

SESSION DE 2000

CAPET

CONCOURS EXTERNE

Section: GÉNIE ÉLECTRIQUE

Option : ÉLECTROTECHNIQUE ET ÉNERGIE

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

Durée : 8 heures. - Coefficient : 1

Aucun document n'est autorisé

Moyens de calcul autorisés : calculatrices suivant circulaire n° 99-018 du 01-02-1999

Composition du sujet et éléments de barème :

Présentation :	page 2
Sujet :	
Partie A : Alimentation HTA (40 points)	page 4
Partie B : Distribution BTA (80 points)	page 7
Partie C : L'alimentation statique ininterrompible (50 points)	page 13
Partie D : L'automatisme (30 points)	page 16
Documents réponse	pages 17 à 23
Documentation	document 1 à 35

Avertissement : Il est rappelé aux candidats qu'ils doivent utiliser les notations indiquées dans le texte, repérer chaque réponse et/ou représentation graphique, du même repère alpha-numérique que la question, écrire lisiblement, présenter clairement les calculs et dégager les résultats

PRESENTATION GENERALE

LE CHU DU HAUT-LEVEQUE

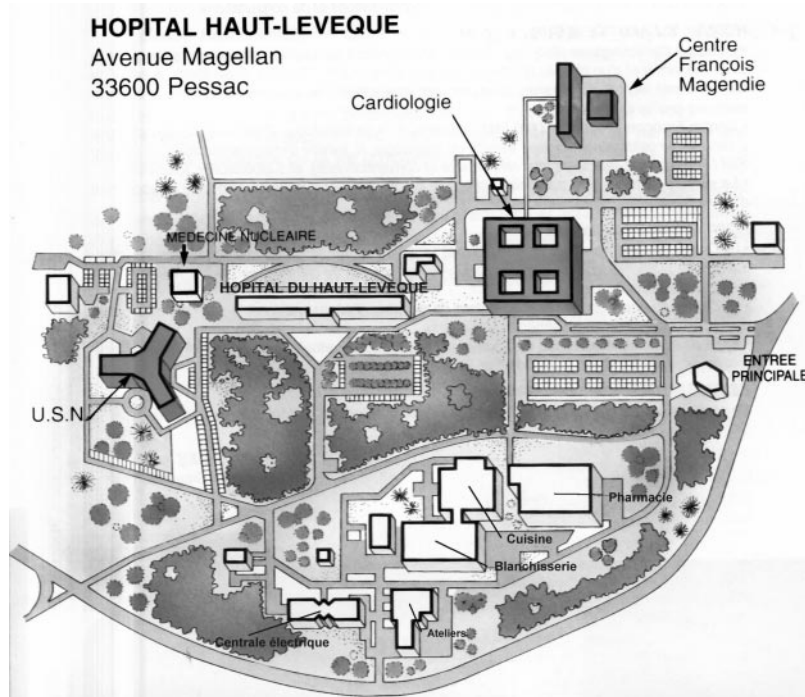
Le support de l'étude est un poste de transformation du Centre Hospitalier Universitaire du Haut-Lévêque situé à Pessac près de BORDEAUX.

Cet établissement hospitalier regroupe plusieurs bâtiments répartis sur un site de plusieurs hectares.

- . l'hôpital Xavier Arnozan, spécialisé en gériatrie de 240 lits
- . l'Unité de Soins Normalisés de 270 lits
- . l'hôpital cardiologique de 319 lits
- . le centre François Magendie de 240 lits
- . l'hôpital La maison du Haut-Lévêque de 250 lits

Sur ce site sont implantés également des services techniques hospitaliers et généraux :

- . pharmacie centrale,
- . blanchisserie centrale,
- . stérilisation centrale,
- . magasins généraux,
- . restaurant d'entreprise,
- . centrale électrique,
- . centrale thermique,
- . service technique et d'entretien.



L'ETUDE PORTE SUR LE POSTE DE TRANSFORMATION DE " LA MAISON DU HAUT-LEVEQUE " REPERE T5 SUR LES SCHEMAS (doc n° 5 et suivantes)

Arrivées et centrale électriques

L'énergie électrique utilisée par le CHU est fournie par EDF sur 2 arrivées de 10 440 kVA en 15 000 V. Ces arrivées aboutissent à la centrale électrique qui comprend les cellules haute tension et tous les équipements de comptage et sécurité.

Dans la centrale résident également les automates maîtres du réseau de supervision

La maison du Haut-Lévêque

En 1990, il a été décidé de réhabiliter un ancien sanatorium, la maison du Haut-Lévêque, pour y implanter des services médicaux de chirurgie et dermatologie. L'inauguration a eu lieu en 1993.

L'alimentation en énergie électrique de ce bâtiment est assurée par un poste de transformation repéré T5 par le service électrique.



Le poste T5 Description du matériel :

L'arrivée électrique est constituée de 2 boucles de 15 000 V :

- la première dite "normale" sur laquelle sont raccordées toutes les distributions non sensibles,
- la seconde dite "secours" sur laquelle sont raccordés les équipements sensibles et les « points chauds » (salles d'opérations, réanimation,...).

Des cellules haute tension réceptionnent et protègent ces boucles.

Deux transformateurs 15 000 V/ 410 V de 1 000 kVA permettent la production de la Basse Tension.

La Basse tension est distribuée et protégée dans le tableau TGBT, regroupant l'ensemble des disjoncteurs et contacteurs de niveau 1, 2, et 3. Le schéma des liaisons à la terre du bâtiment est IT.

Les équipements sensibles sont également raccordés sur une **Alimentation Sans Interruption** (A.S.I.) 200 kVA. Cette A.S.I. assure la continuité de service, sur la boucle secours, pendant le démarrage des groupes électrogènes. Son autonomie est de 10 mn.

Le poste T5 comme l'ensemble des équipements électriques de CHU est connecté à un réseau JBUS reliant les automates de type PB 200 de tous les postes de transformation du site. Le T5, bien que de construction récente, est également équipé d'un automate de type PB 200, série déjà ancienne, pour que l'équipement du site soit homogène.

Le réseau d'automate permet la supervision de tous les postes de transformation depuis des ordinateurs installés dans le local du "dispatching".

Cette supervision assure les fonctions de signalisation, alarme, télécommande, gestion de l'énergie.

Le «**dispatching** » regroupe l'ensemble des écrans de visualisation de l'installation. Il est sous surveillance humaine permanente.

Cette conception assure une fiabilité maximum à l'installation électrique.

Travail demandé

L'étude comprend 4 parties indépendantes :

Partie A : Alimentation HTA.

Partie B : Distribution BTA.

Partie C : L'onduleur.

Partie D : L'automatisme.

Partie A

ÉTUDE DE L'ALIMENTATION H.T.A.

A1 - Boucles et cellules H.T.A :

A11 Les ouvrages, installations et équipements électriques sont classés en fonction de la plus grande des tensions nominales (valeurs efficaces en courant alternatif) existant entre deux quelconques de leurs conducteurs ou entre l'un quelconque des conducteurs et la terre (ou la masse). Le classement est effectué en domaines de tension.

- Donner les désignations normalisées des domaines de tension.
- Préciser, pour le courant alternatif, les valeurs des tensions limites correspondantes.

A12 Structures de base des réseaux H.T.A. :

- Rappeler les 3 principales structures de base des réseaux d'alimentation H.T.A.
- Représenter le schéma unifilaire de principe de la structure en boucle ouverte dite « en coupure d'artère ».
- Expliquer ce schéma, donner ses avantages, indiquer ses domaines d'application.
- Quelles différences faites vous entre boucle ouverte et boucle fermée ?
- Indiquer les protections qui sont associées au schéma en boucle ouverte.

A13 Le Schéma des Liaisons à la Terre, **S.L.T.**, retenu pour ce réseau H.T.A. est le neutre mis à la terre par une résistance.

- Citer les S.L.T. existant en H.T.A.
- Donner les avantages et les inconvénients du schéma retenu.
- Indiquer différents modes de réalisation de la mise à la terre quand le neutre du transformateur est accessible et quand il ne l'est pas.

A14 Chaque boucle est réalisée par 3 câbles unipolaires (12 / 20 kV) à champ radial en aluminium de 150 mm² de section, de la série SIPRELEC, disposés en nappe jointive souterraine.

La distance entre la « centrale » et le poste de distribution T5 est de 630 m.

- À l'aide des documents doc.1 et doc.2, calculer la résistance et la réactance d'une phase d'alimentation.

A15 Le poste de liaison T5 est alimenté à partir de la « centrale » par 2 boucles :

- . la boucle « normale » alimente le transformateur TR1,
- . la boucle « secours » alimente le transformateur TR2.

Chacun des 2 transformateurs est alimenté par l'intermédiaire d'une cellule de protection interrupteur - fusibles combinés.

Rappel : le comptage de l'énergie est effectué au niveau de la centrale.

Sachant que :

- . la tension assignée retenue est de 24 kV pour une tension de service de 15 kV,
- . le calibre du jeu de barres est de 400 A,
- . la puissance de court-circuit en amont de la « centrale » est de 250 MVA

- Donner les désignations complètes des cellules SM6 (voir doc.3) à utiliser pour réaliser le tableau modulaire H.T. du poste T5.

A16 Fusibles H.T.A.

- Choisir sur le doc. 4, le calibre des fusibles de la gamme SOLEFUSE à disposer dans les cellules de protection sachant que les 2 transformateurs du poste T5 ont une puissance de 1 000 kVA, pour une tension de service de 15 kV.

A2 - Transformateurs TR1 et TR2 :

A21 Les 2 transformateurs du poste T5 sont des transformateurs immergés de type E.R.T., à refroidissement O.N.A.N., protégés par des dispositifs D.G.P.T.2.
Sur le document réponse 1 page 17 :

- Donner la signification des sigles : E.R.T., O.N.A.N., D.G.P.T.2.
- Expliquer les particularités de construction des transformateurs E.R.T. et présenter les avantages de cette technologie.
- Préciser les fonctions et les actions du relais D.G.P.T.2.

A22 Ces 2 transformateurs sont à couplage Dyn 11.
Sur le document réponse 2 page 18 :

- Expliquer la signification de ce symbole,
- Représenter le schéma simplifié normalisé de couplage des enroulements,
- Établir le diagramme de FRESNEL correspondant,
- Rappeler l'intérêt que présente la connaissance de l'indice horaire.

A23 Résistance et réactance du transformateur :

Après avoir défini les grandeurs électriques du transformateur : S_n , U_{20} , U_{cc} et P_{cu} :

- Exprimer, en fonction de ces grandeurs, l'impédance Z_{tr} , la résistance R_{tr} et la réactance X_{tr} d'une phase de transformateur vue du secondaire,
- Effectuer l'application numérique à partir des valeurs suivantes :
transformateur : 1 000 kVA - 15 kV / 410 V - $U_{cc} = 5\%$ - $P_{cu} = 12\,100\text{ W}$.

A24 Chute de tension interne du transformateur :

- En fonction de X_{tr} et de R_{tr} , exprimer puis calculer la chute de tension interne du transformateur pour un fonctionnement à charge nominale et pour un $\cos\varphi = 0,8$.

Le constructeur donne, dans ces conditions, une chute de tension de 3,93 %.

- Conclure sur la validité des valeurs de R_{tr} et de X_{tr} trouvées précédemment.

A3 - Fusibles HTA :

A31 Caractéristiques des fusibles :

- *Expliciter les caractéristiques suivantes :*
 - . *courant assigné : I_n ,*
 - . *courant de coupure minimal : I_3 ,*
 - . *pouvoir de coupure : I_1 .*

A32 Les fusibles doivent supporter le courant transitoire qui se produit à la mise sous tension du transformateur.

- *Expliquer ce phénomène transitoire.*
- *Calculer la valeur maximale du courant de crête sachant que pour un transformateur de 1 000 kVA, $I_{\text{crête}} = 10 \times I_{\text{nominal}}$.*
- *Calculer la valeur du courant I_{1cc} qui se développe au primaire, lors d'un court-circuit au secondaire du transformateur.*
On considère la puissance du réseau amont infinie.

A33 Conditions imposées aux fusibles :

- *Préciser les 5 conditions qui sont imposées aux fusibles pour assurer la protection d'un transformateur. Ces cinq conditions sont relatives :*
 - . *à la tension nominale : U_n ,*
 - . *au pouvoir de coupure : I_1 ,*
 - . *au courant de fusion au bout de 0,1s,*
 - . *au courant nominal : I_n ,*
 - . *au courant de coupure minimal : I_3 .*

Sachant que les caractéristiques des fusibles retenus sont les suivantes :
 $U_n = 24 \text{ kV}$, $I_n = 63 \text{ A}$, $I_1 = 30 \text{ kA}$, $I_{\text{fusion au bout de 0,1s}} = 580 \text{ A}$, $I_3 = 283 \text{ A}$.

- *Vérifier que les fusibles Soléfuse 63 A respectent bien ces 5 conditions.*

A34 Le remplacement d'un fusible défectueux ne peut être réalisé que par un électricien habilité.

- *Donner la définition de l'habilitation électrique du personnel, au sens de la publication U. T. E. C. 18-510.*

Cet électricien est habilité HC, H2V :

- *Expliciter ces symboles d'habilitation.*
- *Rappeler les 4 opérations qui doivent être réalisées pour procéder à la consignation électrique d'un ouvrage.*

Partie B

ÉTUDE DE LA DISTRIBUTION BTA

B1 - Protection des personnes. Schéma des Liaisons à la Terre :

B11 Le décret n° 88-1046 du 14 novembre 1988 sur la protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques distingue les risques de contacts directs des risques de contacts indirects et précise les mesures de protection associées.

- Définir la notion de contact indirect.

- Indiquer les types de mesures de protection mis en œuvre pour protéger les personnes contre les contacts indirects :

- . sans coupure de l'alimentation,
- . avec coupure automatique de l'alimentation.

B12 Le Schéma des Liaisons à la Terre, S. L. T., de l'installation étudiée est le I.T.R.

- Définir chacune de ces 3 lettres.

- Indiquer la valeur et le rôle de l'impédance Z_n connectée entre le neutre et la terre.

B13 Caractéristiques du schéma I.T. :

- Préciser les caractéristiques du S. L. T. à neutre impédant, à savoir :

- . technique de protection,
- . technique d'exploitation,
- . contraintes et avantages.

B14 Dispositifs particuliers au schéma I.T. :

- Expliquer le rôle et le principe de fonctionnement des dispositifs suivants :

- . contrôleur d'isolement,
- . localisateur de défaut d'isolement,
- . limiteur de surtension.

B15 Dans le cas du S. L. T. à neutre impédant et distribué, avec toutes les masses interconnectées, correspondant à l'installation étudiée :

- Déterminer la valeur de la tension de contact U_c , lors d'un premier défaut d'isolement franc entre la phase 3 et la masse.

Pour cela :

- Représenter les diagrammes vectoriels de tensions simples V_1 , V_2 et V_3 du réseau triphasé et celui des courants I_{c1} , I_{c2} et I_{cn} dans les capacités de fuite C_f des conducteurs actifs par rapport à la terre.

- Calculer la valeur totale du courant de fuite $I_{cf} = \sqrt{I_{c1}^2 + I_{c2}^2 + I_{cn}^2}$.

Remarque : $C_{f1} = C_{f2} = C_{fn} = 0,1 \mu F$. Tension simple du réseau : $U_0 = 230 V$.

- En déduire la valeur de la tension de contact U_c sachant que la résistance de la prise de terre commune R_{PAB} aux masses du poste, à Zn et aux masses d'utilisation est égale à 1Ω . Commenter le résultat obtenu.

B16 Étude d'un défaut d'isolement double concernant une phase et le neutre :

Le guide U. T. E. C. 15-100 propose une méthode conventionnelle de calcul, pour s'assurer du déclenchement du disjoncteur de protection du départ considéré, qui aboutit à vérifier que la longueur du circuit en défaut est inférieure à la longueur maximale donnée par la relation :

$$L_{max} = 0,8 U_0 S_{PH} / (2 \rho (1 + m) I_m)$$

avec : U_0 : tension simple,

. S_1 : section du conducteur du neutre,

. S_{PH} : section du conducteur de phase,

. S_{PE} : section du conducteur de protection électrique,

. $m = S_{PH} / S_{PE}$,

. ρ : résistivité du conducteur à la température normale,

. I_m : courant de fonctionnement du déclencheur magnétique ou court retard du disjoncteur.

- Démontrer cette relation :

Sachant que l'on se place dans le cas où :

- les 2 défauts se produisent sur 2 départs ayant les mêmes caractéristiques (sections, longueurs),
- la section du neutre est égale à celle des phases,
- la réactance des conducteurs est négligée devant leur résistance,
- le conducteur de protection emprunte le même chemin que les conducteurs actifs.

On rappelle que lors d'un court-circuit, il est admis que les impédances, en amont du départ considéré, provoquent une chute de tension de 20 %.

Dans le cas où la longueur du départ considéré dépasse L_{max} :

- Suggérer des solutions possibles pour assurer la protection des personnes.

B2 - Disjoncteurs « source » DN1, DS1 et DS2 :

B21 Analyse du schéma de principe (doc.5) :

- Expliquer le rôle du verrouillage mécanique entre DS1 et DS2.

- Préciser le rôle de DN1, celui de DS1 et celui de DS2.

Dans ce schéma, la protection contre les surcharges de TR1 n'est pas assurée dans tous les cas.

- Expliquer et donner une solution pour y remédier.

B22 Caractéristiques d'un disjoncteur :

- Expliciter les caractéristiques électriques d'un disjoncteur:

- . U_e : tension assignée de service,
- . I_n : courant assigné d'emploi,
- . I_r : courant de réglage du déclencheur de surcharge
- . I_{cu} : pouvoir assigné de coupure ultime,
- . I_{cs} : pouvoir assigné de coupure de service,
- . I_{cw} : courant de courte durée admissible.

- Représenter la courbe type simplifiée $t(I)$ de fonctionnement d'un disjoncteur sur laquelle vous ferez apparaître I_r , I_{cw} , I_{cs} et I_{cu} .

B23 Calcul du courant de court-circuit au niveau de DN1 :

- Calculer par la méthode des impédances, la valeur du courant de court-circuit triphasé I_{cc3} au niveau de DN1 :

$$I_{cc3} = U_{20} / (\sqrt{3} Z_T)$$

avec Z_T : impédance totale d'une phase en amont du défaut.

Ne considérer que les impédances suivantes :

- . Réseau en amont de la « centrale »,
- . Câble de la boucle H.T.A.,
- . Transformateur TR1,
- . Liaison électrique entre TR1 et DN1.

La canalisation électrique TR1 – DN1 de 8 m de longueur, est constituée, par phase, de 4 câbles unipolaires de 300 mm² en aluminium.

Rappels : résistivité aluminium = 36 mΩ.mm² / m,
réactance canalisation = 0,12 mΩ / m .

Répondre à cette question en complétant le tableau du **document réponse 3 page 19**.

B24 Choix et réglages du disjoncteur DN1 :

- Effectuer le choix du disjoncteur DN1. (voir doc.8 et doc.9). Justifier votre réponse.

L'unité de contrôle électronique associée au disjoncteur retenu est le STR38S (voir doc.10).

- Déterminer la valeur de réglage du déclencheur long retard pour un fonctionnement nominal du transformateur TR1.

Remarques :

- $I_o = K_{I0} \times I_n$ avec K_{I0} prenant une des valeurs suivantes : 0,5 - 0,63 - 0,8 – 1,
- $I_r = K_{Ir} \times I_o$ avec K_{Ir} prenant une des valeurs suivantes : 0,8 - 0,85 - 0,88 - 0,9 - 0,92 - 0,95 - 0,98 – 1.

- Déterminer graphiquement sur le **document réponse 4 page 20**, le réglage maximal du déclencheur court retard et de son seuil de temporisation pour que la sélectivité soit assurée avec les fusibles HTA de la cellule de protection de TR1 lors d'un court-circuit en aval de DN1 (voir doc.11). Justifier votre réponse.

B3 – Disjoncteurs principaux DN11, DN12, DN13 et DN14 :

Les disjoncteurs principaux DN11, DN12, DN13 et DN14 installés sont des disjoncteurs de type « Compact NS » associés à des déclencheurs STR23E.

B31 Caractéristiques générales :

- Expliquer les caractéristiques générales suivantes, indiquées par le constructeur de des disjoncteurs « Compact NS » :

- . Sectionnement à coupure pleinement apparente,
- . Débrochable,
- . Isolation classe II
- . Commutateur de protection du neutre à 3 positions : 4P 3d, 4P 3d Nr et 4P 4d.

B32 Ces disjoncteurs sont réputés assurer une sélectivité totale avec le disjoncteur amont de type « Masterpact ».

- Définir la notion de sélectivité.
- Quand dit-on qu'elle est totale?
- Citer les techniques mises en œuvre pour assurer la sélectivité des protections.

B33 Ces disjoncteurs sont dits « limiteurs ».

- Définir le pouvoir de limitation d'un disjoncteur.
- Indiquer les avantages de la limitation.

B34 La coordination entre disjoncteurs placés en série recouvre en plus de la notion de sélectivité, la notion de filiation.

- Expliquer la technique de filiation et donner ses conditions de mise en œuvre.

B4 - Alimentation de la climatisation de l'aile E:

L'étude des départs est limitée à l'alimentation de la climatisation de l'aile E par l'intermédiaire du disjoncteur DN123.

Un câble isolé PR de 4 conducteurs de la série U1000ARO2V alimente la climatisation qui consomme une puissance de 32 kW sous un cosφ de 0,8.

Ce câble est posé sur un chemin de câbles perforé, jointivement avec 3 autres circuits.

La canalisation électrique de 115 mètres de longueur est soumise à une température de 40°C.

B41 Choix du disjoncteur DN123 :

- Choisir le calibre du disjoncteur DN123 dans la gamme « Multi 9 » (voir doc.14 et doc.15).

B42 Section des conducteurs :

- Déterminer la section des conducteurs en aluminium (voir doc.12 et doc.13).

B43 Calcul de la chute de tension à l'extrémité du câble :

- Calculer la chute de tension dans le câble à partir de l'expression :

$$\Delta U = \sqrt{3} I (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \text{ avec } X = 0,08 \text{ m}\Omega / \text{m}.$$

Sachant que la chute de tension en fonctionnement normal dans la liaison électrique entre le transformateur TR1 et le disjoncteur DN123 est de 0,8 V :

- Calculer la chute de tension relative à l'extrémité du câble, ΔU en % de U_n .
- Commenter le résultat obtenu.

B44 Courant de court-circuit au niveau de DN123 :

Sachant que, en amont de DN123, la résistance totale d'une phase est égale à 2,6 m Ω et que la réactance totale est égale à 10,85 m Ω :

- Déterminer par la méthode des impédances, la valeur du courant de court-circuit triphasé I_{cc3} au niveau du disjoncteur DN123.

B45 Le disjoncteur DN123 doit assurer la protection du câble lors d'un court-circuit monophasé I_{cc1} se produisant à son extrémité. On considère que l'impédance en amont du câble produit lors du court-circuit une chute de tension de 20 % au niveau de DN123 et on néglige la réactance devant la résistance du câble.

- Calculer la valeur de I_{cc1}

B46 En tenant compte de la possibilité de filiation de DN123 avec le disjoncteur DN12 de référence « Compact NS 250 N ».

- Déterminer la référence du disjoncteur DN123 dans la gamme des « Multi 9 » (voir doc.16).

- Justifier la courbe du déclencheur magnétique du disjoncteur retenu.

Tenir compte de la valeur de I_m la plus défavorable et de la précision de 20 % du déclencheur.

B47 Pour s'assurer que la protection des personnes est assurée par le disjoncteur DN123 choisi :

- Vérifier que la longueur maximale tolérée est bien supérieure aux 115 m de la canalisation étudiée.

Le conducteur de protection a une section de 50 mm². Tenir compte de la valeur de I_m la plus défavorable et de la précision de 20 % du déclencheur.

- Conclure sur la section des conducteurs à retenir.

B5 - Compensation de l'énergie réactive :

La compensation de l'énergie réactive est réalisée par 2 batteries de condensateurs « fixes » de 100 kVAR chacune, connectées sur les jeux de barres principaux en aval des disjoncteurs « source » DN1 et DS1.

L'étude suivante est limitée à la batterie installée en aval de DN1.

B51 Définition du facteur de puissance :

- Définir le facteur de puissance F d'une installation électrique.
- Quelle différence faites-vous entre F et $\cos\varphi$?

B52 Amélioration du facteur de puissance :

- Préciser les avantages que présente l'amélioration du facteur de puissance.

B53 La compensation de l'énergie réactive peut utiliser des condensateurs « fixes » ou des batteries de condensateurs à régulation automatique.

- Expliquer le principe et donner les caractéristiques de chacun de ces 2 types de compensation.

B54 Mode de compensation de l'installation étudiée :

- Analyser le mode de compensation réalisée dans l'installation étudiée.

Rappel : le mode de compensation concerne la localisation des condensateurs sur le réseau.

B55 Sachant que la puissance active distribuée par le disjoncteur DN1 est de 544 kW sous un $\cos\varphi$ de 0,85 avant compensation.

- Calculer la valeur de $\cos\varphi$ obtenue après compensation. Commenter ce résultat.

B56 La mise sous tension des condensateurs s'accompagne d'un régime oscillatoire amorti.

Le courant de crête de fermeture est donné par la relation :

$$I_e = (U \sqrt{2} / \sqrt{3}) \sqrt{(C / L_o)}$$

avec C : capacité de la batterie de condensateurs,
Lo : inductance du réseau en amont des condensateurs.

Le courant de court-circuit au niveau du jeu de barres principal est de 23,8 kA.

Remarque : $S_{cc} = U^2 / (L_o \cdot \omega)$ avec S_{cc} puissance de court-circuit au point de raccordement des condensateurs.

- Exprimer puis calculer le courant capacitif I_{capa} qui circule dans la batterie.
- Exprimer I_e en fonction de I_{capa} , de S_{cc} et de Q (puissance de la batterie).
- Calculer le courant de crête I_e .
- Montrer que l'installation de selfs de choc est inutile.

Remarque : les selfs de choc ne sont préconisées que lorsque $I_e > 100 I_{capa}$.

PARTIE C

L'ONDULEUR

C1 - Raccordement de l'onduleur : documents n° 5,6,7 et n° 17,18

L'alimentation des « points chauds » (salles d'opérations, réanimation,...) est secourue par une Alimentation Sans Interruption (ASI ou communément Onduleur) de 200 kVA.

Le schéma des liaisons à la terre est de type IT.

C11 Tracer le schéma de principe unifilaire de l'ASI entre :

- les distributions « normale » et « secours » en B.T.
- le jeu de barre « onduleur »

N'omettre aucune des possibilités de fonctionnement

C12 Sur le **document réponse 5 page 21** (fourni en 5 exemplaires), tracer le trajet de la circulation de l'énergie électrique, et indiquer la position des organes de coupure, dans les 5 cas suivants :

- Présence des réseaux 1 et 2
- Absence des réseaux 1 et 2
- Surcharge utilisation supérieure à 150 %
- Opération de maintenance de l'ASI
- Opération de changement de l'ASI

C13 Définir précisément le rôle des transformateurs sur les branches « redresseur/onduleur » et « contacteur statique » du document 17-1.

Avec ce branchement, préciser les organes de protection à prévoir et définir :
- dans quels buts les installer,
- à quelles positions dans le schéma.

C14 Si le courant de court-circuit de l'ASI est de $2 I_n$, justifier la présence document 17-2 des dispositifs de protection des personnes, et indiquer leurs modes de fonctionnement.

C2 - Fonctionnement interne de l'ASI

Redresseur Chargeur ; documents n°19, 20

C21 Définir le rôle des principaux sous ensembles fonctionnels de l'ASI représentés document n° 17-1.

C22 A partir du schéma de principe du constructeur, tracer le schéma de principe de la partie puissance du redresseur chargeur pour que la tension de charge soit variable et de période $T/6$ par rapport à celle du réseau.

C23 Tracer sur le **document réponse 6 page 22**, la forme d'onde obtenue pour un retard angulaire α de 30° sur la conduction naturelle.

C24 Définir l'expression de la tension moyenne de sortie du pont redresseur.

C25 Calculer les limites de α pour que la tension batterie évolue entre 431 V et 324 V, avec une tension réseau de 400 V ?

Courant réseau

C26 Le courant délivré par le redresseur est considéré comme continu.
Définir sur le **document réponse 7 page 22**, la forme d'onde de courant dans une phase du réseau BT pour un angle α de 30° .

C27 Définir l'expression du module des harmoniques de courant jusqu'au rang 11.

C28 Le schéma équivalent du filtre anti-harmonique pour une phase est un circuit LC série entre phase et neutre.

Si l'inductance L est de 15 mH , calculer le condensateur C pour annuler l'harmonique de rang 5.

Batterie d'accumulateurs ; documents n° 21,22, 23

On souhaite que l'ASI assure une autonomie de 10 mn à charge nominale

C29 Définir la capacité de la batterie d'accumulateurs au plomb d'après les données du constructeur document n° 21. Après 10 mn de fonctionnement en autonomie à charge nominale, estimer la charge restante de la batterie.

C30 Définir sur l'abaque constructeur, document 22, la tension d'un élément en fin d'autonomie.

C31 Le constructeur recommande une charge en 2 temps comme indiqué sur le document n° 23.

Définir la durée de la phase 1 (prendre $I_b \text{ max}$) pour compenser 80 % d'une utilisation à charge nominale pendant 10 mn.

Onduleur ; documents n°20

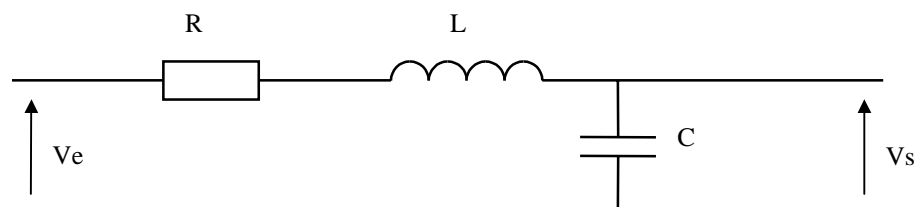
L'onduleur triphasé produit une tension de type Modulation de Largeur d'Impulsion.

C32 Compléter la définition, sur le **document réponse 8 page 23**, des séquences de conduction des diodes de l'onduleur.

Filtre de puissance de sortie

Une MLI de 15 impulsions par alternance permet de rejeter les harmoniques à partir du rang 33.

On peut tracer le schéma équivalent monophasé ci-dessous du filtre ramené au secondaire du transformateur.



C33 Définir la fonction de transfert du filtre.

Mettre cette expression sous la forme canonique. Définir en fonction de R, L, C , les paramètres :

- facteur d'amortissement,
- pulsation de résonance.

On souhaite obtenir une courbe du gain continûment décroissante avec le minimum de pente sur les basses fréquences.

C34 Définir la valeur numérique du facteur d'amortissement. Que vaut le gain à la pulsation de résonance.

C35 Calculer l'atténuation et la valeur de V_s par rapport à V_e pour l'harmonique de rang H33.

Composants de puissance ; document n° 24

Le composant utilisé dans l'onduleur de l'ASI est un module SK 300 DA 100 D, dont la documentation figure document n° 24.

C36 Tracer le schéma interne du module et y faire figurer les grandeurs électriques caractéristiques. Expliquer la fonction de chaque composant du module.

C37 Définir l'équation de transfert en courant, en ne tenant compte que des transistors.

C38 Estimer sur l'aire de sécurité représentée, les limites de fonctionnement du composant dans cette application (15 impulsions de tension par alternance).

PARTIE D

L'AUTOMATISME

Les postes de transformation des bâtiments hospitaliers du CHU sont reliés par un réseau d'automates de types PB 200 (APRIL), connectés par un réseau JBUS. Document 35.

D1 - Configuration de l'automate (documents n ° 25 à 33)

D11 *Etablir la liste et classer par fonctions, les informations d'entrées de l'automate (Documents n° 25 à 27).*

D12 *Etablir la liste et classer par fonctions, les actionneurs commandés par l'automate (Document n° 28).*

D13 *Déterminer la configuration minimale de l'automate. A l'aide des documents 29 à 33 exprimer sa référence commerciale.*

D2 - Programmation (documents 5 à 7 et 34)

- Lors de la disparition du réseau EDF, il est procédé au délestage total de l'installation.
- Les groupes électrogènes de la centrale électrique démarrent et délivrent la puissance sur la boucle "secours".
- Lorsque cette puissance est disponible, le "relestage" par réenclenchement des disjoncteurs "secours" s'effectue selon une table de priorité à 46 niveaux.
- On vérification que la puissance effectivement absorbée est inférieure à la puissance disponible sur les groupes pour effectuer un réenclenchement.
- Un réenclenchement à lieu toutes les 1,5 s, tant que la puissance disponible est supérieure à la puissance nominale des départs.
- Les réenclenchements se poursuivent dans ces conditions jusqu'au dernier des 46 disjoncteurs suivant la table de réenclenchement prioritaire.

D21 *Proposer un GRAFCET de fonctionnement des départs du secours répondant aux conditions énoncées ci-dessus.*

D22 *Etablir la liste des instructions de l'automate du T5 pour lire l'état de toutes les entrées et sorties du châssis principal et stocker ces valeurs à partir de l'adresse \$1C00. L'adresse de la carte est définie par sa position dans le châssis (Document 34 et schémas document 26 à 28).*

DOCUMENT RÉPONSE 1 : QUESTION A21

Signification du sigle E.R.T. :

E :

R :

T :

Signification du sigle O.N.A.N. :

O :

N :

A :

N :

Signification du Sigle D.G.P.T.2 :

D :

G :

P :

T.2 :

Technologie E.R.T., Particularités de construction :

Avantages de la technologie E.R.T. :

-

-

-

Fonctions du D.G.P.T.2 :

-

-

-

Actions du D.G.P.T.2 :

- Contre les défauts internes :

- Contre les surintensités :

DOCUMENT RÉPONSE 2 : QUESTION A22

Signification du symbole Dyn11 :

D :

y :

n :

11 :

Schéma du couplage des enroulements à compléter

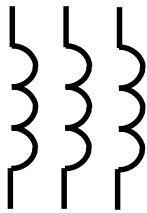
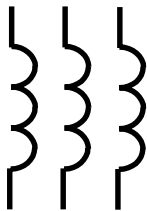
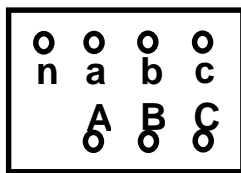


Diagramme de FRESNEL correspondant :



Intérêt de l'indice horaire :

DOCUMENT RÉPONSE 3 : QUESTION B23

Pour calculer I_{cc3} au niveau de DN1

- Compléter littéralement puis numériquement ce tableau

	R (mΩ)	X (mΩ)
Réseau amont Pcc = 250 MVA	$R_A = 0,15$ $X_A =$	$X_A = U_1^2 / P_{cc} =$
Boucle H.T.A. 630 m câble 150 mm ²	$R_B = 130$	$X_B = 79$
Total amont	$R_{tA} = R_A + R_B =$	$X_{tA} = X_A + X_B =$
Total amont Vu du secondaire de TR1	$R_a = R_{tA} \times =$	$X_a = X_{tA} \times =$
Transformateur TR1 100 kVA – 15 kV / 410V Ucc = 5 %	$R_{tr} = 2$	$X_{tr} = 8,16$
Câble unipolaire 8 m Aluminium 4 x 300 mm ² / phase	$R_c =$	$X_c =$
Total Au niveau de DN1	$R_T =$	$X_T =$

$$Z_T =$$

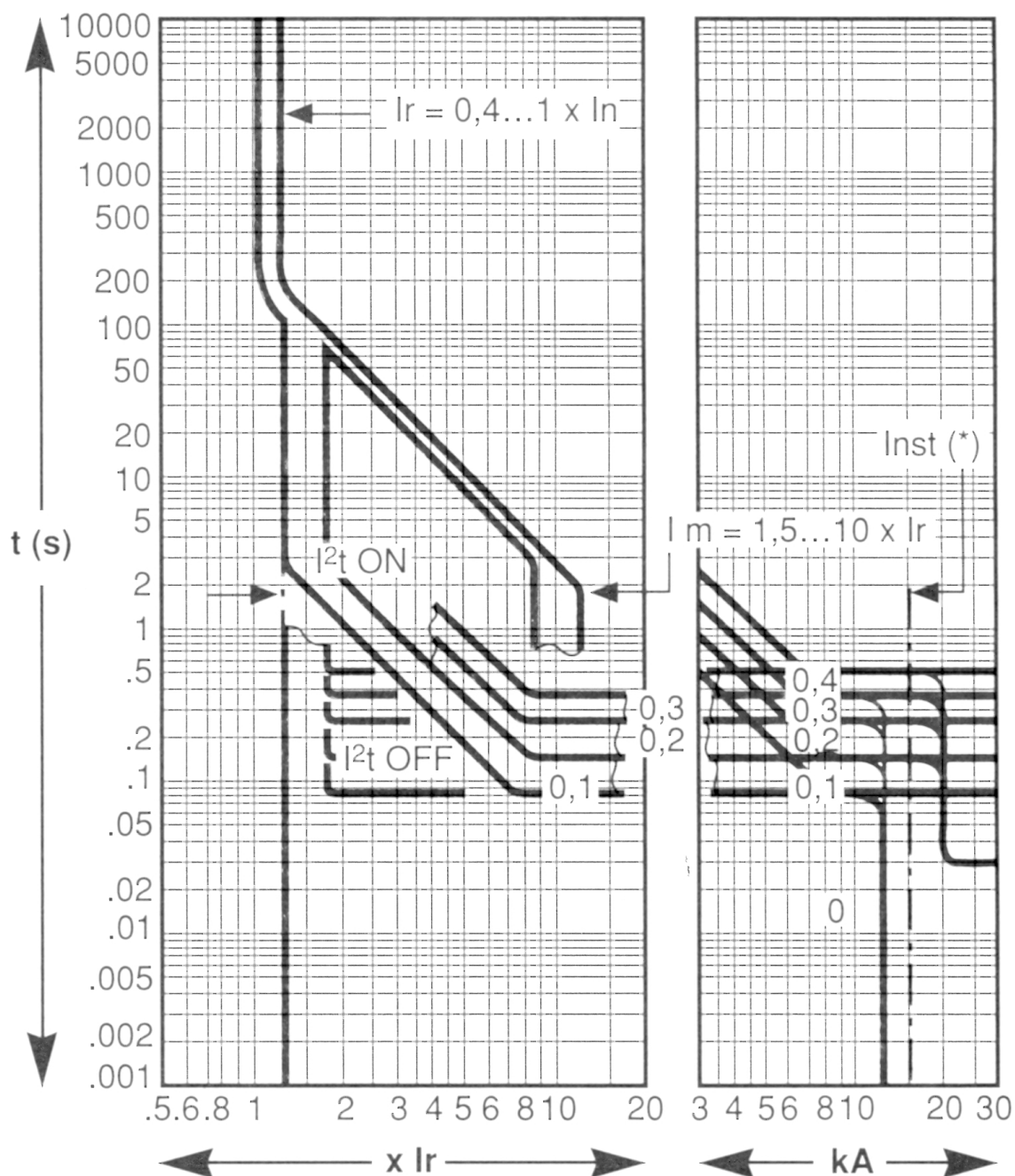
$$I_{cc3} =$$

DOCUMENT RÉPONSE 4 : QUESTION B24

Remarques : Prendre I_{cc3} à 23 kA.

$I_m = K_{Im} \times I_r$ avec K_{Im} prenant une des valeurs suivantes 1,5 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 8 – 10.

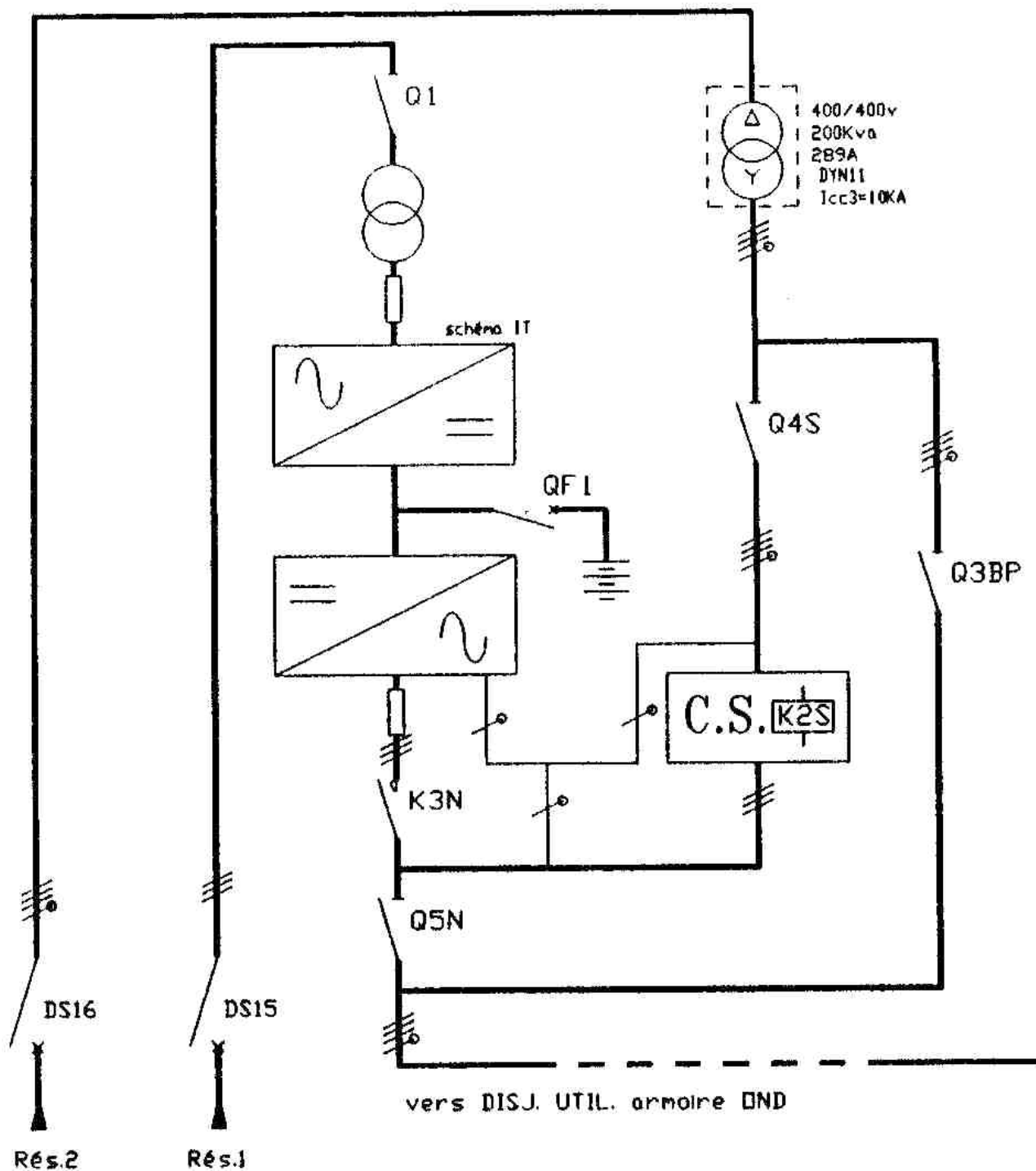
STR38S



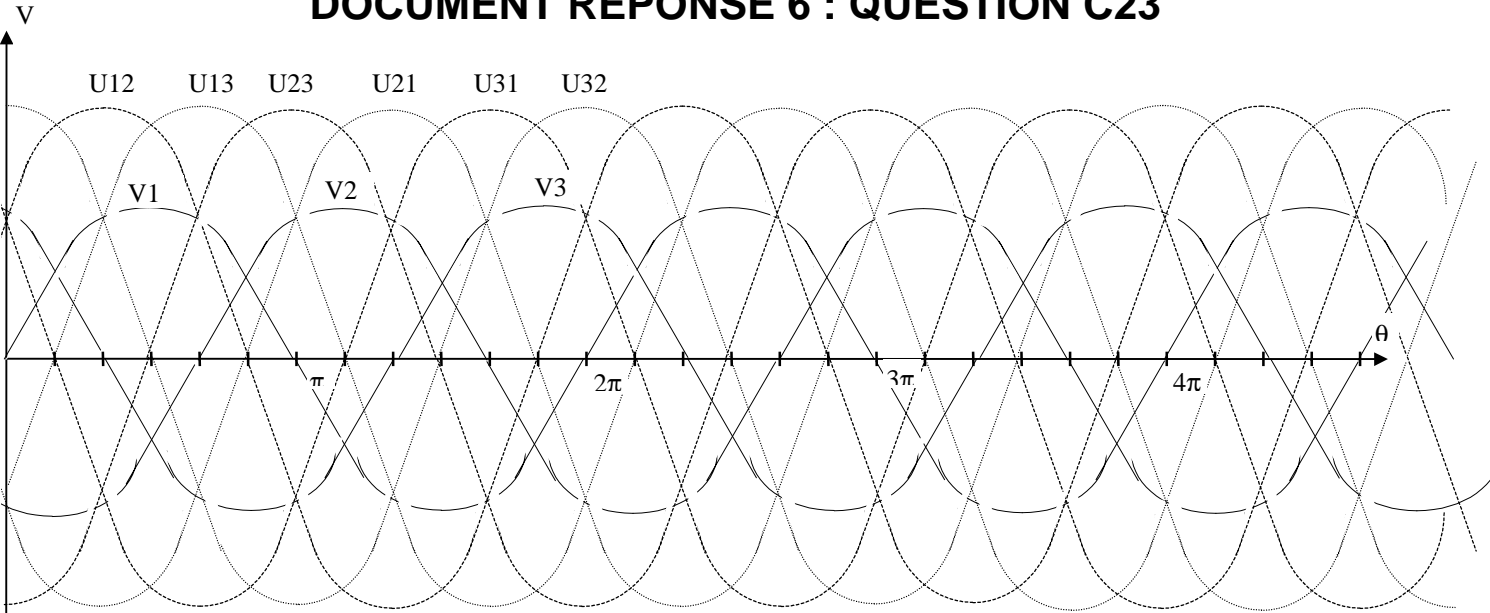
Inst*							
I_n (A)	630	800/1000	1200/1600	2000	2500	3000/3200	4000/5000/6300
$i = I_n \dots (N \cdot H)$	28	28	24	20	14	12	10
$I = I_n \dots (L)$	14	10	8	6	6	-	-

DOCUMENT REPONSE 5 : QUESTION C12

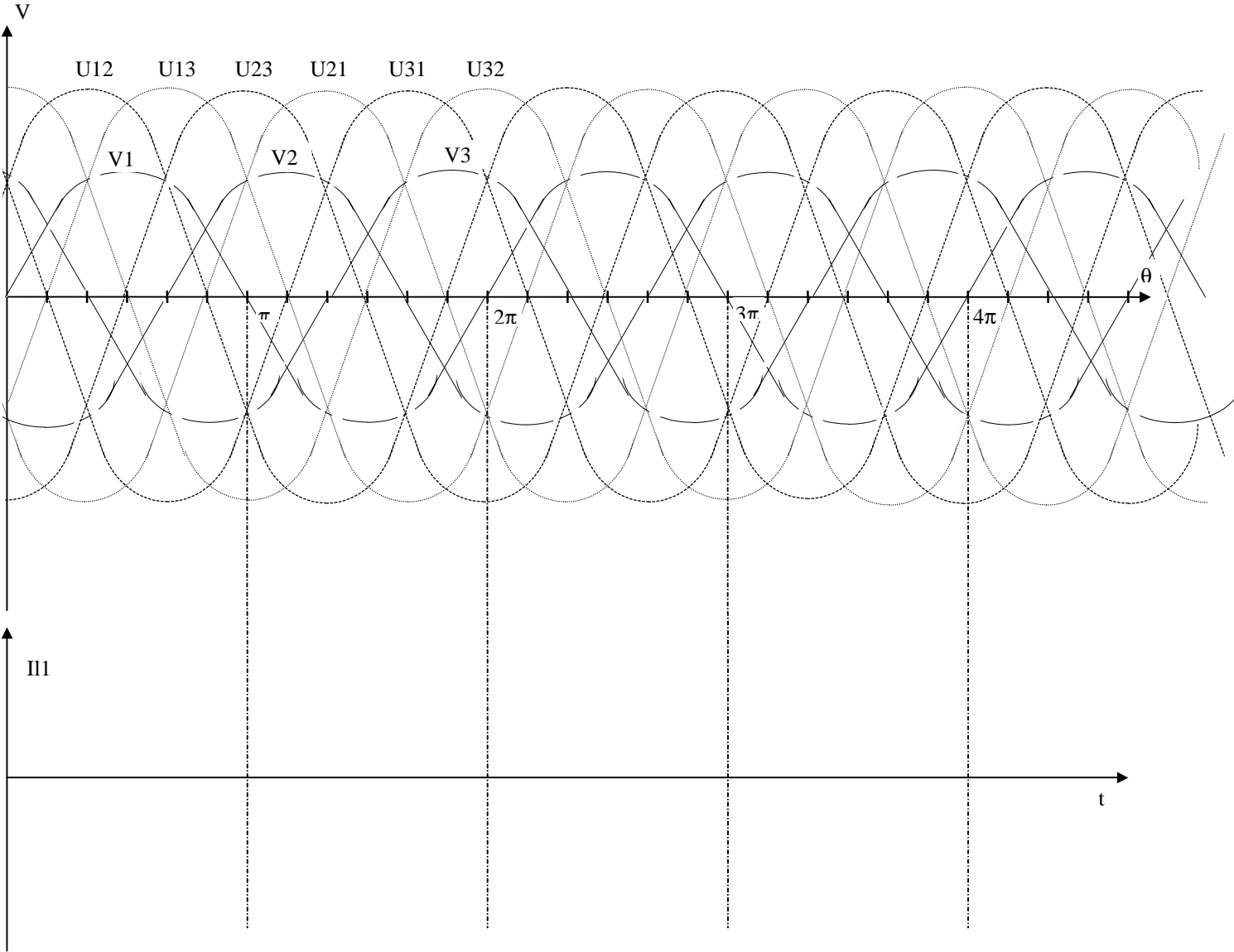
CAS N°



DOCUMENT REPONSE 6 : QUESTION C23



DOCUMENT REPONSE 7 : QUESTION C26



DOCUMENT REPONSE 8 : QUESTION C32

