

SESSION 2009

---

**CONCOURS EXTERNE DE RECRUTEMENT  
DE PROFESSEURS DE L'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL  
ET CONCOURS D'ACCÈS À LA LISTE D'APTITUDE**

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

**ÉTUDE D'UN SYSTÈME TECHNIQUE  
ET/OU D'UN PROCESSUS TECHNIQUE**

Durée : 8 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 vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.*

**NB : Hormis l'en-tête détachable, 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 notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.**

**Tournez la page S.V.P.**

## PARKING AUTOMATISE « ELS POUETS » A ANDORRE LA VELLA

Composition du sujet :

- **Cahier N° 1**

PRESENTATION GENERALE ET EXTRAIT DU CAHIER DES CHARGES : **pages 2 à 6**

QUESTIONNEMENT

- **Partie A** : Alimentation HT/BT (durée conseillée 2 h 45 min) **pages 7 à 9**
- **Partie B** : Motorisation : Elévatrice principale gauche (durée conseillée 3 h) : **pages 10 à 14**
- **Partie C** : Automatisme : Entrée véhicule dans le sas gauche (durée conseillée 1 h) : **pages 15 à 16**
- **Partie D** : Eclairage de sécurité centralisé (durée conseillée 1 h) : **page 17**
- **Partie E** : Mise en réseau des variateurs de vitesse (durée conseillée 15 min) : **page 18**

- **Cahier N° 2**

DOCUMENT REPONSES

- **Cahier N° 3**

DOSSIER TECHNIQUE

**Conseils aux candidats :**

Les différentes parties du sujet sont indépendantes. Au sein de chaque partie, de nombreuses questions sont elles mêmes indépendantes. Une lecture attentive de l'ensemble est recommandée avant de composer.

Les candidats sont priés de rédiger sur les documents fournis (documents réponse) et sur des copies d'examen. Il est demandé de présenter clairement les calculs, de dégager et d'encadrer les résultats relatifs à chaque question.

La qualité des réponses (expression, forme de présentation du résultat, justification, etc.) sera prise en compte dans l'évaluation.

## LA PRINCIPAUTE D'ANDORRE



La Principauté d'Andorre est un petit état au relief montagneux situé au cœur des Pyrénées. Nichée entre la France au nord (Pyrénées Orientales et Ariège), et l'Espagne au sud (Catalogne), elle partage respectivement 57 km et 64 km de frontières avec ces deux pays.

La superficie de la principauté est de 467 km<sup>2</sup>. Son point culminant est le Pic de *COMA PEDROSA*, à 2946 mètres et le point le plus bas se situe au confluent des rivières *RUNER* et *VALIRA*, à 840 mètres d'altitude.

Compte tenu du développement important du tourisme dans la principauté, de l'augmentation du trafic automobile et de la nécessité d'offrir un nombre sans cesse croissant de places de stationnement, ANDORRE LA VELLA s'est dotée d'un parking entièrement robotisé et intégré à la montagne.

C'est cet équipement qui fait l'objet de l'étude technologique.



# PRESENTATION GENERALE

Le parking comprend :

- Trois sas polyvalents (entrée ou sortie des véhicules) ;
- Trois dispositifs de transfert entre le sas et les silos ;
- Deux silos parallélépipédiques de stockage des véhicules ;
- Un équipement robotisé et informatisé.

## 1 – Sas polyvalents

Les trois sas polyvalents permettent l'entrée ou la sortie des véhicules (voir photo page précédente). Implantés au niveau -1 (voir coupe A-A, pages 5 et 6), ils sont équipés pour l'accueil de l'automobiliste et le contrôle du gabarit des véhicules à stocker.

Chaque sas comprend les équipements suivants :

- Un portail d'accès vitré motorisé, avec barrage de sécurité et contrôle de position ;
- A l'extérieur du sas, une signalisation lumineuse informe l'utilisateur sur :
  - la disponibilité du sas (feu de signalisation vert),
  - l'autorisation d'accès,
  - la disponibilité de stationnement au regard des caractéristiques dimensionnelles propres à chaque catégorie de véhicule.
- A l'intérieur du sas, un panneau de signalisation informe l'utilisateur de la position de sa voiture et lui donne les consignes à suivre :
  - Avancer lentement
  - Reculer
  - Stop
  - Trop à gauche
  - Trop à droite
  - Arrêt du véhicule
  - Voiture refusée
- Un ensemble de dispositifs de contrôle de la position du véhicule :
  - Largeur,
  - Position « trop à gauche » ou « trop à droite ».
- Une détection de présence humaine (détecteur de mouvement).

## 2 – Dispositifs de transfert

Il existe trois dispositifs de transfert entre le sas et l'élévatrice sur plan incliné.

Deux dispositifs desservent les parties droite et gauche du parking. Ils comportent :

- Une élévatrice de liaison et transfert de chariot : niveau 0 / coupe F-F ;
- Une plaque tournante : niveau 1 / coupe E-E.

Le troisième dispositif est situé entre les eux premiers. Il est constitué d'une élévatrice et de son système de retournement embarqué. Il dessert, grâce à un système de transfert, la partie gauche ou la partie droite du parking. Ces mouvements s'effectuent au niveau 2.

## 3 – Silos parallélépipédiques

Le stockage des véhicules est réalisé dans deux silos parallélépipédiques (12 niveaux, 14 colonnes), sur une rangée pour le silo de gauche et deux rangées pour le silo de droite. Deux élévateurs principales assurent le transfert des voitures à l'intérieur du parking.

Les élévatrices principales se déplacent sur un rail incliné. Pour réduire les contraintes mécaniques lors phases d'accélération et de freinage, elles sont équipées d'un contrepoids à inertie équivalente.

Chaque élévatrice comporte :

- Une nacelle mobile à 2 niveaux de rangement de plateaux porte-véhicules et 4 rampes mobiles ;
- La motorisation de levage ;
- La motorisation de translation.

#### **4 – Equipement informatisé et robotisé**

Cette unité assure :

- Le fonctionnement automatique ;
- Le fonctionnement semi-automatique ;
- Le fonctionnement manuel ;
- La gestion des défauts ;
- La visualisation des défauts ;
- La visualisation de l'état des capteurs (synoptique) ;
- La gestion des abonnés ;
- La gestion des tickets horaires.

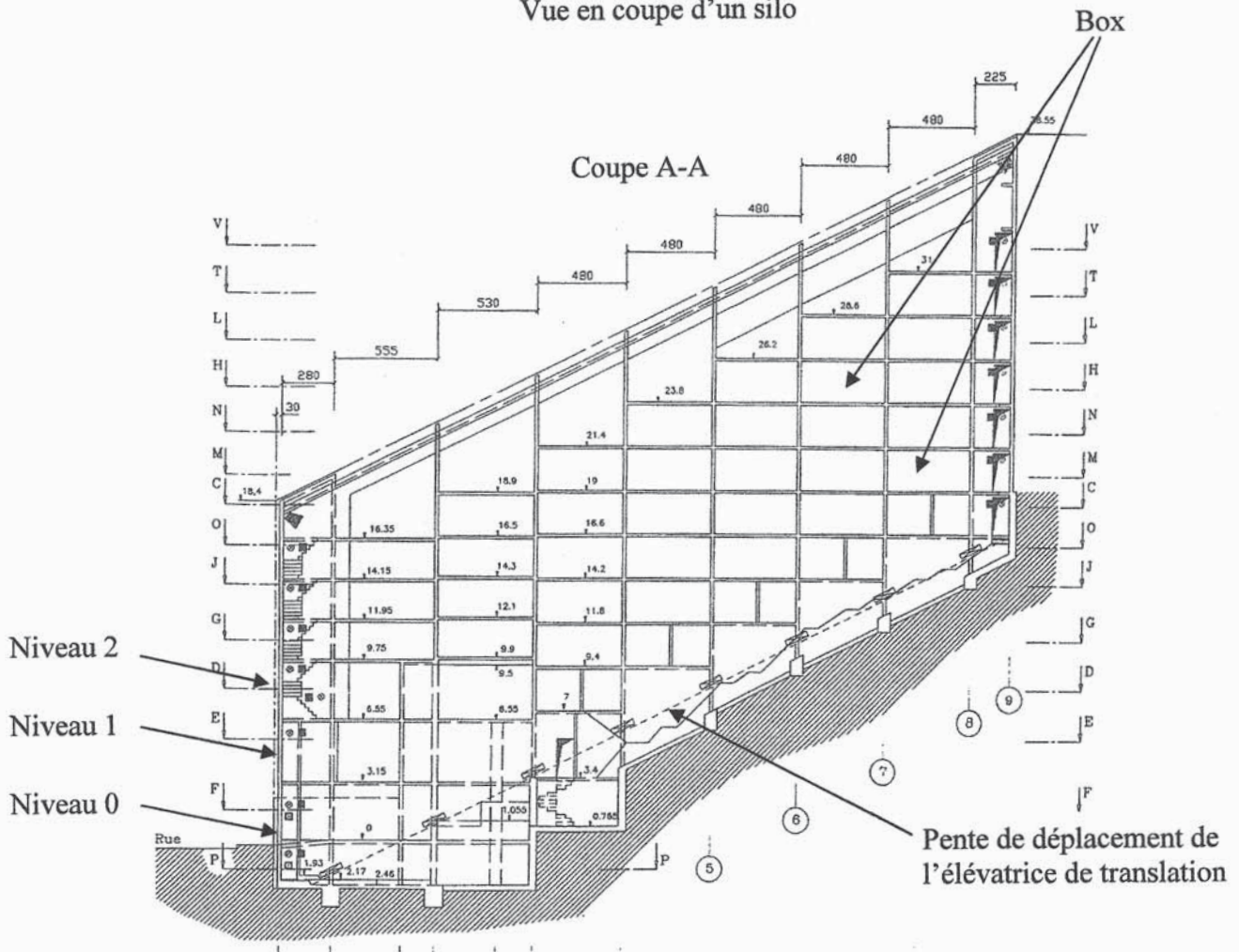
Le parking fonctionne avec des systèmes automatiques indépendants pour chaque ligne. La défaillance d'un des systèmes n'entraîne donc pas l'arrêt des autres.

En cas de défaillance (sas ou élévatrice de liaison droite ou gauche), l'entrée et la sortie des véhicules est assurée par l'élévatrice de transfert centrale et l'une des élévatrices principales, évitant ainsi tout risque de blocage.

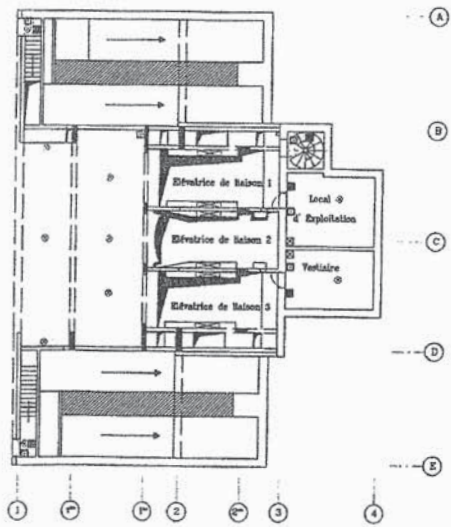
Un dispositif de supervision permet de contrôler le fonctionnement général :

- les vues de navigation permettent d'accéder :
  - o directement aux différentes élévatrices pour surveiller les états
  - o à l'état des conditions initiales de départ de chacune des machines.
- La vue d'occupation permet de connaître l'état du parking (nombre de places disponibles et nombre de places occupées).

Vue en coupe d'un silo

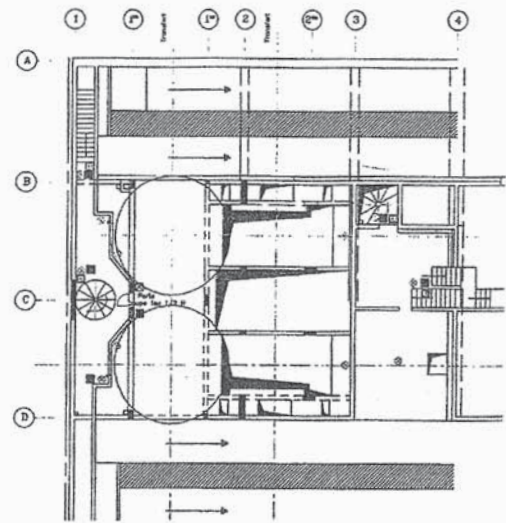


Vue en coupe niveau 0



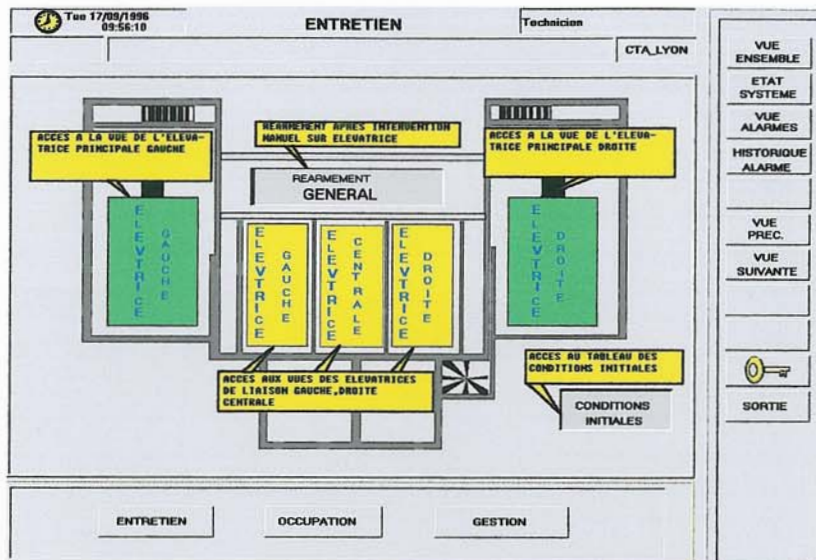
Coupe F - F

Vue en coupe niveau 1

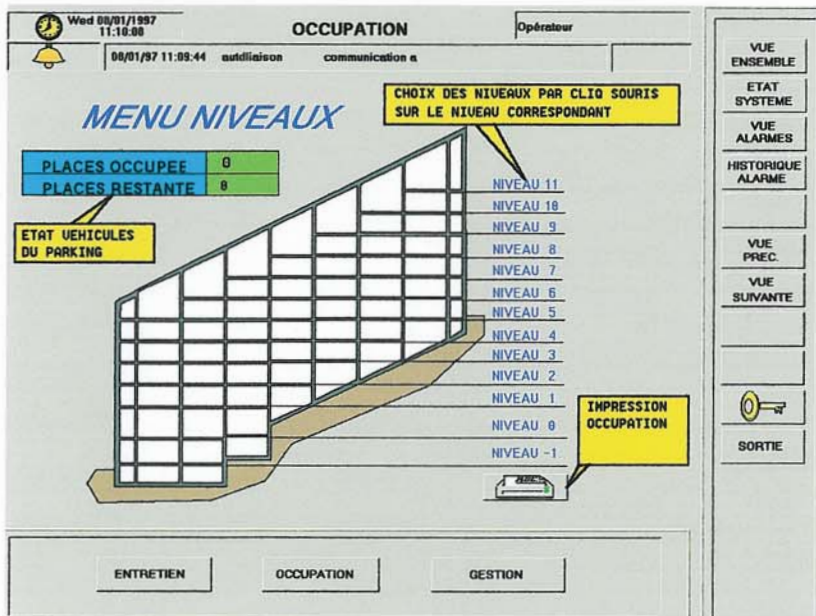


Coupe E - E

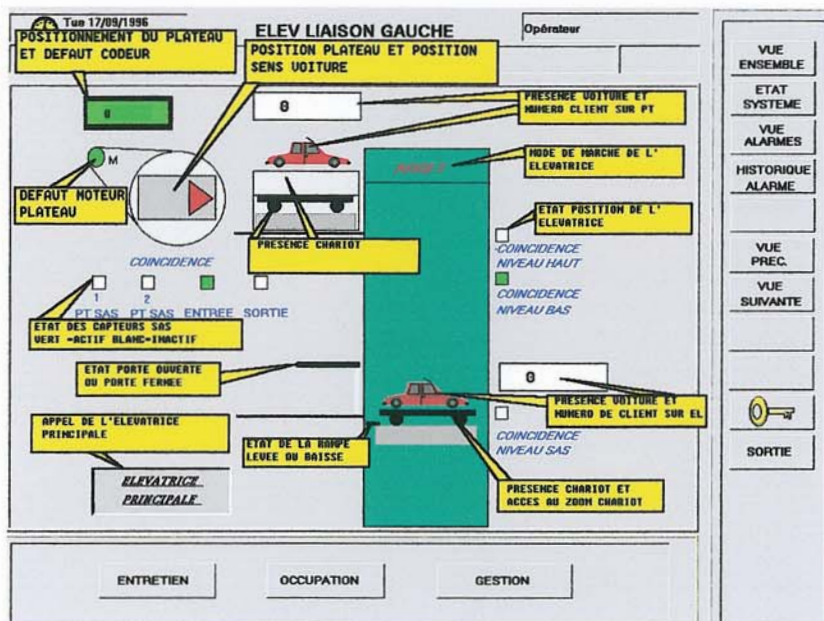
## Vue de navigation pour la partie entretien présentant les différentes élévatrices



## Vue de navigation de la partie occupation du parking



## Vue de navigation de l'état fonctionnel de l'élévatrice



## Partie A : ALIMENTATION HT/BT

### Alimentation en énergie :

Le site est alimenté en 20 kV par une ligne de la FEDA (Forces Electriques d'Andorre), à partir du poste source « *ENCAMP* ».

**1<sup>er</sup> Cas :** Le poste *d'ANDORRA LA VELLA* est alimenté par le poste source via le poste *d'ORDINO* :

- Un départ aérien (54 mm<sup>2</sup> Almélec) 20 kV de 17 km alimente l'entrée de la ville,
- Une ligne souterraine (95 mm<sup>2</sup> aluminium) de 10 km alimente le poste *d'ANDORRA LA VELLA*.

**2<sup>ème</sup> Cas :** Le poste *d'ANDORRA LA VELLA* est alimenté par le poste source via le poste de *MASSANA* :

- Un départ aérien (54 mm<sup>2</sup> Almélec) 20 kV de 21 km alimente l'entrée de la ville,
- Une ligne souterraine (95 mm<sup>2</sup> aluminium) de 3 km alimente le poste *d'ANDORRA LA VELLA*.

Le poste source *d'ENCAMP* est alimenté par deux lignes de 63 kV.

En cas de coupure secteur, l'installation est secourue par un groupe électrogène de 400 kVA.

Il n'est pas prévu d'opération de maintenance sur le transformateur (fonctionnement 365 jours par an), les cycles de consommation caractéristique sont les suivants :

- 350 kVA / 150 h chaque mois / 12 mois ;
- 160 kVA / 400 h chaque mois / 12 mois.

### A1 - ETUDE DE LA DISTRIBUTION HT : (DT2 à DT4)

La géographie très particulière d'Andorre (ville à population très dense et au relief escarpé) a conduit la FEDA au choix d'un type d'alimentation particulier. Dans cette partie, nous étudierons la distribution HT du poste *d'ANDORRA LA VELLA*.

**A1.1** Définir les différents domaines de tensions concernés par l'étude (depuis le poste source), en précisant les limites imposées par la norme NF C 18-510.

**A1.2** Indiquer et justifier le type d'alimentation HT utilisé dans le poste principal *d'ANDORRA LA VELLA*.

**A1.3** La cellule interrupteur IM3 reste ouverte en fonctionnement normal. Un défaut (sectionnement du câble souterrain dû à un engin mécanique de travaux publics) se produit entre les postes *d'ANDORRA LA VELLA* et *d'ORDINO*.

Indiquer l'état des contacts des cellules IM1 à IM6 permettant d'isoler le tronçon défectueux et d'assurer l'apport en énergie pour l'ensemble des clients.

Les disjoncteurs 1, 3 et 6 sont fermés, le disjoncteur 2 est ouvert.

**A1.4** A l'aide des caractéristiques des câbles utilisés par FEDA (tableau suivant) et du dossier technique, déterminer la puissance de court-circuit du réseau haute tension 20 kV au niveau du primaire du transformateur HTA/BTA dans les deux cas d'alimentation puis conclure. La puissance de court-circuit au niveau du poste source sera considérée comme infinie.

Nature	Métal	Section (mm <sup>2</sup> )	I <sub>max</sub> (A)	X (ohm/km)	R (ohm/km)	Capacité (nF)
Aérien	Almélec	54	190	0,35	0,60	5
Souterrain	Aluminium	95	290	0,10	0,32	190



## A2 - ETUDE DU TRANSFORMATEUR : (DT5 à DT7)

Suite à des déclenchements intempestifs des protections du transformateur, on se propose de vérifier la sélectivité entre les protections au primaire et au secondaire.

Il est demandé d'effectuer un bilan des pertes du transformateur et de vérifier les dimensions des orifices de ventilation du local où se situe le transformateur.

A2.1 A partir de la documentation technique du transformateur TRIHAL, calculer :

A2.1.1 Le rapport de transformation à vide  $m_v$ .

A2.1.2 Le courant secondaire nominal  $I_{2n}$  (tension secondaire = 400V).

A2.1.3 Le courant primaire nominal  $I_{1n}$ .

A2.2 A l'aide de la documentation du transformateur, préciser l'influence du facteur de puissance sur le rendement ( $\eta$ ).

A2.3 Le poste de livraison *d'ANDORRA LA VELLA* est constitué de cellules modulaires SM6 :

Cellules IM3 et IM4	:	IM-400-24-12,5
Cellule QM2	:	QM-200-24-12,5

Préciser le calibre des fusibles HTA SOLEFUSE destinés à assurer la protection du transformateur.

A2.4 Vérification de la sélectivité entre les protections aval et amont du transformateur

Comparer les courants de déclenchement du disjoncteur BT et les courants de fusion des fusibles HT. Répondre sur le document réponse **DR1** : Compléter le tableau. Tracer la courbe. Conclure.

A2.5 A l'aide de la documentation technique du transformateur et des courbes de déclenchement précédentes, déterminer le courant de court-circuit maximal en aval du transformateur. Identifier le dispositif de protection qui va agir. Préciser le temps de réponse.

A2.6 Lors du fonctionnement du groupe électrogène, préciser le type de sélectivité entre QGR1 et Q23.

A2.7 Calculer les pertes annuelles du transformateur (400 kVA à 120°C) : à vide et en charge à 350 kVA puis à 160 kVA.

A2.8 Déterminer, à l'aide de la documentation technique, la section des orifices de ventilation du local transformateur. La hauteur entre les deux orifices est de 2 mètres.

A2.9 Le grillage choisi obstrue le passage de l'air de 25 %. Donner les dimensions exactes des ventilations hautes et basses.

### A3 - ETUDE DU DIMENSIONNEMENT DES CABLES : (DT8 à DT11)

**A3.1** Coordination entre les conducteurs et les dispositifs de protection assurant l'alimentation de l'armoire 7 (levage élévatrice principale gauche).

**A3.1.1** Calculer le courant d'emploi de la ligne d'alimentation de l'armoire 7 (DGA7).

**A3.1.2** Estimer le courant d'emploi ( $I_b$ ) du circuit en aval de Q23 (prendre les moteurs concernés armoires 5, 6 et 7). Justifier la méthode utilisée.

**A3.2** Calculer le courant admissible  $I'_z$  des conducteurs en aval de Q23 et de DGA7 :

Aval de Q23 : le câble multiconducteur utilisé, de type U1000 R2V, est posé sur une tablette perforée avec trois autres circuits, à une température ambiante de 40°C.

Aval de DGA7 : le câble multiconducteur utilisé, de type U1000 R2V, est posé sur tablettes non perforées avec six autres circuits sur deux couches, à une température ambiante de 40°C.

**A3.3** Indiquer la section des câbles en cuivre situés en aval de Q23 et en aval de DGA7.

**A3.4** La distance qui sépare Q23 de IGA6 est de 72 m.

Calculer la chute de tension en ligne. Préciser si elle respecte la NFC15-100.

En cas de non conformité, que peut-on faire pour diminuer  $\Delta U$  ?

### A4 - ETUDE DES COURANTS DE COURT-CIRCUIT : (DT12 à DT14)

Afin de vérifier le pouvoir de coupure des différents appareillages de protection il est proposé de calculer le courant de court-circuit en alimentation « mode normal » et en « mode secours ».

**A4.1** Calculer le courant de court-circuit  $I_{CC3}$  triphasé en aval du groupe électrogène lors d'un fonctionnement en mode secours ( $X'_d = 20\%$  et  $U_0 = 237$  V).

**A4.2** Comparer le courant de court-circuit  $I_{CC3}$  en aval du groupe électrogène avec celui en aval du transformateur. Préciser l'influence du résultat sur le choix des disjoncteurs.

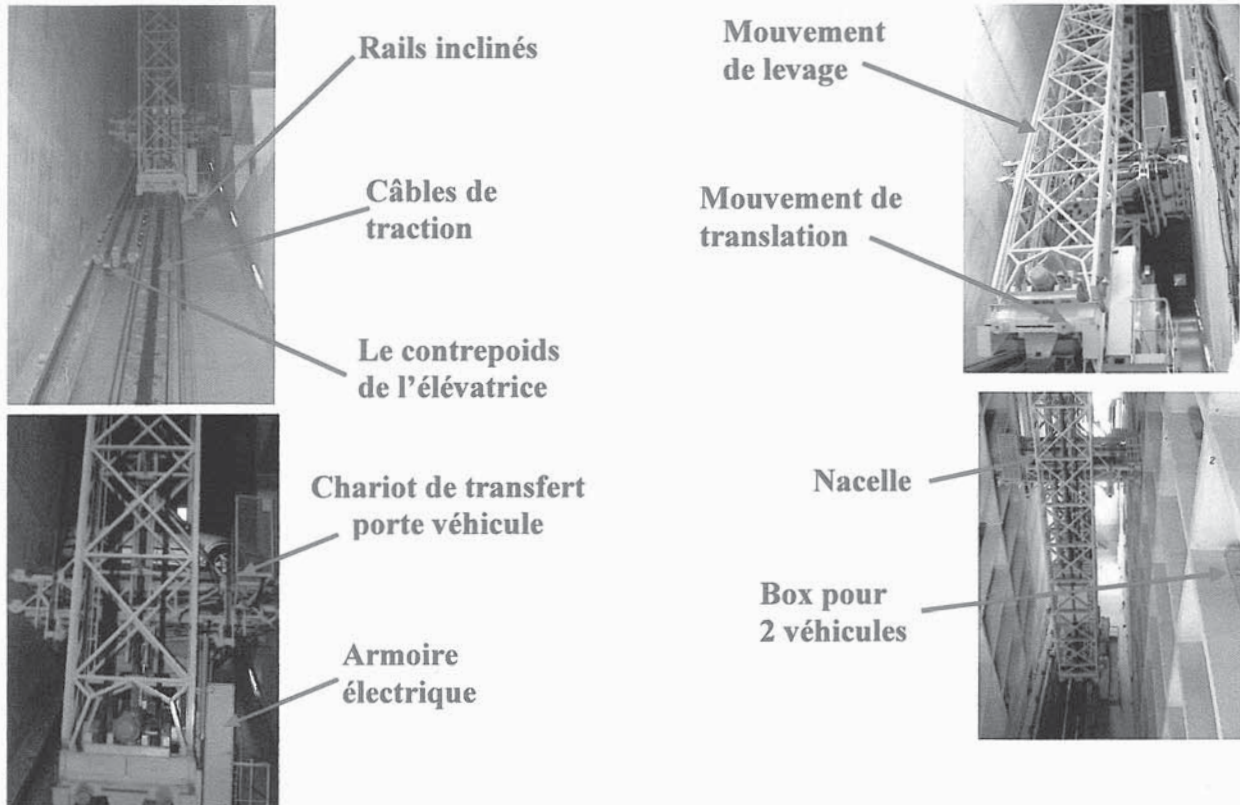
**A4.3** Calculer les courants de court-circuit en triphasé et entre deux phases, directement en amont du moteur de levage de l'élévatrice principale gauche. Compléter le tableau du document réponse **DR2**.

## **Partie B – DIMENSIONNEMENT DU MOTOVARIATEUR DE L'ÉLEVATRICE**

L'étude porte sur l'élévatrice principale qui assure tous les mouvements à l'intérieur du silo :

- Un mouvement de translation sur rails inclinés (angle  $\alpha$ ),
- Un mouvement de levage par l'intermédiaire d'une nacelle qui se déplace verticalement sur rails de guidage,
- Deux mouvements de transferts horizontaux des chariots. Le chariot porte-véhicule se trouve au niveau supérieur et le chariot vide au niveau inférieur.

Pour limiter les problèmes d'accélération et de freinage, l'élévatrice est équipée d'un contrepoids qui permet de compenser son inertie.



Chaque équipement est motorisé. Les moteurs sont alimentés par des variateurs de vitesse commandés par automate.

Pour réduire les temps de cycle, les mouvements de translation et de levage sont simultanés en « marche normale »

La structure de l'élévatrice est véhiculée sur rails afin d'assurer un bon coefficient de roulement.

Cette structure supporte tous les organes électromécaniques que constituent les colonnes, la plate-forme nacelle, le treuil de levage. L'ensemble constitue une charge de masse  $M$  égale à 40 tonnes.

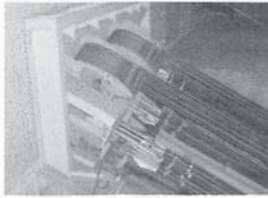
La motorisation est similaire à celle d'un ascenseur :

- Equilibrage des masses en mouvement par le contrepoids,
- Motorisation fixe, des poulies motrices et des câbles de traction,
- Un treuil.



Motoréducteur de l'élévatrice équipé d'une poulie motrice et une nappe de câbles de traction.

Au total il y a 8 câbles par poulie, constitués en 2 nappes de 4 câbles de diamètre 13 mm.



En partie haute, il y a 4 poulies de renvoi et sur le contrepoids 2 poulies de renvoi.

Le maintien en position d'équilibre est assuré par un frein à manque de courant et un frein mécanique supplémentaire de blocage.

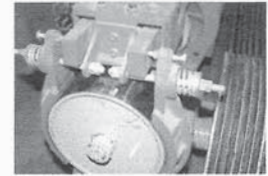
La motorisation est assurée par un moteur asynchrone triphasé.

Le réducteur possède un coefficient de réduction  $R$  et un rendement  $\eta_R$ .

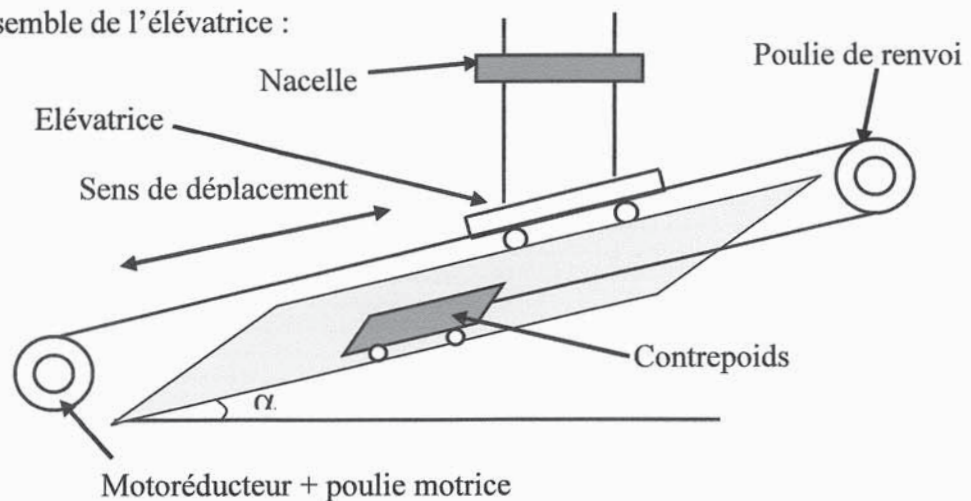
Pour notre étude nous prendrons un coefficient de traction  $k$  (coefficient de proportionnalité entre la force de traction et le poids de l'élévatrice).

A chaque mouvement l'élévatrice est soumise à trois phases :

- Accélération,
- Régime permanent,
- Décélération.



Soit le synoptique de l'ensemble de l'élévatrice :



Données :

- Alimentation triphasée : 400 V, 50 Hz.
- Masse de l'ensemble de l'élévatrice :  $M_E = 40$  t.
- Masse du contrepoids :  $M_{CP} = 1,122 \times M_E$ .
- Réducteur : rapport de réduction  $R = 27,5$  et son rendement  $\eta_R = 0,9$ .
- Vitesse de translation de l'ensemble de l'élévatrice :  $V = 1,4$  m/s.
- Angle d'inclinaison de la pente :  $\alpha = 30^\circ$ .
- Coefficient de traction :  $k = 0,122$ .
- La constante de la pesanteur :  $g = 9,81$  m/s<sup>2</sup>.
- Diamètre de la poulie :  $d = 50$  cm.

## **B1 - ETUDE DE LA MOTORISATION DE L'ELEVATRICE (DT15)**

**B1.1** Décrire l'ensemble des forces mises en jeu sur l'axe du mouvement de l'élévatrice en régime établi. Représenter sur le synoptique du document réponse **DR3** l'ensemble de ces forces.

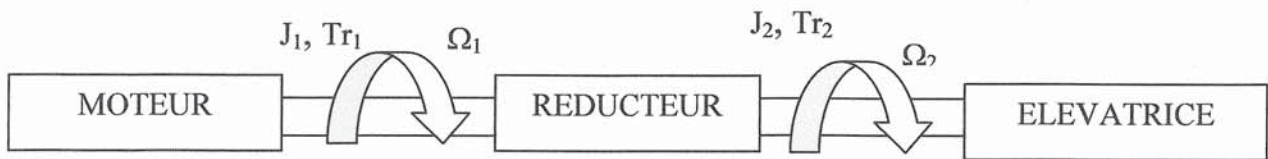
**B1.2** Lors de son mouvement en régime établi l'élévatrice se déplace sur le plan incliné d'un angle  $\alpha$  grâce à une force de traction  $F_T$ .

**B1.2.1** Exprimer cette force  $F_T$  en fonction de :  $\alpha$ ,  $M_E$ ,  $g$ ,  $k$ .

**B1.2.2** Calculer sa valeur.

*Pour la suite de l'étude, nous considérerons que la force de traction  $F_T$  est égale à 24 kN.*

**B1.3** Soit la représentation schématique suivante



Donner la relation du couple résistant  $Tr_2$  appliqué à la sortie du réducteur et calculer sa valeur.

**B1.4** Déterminer la vitesse de rotation  $\Omega_2$  à la sortie du réducteur.

**B1.5** Déterminer la vitesse de rotation  $\Omega_1$  du moteur. Calculer sa valeur.

**B1.6** Donner l'expression permettant de déterminer le couple résistant  $Tr_1$  appliqué à l'arbre du moteur.

**B1.7** Déterminer la puissance utile  $P_u$  du moteur de l'élévatrice.

**B1.8** Calculer le nombre de paires de pôles  $p$ .

**B1.9** À partir du document technique, choisir le type de moteur et compléter le tableau dans le document réponse **DR3**.

## **B2- DETERMINATION DES MOMENTS D'INERTIE APPLIQUES A L'ELEVATRICE DE TRANSLATION**

**B2.1** Rappeler l'expression de l'énergie cinétique  $E_{ct}$  d'un mouvement en translation.

**B2.2** Rappeler l'expression de l'énergie cinétique  $E_{cr}$  d'un mouvement en rotation.

**B2.3** En considérant que l'équilibre des énergies cinétiques entre le mouvement de translation de l'élévatrice et le mouvement de rotation de la poulie est établi, donner la relation du moment d'inertie de l'élévatrice  $J_2$ . Calculer sa valeur. (On négligera l'inertie du réducteur, des poulies et des câbles).

**B2.4** Donner l'expression permettant de déterminer le moment d'inertie de la charge  $J_1$  au niveau de l'arbre du moteur. Calculer sa valeur.

**B2.5** En déduire le moment d'inertie  $J_{total}$  de l'ensemble des inerties ramenées côté moteur. Le moment d'inertie du moteur  $J_m$  choisi est de  $0,365 \text{ kg.m}^2$ . Calculer la valeur de  $J_{total}$ .

## **B3- DETERMINATION DES COUPLES AUX DIFFERENTES PHASES DU MOUVEMENT ACCOMPLI PAR**

### **L'ELEVATRICE**

*Pour cette partie de l'étude, nous considérons que la vitesse croît ou décroît linéairement.*

### **B3.1 Etude préliminaire des mouvements (montée et descente) en régime dynamique**

En régime dynamique le moteur ne peut qu'exercer une force de traction par l'intermédiaire des câbles.

**B3.1.1** On demande d'analyser les phases de fonctionnement qui permettent au moteur d'imposer la dynamique de fonctionnement du système. Cette analyse se fera en complétant le tableau récapitulatif du document réponse **DR3**.

**B3.1.2** A partir des réponses fournies dans ce tableau, préciser les phases pour lesquelles le moteur peut imposer la dynamique de fonctionnement du système.

### B3.2 Phase accélératrice

*Au cours de cette phase l'élévatrice passe de l'arrêt à la vitesse  $\Omega_1$  en 2s.*

**B3.2.1** En appliquant la loi fondamentale de la dynamique en sortie de l'arbre moteur, donner l'expression du couple  $T_d$  fourni au démarrage. Calculer sa valeur.

**B3.2.2** Le couple moyen  $T_{moy}$  durant la phase de démarrage pour un moteur asynchrone est donné par la relation :  $T_{moy} = \frac{T_d + 2 T_m + 2 T_M + T_n}{6}$

A partir de la courbe du rapport des couples en fonction de la vitesse obtenue lors des essais du moteur de l'élévatrice (figure 1).

**B3.2.2.1** Déterminer le couple d'accrochage  $T_m$

**B3.2.2.2** Déterminer le couple de décrochage  $T_M$

**B3.2.2.3** En déduire le couple moyen de démarrage  $T_{moy}$

**B3.2.3** Conclure en comparant les valeurs de  $T_d$  et de  $T_{moy}$

**B3.2.4** Donner l'expression du temps de démarrage  $t_d$ .

Calculer sa valeur. Conclure.

Quelle(s) solution(s) technologique(s) suggérez-vous pour résoudre ce problème de démarrage ?

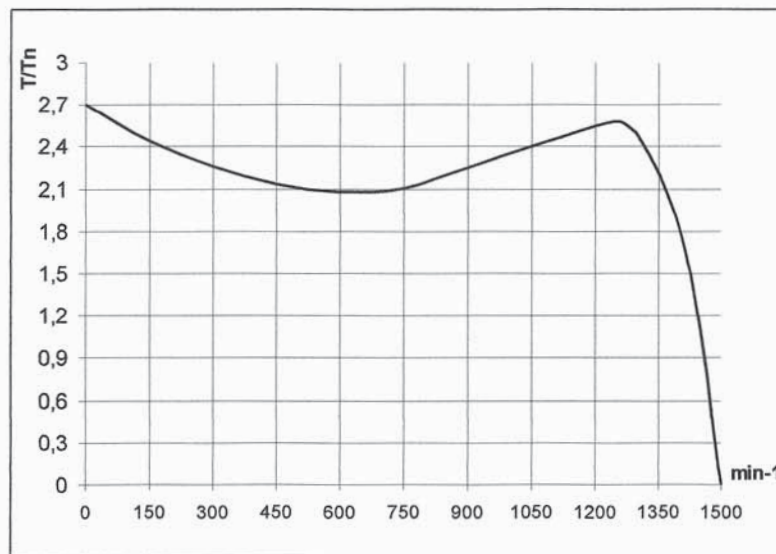


figure 1

### B3.3 Phase décélératrice

*Au cours de cette phase le moteur passe de la vitesse  $\Omega_1$  à l'arrêt en 3s.*

**B3.3.1** Donner l'expression du couple de freinage  $T_f$ . Calculer sa valeur.

**B3.3.2** Calculer la puissance crête de freinage  $\hat{P}_f$ .

**B3.3.3** En déduire la puissance moyenne de freinage  $P_{fmoy}$ . Préciser les solutions technologiques pouvant être mises en œuvre pour dissiper cette puissance.

## **B4 - CHOIX DU VARIATEUR DE VITESSE ET OPTIONS ASSOCIEES (DT16 à DT19)**

**B4.1** En fonction de toutes les grandeurs calculées, donner la référence du variateur de vitesse équipé d'un terminal graphique déportable, adapté au pilotage du moteur de l'élévatrice.

**B4.2** Calculer le rapport de la puissance moyenne de freinage à la puissance nominale. Indiquer les différents moyens permettant de gérer cette énergie.

**B4.3** A partir de la documentation technique, indiquer les caractéristiques (référence, valeur ohmique et puissance moyenne dissipée à 50°C) d'une résistance de freinage supplémentaire, adaptée au variateur de vitesse choisi.

**B5 -** L'environnement matériel du parking est constitué de 24 moteurs asynchrones de différentes puissances pilotés par des variateurs de vitesses. L'importance de ce matériel a nécessité d'effectuer des mesures de la qualité du courant. Le relevé du spectre d'harmoniques de courant de l'installation est représenté dans le graphique (figure 2).

L'échelle de représentation du niveau des intensités est de 10 pour 1.

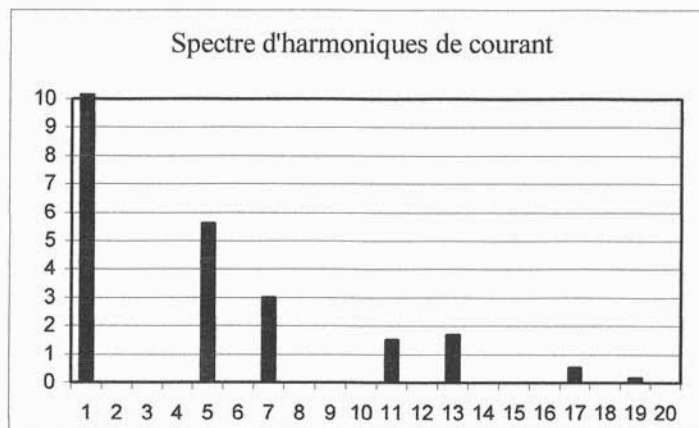


figure 2

**B5.1** Les harmoniques influent sur la qualité énergétique du réseau. Préciser les effets à moyen et long terme sur : les transformateurs, les câbles, les condensateurs, les dispositifs de protection et les machines tournantes.

**B5.2** Les niveaux d'harmoniques des installations industrielles basse et moyenne tension sont fixés par la norme CEI 61000-2-4.

Afin d'éviter d'atteindre des niveaux d'émission importants, il faut fixer des limites aux perturbations émises par les appareils pris isolément, ou pour un ensemble de matériels, vis à vis de leur point de raccordement au réseau électrique. Pour garantir un bon fonctionnement des appareils il est admis de limiter le taux de distorsion en courant à une valeur inférieure à 20% avec une limite de 5% pour chaque rang d'harmoniques.

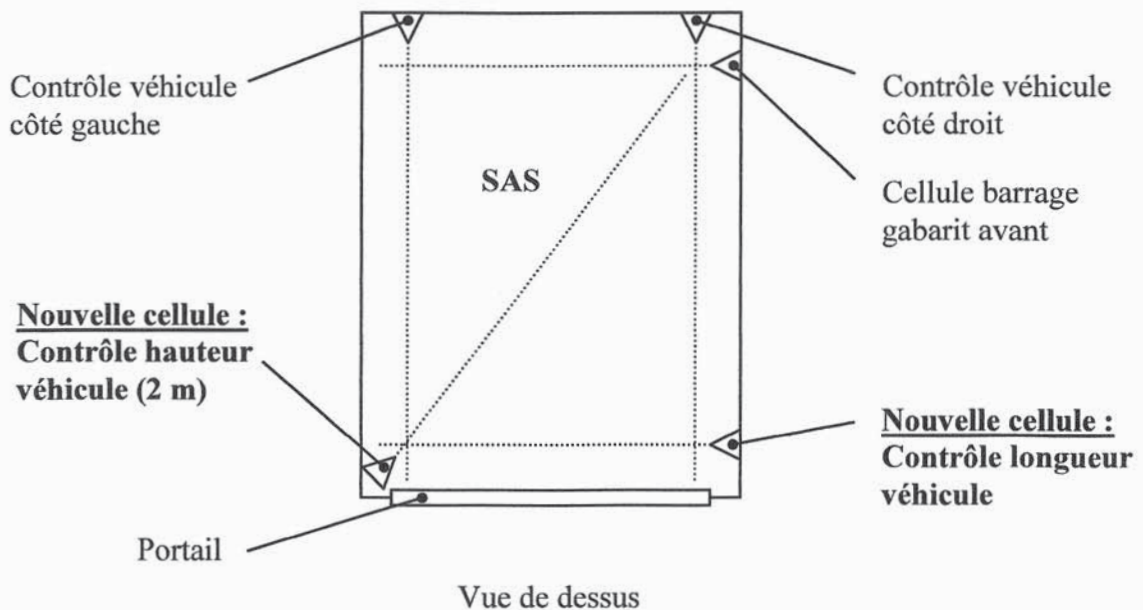
**B5.2.1** A partir du spectre d'harmoniques de courant de la figure 2, calculer le THD (THD-F : par rapport au fondamental) de cette installation jusqu'au rang 13. Courant fondamental =  $I_1 = 83A$ .

**B5.2.2** En déduire l'intensité du courant efficace  $I_{eff}$ .

**B5.2.3** Justifier la présence d'un filtre de réduction de ces harmoniques en les ramenant à un taux d'environ 10% et indiquer ses caractéristiques (tension alimentation, intensité nominale du moteur, référence du variateur, intensité nominale et référence du filtre).

## Partie C : AUTOMATISME

### Etude de l'entrée des véhicules dans le sas gauche :



### Problèmes rencontrés dans le sas

Les nouvelles voitures étant de plus en plus longues et de plus en plus hautes (les 4x4 par exemple), certaines d'entre-elles ne peuvent pas pénétrer dans le sas. Plusieurs modifications sont donc nécessaires pour vérifier le gabarit du véhicule.

- Ajout de deux barrières immatérielles afin de vérifier la longueur et la hauteur du véhicule (choix et câblage). La barrière immatérielle contrôlant la longueur du véhicule (hors gabarit arrière) sera câblée sur l'entrée automate I12,1 et celle contrôlant la hauteur, sur l'entrée I12,5.
- Ajout d'un panneau lumineux : « Hors Gabarit, reculez », qui s'allumera lorsque la hauteur et/ou la longueur du véhicule sera (seront) supérieure(s) au maximum autorisé. Le câblage du panneau lumineux n'est pas à traiter dans le sujet.
- Modification du *grafcet* du sous programme de « Contrôle Gabarit » afin d'insérer le contrôle de la hauteur et de la longueur du véhicule.
- Modification du *grafcet* d'entrée dans le sas afin de gérer les véhicules Hors Gabarit : recul et départ de l'automobiliste. Il faut prévoir de refermer le portail et de reboucler le *grafcet*.

**NB :** Avant d'effectuer les modifications, il est recommandé d'étudier les « *grafcet de fonctionnement* » dans le dossier technique.



## **C1 – AJOUT DES BARRIERES IMMATERIELLES (DT20, DT21)**

### **C1.1 Choix des barrières immatérielles**

Donner la référence des barrières en fonction des contraintes suivantes :

- Hauteur mini détection : 1,4 m
- Pas de démarrage manuel

### **C1.2 Câblage des barrières immatérielles**

Réaliser, sur le document réponse **DR4**, les modifications du schéma électrique afin de rajouter la barrière immatérielle sur l'entrée I12,1. Le schéma sur l'entrée I12,5 étant identique.

Indications pour le câblage :

- une seule sortie du récepteur (OSSD1) sera utilisée
- le module Preventa XPS AFL ne sera pas utilisé

## **C2 – MODIFICATION DU SOUS-PROGRAMME « CONTROLE GABARIT » (DT23)**

Réaliser, sur le document réponse **DR5**, les modifications de sous programme permettant :

- De contrôler la hauteur et la longueur du véhicule,
- De gérer l'allumage du panneau « Hors Gabarit, Reculez » en cas de contrôle négatif,
- De contrôler la sortie effective du véhicule.

## **C3 – MODIFICATION DU GRAFCET « ENTREE D'UN VEHICULE DANS LE SAS GAUCHE » (DT22)**

Réaliser, sur le document réponse **DR6**, les modifications de ce *grafcet* permettant de gérer les véhicules Hors Gabarit : fermeture du portail et synchronisation avec le sous-programme de « contrôle gabarit ». Cette modification doit être réalisée à partir de l'étape 5.

## **Partie D : ECLAIRAGE DE SECURITE**

Dans chacun des trois sas, il est obligatoire d'avoir un éclairage de sécurité comportant un éclairage d'ambiance ou d'anti-panique (2 départs) et un éclairage d'évacuation (1 départ)

L'étude d'installation consistera à :

- choisir la source centrale d'éclairage ;
- effectuer le schéma de câblage ;
- Préciser les conditions d'installation.

### **D1 – PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA SOURCE CENTRALE (DT 28)**

Expliquer le principe de fonctionnement de la source centrale d'éclairage (d'après le synoptique) dans les deux cas suivants : Présence secteur, absence secteur.

### **D2 - CHOIX D'UNE SOURCE CENTRALE D'ECLAIRAGE DE SECURITE (DT 24)**

En fonction des caractéristiques suivantes :

- source : 48 Vcc
- Lampe : Gamme *FLUOBAT PC* de luminaires NF «polycarbonate» / culot E27 / ampoules classiques 40 W pour chaque point lumineux.

**D2.1** Calculer la puissance totale nécessaire pour alimenter les éclairages de sécurité des 3 sas.

**D2.2** Indiquer la référence de la source adéquate.

### **D3 – CALCUL DE L'AUTONOMIE DE LA SOURCE CENTRALE D'ECLAIRAGE DE SECURITE (DT 29)**

Calculer l'autonomie de cette centrale. Indiquer le temps en heures, minutes, secondes.

### **D4 – ETUDE DES CARTES COMPOSANT LA SOURCE (DT27, DT28)**

**D4.1** Préciser la fonction de la carte 946. Expliquer brièvement les modes de fonctionnement et indiquer l'état des contacts K3, K4, K5 (n° bornes).

**D4.2** Préciser la fonction de la carte 947.

**D4.3** Préciser la fonction de la carte 868. Indiquer l'état des contacts K3, K4, K5 (n° bornes).

### **D5 – ETUDE DES COFFRETS ANTI-PANIQUE (DT24 à DT26)**

**D5.1** Définir l'action des coffrets anti-panique.

**D5.2**, Précisez les interventions à prévoir au niveau des fusibles du départ de la source centrale lors du raccordement d'un coffret anti-panique

### **D6 – RACCORDEMENT ECLAIRAGE (DT26)**

Indiquer le type de câble, conforme au règlement de sécurité, à utilisé pour les raccordements des départs divisionnaires (FU) et des départs anti-paniques. Préciser les caractéristiques principales.

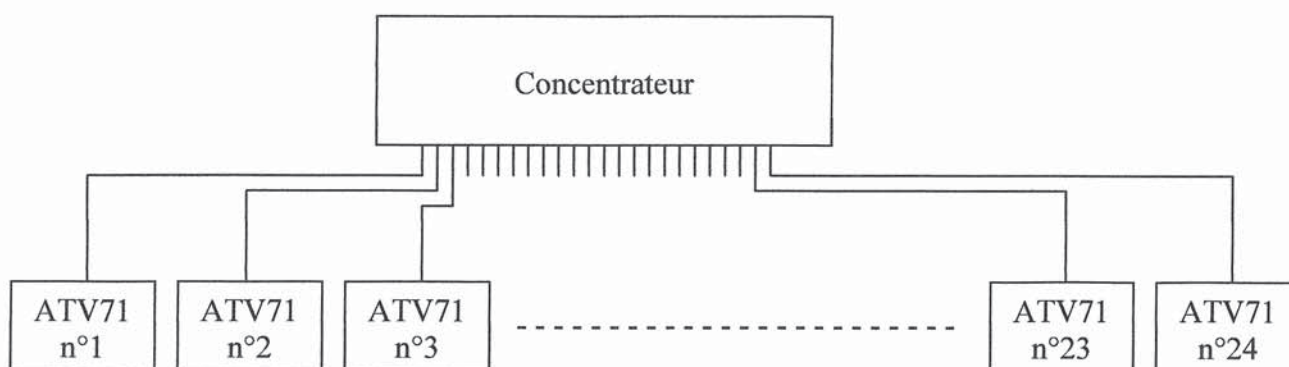
### **D7 – COMPLETER, SUR LE DOCUMENT REPOSE DR7 LE SCHEMA DE L'INSTALLATION DE L'ECLAIRAGE DE SECURITE (DT26)**

## Partie E : MISE EN RESEAU DES VARIATEURS

### But de l'étude :

Afin de pouvoir gérer, dépanner et paramétrer à distance les différentes motorisations du système, tous les variateurs ATV71 vont être mis en réseau LAN.

### Schéma de principe :



### E1. Réseau

Donner la définition d'un réseau LAN. Préciser la signification des lettres L, A et N.

### E2 - Choix du concentrateur (SWITCH ou HUB)

**E2.1.** Rappeler le principe de fonctionnement de ces deux concentrateurs. Préciser les avantages et les inconvénients de chacun.

**E2.2.** Préciser le type de transfert de données (simplex, half-duplex, full-duplex) utilisé par ces concentrateurs. Expliquer le principe des deux types de transfert utilisés.

**E2.3.** Sachant que dans cette installation, le flux d'informations est important et la vitesse de transmission élevée. Préciser le type de concentrateur à utiliser.

### E3. Identification

Dans un réseau, chaque appareil doit être identifié. Indiquer le principe d'identification retenu.