le choix du disjoncteur général Q0DG\_BT.

Disjoncteur compact ..... Type .....

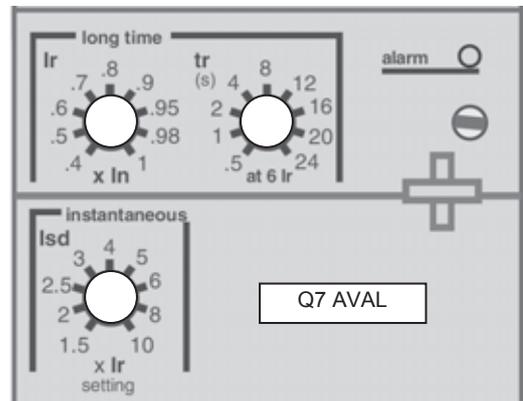
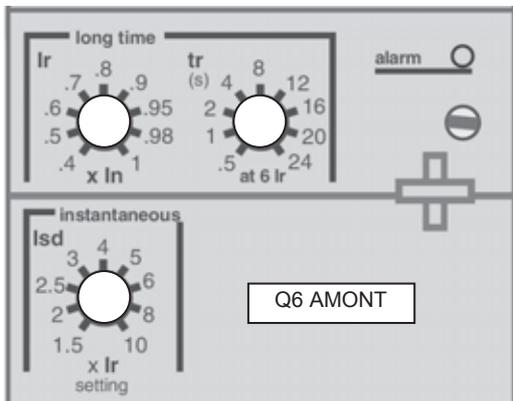
➤ **Partie A3 : Dimensionner la nouvelle ligne d'alimentation du nouveau silo**

A3.1) Déterminer la section de la nouvelle ligne, on prendra  $I_{B \text{ silo}} = 380 \text{ A}$ .

A3.2) Calculer la chute de tension en bout de ligne et conclure au regard de la norme.

A3.3) Le disjoncteur amont Q6 est de type NSX 630. Effectuer le choix du disjoncteur aval Q7 et préciser les limites de la sélectivité.

A3.4) Proposer un réglage des contrôleurs Micrologic des disjoncteurs Q6 et Q7, en indiquant par une flèche la position des molettes.



*Justification :*

*Justification :*



**NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE**

## PARTIE B

### MOTORISATION DES ELEVATEURS

#### **Voir DTB1 à DTB8**

L'objectif de cette partie est de justifier l'intérêt d'un démarreur progressif et de vérifier les paramètres associés au démarrage du moteur asynchrone.

Les élévateurs à godets permettent de transférer les céréales des fosses de déchargement vers les cellules de stockage des silos.

Chaque élévateur est entraîné par un motoréducteur dont le moteur asynchrone triphasé développe une puissance utile de 30 kW et est associé à un démarreur/ralentisseur progressif.

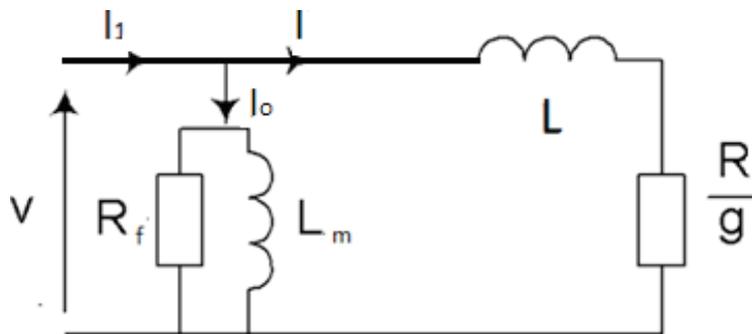
Un démarreur/ralentisseur progressif permet de :

- réduire les coûts d'exploitation de la machine en diminuant les contraintes mécaniques
- réduire les sollicitations sur la distribution électrique en diminuant les pointes de courant et les chutes de tension dans les lignes

On se propose de vérifier son influence sur le courant et le couple de démarrage.

#### ➤ Partie B1 : justifier l'intérêt du démarreur progressif

La figure ci-dessous représente le schéma équivalent simplifié d'une phase du moteur asynchrone.



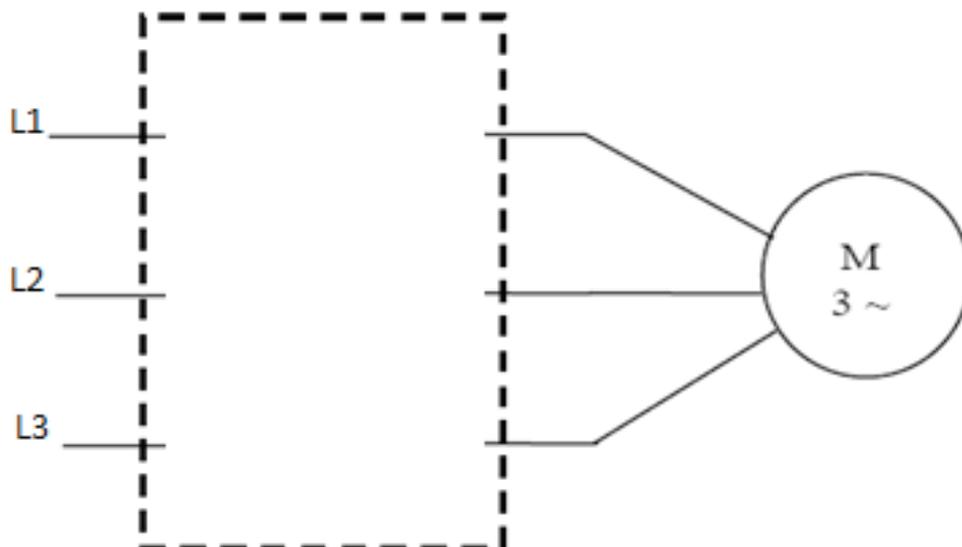
B1.1) Donner l'expression de la valeur efficace du courant I et du couple électromagnétique  $C_{em}$  en fonction de R, g,  $X = L \cdot \omega_s$ ,  $\omega_s$  et V.

B1.2) On néglige  $I_0$  devant  $I$ , montrer que :

-  $I_{dem}$  (courant de démarrage) est égal à  $K_1 \times V$ . Donner l'expression de  $K_1$ .

-  $C_{dem}$  (couple de démarrage) est égal à  $K_2 \times V^2$ . Donner l'expression de  $K_2$ .

B1.3) Le démarreur progressif est composé, pour sa partie puissance, d'un gradateur triphasé à angle de phase à six thyristors. Compléter le schéma ci-dessous.





**NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE**

B1.4) Enoncer le principe de fonctionnement du gradateur et conclure sur la pertinence d'un tel équipement au regard des résultats de la question B1.2.

**Pour les parties B2 et B3, on considérera :**

En fonctionnement à chaud, après plusieurs cycles de démarrage, le défaut **OLF** s'est affiché sur le démarreur de l'élévateur E1. L'extrait de documentation constructeur ci-dessous indique les paramètres à vérifier :

Défaut affiché	Type de défaut	Paramètres à vérifier
<i>OLF</i>	Défaut thermique moteur	- Vérifier le dimensionnement démarreur-moteur par rapport au besoin mécanique.  - Vérifier la valeur du paramètre <b>THP</b> dans le menu PRO et celle du paramètre <b>In</b> dans le menu SET.

**Paramètres réglés : THP = 2 et In = 57 A.**

On se propose de réaliser le contrôle des « paramètres à vérifier ».

➤ **Partie B2 : vérifier le dimensionnement du démarreur**

B2.1) Calculer la vitesse de rotation de la poulie.

B2.2) En déduire la vitesse de rotation de l'arbre du moteur.

B2.3) Calculer le couple que doit fournir le réducteur pour entraîner les godets à vitesse constante.

B2.4) En déduire la valeur du couple utile du moteur.

B2.5) Calculer la puissance utile du moteur et la puissance installée si le constructeur prévoit  
 $P_{\text{installée}} = P_u + 20 \%$ .

B2.6) Préciser les caractéristiques du motoréducteur.

Puissance nominale :

Vitesse :

Couple :



**NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE**

B2.7) Donner la référence du démarreur adapté au moteur.

B2.8) Conclure par rapport au dimensionnement démarreur-moteur de l'installation.

➤ **Partie B3 : vérifier la valeur de réglage des paramètres du démarreur**

B3.1) Indiquer à quoi correspondent les paramètres THP et  $I_n$ .

B3.2) Donner la valeur du courant  $I_n$  moteur. Justifier.

B3.3) Compléter le tableau ci-dessous pour un élévateur.

Service moteur	Type d'application	Courant de démarrage en % de In	Temps de démarrage
S1			

B3.4) Pour le paramètre **THP** réglé à 2, vérifier si le temps de démarrage (moteur chaud) est compatible avec le tableau ci-dessus.

B3.5) Conclure sur les valeurs des paramètres **THP** et **In** à régler sur le démarreur.

Paramètre THP :

Paramètre In :



**NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE**

## PARTIE C

### ÉTUDE DU RÉSEAU DE COMMUNICATION DU SITE

**Voir DT A1 et DT C1 à C6.**

*L'objectif de cette partie est de raccorder le nouveau réseau TCP/IP au réseau local existant.*

Tous les capteurs et pré-actionneurs du site sont raccordés au réseau Ethernet du nouveau silo par l'intermédiaire de modules ETB Advantys de chez Schneider Electric.

La connexion des modules de terrain au concentrateur est réalisée en câbles FTP.

La distance entre les concentrateurs et le routeur du silo est de plus de 120 mètres.

➤ **Partie C1 : décoder le fonctionnement des modules de terrain ETB**

C1.1) Expliquer brièvement le principe de fonctionnement d'un module ETB.

C1.2) Donner l'intérêt d'un réseau de terrain utilisant des modules ETB par rapport à un réseau de terrain de type ASI.

C1.3) Rechercher l'adresse IP du module ETB3.

C1.4) Les modules ETB sont paramétrés en usine avec une adresse en 192.168.1.1. Donner la méthode pour établir la communication avec le module ETB3 pour le paramétrer en IP statique, si votre PC a pour adresse IP 172.16.108.2.

C1.5) Compléter le tableau d'affectation du module ETB3 :

Voie	Fonction	Type
1A	Capteur FC Trémie 62H ouverte	Inductifs
1B	Capteur FC Trémie 62H fermée	
2A	Capteur FC Trémie 64H ouverte	
2B		
3A		
3B	Capteur FC Trémie 66H fermée	
4A	Capteur FC Trémie Transporteur Convoyeur TTC9 ouverte	
4B	Capteur FC Trémie Transporteur Convoyeur TTC9 fermée	
5A	Capteur niveau Haut cellule C62	
5B		
6A	Capteur niveau Haut cellule C66	
6B	Capteur Bourrage Transporteur Convoyeur TC9	Distributeurs 24 Vcc
7A		
7B	Électrovanne Trémie C64H Ouverture	
8A	Électrovanne Trémie C66H Ouverture	
8B	Électrovanne Trémie Transporteur Convoyeur TTC9 Ouverture	

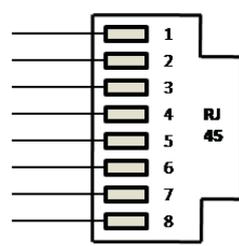
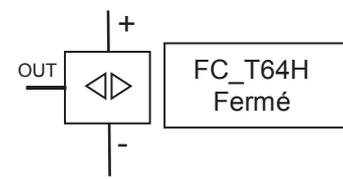
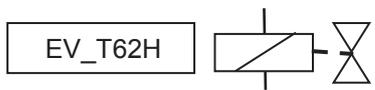
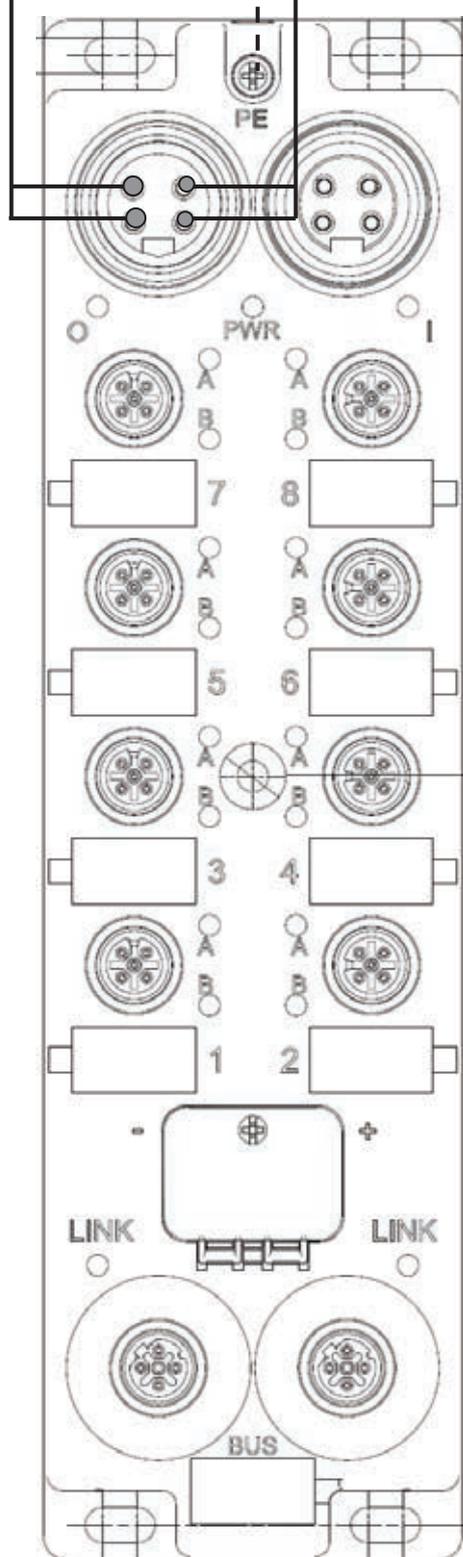
C1.6) Préciser le nombre d'entrées et de sorties de ce module et donner la référence du produit correspondant :



**NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE**

C1.7) Compléter le schéma de raccordement partiel du module :

- au capteur FC T64H
- à l'électrovanne EV\_T62H
- à la prise réseau



➤ **Partie C2 : effectuer l'adressage des modules en vue de l'extension**

C2.1) Identifier la classe du réseau. Justifier.

C2.2) Associer le masque de sous-réseau correspondant.

C2.3) Identifier les deux types de protocoles utilisés sur le site.

C2.4) En tenant compte du masque de sous réseau, donner l'adresse du réseau local correspondant et indiquer le nombre maximum de poste à associer.  
Indiquer l'adresse IP du premier et du dernier poste.

C2.5) Indiquer pourquoi l'adresse 192.168.168.255 n'est pas autorisée.

C2.6) Indiquer le nombre de postes ayant une adresse IP utilisée sur le site existant.

C2.-7) Proposer un adressage logique des éléments du nouveau silo.

Silo BIO existant			Nouveau silo traditionnel	
PC supervision	192.168.168.50		PC supervision	192.168.168.51
API M340	192.168.168.100		API M340	
Carte NOC	192.168.168.101		Carte NOC	
OTB	192.168.168.150		OTB	
ETB1 à ETB15	192.168.168.151 192.168.168.165	à	ETB21 à ETB35	
Ecran Proface	192.168.168.200		Ecran Proface	



**NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE**

## PARTIE D

### ÉTUDE DE RENTABILITÉ DE L'IMPLANTATION DE L'ÉOLIENNE

Voir DT D1.

L'objectif de cette partie est d'estimer la durée nécessaire à l'amortissement de l'installation de l'éolienne.

Suite à la COP 21, qui s'est déroulée à Paris en décembre 2015, le responsable de l'entreprise, souhaitant réduire son empreinte carbone, désirerait effectuer des démarches afin de lutter contre les émissions de gaz à effet de serre et qu'une partie de sa consommation en énergie électrique provienne d'énergies renouvelables.

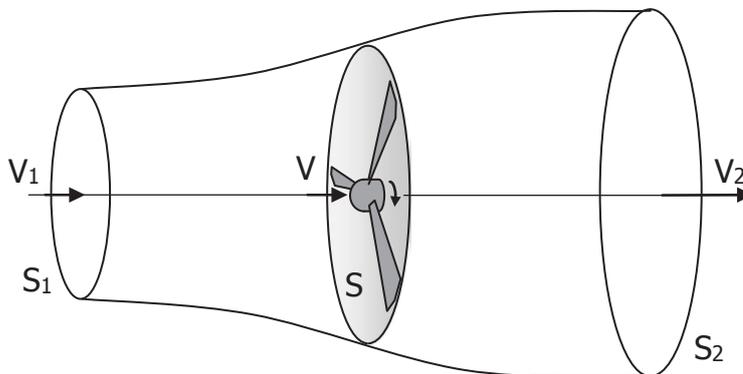


Etant donnée l'implantation de son entreprise, deux choix s'offrent à lui : installer des panneaux solaires ou bien installer une éolienne.

Cette dernière proposition fait l'objet de notre étude.

#### ➤ Partie D1 : analyser les puissances mises en jeu

Données :



$S$  en  $m^2$  : surface balayée par les pâles de l'éolienne  
 $V$  en  $m.s^{-1}$  : vitesse moyenne du vent au niveau des pâles  
 $\rho$  : masse volumique de l'air

On montre que la puissance mécanique récupérable par une éolienne à pâles, s'exprime par  $P_{Rmax} = C_P \times P_i$  avec  $C_P = \frac{16}{27}$  et  $P_i = \frac{1}{2} \rho m V_1^3$ , puissance incidente du vent.

La puissance électrique produite par une éolienne  $P_{Relec}$  est inférieure à la puissance mécanique récupérable maximale  $P_{Rmax}$ . En effet, il est nécessaire de tenir compte des pertes mécaniques, magnétiques et électriques.  
Ainsi :  $P_{Relec} = \eta \cdot P_{Rmax}$



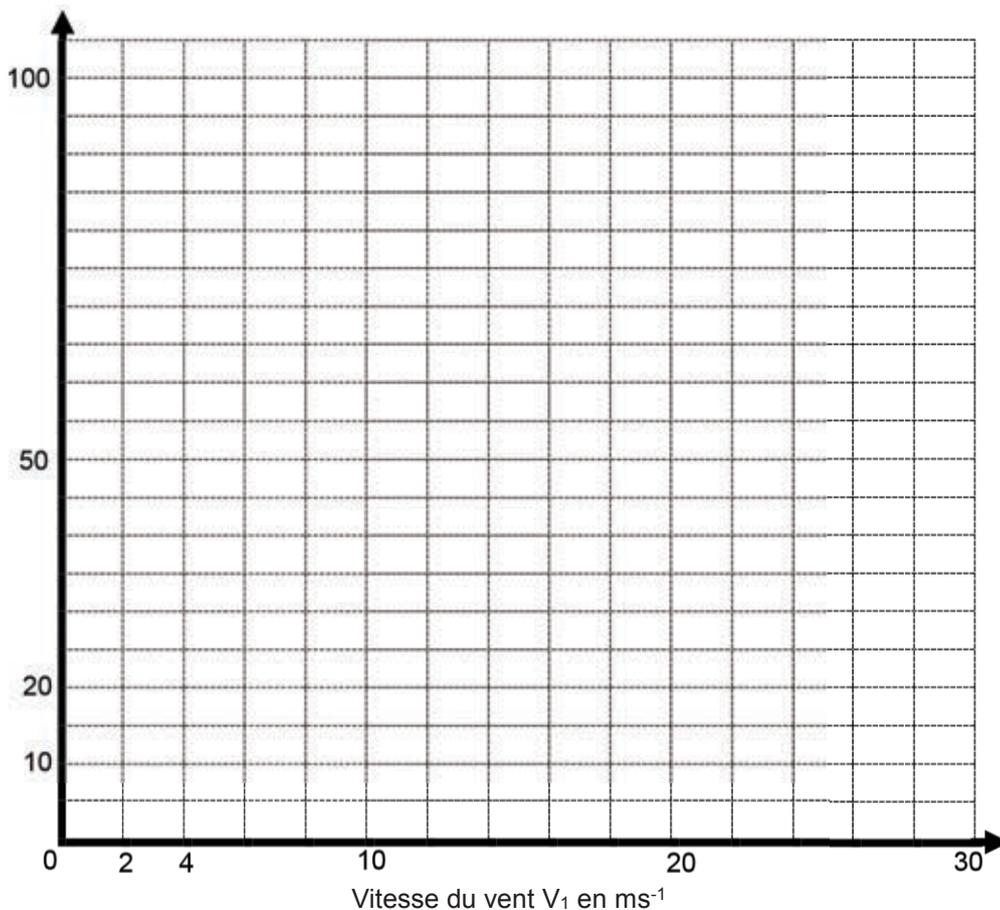
Le tableau ci-dessous donne directement les valeurs de  $P_{Relec}$  pour différentes valeurs de vents.

D1.1) Tracer, sur le graphe ci-dessous, l'évolution de la puissance électrique produit  $P_{Relec}$  en fonction de la vitesse des vents  $V_1$ .

Tableau n°1 : Puissance électrique produite  $P_{Relec}$  en fonction de la vitesse du vent.

Vitesse du vent $V_1$ en m/s	2	3	4	5	6	8	10	11	12	14	20	24	25	26	28	30
Puissance électrique produite $P_{Relec}$ en kW	0	2	5	12	20	45	85	100	100	100	100	100	100	0	0	0

Puissance électrique produite  
 $P_{Relec}$  en kW



D 1.2) Annoter cette courbe afin de faire apparaître les différentes zones décrites ci-dessous :

- la vitesse minimale de démarrage (vitesse du vent à partir de laquelle l'éolienne commence à fournir une puissance utile)
- la vitesse maximale ou d'arrêt : il s'agit de la vitesse maximale acceptable par l'éolienne (au-delà de cette vitesse l'éolienne est mise à l'arrêt par un freinage dynamique ou aérodynamique)
- plage de production de l'éolienne
- la puissance nominale : cette valeur est égale à la puissance fournie par l'éolienne dans sa plage de production normale



**NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE**

➤ **Partie D2 : évaluer la rentabilité de l'installation**

Pour connaître l'énergie produite par l'éolienne, il est nécessaire de connaître la vitesse et la durée des vents, deux possibilités existent : soit réaliser des mesures sur une longue période, soit utiliser une loi de probabilité (loi de Weibull).

La deuxième solution a été retenue pour notre étude et nous a donné le tableau n°2 ci-dessous. Celui-ci fait apparaître le **pourcentage du temps** pendant lequel un vent est présent. Ces données sont établies sur une année, soit 365 jours.

D 2.1) Compléter la ligne « nombre d'heures » et en déduire l'énergie électrique produite par l'éolienne.

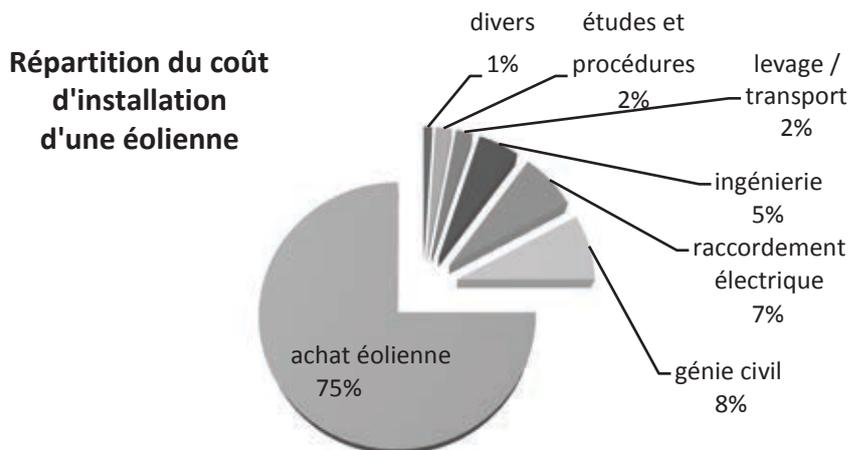
Tableau n°2 :

Vitesse du vent $V_1$ en $\text{ms}^{-1}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15	20	25	26
Puissance électrique produite $P_{\text{Relec}}$ en kW	0	0	2	5	12	20	33	45	65	85	100	100	100	100	100	0
% du temps	11	14	12	10	8,5	8	7,4	6	6,2	5,2	4,2	3	2,5	1	0,5	0,5
Nombre d'heures																
Energie électrique produite en MWh																

D2.2) Déterminer la valeur de l'énergie électrique totale produite et le revenu annuel correspondant pour l'entreprise, si le coût de rachat est de **0,082 €/kWh**.

Energie électrique totale produite	..... MWh / an
Revenu annuel	..... €

Comme le montre le graphique ci-dessous, le coût d'achat de l'éolienne représente une grande partie de l'investissement. Il est d'usage de considérer que l'installation d'une éolienne coûte « 2000 € par kW installé ».



D 2.3) En fonction de la puissance électrique nominale de l'éolienne fournie par le constructeur XANT, déterminer le coût de l'investissement.

D 2.4) Déterminer le nombre d'années qui permettra au responsable de cette entreprise, de rentabiliser son installation, si le coût de l'exploitation et de la maintenance est estimé à 2000 € par an en moyenne.