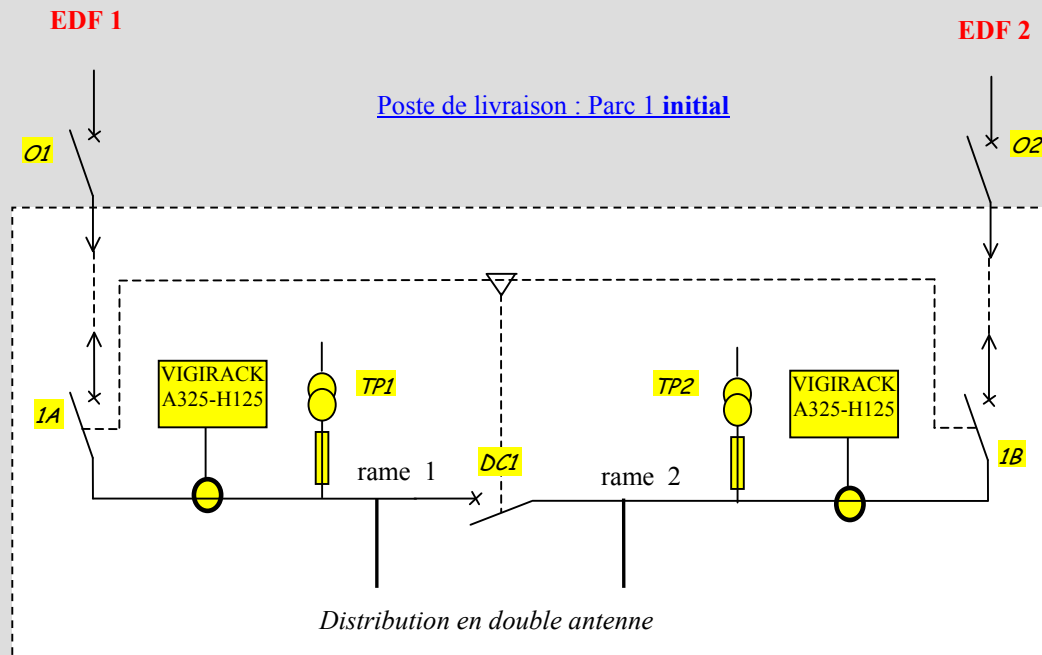


PARTIE 1

ALIMENTATION ELECTRIQUE DES PARCS

La mise en œuvre du parc 2 a entraîné des modifications dans le poste de livraison du parc 1. La gestion et la surveillance de l'installation après modification sont désormais assurées par un automate programmable TSX Premium de Schneider.

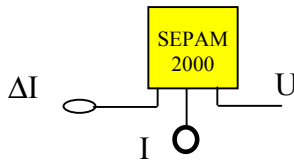


- Les relais de commande de type **VIGIRACK** installés sur les disjoncteurs d'arrivée (**1A** et **1B**) du poste de livraison du **parc1** ne permettent pas la réalisation des automatismes et les supervisions. Il a été nécessaire de les remplacer par des relais de type **SEPAM 2000**.
- Le disjoncteur de couplage **rame1/rame2 (DC1)** était dépourvu de relais de commande. Sa fermeture automatique a imposé l'installation dans sa cellule d'un relais type **SEPAM 2000** et la modification du verrouillage existant avec les arrivées.
- Les transformateurs de potentiel existants (TP1 et TP2) possédaient un seul enroulement secondaire dédié au comptage EDF. Il a été nécessaire de les remplacer par des transformateurs de potentiel à deux enroulements ; un pour le comptage EDF et un autre pour les mesures nécessaires aux automatismes.
- Le disjoncteur d'interconnexion **parc 2/rame 2-parc 1 (2B)** et le disjoncteur d'arrivée **parc 2 (2A)** ont été équipés d'un relais **SEPAM 2000**.
- Les relais **SEPAM 2000** utilisés pour la surveillance des disjoncteurs d'interconnexions sont équipés de la fonction directionnelle.

Q-1.1 Compléter le schéma de distribution de l'ensemble parc 1 + parc 2 en y insérant les nouveaux transformateurs de potentiel ainsi que relais de type SEPAM

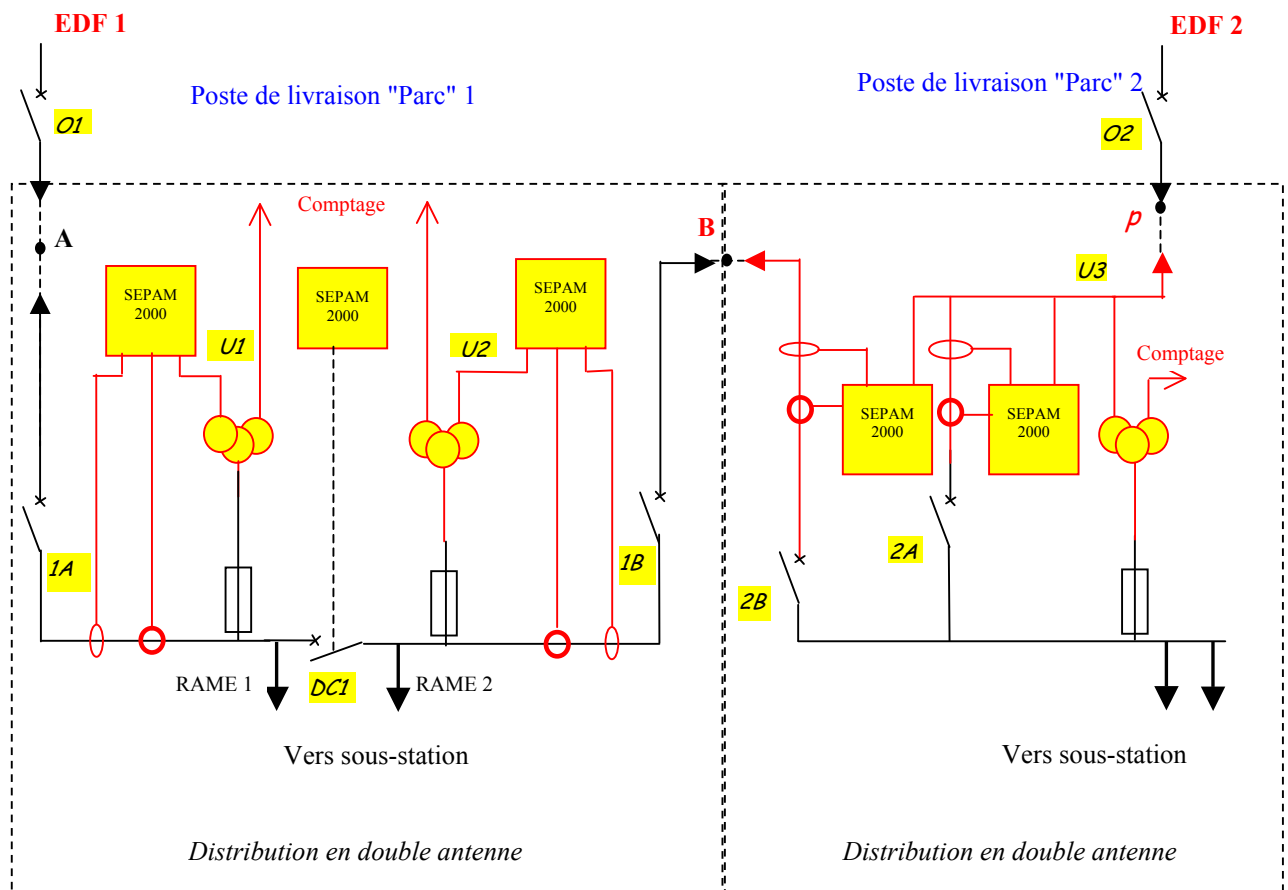
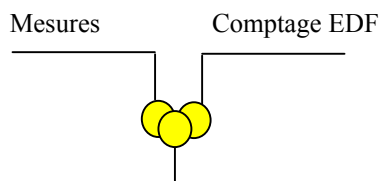
Symboles à utiliser

- Relais SEPAM



- U1 pour le T.P. de mesure tension **rame 1 - parc 1**.
- U2 pour le T.P. de mesure tension **rame 2 - parc1**.
- U3 pour le T.P. de mesure tension **parc 2**.

- Transformateur de potentiel (TP)



- A -câble EDF 1
- B -câble EDF 2
- C -câble de liaison **parc 1/parc 2**

Q-1.2 Indiquer l'état des disjoncteurs de la distribution **parc 1** et **parc 2** en **fonctionnement « normal »**.

Ouvert = 0

Fermé = 1

Disjoncteur	Etat
01	0
02	1
1A	0
1B	1
2A	1
2B	1
DC1	1

Q-1.3 Indiquer l'état des disjoncteurs de la distribution **parc 1** et **parc 2** lors d'indisponibilité de l'arrivée EDF 2, en **fonctionnement « secours »**.

Ouvert = 0

Fermé = 1

Disjoncteur	Etat
01	1
02	0
1A	1
1B	1
2A	0
2B	1
DC1	1

Q-1.4 Indiquer l'état des disjoncteurs de la distribution **parc 1 + parc 2** lors d'indisponibilité de l'arrivée EDF.1, en **fonctionnement « secours »**.

Ouvert = 0

Fermé = 1

Disjoncteur	Etat
01	0
02	1
1A	0
1B	1
2A	1
2B	1
DC1	1

Q-1.5 Les relais SEPAM utilisés sont de deux types S02 et S03.

Préciser la différence entre ces deux types de relais et **indiquer** les codes ANSI (American National Standard Institute) qui les identifient.

SEPAM	Code ANSI	Différences
S02	<u>code</u> : 50/51 , 50N/51N, 27, 27R, 59	Les relais SEPAM S03 sont équipés de la protection directionnelle en plus des fonctions présentes dans le SEPAM S02
S03	<u>code</u> : 50/51 , 50N/51N, 27, 27R, 59 , 67 ;67N ,32P	

Q 1.6 Pour chaque type de sélectivité retenue, **énoncer** les particularités respectives.

- Sélectivité chronométrique

Elle consiste à retarder le fonctionnement de la protection amont pour que la protection aval ait le temps d'isoler le défaut en défaut.

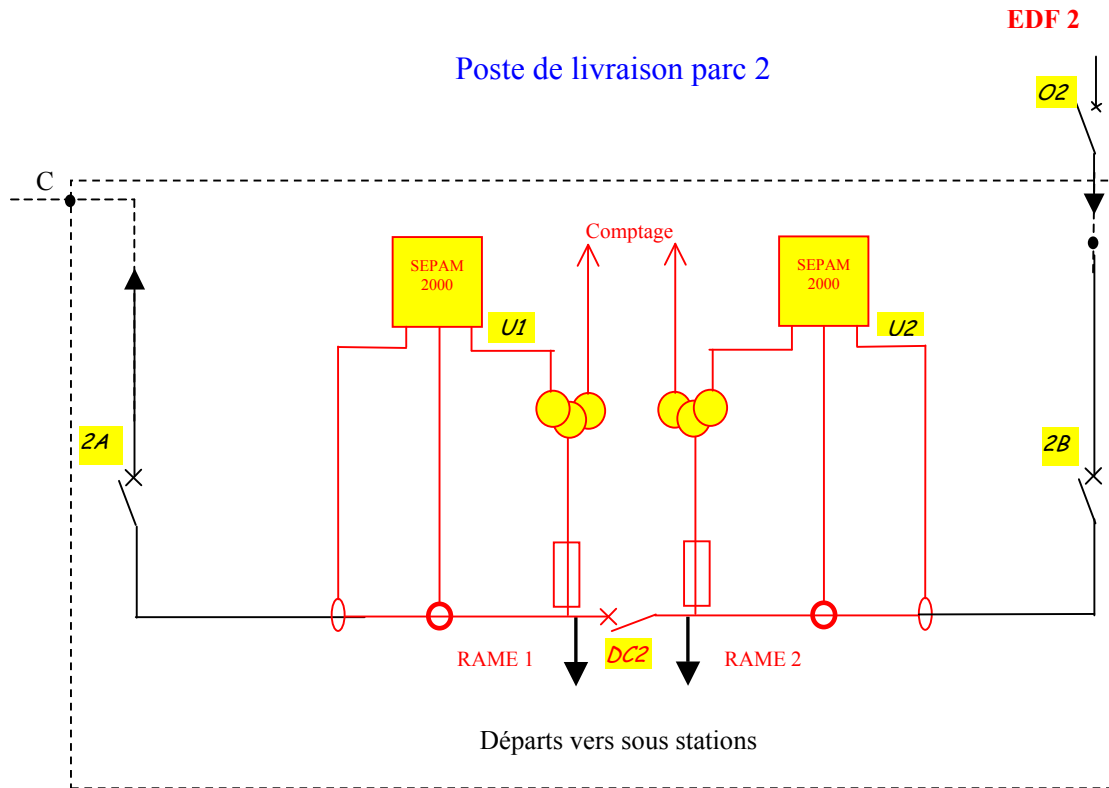
- Sélectivité logique.

Chaque relais sollicité par un défaut envoie un ordre d'attente logique à l'étage amont (augmentation de la temporisation propre au relais) et un ordre de déclenchement au disjoncteur associé sauf s'il a lui-même reçu un ordre d'attente logique de l'étage aval.

- Sélectivité directionnelle

Le relais utilisé sera sensible au sens d'écoulement du courant de défaut pour pouvoir le localiser ou l'éliminer.

Q-1.7 Proposer une configuration du poste de livraison du parc 2, qui permettrait une continuité de service totale des deux parcs.



Q-1.8 Pour anticiper les travaux de coupures des câbles on a procédé à leurs repérage sur plan (doc ressource)

Compléter le tableau des caractéristiques des câbles sur lesquels vont être effectués ces travaux.

<i>Nom de repère</i>	L3
<i>N° jeu de barre Amont</i>	N° 3
<i>N° jeu de barre Aval</i>	N° 2
<i>Nombre de câbles</i>	2
<i>Type et nombre de conducteurs</i>	3 Phases + Terre
<i>Section</i>	630 mm²
<i>Longueur</i>	1 000 m
<i>Nature du conducteur</i>	aluminium
<i>Intensité nominale</i>	392 A
<i>Intensité admissible</i>	790 A

Q-1.9 Le poste de livraison **parc 2** est constitué de cellules modulaires à pas réduit, équipées d'appareillages à coupure dans le SF6.

Définir le sigle **SF6** et **justifier** son utilisation.

Le SF6 ou hexafluorure de soufre, est un gaz de synthèse obtenu par réaction du Fluor sur le Soufre à haute température. $S + 3F_2 = SF_6$

C'est un gaz incolore, inodore et non toxique dont la qualité principale est sa haute tenue diélectrique (tension de claquage)

Q-1.10 Choisir les cellules qui ont permis de réaliser ce poste de livraison en précisant leurs caractéristiques.

<i>Type de Cellules</i>	<i>Nbr</i>	<i>I assignée</i>	<i>I max admissible</i>	<i>U assignée</i>
IMC	2	1250 A	12,5 kA	24 kV
QMC	1	1250 A	20 kA	24 kV
CM	1	1250 A	20 kA	24 kV
GBC-A ou GBC-B	1	1250 kA	20 kA	24 kV

Q-1.11 En fonction des résultats de l'analyse fonctionnelle et des courants de court circuit, **compléter** le tableau des caractéristiques et les réglages du système de protection des postes de distributions de la **sous station 5**.

Les protections utilisées sont des fusibles de type **FUSARC** pour les postes de transformation, et des disjoncteurs de type **Masterpact** avec déclencheur **STR38S** pour les tableaux basse tension

SOUS STATION	In	Icc maxi	Icc mini	Catégorie de fusibles ou de disjoncteurs	Calibre et courant assigné
TR1 SS1	46 A	6,73 kA	6,48 kA	FU 80	80 A
DJ BT SS1	2312 A	32,5 kA	31 kA	M 25	2500 A
TR1 SS5	18 A	6,57 kA	6,29 kA	FU 40	40 A
TR2 SS5	36 A	6,57 kA	6,29 kA	FU 63	63 A
TR3 SS5	36 A	6,57 kA	6,29 kA	FU 63	63 A
DJ BT1 SS5	910 A	13,7 kA	13,10 kA	M 12	1250 A
DJ BT2 SS5	1806 A	26 kA	24,8 kA	M20	2000 A
DJ BT3 SS5	1806 A	26 kA	24,8 kA	M20	2000 A

SS* (sous stations) – TR*(Transformateur) – DJ BT* (Disjoncteur Basse Tension)

Préciser Les réglages à faire au niveau de l'unité de contrôle STR38S.

	DJ BT1 SS5	DJ BT2 SS5	DJ BT3 SS5
Seuil instantané ,In	910 A	1806A	1806A
Seuil long retard (LR), Ir	Tr = 0,8 X 0,92 = 0,736	1 X 0,92 = 0,92	1 X 0,92 = 0,92
Seuil court retard (CR), Im	6 Ir	8Ir	8Ir
Temporisation court retard, th	0 ou 1	0 ou 1	0 ou 1

Q-1.11 Phasage des travaux de raccordement du poste de livraison du parc 2 sur le réseaux

Compléter le tableau de phasage des opérations de raccordement et de mise en service.

Ordre des opérations	Site	Nomenclature Matériel	Désignation de l'opération	Intervenant	Habilitation minimale requise
1	Poste parc 1	DC1, 1B	Fermeture DC1, Ouverture 1B	DLP	H1 sous responsabilité H2 ou H2
2	Poste parc 1	1B	Consignation	DLP	HC
3	Poste EDF 2	O2	Ouverture et consignation	EDF	HC
4	Boîte de jonction	Câble	Repérage et raccordement	CLM	H1 sous responsabilité H2 ou H2
5	Poste EDF 1	1B	Déconsignation pour injection de courant	DLP	HC
6	Poste parc 2	2B	Fermeture et contrôle ordre des phases	DLP	H1 sous responsabilité H2 ou H2
7	Poste parc 2	2B	Consignation	DLP	HC
8	Poste EDF 2	O2	Déconsignation	EDF	HC
9	Poste parc 2	2A	Fermeture et contrôle ordre des phases.	DLP	H1 sous responsabilité H2 ou H2
10					
11					
12					
13					
14					
15					

PARTIE 2

communication : automate premium / relais Sepam

L'automatisme est réalisé par le système relais Sepams 2000 / automate Premium.

Rôle de l'automate

L'automate concentrateur assure les automatismes. Suivant les différentes situations, il reconfigure cette boucle en commandant les différents relais SEPAM.

De plus, il transmet les informations de positions et de défauts des relais SEPAM 2000 vers la supervision.

Le protocole de communication utilisé est Modbus / Jbus

Rôle des relais SEPAM 2000

Les relais SEPAM 2000 ont pour fonction principale la protection de la boucle HTA.

Une supervision du type ISIS 3000, permet de télésurveiller la boucle HTA.

Communication automate Premium / relais SEPAM

- **Protocole de communication : Modbus/Jbus**
- Vitesse de transmission : 9600 Bauds
- Format de transmission :
 - ❑ 8 bits
 - ❑ Sans parité
 - ❑ 1 bit de stop
- L'automate est configuré en maître et les relais SEPAM en esclaves ;
 - ❑ Disjoncteur DC1 Esclave N°1
 - ❑ Disjoncteur 1 A Esclave N°2
 - ❑ Disjoncteur 1 B Esclave N°3
 - ❑ Disjoncteur 2B Esclave N°4
 - ❑ Disjoncteur 2A Esclave N°5

Liaisons.

La liaison de communication entre les différents appareils d'un même parc est réalisée à l'aide d'un câble blindé, 2 paires.

Entre les deux parcs elle est réalisée en fibre optique.

Q 2-1 Le protocole de communication est de type modbus et le dialogue est de type half-duplex. **Définir** les principes de communication et de dialogue utilisés.

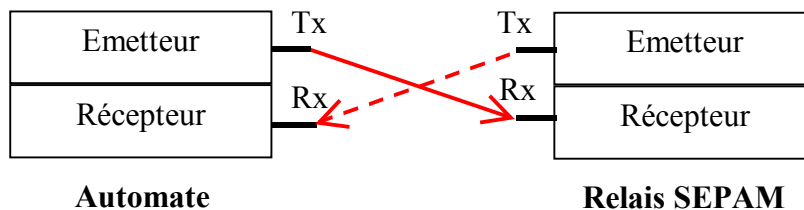
➤ Principe de communication

Le protocole Modbus est un protocole de transmission de données régissant le dialogue entre une station maître et des stations esclaves, il définit une structure de message pouvant être utilisée par les automates quel que soit le type de réseau sur lequel ils communiquent.

➤ Principe de communication

Le maître parle à un esclave et attend sa réponse ou il s'adresse à l'ensemble des esclaves sans attendre de réponse (diffusion générale)

Q 2-2 Compléter le schéma de principe d'échange entre automate et relais SEPAM en faisant apparaître le sens du dialogue.



Q 2-3 Calculer le nombre de bits utilisées dans la trame pour émettre un caractère et **déterminer** le temps de transmission d'un caractère :

- Nombre de bits : 1 bit de start + 8 bits de données + 1 bit de stop = 10 bits
- Temps de transmission : $10 / 9600 = 1,042 \text{ ms}$

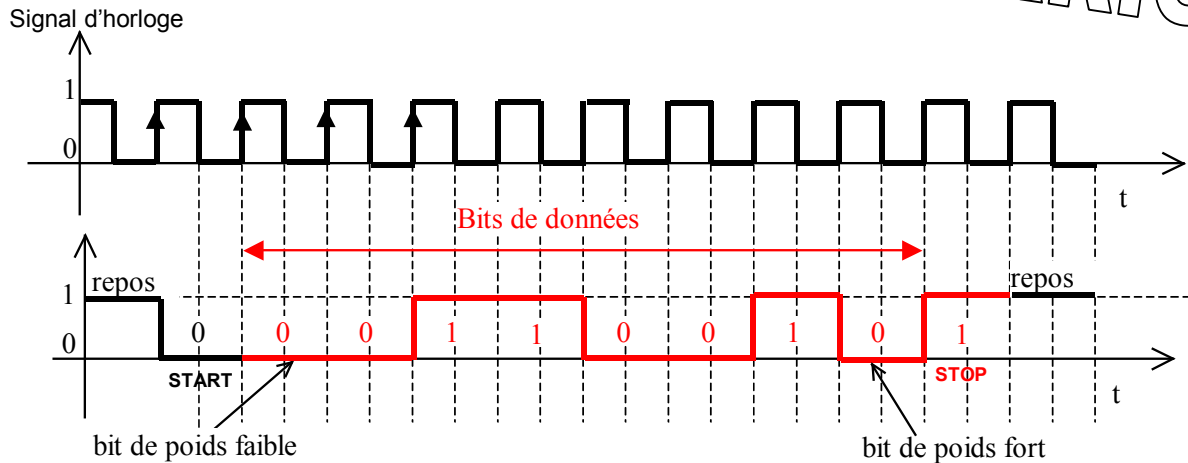
Q 2-4 Convertir le caractère ASCII "L" en hexadécimal puis en binaire et **compléter** le chronogramme de la ligne pour émettre ce caractère :

Pour le codage en ASCII pur sur 8 bits un zéro sera affecté pour le bit de poids fort

Conversion en :

- **Hexadécimal :** "L" en ASCII correspond à H '4C'
- **Binaire :** "L" en ASCII correspond à 01001100

CORRIGE



Q 2-5 Compléter la table de télésignalisation et téléalarme de la communication entre les relais SEPAM et le disjoncteurs 1A .
(Fonction 1 : lecture de bits)

Bit =0 ⇔ Etat 0 , Bit =1 ⇔ Etat 1

RANG	Télésignalisation Libellé	Adresse relais	Adresses JBUS		
			MOT (hexadecimal)	BIT (hexadecimal)	BIT (décimal)
0	Défaut de commande	KTS1	0C90	C900	51 456
1	Défaut de télécommande	KTS2	0C90	C901	51 457
5	Commutateur en distance	KTS6	0C90	C905	51 461
6	Verrouillage électrique.	KTS7	0C90	C906	51 462
7	Manque secteur	KTS8	0C90	C907	51 463
9	Appareil fermé	KTS10	0C90	C90A	51 465
10	Appareil débroché	KTS11	0C90	C90B	51 467
12	Sectionneur de terre fermé	KTS13	0C90	C90C	51 468
14	Maximum de courant phase	KTS15	0C90	C90E	51 470
15	Maximum de courant terre	KTS16	0C90	C90F	51 471
16	Minimum de tension	KTS17	0C91	C910	51 472

Justifier par un exemple de calcul, une conversion hexadécimal / décimal et décimal / hexadécimal

Exemple de calcul :

C90F = 1100 1001 0000 1111 = $2^{15} + 2^{14} + 0 + 0 + 2^{11} + 0 + 0 + 2^8 + 0 + 0 + 0 + 0 + 2^3 + 2^2 + 2^1 + 2^0 = 51471$

51457 : on fait des divisions successives par 16 et on garde les restes ce qui donne : C901

Q 2-6 Compléter les trames d'échanges de données entre l'automate Premium et le relais Sepam 2000, concernant la table de télésignalisation et téléalarme de la communication entre le relais Sepam et le disjoncteurs 1A .

Question maître : L'automate Premium interroge l'esclave le relais Sepam sur l'état du disjoncteur 1A s'il est fermé et s'il est débroché.

02	01	0000C90A	00000002	CRC16
----	----	----------	----------	-------

Réponse esclave: Le relais Sepam informe le maître l'automate premium que le disjoncteur est ouvert mais n'est pas débroché.

02	01	04	01	00	CRC16
----	----	----	----	----	-------

Q 2-6 Justifier l'emploi de fibre optique pour la transmission des informations entre les deux parcs.

La fibre optique est utilisée pour le transport d'informations **sur distance importante** (1km), elle permet **d'atténuer les perturbations**.

Q 2-9 Dans les postes de livraison cohabitent des courants faibles et des courants forts.

Cocher parmi les principes énoncés ci dessous les règles principales de câblage CEM à respecter.

- ☒ Séparer physiquement courant faible et courant fort
- ☒ Respecter les rayons de courbure.
- ☐ Créer prise de terre informatique indépendante de la prise de terre courant fort.
- ☒ Utiliser une terre unique.
- ☐ Mettre en place le minimum de liaisons équipotentielle.
- ☒ Mettre en place un maillage du maximum des liaisons équipotentielles possibles.
- ☐ Ne pas raccorder les conducteurs non utilisés d'un câble.

PARTIE 3

ETUDE DES INSTALLATIONS DE SECURITE

Extrait du procès verbal de la commission départementale des services d'incendie et de sécurité.

SPACE MOUNTAIN est une attraction située dans DISCOVERYLAND entre Autopia et 3 D Theater, face à Vidéopolis.

Il s'agit d'un manège de type « grand huit » couvert, composé d'un bâtiment principal circulaire de 60 m de diamètre et 25 m de hauteur par rapport au sol extérieur et d'un bâtiment embarquement, débarquement.

L'attraction est accessible aux handicapés par un ascenseur. Le maître d'ouvrage s'engage à ne pas dépasser l'effectif prévu par l'article GN8.

Cette attraction a été classée en type L par la commission de sécurité.

Circulation normale

La circulation du public à la périphérie extérieure se fera sur une surface totale de 534 m².

La file d'attente accède à l'attraction après avoir emprunté : un parcours balisé en extérieur (surface maximale extérieure occupée par la file d'attente : 160m²) suivi d'un parcours couvert qui se termine sur l'un des quais d'embarquement. La sortie s'effectue par le quai de débarquement couvert puis un parcours couvert permet de rejoindre l'extérieur (surface maximale couverte occupée par la file d'attente : 230m²).

Circulation en cas d'évacuation

En cas d'incident grave, le public est évacué sous le contrôle du personnel, 16 personnes maximum sont prévues à cet effet.

Un ensemble de deux passerelles couvertes reliées par des escaliers aux différentes zones de freinage des trains permet aux passagers de regagner l'extérieur de l'attraction.

La passerelle "déambulatoire" reliant les zones nord et sud a une longueur de 316,6 m et une largeur de 0,90 m.

La passerelle "file d'attente" de même largeur que la précédente a une longueur de 224,5m.

Q 3 - 1 : Citer les différents types d'établissements dans lesquels une installation de sécurité est obligatoire.

- **Les Etablissements Recevant du Public (ERP)**
- **Les Etablissements Recevant des Travailleurs (ERT)**
- **Les bâtiments d'habitation collective (sous certaines conditions)**

Q 3-2 : Enoncer les deux parties qui composent un système de sécurité.

- 1 un éclairage de sécurité**
- 2 un Système de Sécurité Incendie (SSI)**

Q 3-3 : Calculer l'effectif de l'ensemble des personnes pouvant être présentes dans l'attraction.
(3 pers/m² pour les personnes en attente et 1 pers/m² pour les personnes en circulation).

Zone	Calcul des effectifs	Nombre de personnes
Circulation extérieure	1x534	534
File d'attente extérieure	3x160	480
File d'attente couverte	3x230	690
Passerelle déambatoire	1x285	285
Passerelle file d'attente	3x202	606
Trains dans le ride	5x24	120
Trains en gare	2x24	48
Total public		2763
Effectif total à prendre en compte		2779

Q 3-4 : Définir la catégorie de classement de l'établissement en justifiant votre réponse.

Type L de 1^{er} Catégorie car 3000 < effectif < 1500

Q 3-5 : Donner la périodicité des visites de contrôle de la commission de sécurité pour cette attraction.

2 ans

Q 3-6 : Calculer le nombre de sorties (dégagements) à prévoir pour l'évacuation du public.

2 sorties supplémentaires sont retenues pour l'évacuation du canon et 1 sortie pour le point le plus bas de l'attraction.

2779 personnes, effectif arrondi à 3000 + 500 / 500 = 7 dégagements
Total = 7 + 2 + 1 = 10 dégagements

ECLAIRAGE DE SECURITE

Q 3-7.1 : Préciser la fonction des éclairages d'ambiance et d'évacuation.

- **L'éclairage d'ambiance : doit permettre d'éviter la panique du public en cas de coupure générale.**
- **L'éclairage d'évacuation : doit permettre à toute personne d'accéder à l'extérieur, en assurant l'éclairage des cheminements, des sorties, des indications de balisage, des obstacles et des indications de changement de direction.**

Q 3-7.2 : Enoncer les facteurs à prendre en compte pour déterminer respectivement :

- **Le nombre de luminaires d'un éclairage d'évacuation :**
 - **Nombre d'issues de secours.**
 - **Longueur du circuit (distance de 15m entre deux luminaires)**
 - **Obstacles ou changement de direction.**
- **Le nombre de luminaires d'un éclairage d'ambiance :**
 - **Niveau d'éclairement.**
 - **Distance entre deux foyers voisins et leur hauteur par rapport au sol (inférieur à 4 m).**

Q 3-7.3 : Déterminer le type d'éclairage de sécurité à installer, et **justifier** votre réponse.

Type : Eclairage de sécurité de ty

Q 3-7.4 : Déterminer la référence de la source centrale retenue et **énoncer** ses caractéristiques.

En respect avec la réglementation et en prenant en compte les particularités du local la commission de sécurité a arrêté pour l'éclairage de sécurité :

- 48 luminaires de type fluorescent en 24 V=, IP 55 pour l'éclairage d'ambiance
- 63 luminaires de type fluorescent en 24 V=, IP 55 pour l'éclairage d'évacuation.

➤ **Puissance :**

Puissance éclairage d'ambiance : $48 \times 8 = 384W$

TOTAL = 636W

Puissance éclairage d'évacuation : $63 \times 4 = 252W$

Puissance retenue = Puissance calculée + 30% = 826W

➤ **Référence de la source centrale retenue et caractéristiques :**

Référence 61403, tension 24V=, Puissance 1020W

SYSTEME DE SECURITE INCENDIE (SSI)

Q 3-8.1 : La norme AFNOR définit les différents éléments entrant dans la constitution d'un SSI.

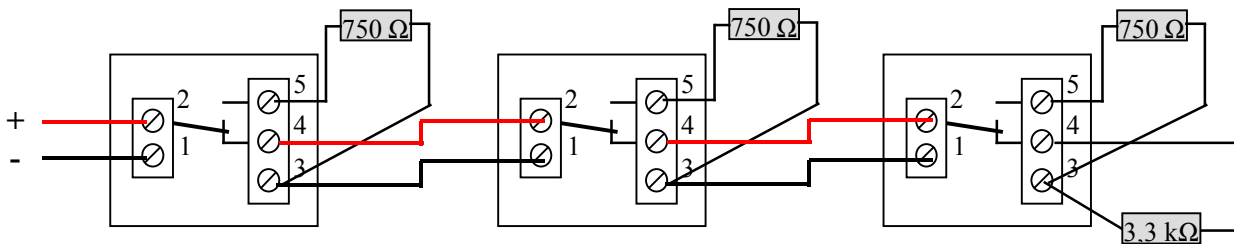
Indiquer les deux principales fonctions d'un SSI. et énoncer deux types d'éléments assurant ces fonctions.

Fonctions	Eléments
➤ La détection incendie.	➤ Détecteurs Automatiques (DA) ➤ Déclencheurs Manuels (DM)
➤ La mise en sécurité incendie.	➤ Dispositif actionné de sécurité (commande des portes coupe-feu, organe de désenfumage,...) ➤ Diffuseurs sonores.

Q 3-8 3 : Déterminer la catégorie du SSI et le type d'équipement d'alarme. **Justifier** votre réponse.

- **Catégorie : A,**
- **Type : 1**
- **Justification : L'établissement peut accueillir des handicapés et l'effectif est compris entre 1500 et 3000 personnes.**

Q 3-8.4 Compléter le schéma partiel de raccordement des déclencheurs manuels du SSI en insérant les résistances nécessaires.



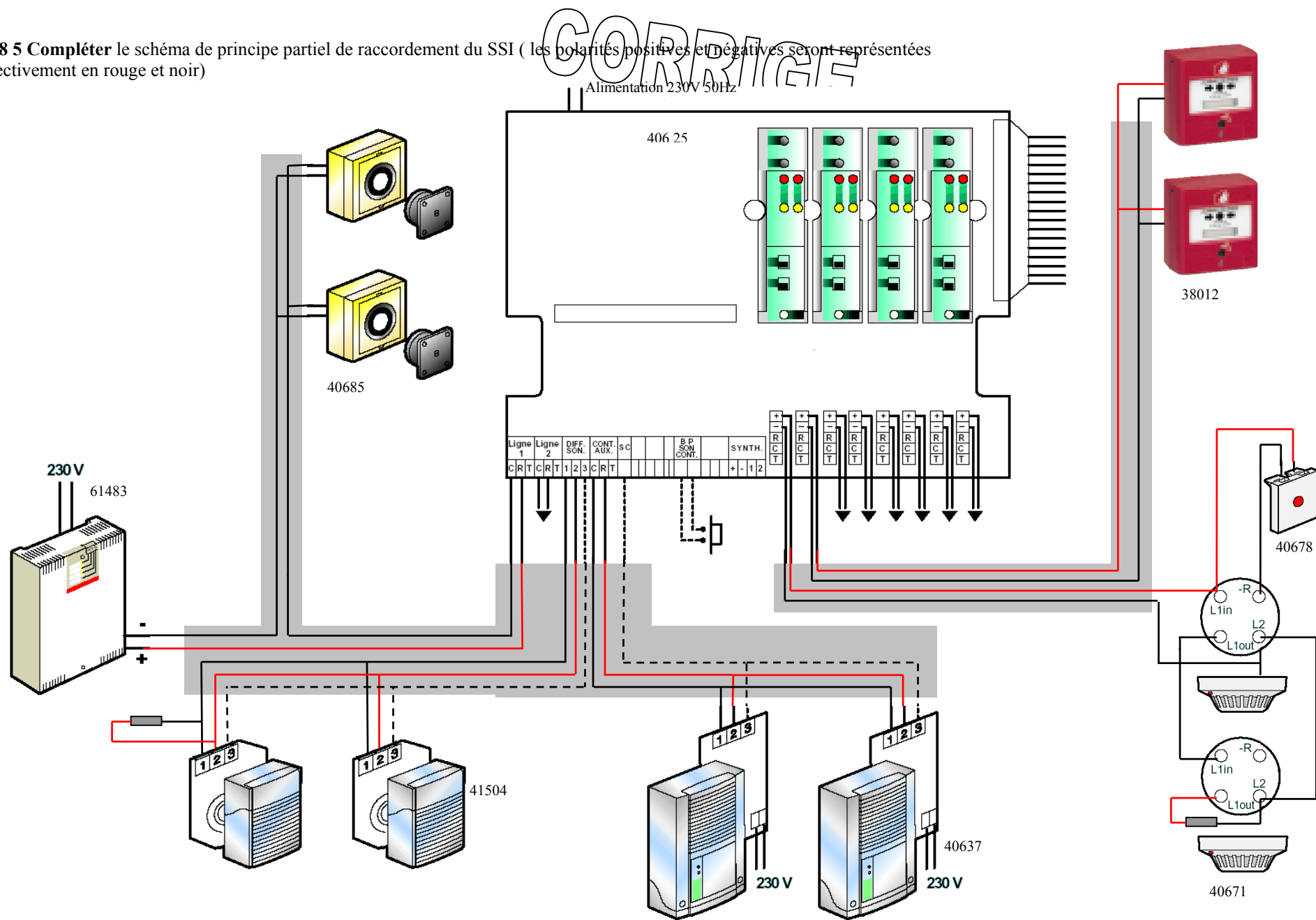
Calculer l'intensité du courant qui circule dans la boucle de détection pour les deux états suivants :

- *Au repos : courant de veille,*
 $I_{\text{veille}} = 48 \text{ v} / 3,3 \text{ k} \Omega = 14,5 \text{ mA}$
- *En fonctionnement : courant d'alarme,*
 $I_{\text{défaut}} = 48 \text{ v} / 750 \Omega = 64 \text{ mA}$

Indiquer la valeur et le rôle des résistances.

Repère	Valeur	Rôle
R1	750 Ω	Résistance de charge, utilisée en cas de défaut.
R2	3,3 kΩ	Résistance de fin de ligne, utilisée en état de veille.

Q 3-8 5 Compléter le schéma de principe partiel de raccordement du SSI (les polarités positives et négatives seront représentées respectivement en rouge et noir)



PARTIE 4

ALIMENTATION DE L'ATTRACTION "SPACE MOUNTAIN"

L'attraction "space mountain" est alimentée par l'intermédiaire de la sous station n° 33.

Description du local MT (HTA).

- Un ensemble de protection gamme SM6 de MERLIN GERIN constitué :
 - 1 cellule d'arrivée GAM
 - 1 cellule de protection interrupteur - fusible QMC
- Un transformateur FRANCE TRANSFO à 2 secondaires de caractéristiques suivantes :

U_{1n}	20 000 V
I_{1n}	57,8 A.
S_{2n}	2 x 1 000 KVA.
Couplages	DD00, Dy11.
U_2	2 x 701 V à vide
I_2	2 x 823,6 A
U_{cc}	6,5 %
- Deux interrupteurs fusibles SOCOMEC (1 par départ BT) calibre 1600 A type aM pour protéger les câbles.
- Deux armoires condensateurs RECTIPHASE (1 par départ BT) pour l'amélioration du facteur de puissance.

Description du local BT.

- Deux armoires de régulation montées en "Maître"/"Esclave" comprenant
 - Les variateurs de vitesse de type RECTIVAR 84 (2 ponts à thyristors 3 000 A)
 - Les composants de mesure, de protection et de commande
 - 2 châssis de résistances pour le freinage rhéostatique
- Une armoire "Fonctions communes" comprend :
 - un ensemble chargeur + batteries
 - des coffrets d'interface CCS ↔ CPS
 - un automate programmable de type TSX 107 et son onduleur.

Description du local machine.

Deux moteurs à courant continu montés en tandem.

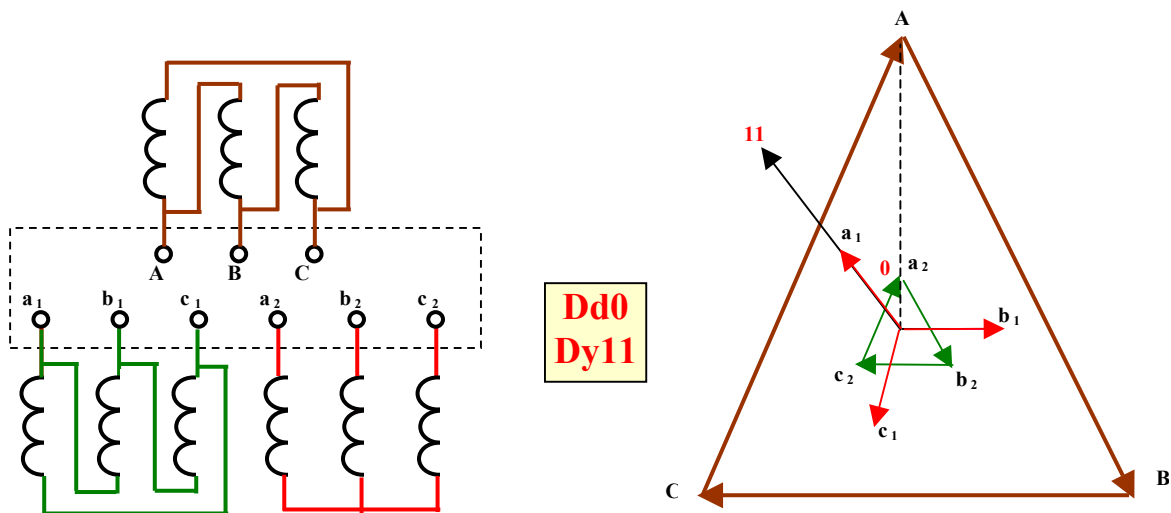
Q 4-1 : Le schéma de liaison à la terre retenu est à masses interconnectées avec prise de terre par fond de fouille unique, il s'identifie avec trois lettres.

Identifier le schéma des liaisons à la terre utilisé. **Donner** la signification des différentes lettres et **préciser** les repères et le nom des éléments qui ont permis cette identification.

Indiquer la valeur exacte de la résistance de terre globale.

Lettres		signification	Eléments d'identification
1 ^{er} lettre	<i>I</i>	Neutre BT du transformateur relié à la terre à travers une forte impédance.	Présence sur chaque secondaire du transformateur de :
2 ^{ème} lettre	<i>T</i>	Masses BT reliées directement à la terre	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Contrôleur permanent d'isolement : A220-A320 ➤ Impédance reliant le neutre à la terre.
3 ^{ème} lettre	<i>R</i>	Masses du poste HT reliées au neutre BT et à la terre	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Limiteur de surtension : A002-A003
			Résistance de terre globale $R_{pna} = 1\Omega$

Q 4-2 Représenter les couplages primaire et secondaires du transformateur ainsi que le diagramme de Fresnel des tensions en indiquant l'indice horaire :



Q 4-3 : Préciser la valeur du déphasage entre les deux secondaires du transformateur

Déphasage : 30 degrés

Q 4-4 : Calculer les rapports de transformations à vide pour chaque secondaire (en tenant compte du couplage)

Pour le secondaire en Δ : $m1v = U2/U1 = 701/20000 = 0,035$

Pour le secondaire en Y : $m2v = V2/U1 = 701/ 20000 \times 1,732 = 0,02$

Q 4-5 : Calculer les courants en lignes ainsi que ceux dans les enroulements primaires et secondaires. (la puissance nominale donnée est répartie pour des charges égales entre les deux secondaires.)

Pour le primaire

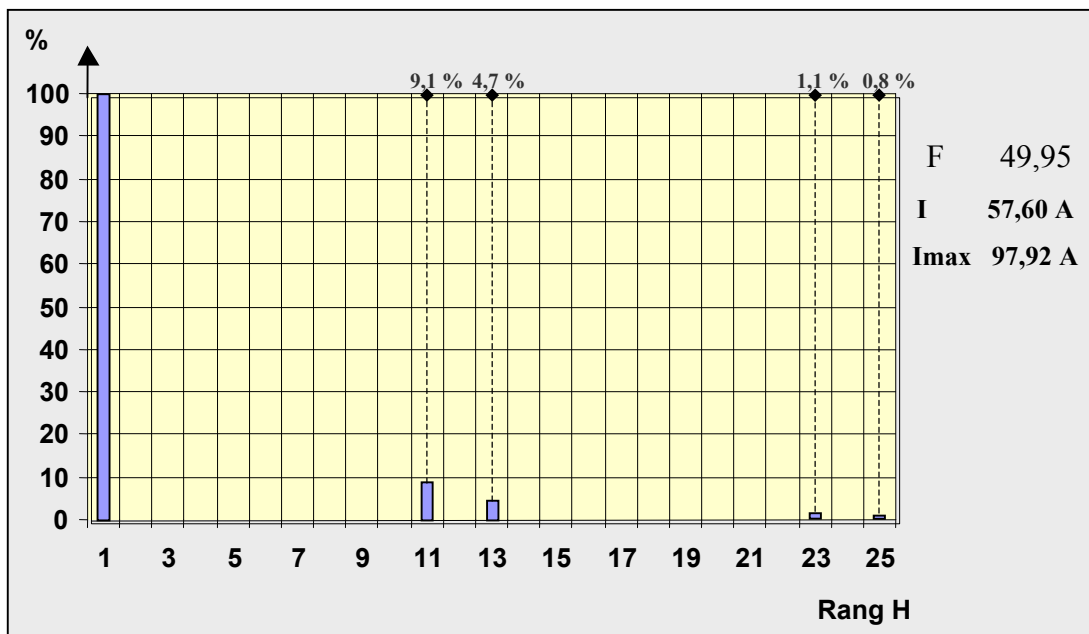
$$J1 = 2S / U1 \cdot 1,732 = 2\,000\,000 / 20\,000 \cdot 1,732 = 58\text{ A}$$

Pour le secondaire en Y : $I2=J2 = S / U2 \cdot 1,732 = 823,6\text{ A}$

Pour le secondaire en Δ : $I2= 823,6\text{ A}$, $J2 = 832,6/1,732 = 475,5\text{ A}$

Q 4-6 : PERTURBATIONS ELECTROMAGNETIQUES :

Soit l'analyse spectrale du courant relevé en amont du transformateur,



Q 4-6-1 : Identifier la cause principale de ces perturbations harmoniques.

Présence de variateur de vitesse électronique : source de pollution harmonique

Q 4-6-2 : Citer les principaux effets engendrés par ces perturbations :

- ✓ **Courant harmonique provoquant une surintensité.**
- ✓ **Echauffement des conducteurs**
- ✓ **Déclenchement intempestif des protections.**

Q 4-6-3 : Soit le synoptique simplifié de l'alimentation de l'attraction « Space Mountain »

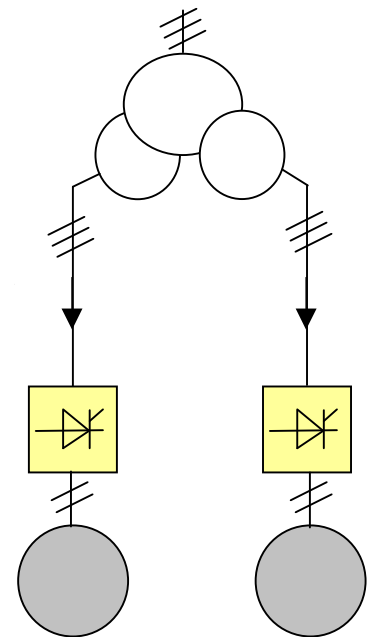
la décomposition en série de Fourier des signaux des courants circulant au secondaire du transformateur donne les relations suivantes : Pour n impair

- ✓ Le courant Ja,

$$\hat{J}_{an} = \frac{4.I_d}{n.\pi} \cos.\frac{n\pi}{6}$$

- ✓ Le courant Jb.

$$\hat{J}_{bn} = \frac{4.I_d}{3.n.\pi} \left[1 + \cos\frac{n\pi}{3} \right]$$



Exprimer pour chaque courant, les rangs harmoniques suivants : rang 1, rang 3, rang 5 et rang 7.

	Rang 1	Rang 3	Rang 5	Rang 7
Ja	1,10.Id	0	-0,22.Id	-0,157.Id
Jb	0,63.Id	0	0,127.Id	0,09.Id

Q 4-6-4 : Justifier par le calcul les résultats obtenus lors de l'analyse spectrale en amont du transformateur.

On constate que :

- **Les courants de rang 3 sont nuls,**
- **Les courants Jb et Ja ont un rapport de $\sqrt{3}$ avec $J_a = J_b\sqrt{3}$**
- **Les courants de rangs 5 et 7 s'annulent car ramenés au primaire ils sont égaux mais de sens opposés.**

Ceci vérifie bien l'absence de rang 3, de rang 5 et de rang 7 observé au niveau du spectre harmonique.

Q 4-6-5 : La norme **NFC 52114** indique les contraintes admissibles par les transformateurs. Pour prendre en compte ces contraintes liées aux courants harmoniques dans le choix des transformateurs un déclassement est nécessaire, il est indiqué par un facteur K noté (KF)

$$KF = \frac{1}{\sqrt{1 + 0,1 \sum_{i=2} \Gamma_i^2 \times H_i^{1,6}}}$$

Avec :

- ☐ I_n : intensité nominale à 50 Hz.
- ☐ I_i : intensité de rang i
- ☐ $\Gamma = I_i / I_n$
- ☐ H : rang harmonique

Calculer ce facteur KF (facteur de déclassement) et **préciser** la valeur de déclassement du transformateur de l'attraction.

➤ Calcul de KF :

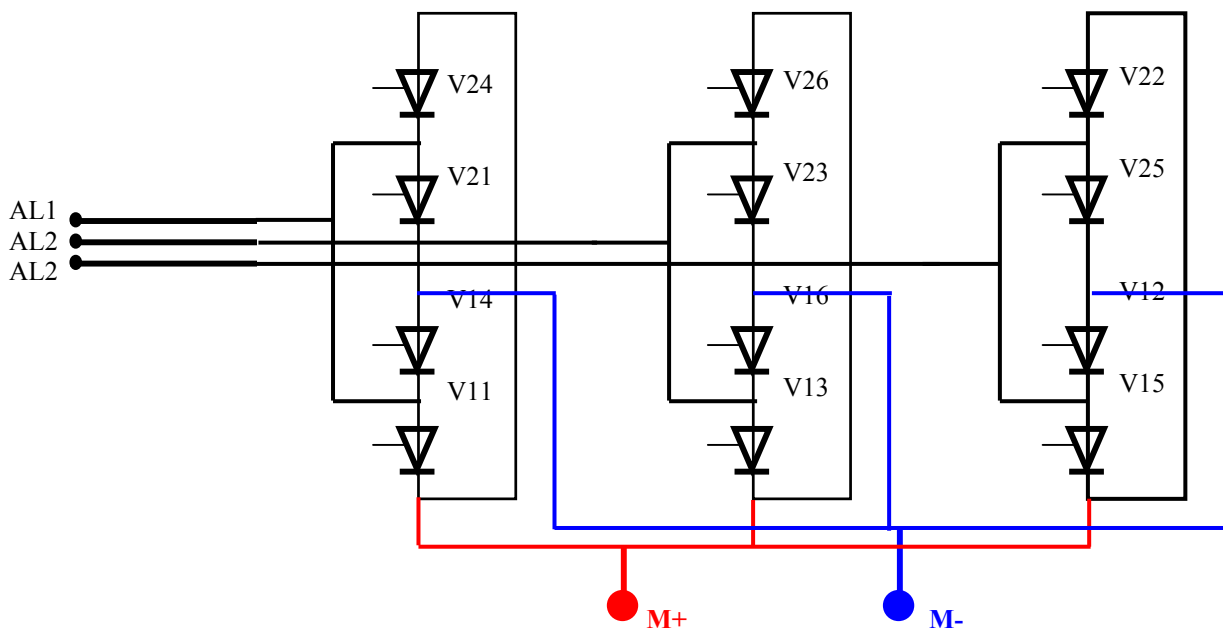
➤ Valeur de déclassement : **Le transformateur sera limité à $2000 \times 0,97 = 1940 \text{ KVA}$**

Q 4-6-5 : Citer les avantages pour l'exploitation, de l'association des deux machines en tandem.

- ✓ **Réduction de l'inertie,**
- ✓ **Réduction harmonique,**
- ✓ **Marche dégradée (fonctionnement possible avec un seul moteur).**

Q 4-7 : FREINAGE PAR VARIATEUR

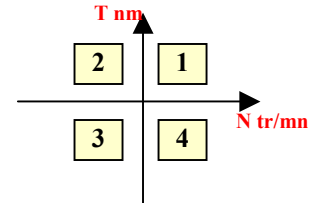
Q 4-7-1 : Compléter Le schéma du pont de puissance du variateur de vitesse dodécaphasé en le raccordant à l'induit du moteur. (L'alimentation triphasée alternative sera faite en noir et les polarités positives et négatives du moteur seront représentées respectivement en rouge et bleu).



Q 4-7 -2: Les variateurs utilisés pour l'alimentation des moteurs en régime permanent travaillent en freinage par récupération d'énergie.

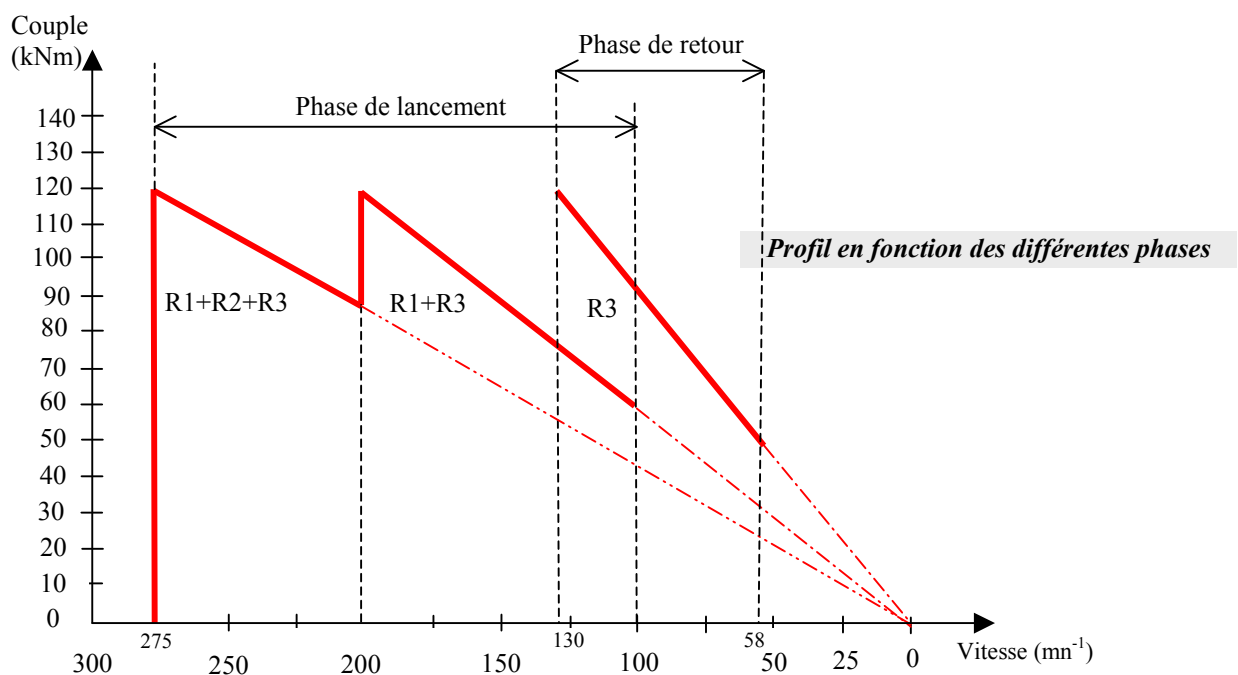
Indiquer pour chaque quadrant le mode de fonctionnement des ponts (redresseur, onduleur ou bloqué)

	Pont 1	Pont 2
Q1	Redresseur	Bloqué
Q2	Onduleur	Bloqué
Q3	Bloqué	Redresseur
Q4	Bloqué	Onduleur



Q 4-8 :

FREINAGE RHEOSTATIQUE



En cas de défaut majeur détecté, un freinage rhéostatique d'urgence permet le ralentissement du "pusher". La machine débite alors sur une ou plusieurs résistances.

4-8-1 : Exprimer la relation de la vitesse en fonction du couple dans ce mode de fonctionnement :

$$T_m = K \cdot I, \quad E = I \cdot (R_{eq} + r), \quad T_m = K \cdot E / (R_{eq} + r), \quad E = K \cdot \Omega$$

4-8-2 : Calculer la résistance équivalente nécessaire lors de la phase de lancement.

$$R_{eq} = -r + (\Omega \cdot K^2) / T_m = -0,03 + (275 \times 2 \times \pi \times 0,5) / 120000 \times 60 = 0,2 \, \Omega$$

PARTIE 5

MOTORISATION DE LA CATAPULTE.

Caractéristiques du système

Caractéristiques des machines :

- Deux moteurs SICME MOTORI type NP560KX6 à excitation indépendante et enroulements de compensation.
- Chaque moteur est muni : d'un moto ventilateur avec filtre, d'un pressostat de contrôle de ventilation, d'une sonde PTC, d'un dispositif de contrôle d'usure des balais

- Tension induit	$U_n = 700 \text{ V}$
- Vitesse nominale N_n	$= 275 \text{ tr/mn}$
- Puissance nominale	$P_n = 825 \text{ kW}$
- Courant nominal I_n	$= 1\,300 \text{ A}$
- Couple de démarrage	$T_d = 2,1 \text{ Tn}$
- Courant de démarrage	$I_d = 2,2 \text{ In}$
- Moment d'inertie J_m	$= 218 \text{ kg m}^2$



Caractéristiques mécaniques :

- "Pusher" :

masse		
vitesse de lancement		$v_l = 14 \text{ m/s.}$
vitesse d'engagement		$v_e = 0,2 \text{ m/s.}$
vitesse de chargement		$v_c = 3 \text{ m/s.}$
vitesse de retour		$v_r = - 6,85 \text{ m/s.}$
- Tambour moteur :

masse	$m_{tm} = 2\,500 \text{ kg ;}$
moment d'inertie	$J_{tm} = 600 \text{ kg.m}^2 ;$
rayon	$R_{tm} = 0,5 \text{ m.}$
- Poulie de tête

masse	$m_{pt} = 120 \text{ kg}$
moment d'inertie	$J_{pt} = 22 \text{ kg.m}^2$
rayon	$R_{pt} = 0,5 \text{ m.}$
- Arbre de liaison

moment d'inertie	$J_{al} = 120 \text{ kg.m}^2.$
------------------	--------------------------------
- Accouplement :

moment d'inertie	$J_a = 14 \text{ kg.m}^2.$
------------------	----------------------------
- Couple nécessaire au lancement

	$T = 64\,180 \text{ Nm}$
--	--------------------------

Q 5-1 Calculer les vitesses minimale et maximale du moteur

$$\Omega_{\text{maxi}} = v_l / R_{pt} = 14 / 0,5 = 28 \text{ rad / s}$$

$$n_{\text{maxi}} = 60 \Omega / 2\pi = 60 \times 28 / 2\pi = 266 \text{ tr / min}$$

Q 5-2 Calculer le couple disponible sur l'arbre au démarrage et **vérifier** qu'il permet le lancement du train.

$$T_n = P_n / \Omega_{\text{maxi}} = 825\,000 / 28 = 29\,464 \text{ Nm}$$

$$T_d \text{ sur l'arbre} = 2 \times 29\,464 \times 2,1 = 123\,750 \text{ Nm}$$

Q 5-3 Calculer l'inertie totale de l'équipement (la masse du câble et les résistances de frottement sont négligeables)

Inertie du train et du poussoir ramenée sur l'arbre moteur

$$J_{\text{(train+"pusher") / moteur}} = (m_{\text{(train)}} + m_p) \times v_l^2 / \Omega_{\text{maxi}}^2 = ((7445 + 908) \times 14^2) / 28^2 = 2088 \text{ kg m}^2$$

$$J_{tm} = 600 \text{ kg m}^2$$

$$J_{pt} = 22 \text{ kg m}^2$$

$$J_{al} = 120 \text{ kg m}^2$$

$$J_a = 14 \text{ kg m}^2$$

$$J_m = 218 \text{ kg m}^2$$

$$J_{\text{total}} = J_{\text{(train+"pusher")/moteur}} + J_{tm} + J_{pt} + J_{al} + J_a + 2 \times J_m = 2088 + 600 + 22 + 120 + 14 + (2 \times 218) = 3\,280 \text{ kg m}^2$$

$$J_{\text{total}} = 3\,280 \text{ kg m}^2$$

Q 5-6 Donner le rôle des différents éléments intégrés dans le moteur.

Enroulements de compensation : permettent de lutter contre la réaction magnétique d'induit pouvant créer un arc électrique sur le collecteur du moteur.

Sondes PTC : (coefficient de température positif) permettent de contrôler la température interne du moteur et d'éviter un échauffement trop important des enroulements.

Résistances « 2 x 500X »: permettent d'éviter l'humidité due à la condensation du fait d'une température interne élevée et d'un local non chauffé.

Q 5-7 Calculer la tension d'induit nécessaire pour obtenir le retour du pousueur

vitesse de rotation du moteur pour le retour

$$\Omega = v / R = 6,85 / 0,5 = 13,7 \text{ rad / s} \quad \text{soit } n = 60 \Omega / 2\pi = 130 \text{ tr / min}$$

$$U_n = 700 \text{ V pour } n = 275 \text{ tr / min} \quad \text{donc pour } n = 130 \text{ tr / min}$$

$$\text{on a } U_{\text{induit}} = 333 \text{ V}$$

Q 5-8 Calculer le temps nécessaire au retour du pousueur (distance à parcourir de 50 mètres).

$$\text{Temps d'accélération} = v / \gamma = 6,85 / 11 = 0,6 \text{ s} \quad \text{soit une distance parcourue de}$$

$$e = 0,5 \gamma t^2 = 0,5 \times 11 \times 0,6^2 = 2 \text{ m}$$

$$\text{Temps de décélération} = 6,85 / 6,5 \approx 1 \text{ s},$$

$$\text{soit une distance parcourue de } 0,5 \times 6,5 \times 1^2 = 3,25 \text{ m}$$





$$\text{Distance parcourue à vitesse constante } d = 50 - (2 + 3,25) = 44,75 \text{ m}$$

$$\text{Temps de parcours à vitesse constante} = d / v = 44,75 / 6,85 = 6,5 \text{ s}$$

$$\text{Temps total de parcours retour} = 0,6 + 6,5 + 1 = 8,1 \text{ s}$$

$$t_{\text{total}} = 8,1 \text{ s}$$

Q 5-9 Compléter le tableau suivant en précisant les temps relatifs aux différentes phases du cycle de fonctionnement du « pusher » ainsi que le sens de rotation du moteur.

Phases	Mode de fonctionnement		Durée	Sens de rotation du moteur
"0" engagement du "pusher"	Accélération		} Maxi 5s	
	Vitesse constante	0,2 m/s		
	Décélération			
	Attente			
"1" chargement	Accélération	2,5 m/s ²	3/2,5 = 1,2 s	
	Vitesse constante	3m/s	5 s	
	Décélération	- 3 m/s ²	3/3 = 1 s	
	Attente		5 s	
"2" lancement	Accélération	8 m/s ²	14/8 = 1,75 s	
	Décélération	- 11 m/s ²	(14- (-6,28)) / 11 = 1,8 s	
"3" retour du "pusher"	Accélération	11 m/s ²	} 6,5 s	
	Vitesse constante	6,85 m/s		
	Décélération	- 6,5 m/s ²	6,5/6,85 = 1 s	

CORRIGÉ

Q 5-10 A partir du tableau précédent, compléter le chronogramme en indiquant les différentes phases du cycle

