

SESSION DE 2008

CA/PLP

CONCOURS EXTERNE ET CAFEP

Section : GENIE ELECTRIQUE

Option : ELECTROTECHNIQUE ET ENERGIE

SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES

Durée : 6 heures

Calculatrice électronique de poche, y compris 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.

LAMINAGE ET ELECTROZINGAGE DE TÔLES POUR LA CONSTRUCTION AUTOMOBILE

Composition du sujet :

Partie A : les protections homopolaires dans un réseau de distribution d'énergie.

Partie B : le dimensionnement d'un filtre anti-harmonique.

Partie C : force motrice : l'optimisation du temps de démarrage d'un moteur de levage.

Documents ressources : DT 1 à DT 18.

Conseils aux candidats :

Les différentes parties du sujet sont indépendantes. De nombreuses questions sont elles mêmes indépendantes. Une lecture attentive de l'ensemble s'avère nécessaire avant de composer.

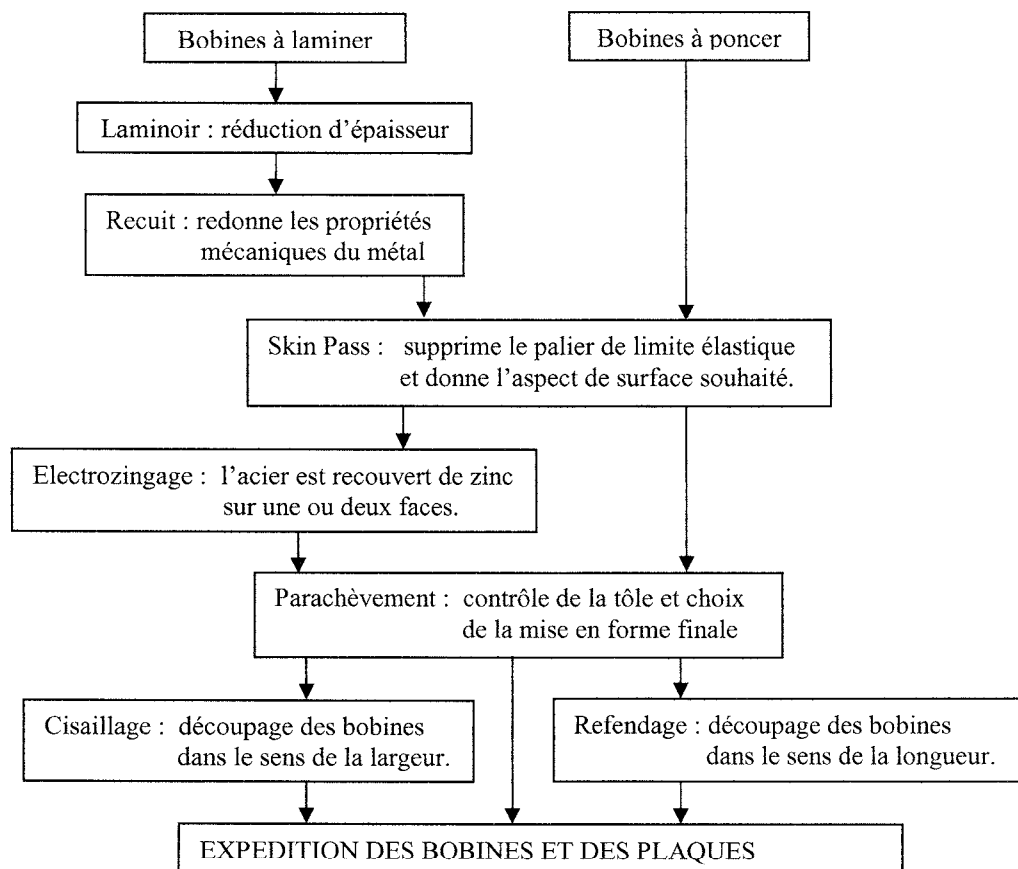
Les candidats sont priés de rédiger sur les documents fournis. Il est demandé de présenter clairement les calculs, de dégager et d'encadrer les résultats relatifs à chaque question.

La qualité des réponses (utilisation d'une forme adaptée pour présenter le résultat, justification du résultat...) sera prise en compte dans l'évaluation.

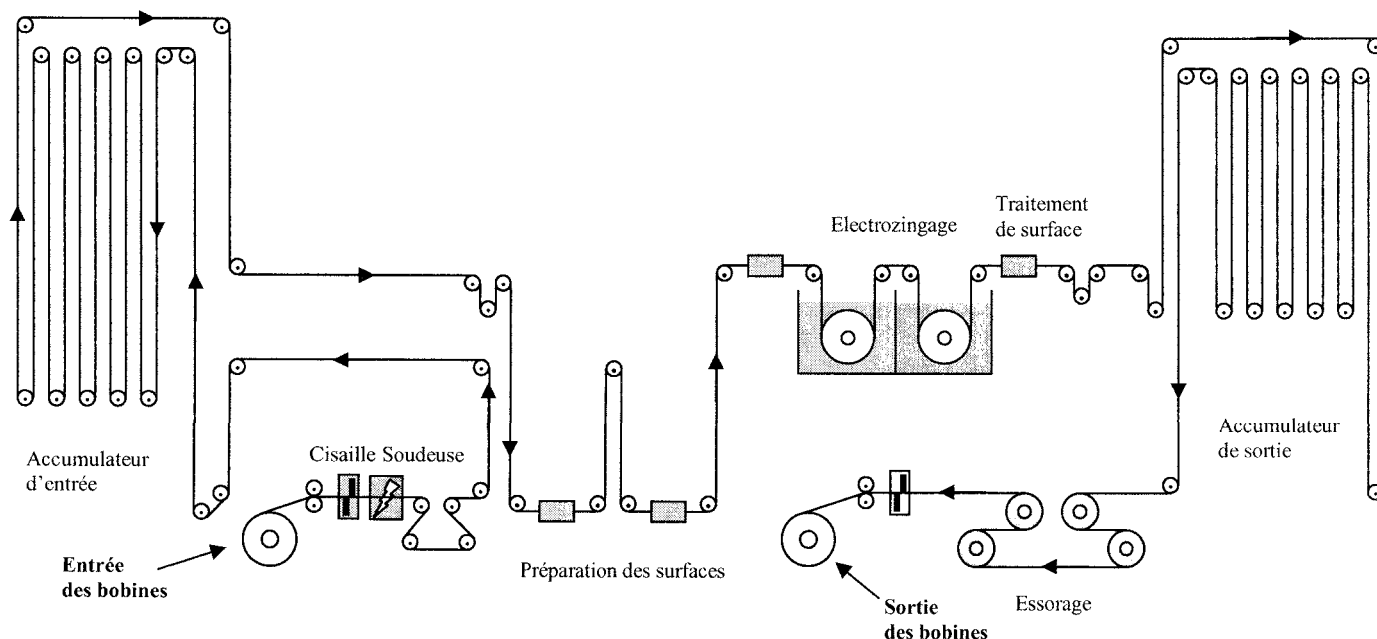
Présentation générale

L'usine du Groupe DUFERCO-COATING située à Beautor, réalise le laminage à froid et l'électrozingage de bobines de tôle d'acier de masse pouvant atteindre 20 tonnes. Ainsi traitées, ces tôles sont principalement destinées à être employées dans la construction automobile.

Schéma du process de l'usine de Beautor.



L'étude porte sur l'unité d'électrozingage.



PARTIE A : distribution électrique - étude des protections homopolaires.

Les normes NF C 13-100 et NF C 13-200 imposent, au niveau des postes et réseaux de distribution électrique, différentes mesures de sécurité. Les principales recommandations de ces normes portent sur :

- les protections contre les chocs électriques,
- les protections contre les effets thermiques,
- les protections électriques contre les surcharges, les courts-circuits et contre les défauts de terre,
- les protections des transformateurs.

En ce qui concerne la protection contre les défauts de terre dits aussi défauts homopolaires, il est à prévoir un dispositif de contrôle d'isolement du réseau. Plusieurs solutions matérielles existent pour assurer la protection homopolaire de ces postes et réseaux.

L'étude suivante se propose d'étudier la solution mise en place dans l'entreprise Duferco Coating.

Le transformateur TR2 du poste 63 KV de livraison du document technique DT1, alimente le jeu de barres de la sous station L.A.F. 2, à partir duquel huit départs sont câblés suivant le document technique DT 5. Les cellules 17, 19 et 22 sont notamment équipées de relais homopolaires câblés suivant le document DT11.

Le document DT6 est un schéma d'étude équivalent à celui du document DT5. Il fait apparaître un défaut phase L1-terre qui occasionne un déséquilibre des tensions du réseau et des courants qui se rebouclent par les capacités naturelles de fuite des câbles HT.

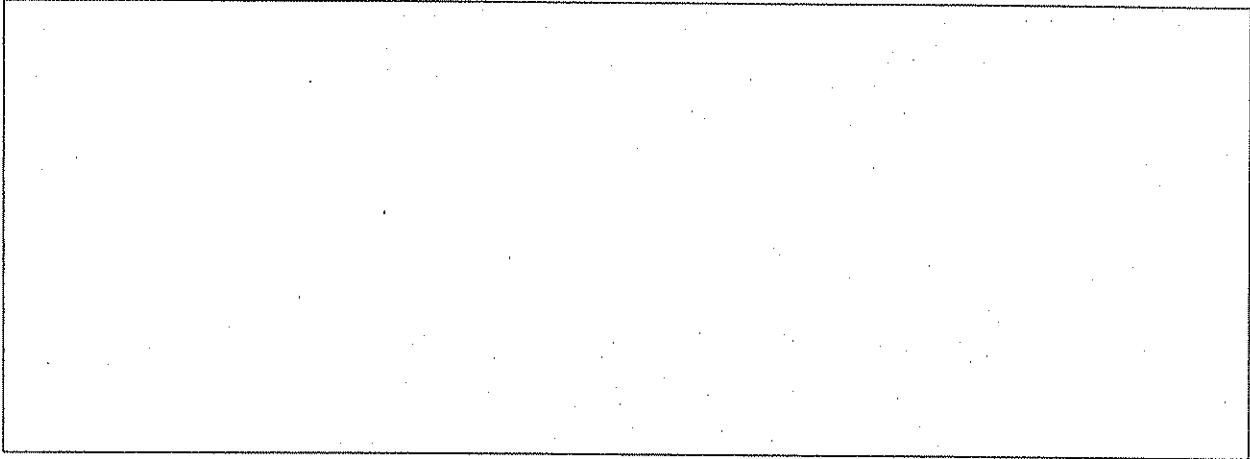
Le relais homopolaire R2 fera naturellement tomber le départ Q1 17. On observe que le relais homopolaire R3 de la cellule 22 voit passer un déséquilibre de courant causé par les remontées des capacités C3 et C5 des phases saines L2 et L3. Sans sélectivité, le départ Q1 22 va aussi tomber bien qu'aucun défaut n'apparaisse en aval. Afin de pallier ce problème, le relais R3 doit être réglé à un seuil de déclenchement que l'étude se propose de calculer.

Pour cela, le calcul des capacités de fuite des câbles sera abordé puis la détermination des valeurs des tensions phases-terre pendant un défaut de terre. Ces éléments permettront de calculer les valeurs des courants de remontée par les capacités de fuite des câbles avant de déterminer le seuil de réglage des relais homopolaires des cellules 17 et 22.

L'étude pour le relais homopolaire de la cellule 19 ne sera pas abordée.

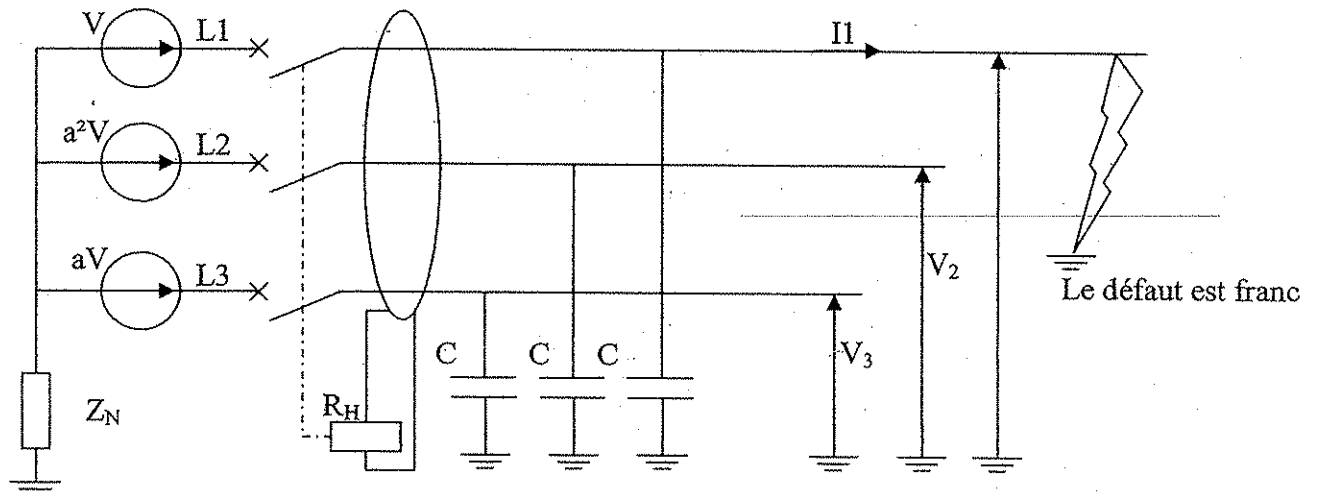
A 1 – Détermination des caractéristiques des câbles du réseau HTA.

À partir des documents ressources portant sur les câbles de distribution HTA et du document DT5, déterminer la valeur des capacités de fuite C1 de la liaison entre le transformateur TR2 et la cellule 19 figurant sur le schéma du document technique DT6.



A 2 – Détermination des caractéristiques des tensions du réseau et des courants lors d'un défaut homopolaire.

Pour résoudre le problème posé, on se propose d'utiliser les composantes symétriques des tensions et courants. Le schéma simplifié ci-dessous servira de schéma d'étude. Aucune charge n'est alimentée dans ce schéma.



On donne :

- les équations du défaut :

$$\underline{V1} = 0$$

$$\underline{I2} = \underline{I3} = 0$$

- les équations du réseau :

$$\underline{E_d} = \underline{V_d} + \underline{Z_d} \cdot \underline{I_d}$$

$$0 = \underline{V_i} + \underline{Z_i} \cdot \underline{I_i}$$

$$0 = \underline{V_o} + \underline{Z_o} \cdot \underline{I_o}$$

Les grandeurs V_0 , V_d et V_i sont les composantes symétriques des tensions V_1 , V_2 et V_3 .
 V_0 , V_d et V_i forment un système équilibré. Ed correspond à la tension simple du réseau.

▪ la matrice de Fortescue $F_3 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix}$

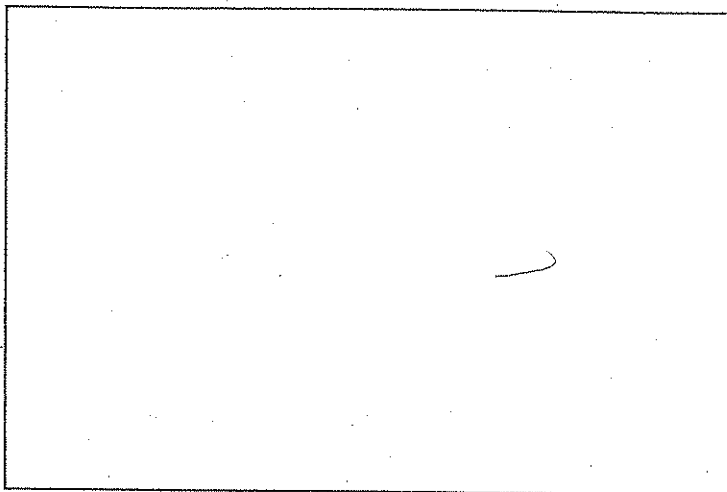
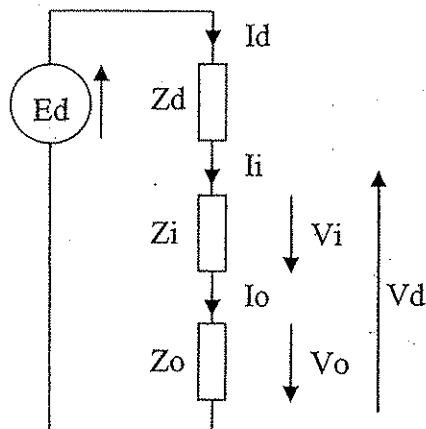
▪ la matrice inverse de Fortescue $F_3^{-1} = \frac{1}{3} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix}$

▪ $V_{1,2,3} = (F_3) \cdot V_{0,d,i}$ $I_{1,2,3} = (F_3) \cdot I_{0,d,i}$ $a = \left(-\frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2}\right)$

▪ $V_{0,d,i} = (F_3^{-1}) \cdot V_{1,2,3}$ $I_{0,d,i} = (F_3^{-1}) \cdot I_{1,2,3}$

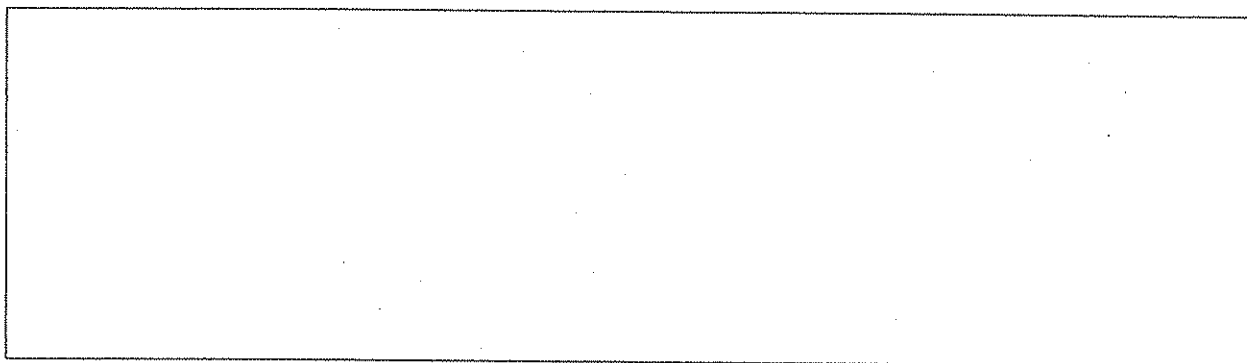
A 2. 1 Démontrer que les courants homopolaire, direct et inverse sont égaux.

A 2. 2 Justifier le schéma ci-dessous.

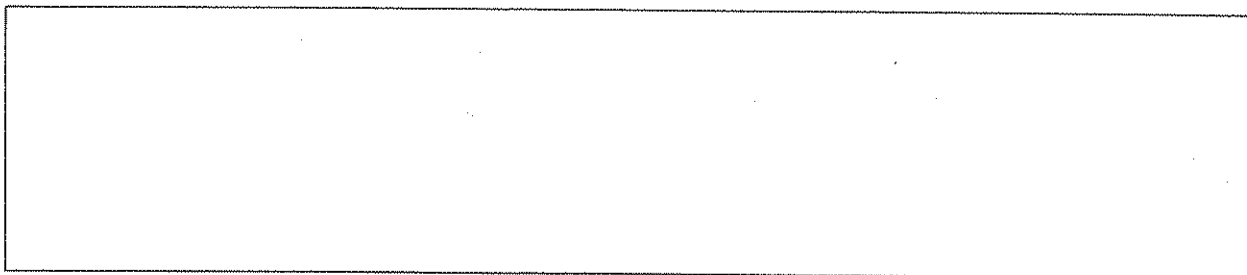


- Détermination des expressions des composantes symétriques des tensions V_1 , V_2 et V_3 .

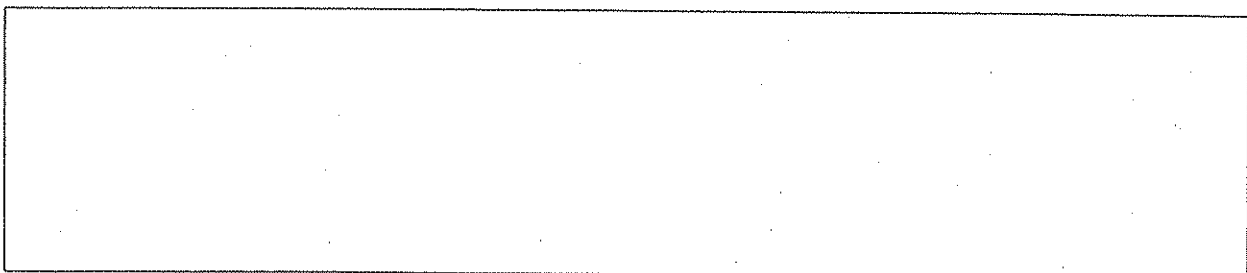
A 2. 3 Déduire l'expression de I_o en fonction de E_d , Z_o , Z_i et Z_d .



A 2. 4 Déduire l'expression du courant de défaut I_1 en fonction de E_d , Z_o , Z_i et Z_d .



A 2. 5 Donner l'expression de V_o en fonction de E_d , Z_o , Z_i et Z_d .



A 2. 6 Donner l'expression de V_d en fonction de E_d , Z_o , Z_i et Z_d .

A 2. 7 Donner l'expression de V_i en fonction de E_d , Z_o , Z_i et Z_d .

- Détermination des expressions des tensions V_2 et V_3 .

A 2. 8 Donner l'expression de V_2 en fonction de E_d , Z_o , Z_i et Z_d .

A 2. 9 Donner l'expression de V_3 en fonction de E_d , Z_o , Z_i et Z_d .

A 2. 10 En considérant que les impédances directe et inverse sont nettement inférieures à l'impédance homopolaire, donc négligeables devant Z_0 (présence de l'impédance Z_N du neutre dans la maille homopolaire), démontrer que $V_2 = (a^2 - 1).E_d$ et $V_3 = (a - 1).E_d$

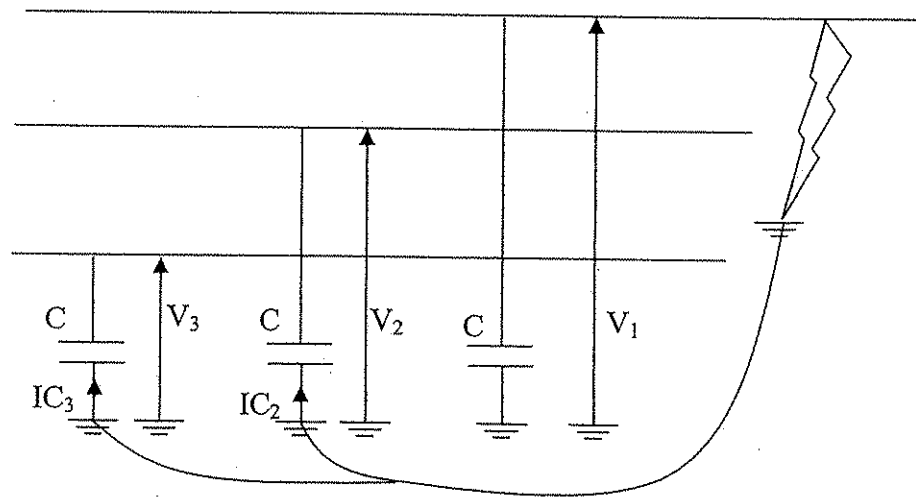
A 2. 11 Puisque $V_2 = (a^2 - 1).E_d$ et $V_3 = (a - 1).E_d$, écrire les expressions complexes des tensions V_1 , V_2 et V_3 .

A 2. 12 Calculer les modules et arguments des tensions V_2 et V_3 .

A 2. 13 Quelle remarque notable est à faire sur les valeurs des tensions V_2 et V_3 .

– Détermination des valeurs des courants de remontée par les capacités de fuite des câbles pendant un défaut de terre pour le schéma d'étude donné en A2.

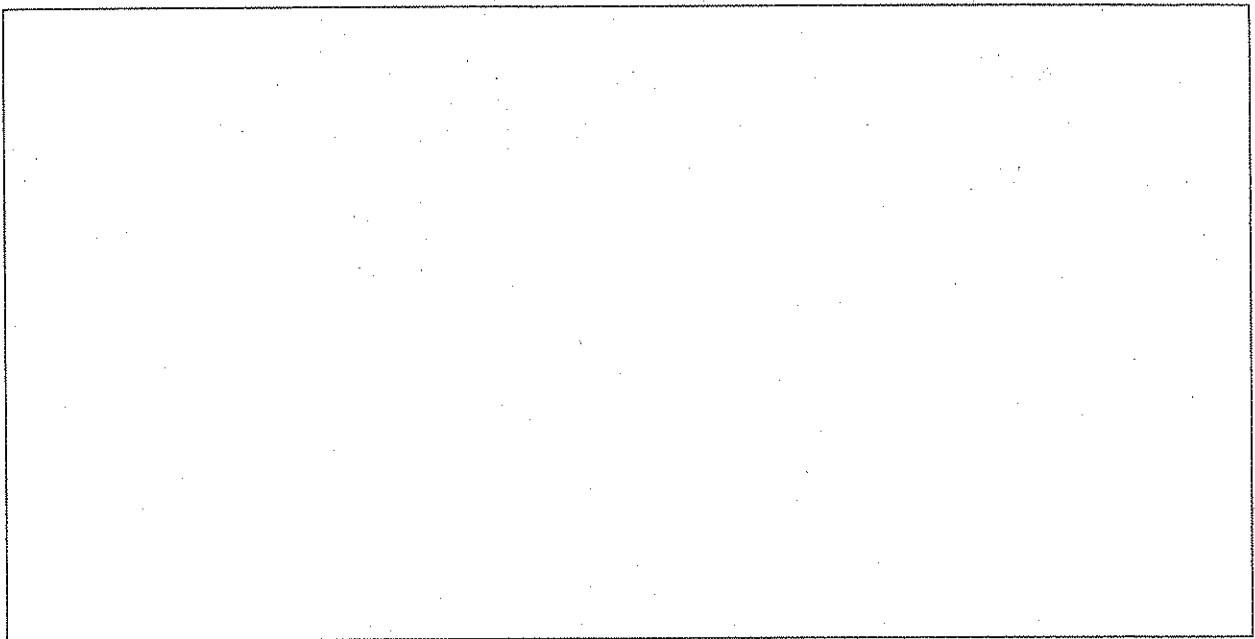
A 2. 14 A partir des expressions complexes des tensions V_2 et V_3 et à l'aide du schéma ci-dessous, donner les expressions des courants capacitifs homopolaires transitant par les capacités de fuite des câbles.



A 2. 15 Tracer le diagramme vectoriel des tensions simples V_1 , V_2 et V_3 du réseau :

- avant le défaut,
- pendant le défaut.

Lors d'un défaut homopolaire, en le superposant au diagramme des tensions, tracer le diagramme vectoriel des courants homopolaires IC_2 et IC_3 transitant par les capacités de fuite des câbles.

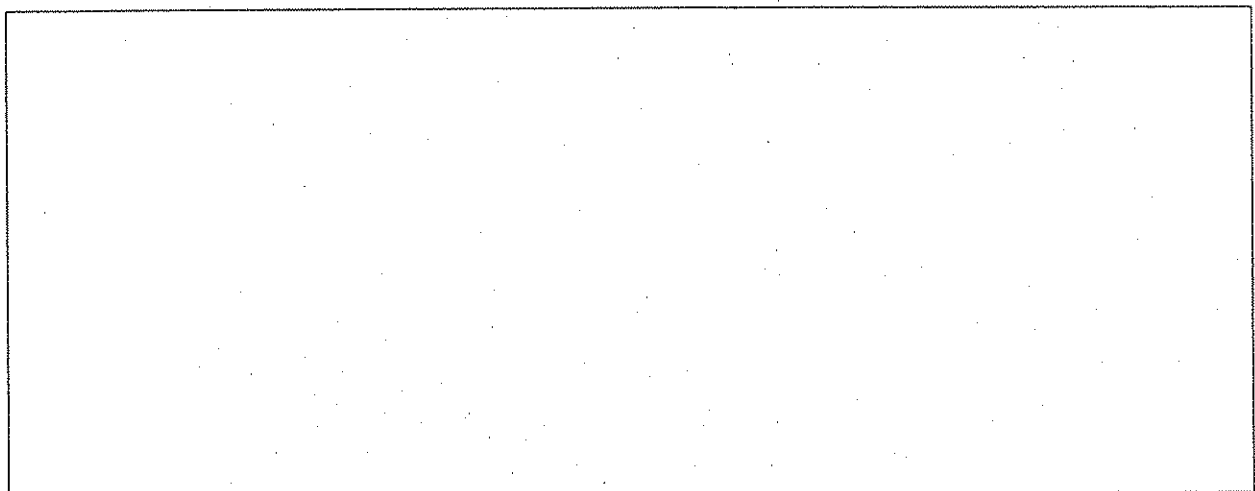


– Détermination du seuil de réglage du relais homopolaire R_H de notre schéma d'étude donné en A2.

A 2. 16 Le tore du relais homopolaire R_H du schéma d'étude donné en A2 voit passer les courants homopolaires IC_2 et IC_3 .

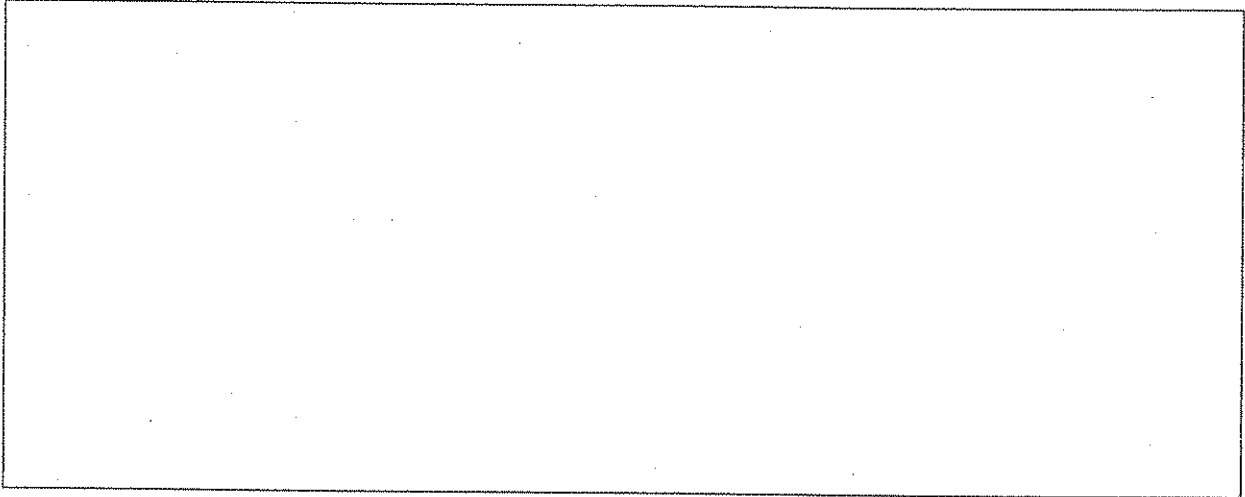
Etablir l'équation complexe du courant résultant vu par le relais R_H et démontrer que son module est égal à $3.E_d.C.\omega$

Tracer ce courant résultant sur le diagramme vectoriel de la question précédente.

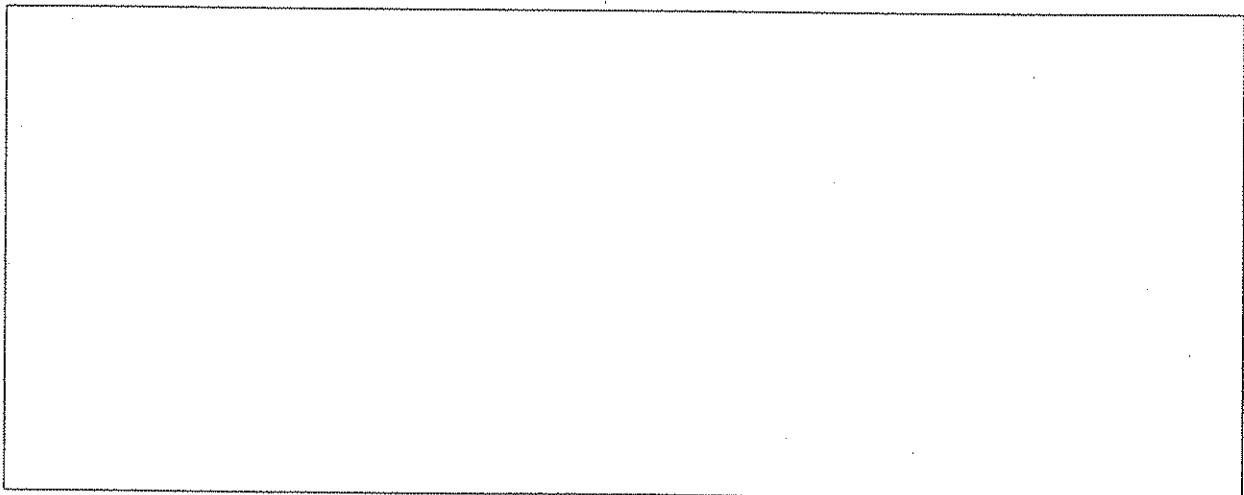


A 3 – Détermination des seuils de réglage des relais homopolaires des cellules 19 et 22 du réseau de distribution électrique alimenté par le transformateur TR2 de l'entreprise Duferco Coating.

A 3. 1 Suivant l'étude précédente, à partir du schéma de distribution donné en DT5 et de son équivalent donné en DT6, calculer le seuil de réglage du relais homopolaire R2 de la cellule 17 de la sous station L.A.F.2.



A 3. 2 Calculer le seuil de réglage du relais homopolaire R3 de la cellule 22 de la sous station L.A.F.2.



Partie B : le dimensionnement d'un filtre anti-harmoniques.

Les différents bains d'électrolyse sont des générateurs d'harmoniques.

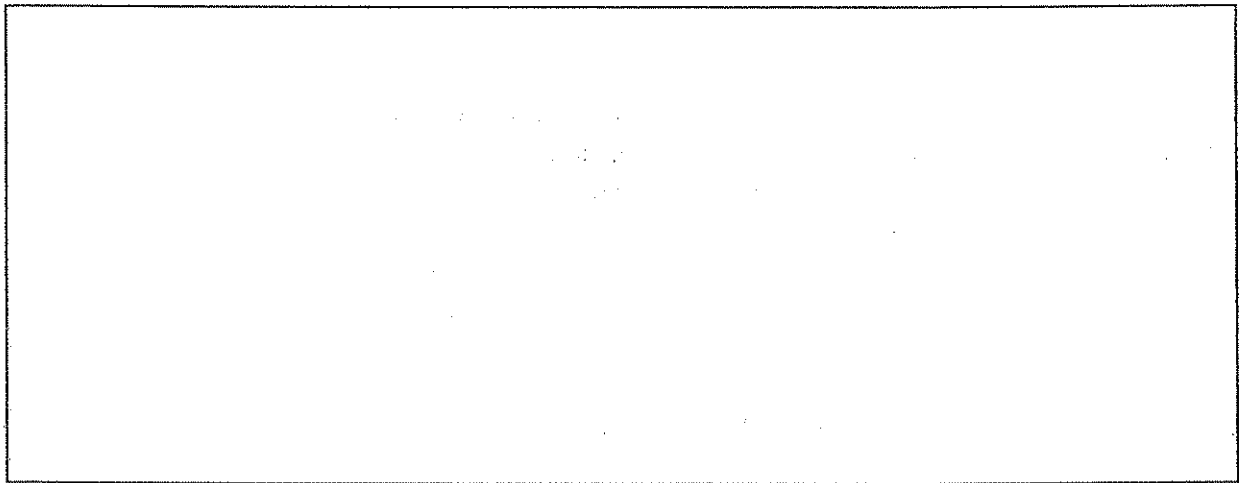
La société Duferco Coating vous demande une étude théorique au niveau du bain d'électrolyse numéro 1 afin d'atténuer ces harmoniques.

Dans un premier temps vous allez devoir déterminer les rangs des harmoniques à traiter.

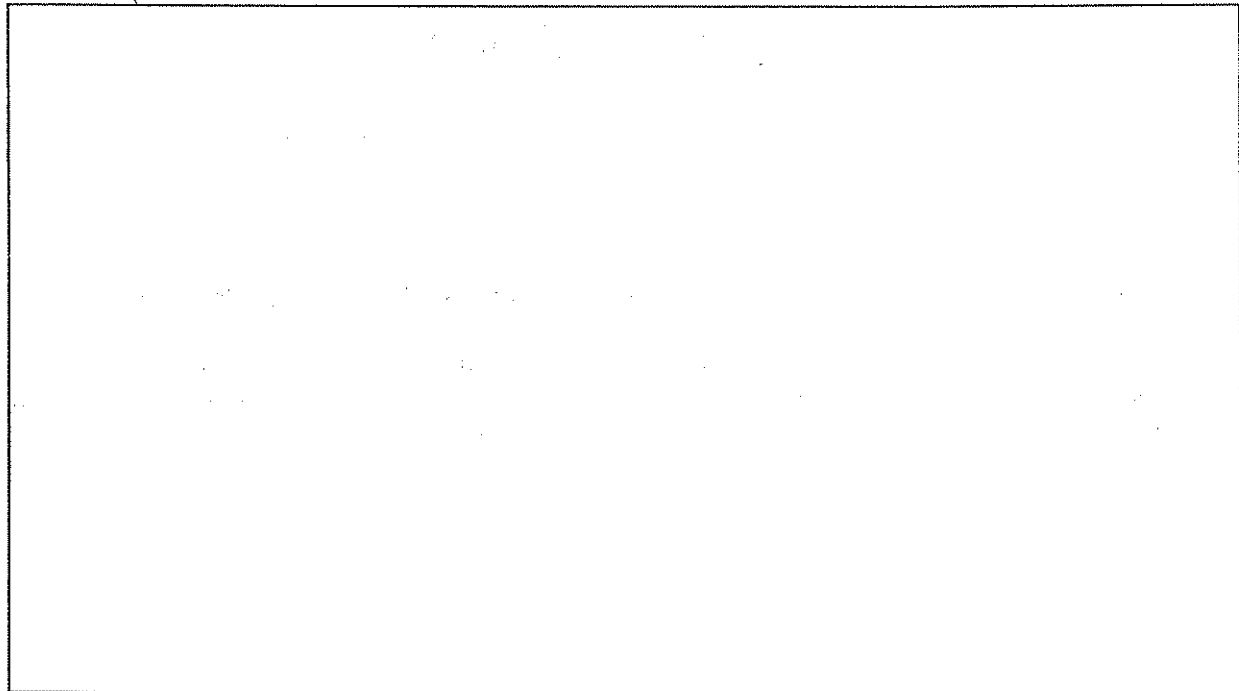
Par la suite il vous sera demandé de calculer puis de dimensionner la taille du circuit magnétique d'un filtre anti-harmonique.

B1.1 Indice horaire du transformateur

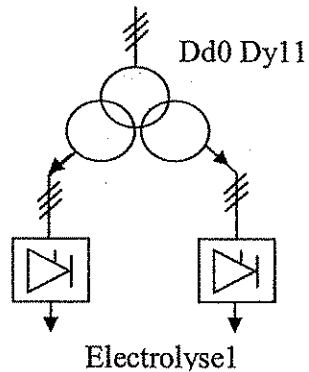
Représenter les couplages primaire et secondaire du transformateur à double secondaire installé sur le poste d'électrolyse 1 voir documentation technique DT2.



B1.2 Représenter le diagramme de Fresnel des tensions en indiquant les indices horaires. Préciser le déphasage entre les deux tensions secondaires du transformateur.



Dans un souci de simplification, le schéma suivant sera utilisé pour notre étude.

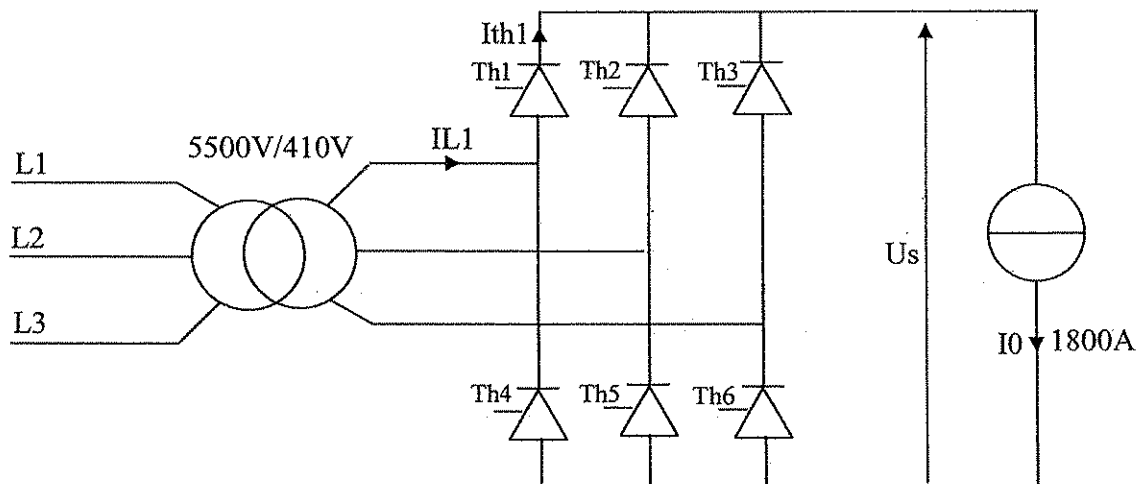


Nous allons nous intéresser dans un premier temps au couplage Dd0.

On appelle : $J_{s\Delta 1}$ le courant dans le bobinage secondaire 1

$J_{s\Delta 2}$ le courant dans le bobinage secondaire 2

$J_{s\Delta 3}$ le courant dans le bobinage secondaire 3

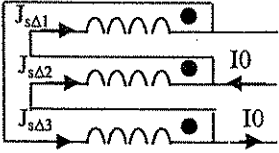


Le tracé des courbes du pont ci-dessus est donné page 13

B1.3 Le but de cette partie est de tracer les courants $J_{s\Delta 1}$, $J_{s\Delta 2}$, $J_{s\Delta 3}$.

Pour cela compléter le tableau ci-dessous en fonction des différentes phases de conduction des thyristors en vous aidant des tracés page 13.

Dans chaque case du tableau, redessiner le secondaire du transformateur. Préciser les angles entre lesquels se déroule chaque phase et quels sont les thyristors en conduction. Flécher sur le schéma, les courants dans les enroulements secondaires du transformateur ainsi que le courant I_0

<p>Phase 1 angle ... 0. à $\pi/6$. Thyristors en conduction. ... Th3 et Th5 ...</p> 	<p>Phase 2 angle à</p>
<p>Phase 3 angle à</p>	<p>Phase 4 angle à</p>
<p>Phase 5 angle à</p>	<p>Phase 6 angle à</p>

B1.4 A l'aide des différents schémas équivalents par phase, déterminer pour chacune d'elles, les valeurs des courants secondaires $J_{s\Delta 1}$, $J_{s\Delta 2}$, $J_{s\Delta 3}$ sachant que ces courants ne peuvent avoir comme valeur que $\pm \frac{I_0}{3}$ ou $\pm \frac{2I_0}{3}$

Compléter le tableau ci dessous

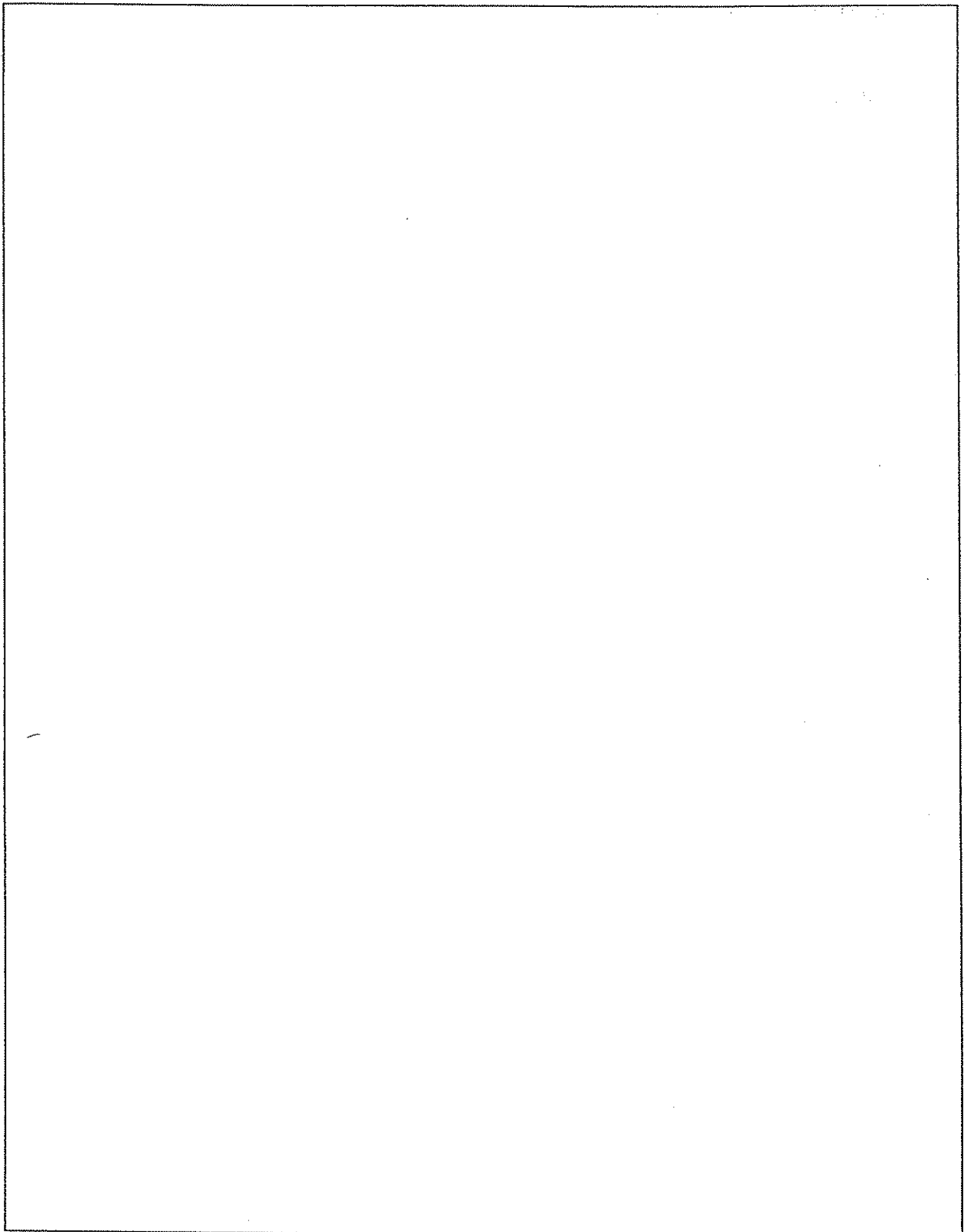
	$J_{s\Delta 1}$	$J_{s\Delta 2}$	$J_{s\Delta 3}$
Phase 1	$+\frac{I_0}{3}$		
Phase 2			
Phase 3			
Phase 4			
Phase 5			
Phase 6			

B1.5 Représenter alors les courants $J_{s\Delta 1}$, $J_{s\Delta 2}$, $J_{s\Delta 3}$ sur le document réponse DR B1.5 page 14 .($J_{s\Delta 1}$ durant la première phase est donné).

B1.6 Démontrer que la décomposition en série de Fourier du courant au secondaire du transformateur triangle (dans les enroulements) donne le résultat suivant. Utiliser la courbe tracée sur le DR B1.5 page 14

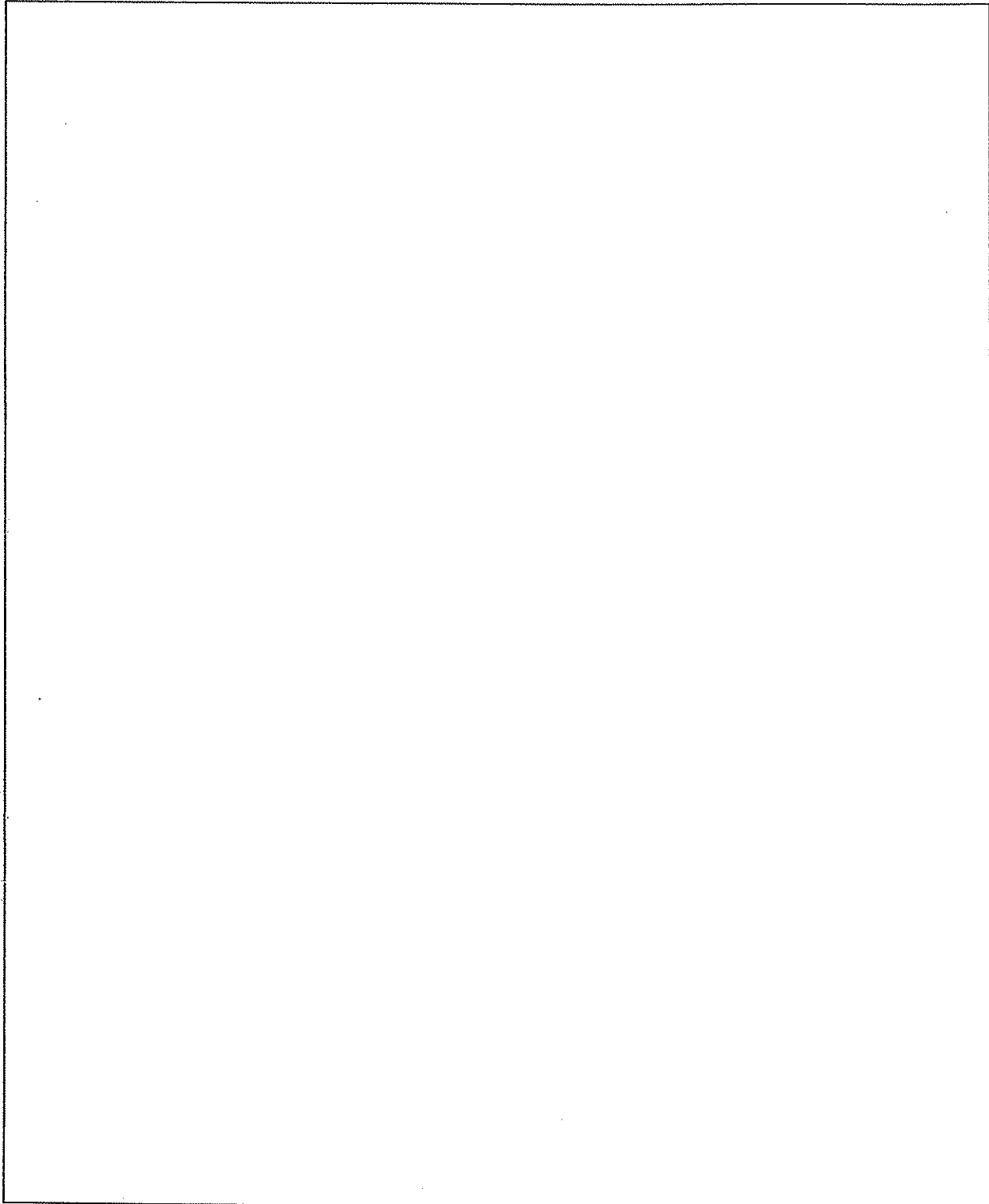
On rappelle que $a_k = \frac{2}{T} \int_0^T i(t) \sin k\omega t dt$ et que $b_k = \frac{2}{T} \int_0^T i(t) \cos k\omega t dt$

$$J_{s1\Delta} = \frac{2I_0}{n\pi} \left[\cos \frac{n\pi}{6} \right]$$



B1.7 Démontrer que la décomposition en série de Fourier du courant au secondaire du transformateur étoile (dans les enroulements) donne le résultat suivant. Utiliser les courbes tracées en page 15 DR B1.7

$$J_{s1\lambda} = \frac{2I_0}{n\pi} \left[1 + \cos \frac{n\pi}{3} \right]$$



B1.8 Calculer les valeurs des courants harmoniques existant. Se limiter au rang 13 on rappelle que $I_0 = 1800A$

	Rang ...	Rang ...	Rang ...	Rang ...	Rang ...	Rang ...	Rang ...	Rang ...
$J_{s\lambda}$								
$J_{s\Delta}$								

B1.9 Calculer les valeurs de ces courants harmoniques ramenés au primaire du transformateur.

	Rang ...	Rang ...	Rang ...	Rang ...	Rang ...	Rang ...	Rang ...	Rang ...
$J_{s\lambda}$								
$J_{s\Delta}$								

B1.10 Calculer alors le courant J_p en ligne au primaire du transformateur.

	Rang ...	Rang ...	Rang ...	Rang ...	Rang ...	Rang ...	Rang ...	Rang ...
J_p								

B1.11 D'après vos résultats obtenus expliquer l'intérêt du couplage Dd0 Dy11 pour la distribution électrique dans cette entreprise.

B1.12 A l'aide de la documentation technique DT16, quels rangs d'harmoniques doivent être traités. (dans notre cas on admettra que le $\%U_h = \%I_h$).

B1.13 Etude du filtre anti-harmonique de rang 11.

On vous demande de calculer les valeurs de L et C pour la fabrication de ce filtre anti-harmonique. Ce filtre sera un filtre R,L,C série placé entre phase et neutre.

On prendra comme facteur de qualité du filtre $Q_0 = \frac{X_0}{R} = 70$ avec $X_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$

On prendra comme hypothèse que les résistances équivalentes séries du filtre sont de 1Ω .

Calculer alors pour l'harmonique de rang 11 les valeurs de L et de C

Fabrication de l'inductance pour le filtre anti-harmonique de rang 11

Le but de cette partie est de dimensionner la taille du circuit magnétique pour l'inductance du filtre.

B1.14 Déterminer l'équation différentielle de l'établissement de la tension dans une inductance, en faisant apparaître les termes :

- u : tension appliquée au bobinage. (on prendra pour cette question $u = U\sqrt{2} \cos \omega t$)
- i : courant dans le bobinage
- r : résistance du bobinage
- ϕ : flux magnétique traversant chaque spire
- n : nombre de spires.

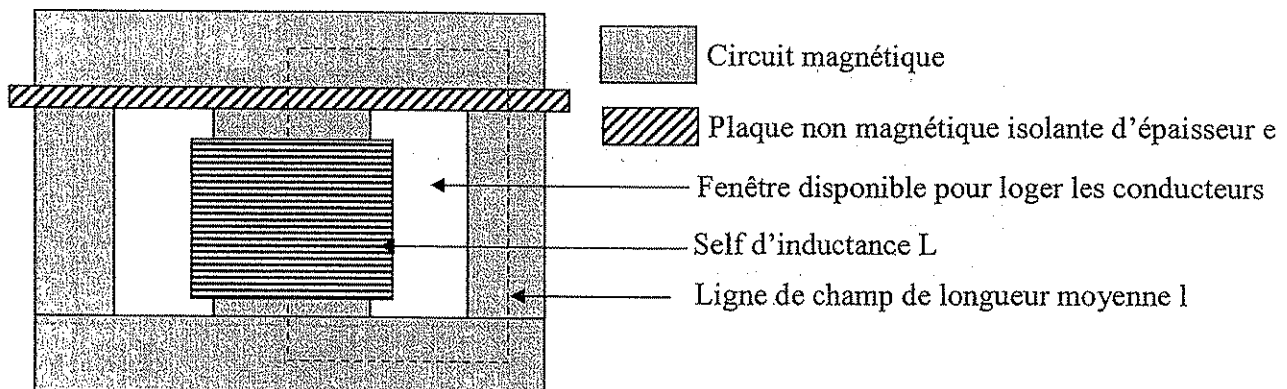
B1.15 Démontrer qu'en régime établi, la valeur maximale de l'induction est donnée par la

formule suivante : $B_m = \frac{U_{eff}\sqrt{2}}{nS\omega}$ avec

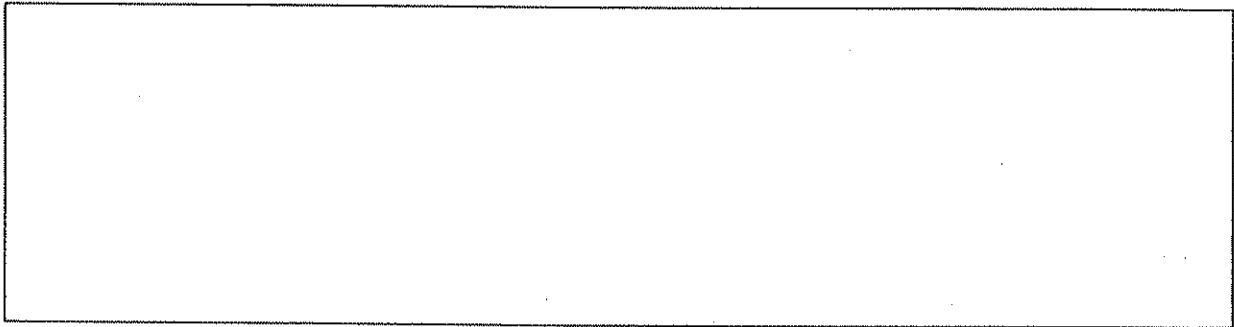
- B_m : valeur de l'induction maximale.
- S : section du circuit magnétique.
- $U_{eff}\sqrt{2}$: tension supportée par l'inductance.

La formule d'un constructeur de filtre anti-harmonique donne : $U_{eff} = V_1 + \sum_{n=2}^{11} V_n$

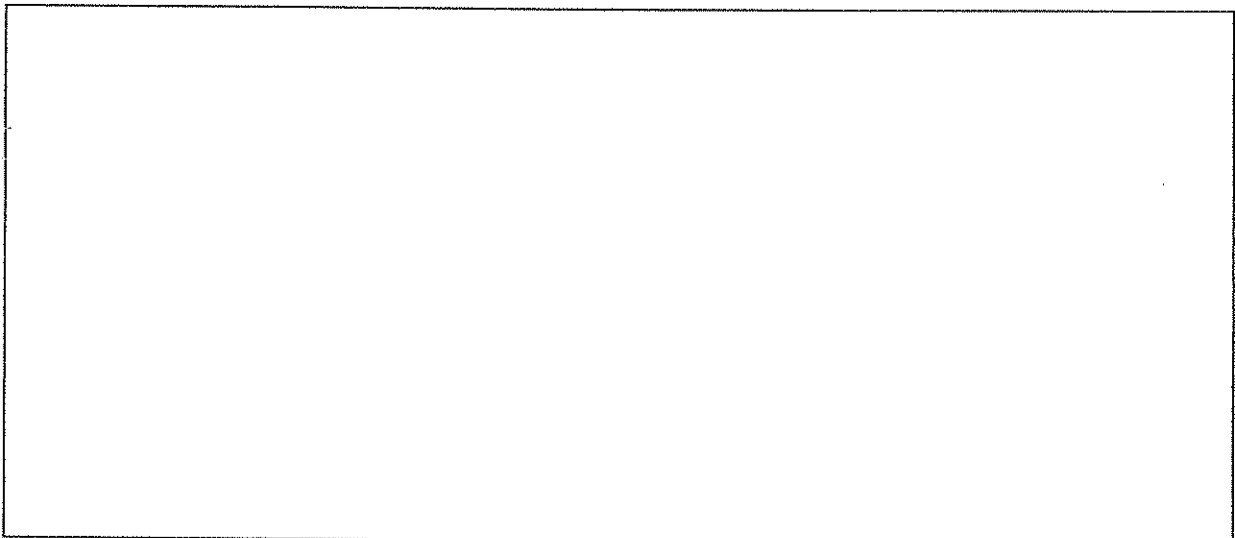
Le circuit magnétique de la self du filtre anti-harmonique est réalisé à l'aide de tôles en E, comme le montre le croquis ci dessous.



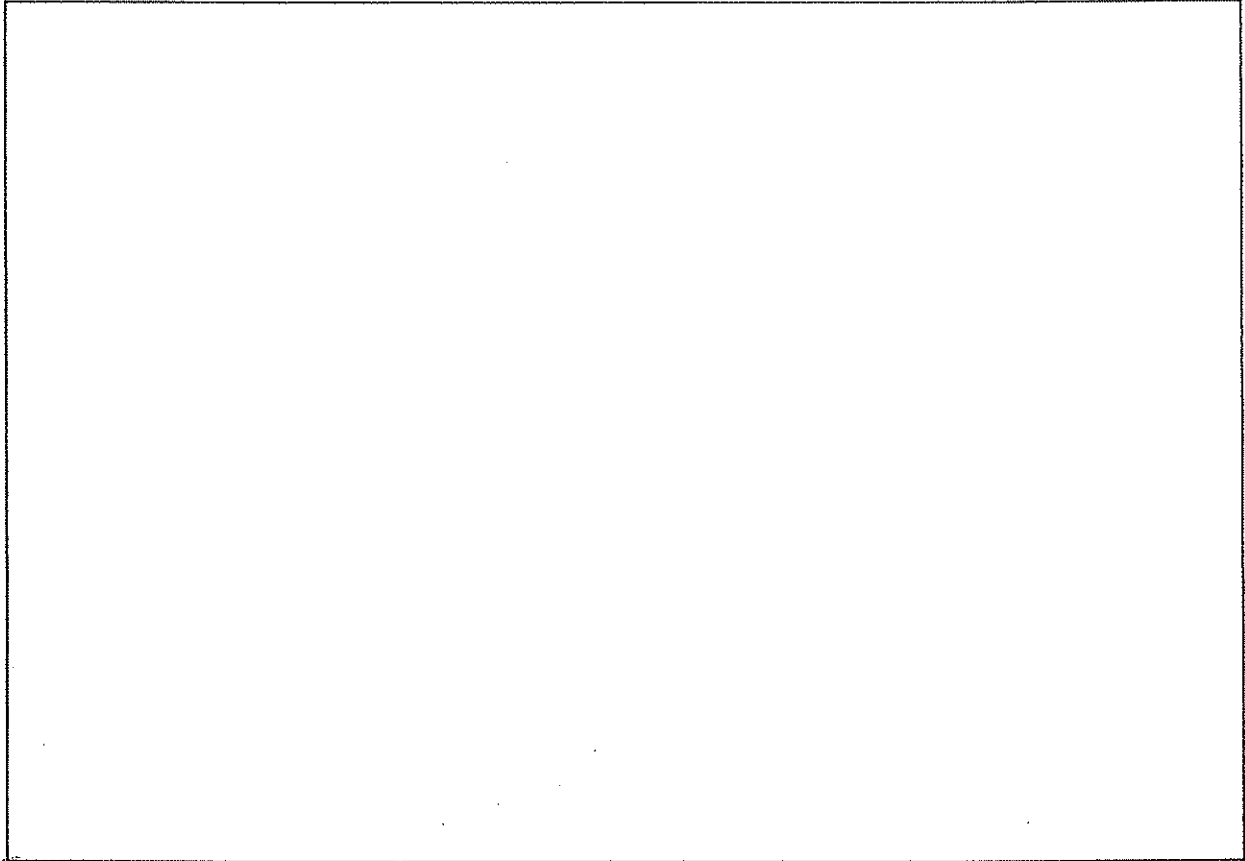
B1.16 En appliquant le théorème d'ampère, établir l'équation régissant ce circuit magnétique.



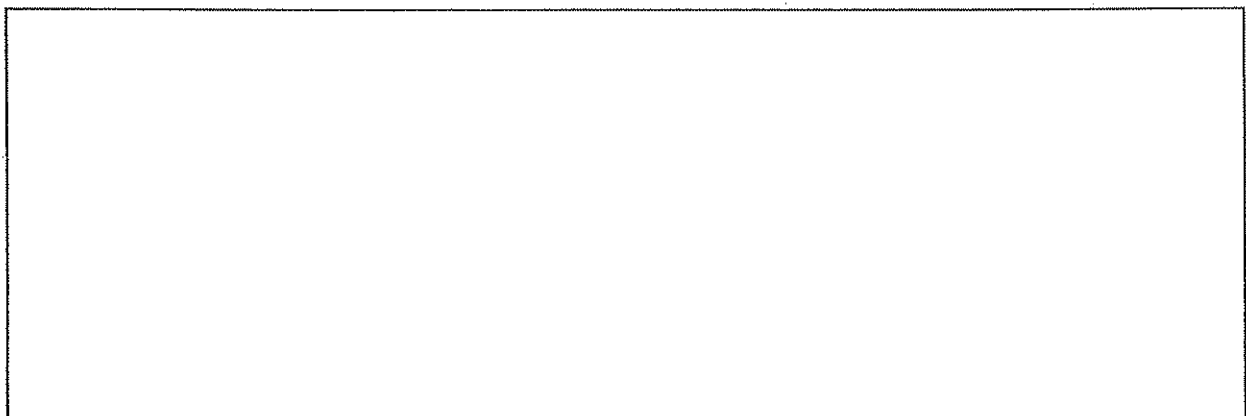
B1.17 Démontrer qu'à partir de l'équation du théorème d'ampère, si l'on considère que les AT consommés par le fer sont négligeables et que le courant est sinusoïdal, l'inductance se définit par : $L = \mu_0 n^2 \frac{S}{2e}$



B1.18 A l'aide des formules de B1.15 et de B1.17 déterminer le nombre des spires de la self ainsi que la section du circuit magnétique pour l'harmonique de rang 11. (On prendra $B_m = 1,2T$ et $e=1mm$) et l'on désire atténuer l'harmonique de rang 11 de 6%



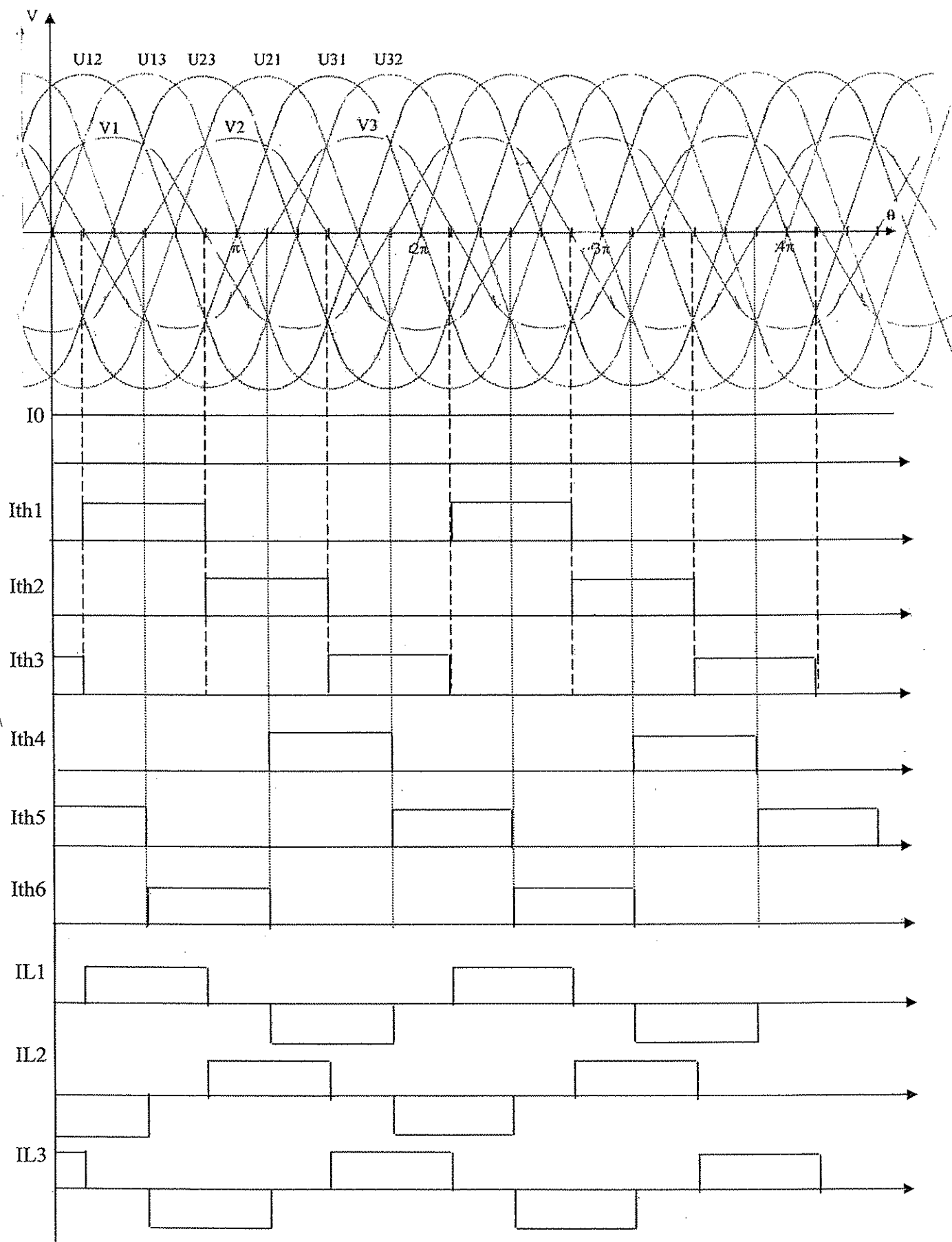
B1.19 A l'aide de la documentation technique DT17 sur les circuits magnétiques effectuer le choix du circuit magnétique.



B1.20 Calculer la valeur du courant efficace qui va traverser la self sachant que l'on ne tient compte que d'un départ d'électrolyse.

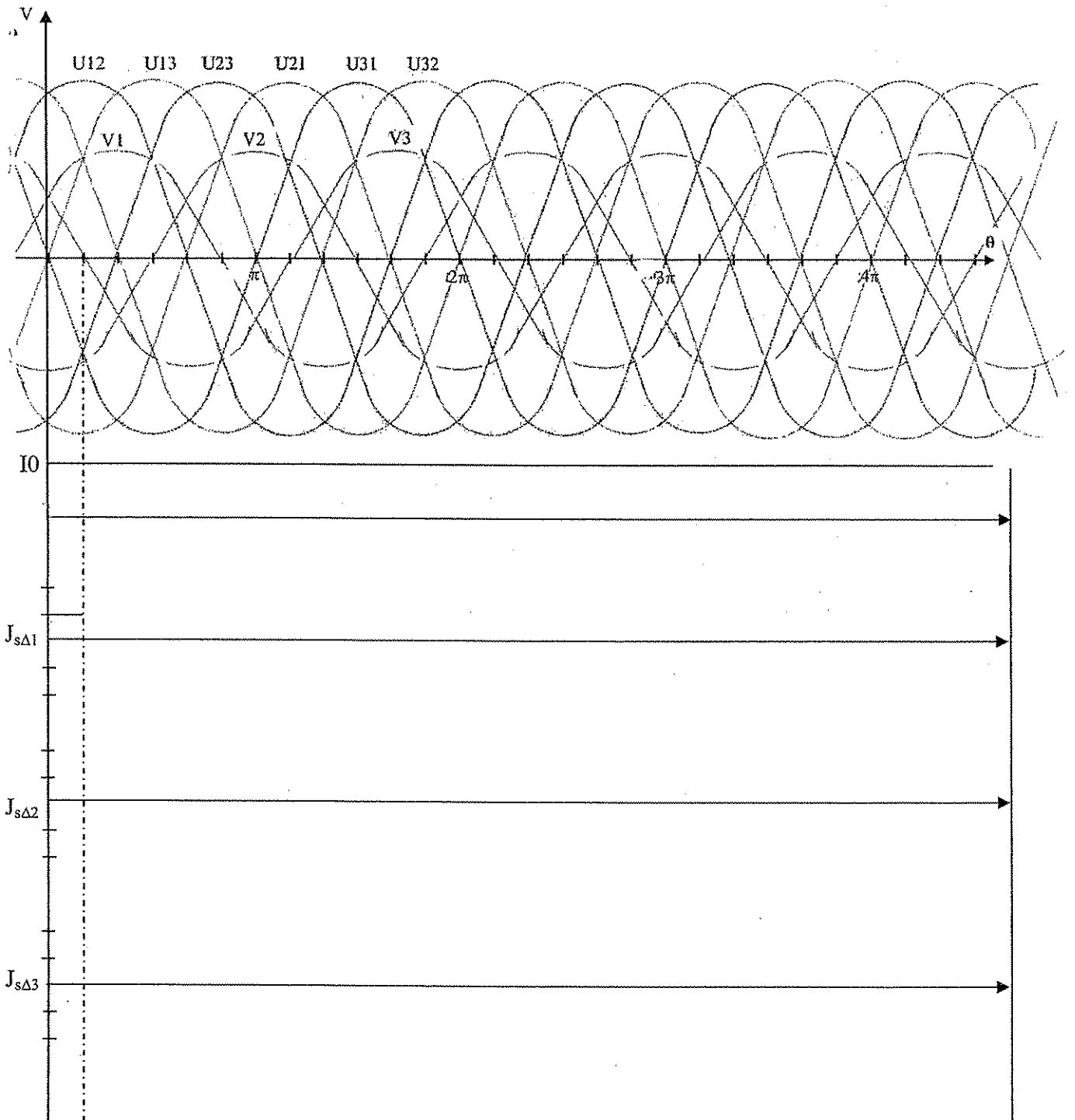
B1.21 Si l'on considère que la densité du courant pour cette self est de $J = 2,5 \text{ A/mm}^2$, déterminer la valeur de la section du fil et son diamètre à utiliser pour l'inductance sachant que le conducteur est circulaire.

B1.22 En considérant la section du fil et le nombre de spires de la bobine, déterminer si la fenêtre du circuit magnétique est suffisante pour réaliser cette self. Tenir compte d'une augmentation de 35 % de la section du fil due à l'isolant placé autour du conducteur et d'un coefficient de foisonnement du fil de 30% lors de l'opération de bobinage.

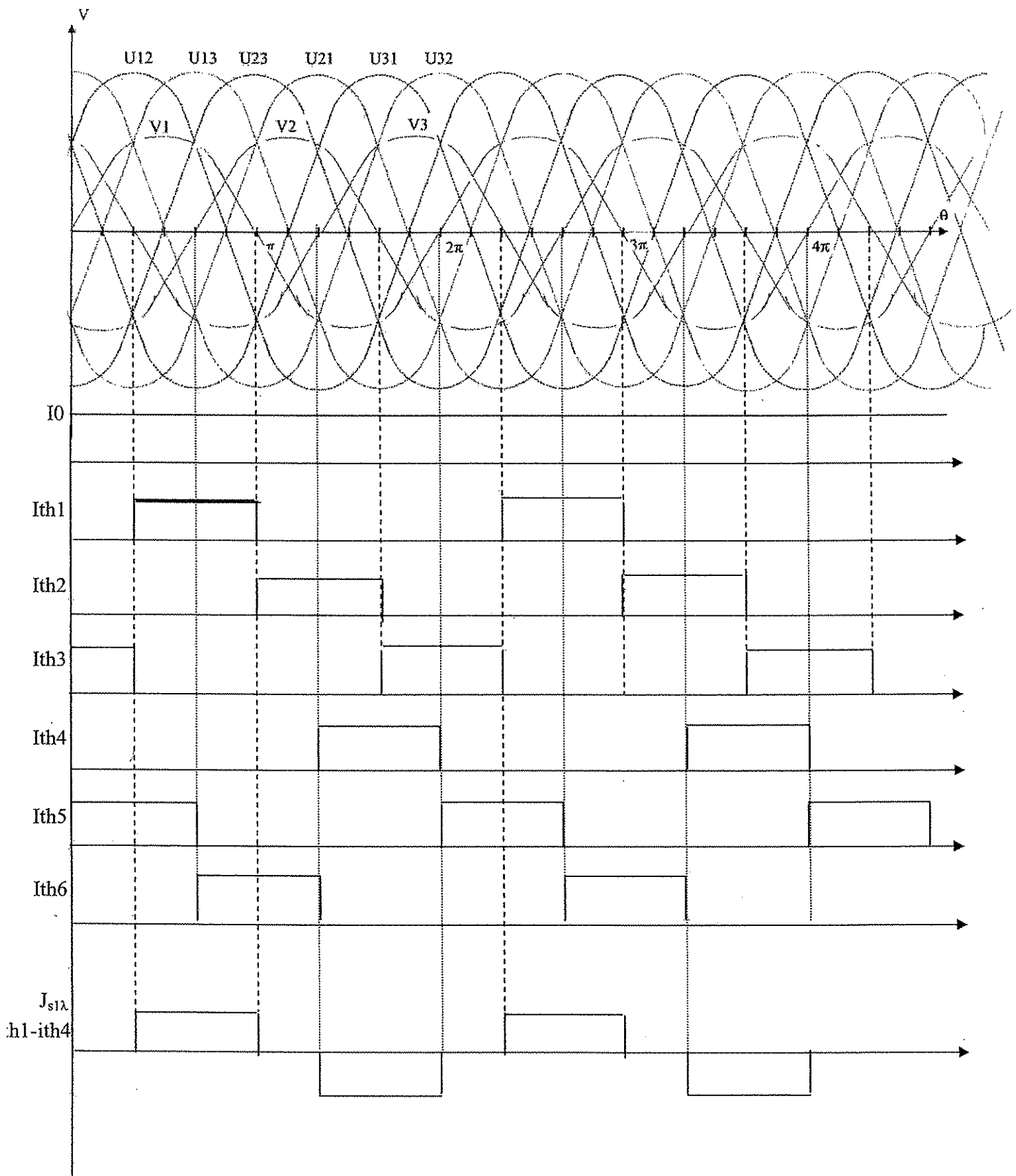


Partie B

DR B 1.5



DR B 1.7



Partie C : l'optimisation du temps de démarrage d'un moteur de levage.

Les différents ateliers de l'entreprise Duferco Coating sont équipés de palans électriques permettant de déplacer les différentes bobines de tôles et les divers outillages. Le document technique DT18 présente l'équipement électrique de l'un d'entre eux.

Il s'est posé le problème de la modernisation de cet équipement suite à un incendie qui a notamment détruit l'armoire de commande. D'un point de vue économique, il a été démontré qu'il était rentable de recâbler un coffret identique à l'original.

La détermination des valeurs des consignes des temporisateurs KM1 et KM12 du schéma électrique s'est alors posée.

L'étude suivante consiste à vérifier l'exactitude des réglages des deux temps de démarrage, $t_1 = 3,25$ s pour KM1 et $t_2 = 0,78$ s pour KM12.

Les données techniques :

Les caractéristiques nominales du moteur :

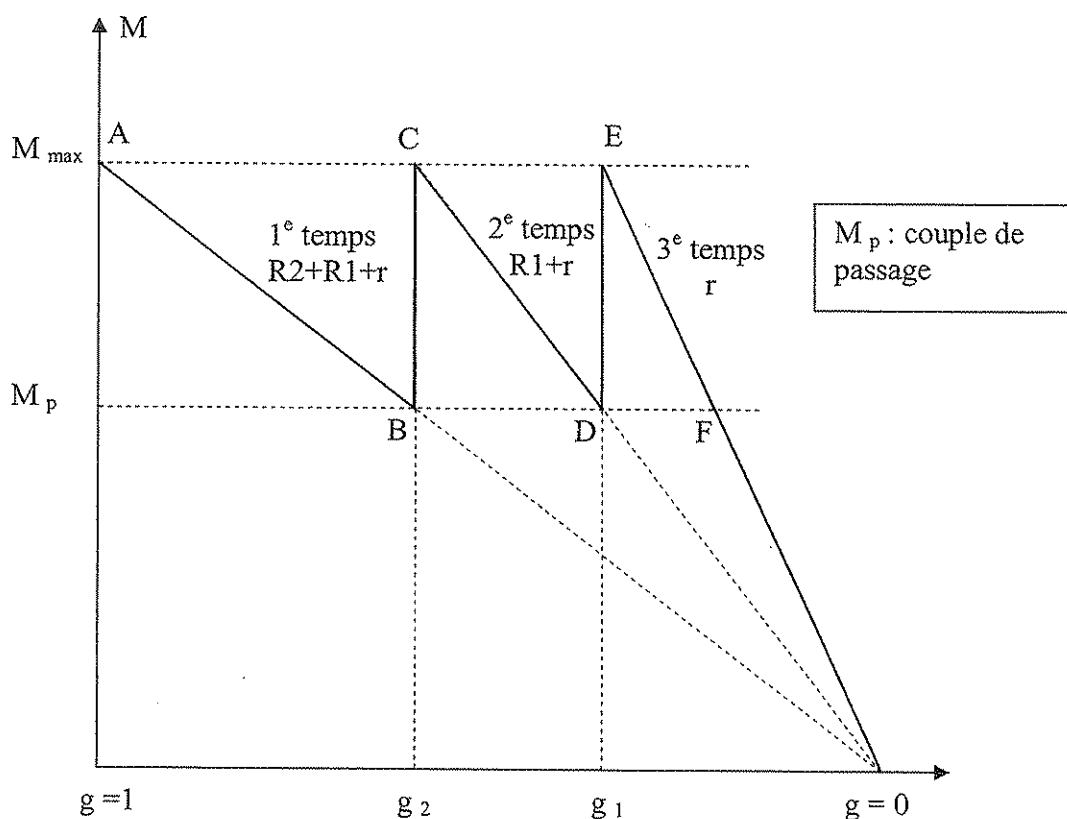
220 / 380 V 8,5 A 4 KW 25 Nm 1440 tr/min résistance d'une phase rotorique $r = 175 \text{ m}\Omega$

Le calcul de la résistance totale ($R_1 + R_2$) à insérer dans la phase du rotor lors du démarrage à fourni comme valeur $2,865 \Omega$.

La valeur du couple résistant du à la charge est de 7 Nm.

Le moment d'inertie total du palan en charge ramené à l'arbre du moteur est $J = 0,26 \text{ m}^2\text{kg}$.

La caractéristique $M f(g)$ attendue par le démarreur est figurée par le graphe ci-dessous.



C. 1. Détermination des équations du couple lors de la phase de démarrage.

C. 1. 1 Le couple électromagnétique du moteur asynchrone en charge s'exprime par la formule

$$M = \frac{3.r.g.m^2.V^2}{\Omega_s(r^2 + g^2.X^2)} . \text{ En ne considérant que cette formule et sachant que la valeur de } g \text{ est très}$$

faible devant les autres grandeurs démontrer que l'expression du couple devient $M = \frac{k.g}{r}$.

Pour la suite du problème on considère que $M = \frac{k.g}{r}$ pour chacun des trois temps de démarrage.

C 1.2 Ecrire l'équation du couple électromagnétique lors de la phase de démarrage A - B.

C 1.3 Ecrire l'équation du couple électromagnétique lors de la phase de démarrage C - D.

C 1.4 Ecrire l'équation du couple électromagnétique lors de la phase de démarrage E - F.

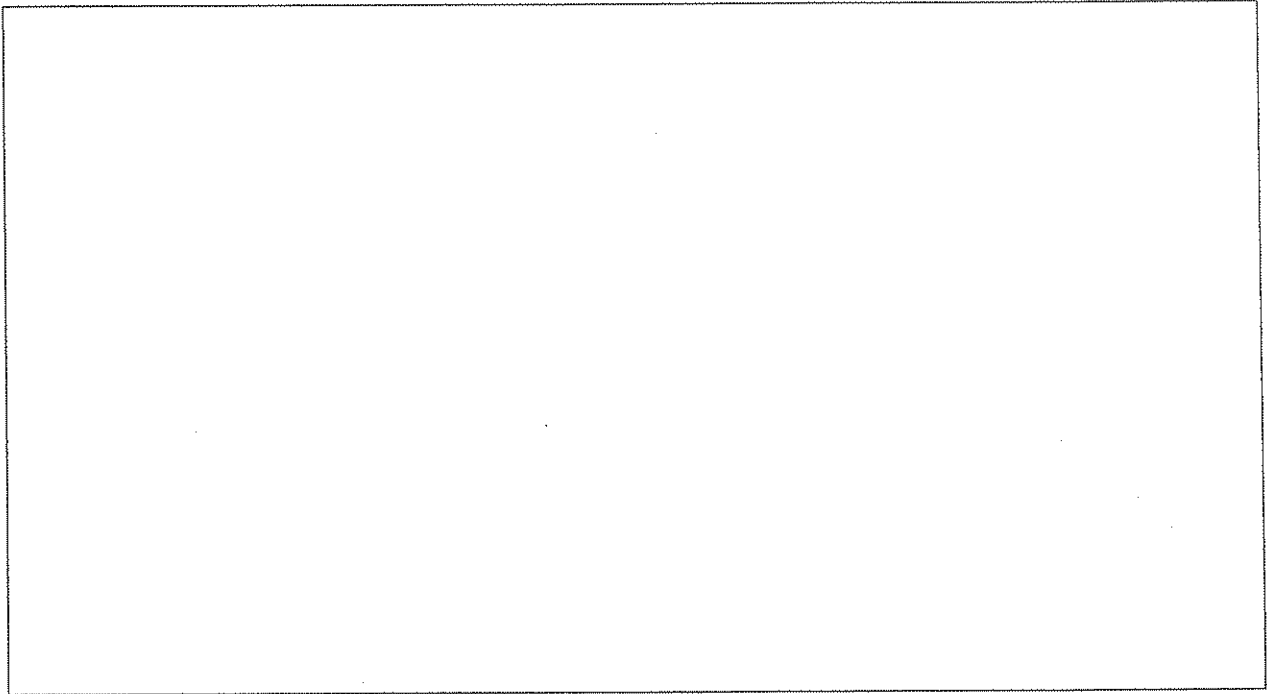
C. 2. Détermination des valeurs des glissements g_1 et g_2 et des résistances R_1 et R_2 .

Ces grandeurs se déduisent des trois équations des questions précédentes.

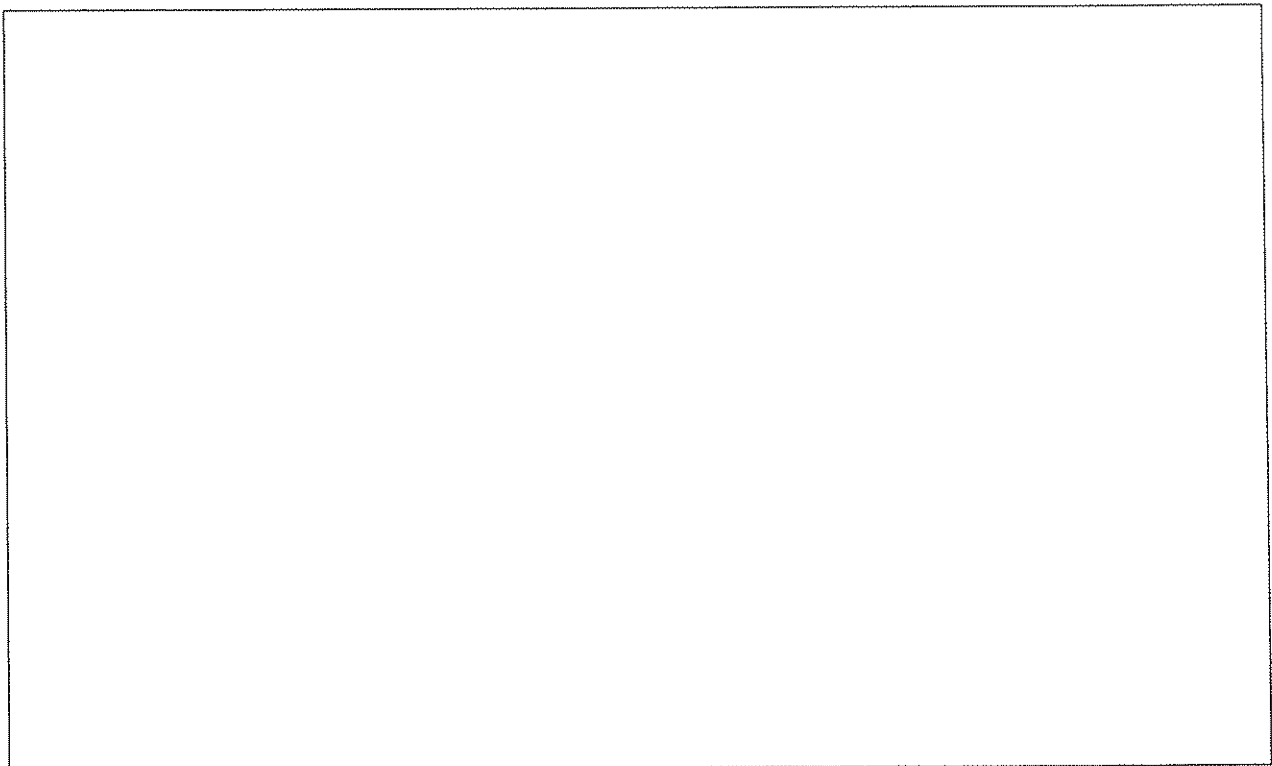
C 2.1 Déterminer la valeur de g_1 .

C 2.2 Déterminer une équation de g_2 en fonction de (r , R_1 , R_2 et g_1)

C 2.3 Déterminer une deuxième équation de g_2 en fonction de $(r, R1, R2)$



C 2.4 Dédire de ces deux équations la valeur de $R1$.



C 2.5 Déduire les valeurs de R_2 et g_2 .

C 3 . Détermination des valeurs des couples M_{max} et M_P

Au point de fonctionnement nominal de la machine, $M_n = 25\text{Nm}$ $n_n = 1440 \text{ tr/min}$

C 3.1 Calculer la valeur de la constante k du moteur asynchrone.

C 3.2 Calculer la valeur du couple maximum M_{max}

C 3.3 Calculer la valeur du couple de passage M_p

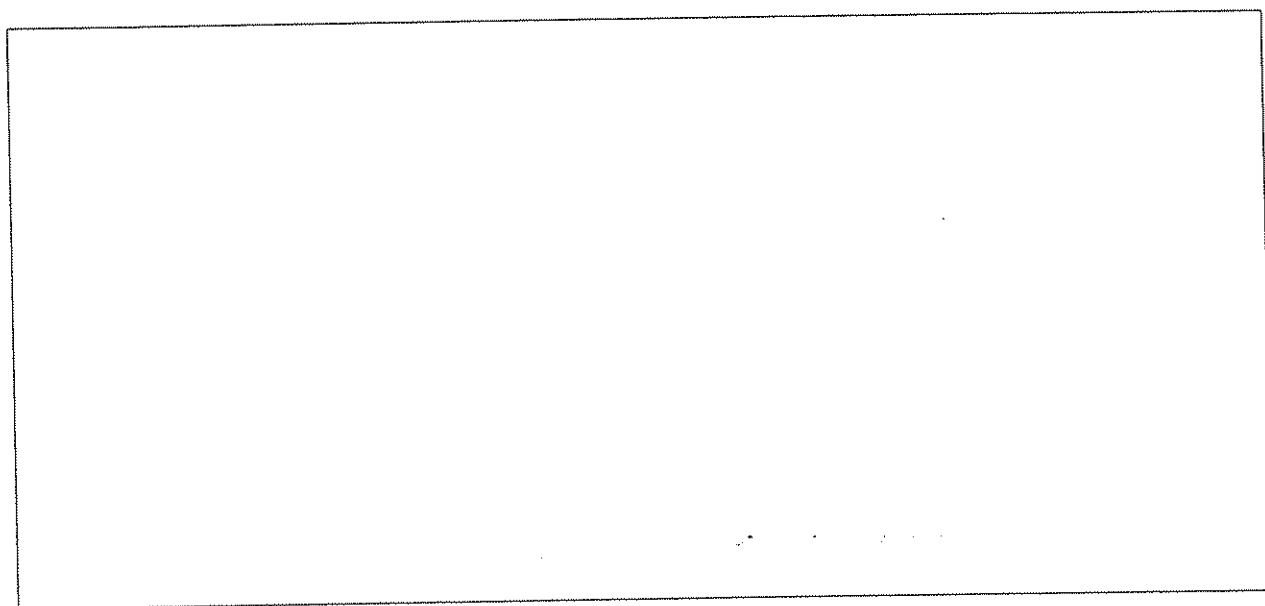
C 4. Détermination des temps de démarrage t_1 et t_2 .

Pour la suite du problème prendre $g_1 = 5,76\%$, $g_2 = 24\%$, $R_1 = 0,555\Omega$ et $R_2 = 2,31\Omega$

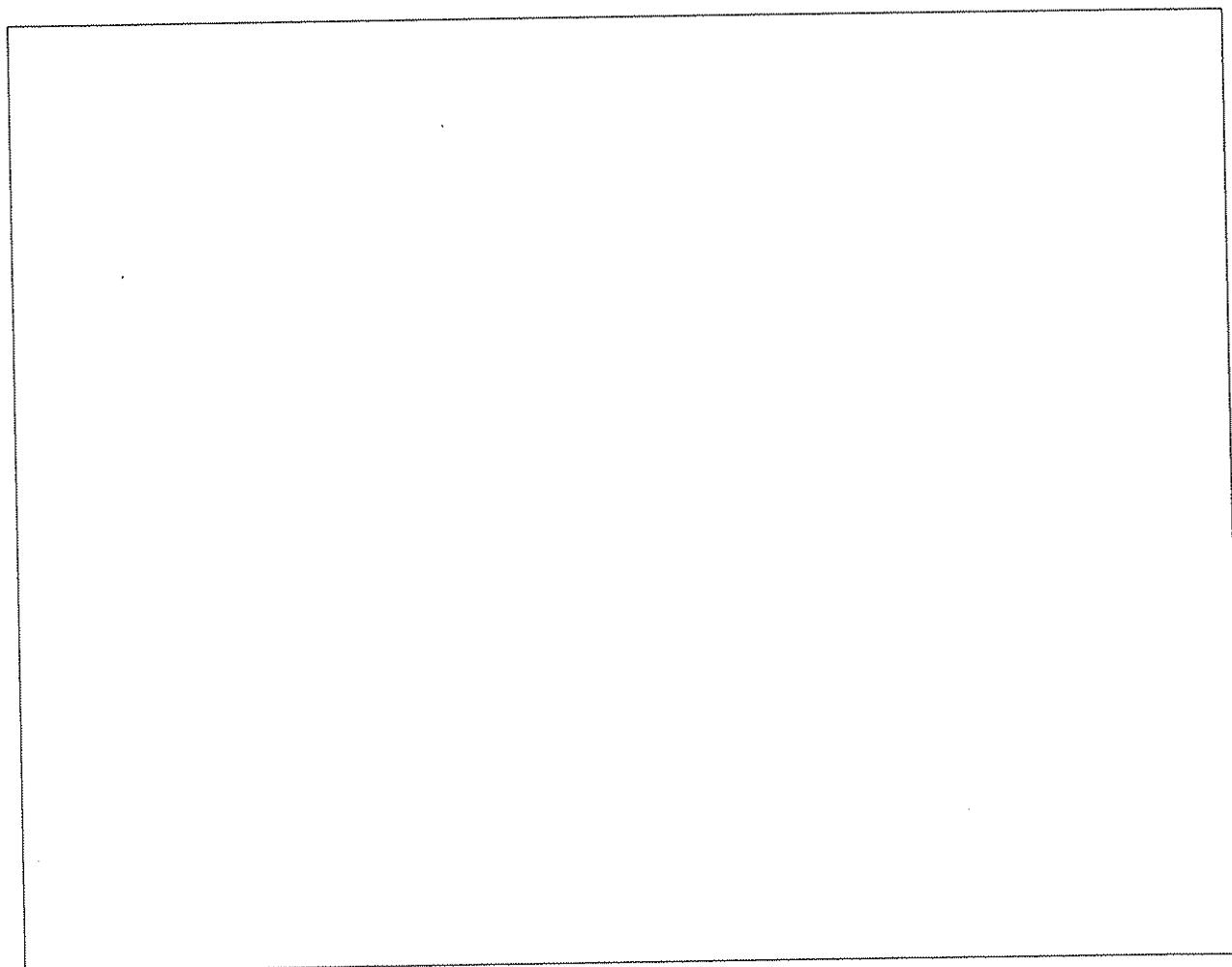
C 4.1 Pour la phase de démarrage, exprimer l'équation fondamentale de la dynamique liant couples, inertie, vitesse et temps.

C 4.2 Sachant que $\Omega = \Omega_s (1-g)$ et que $M_n = M_{\max} \cdot g$, exprimer $d\Omega / dg$

C 4.3 Dédurre la valeur du temps t_1 .



C 4.4 Calculer la valeur du temps t_2



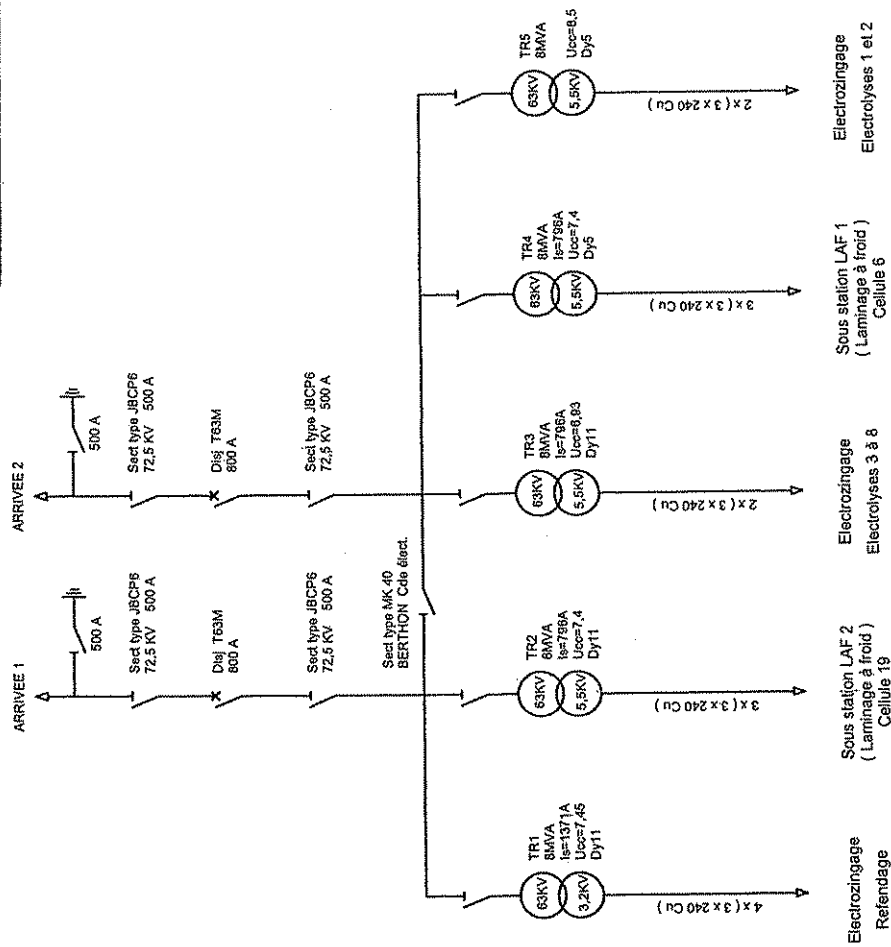
DOCUMENTATION TECHNIQUE

Le repérage des Documents Techniques

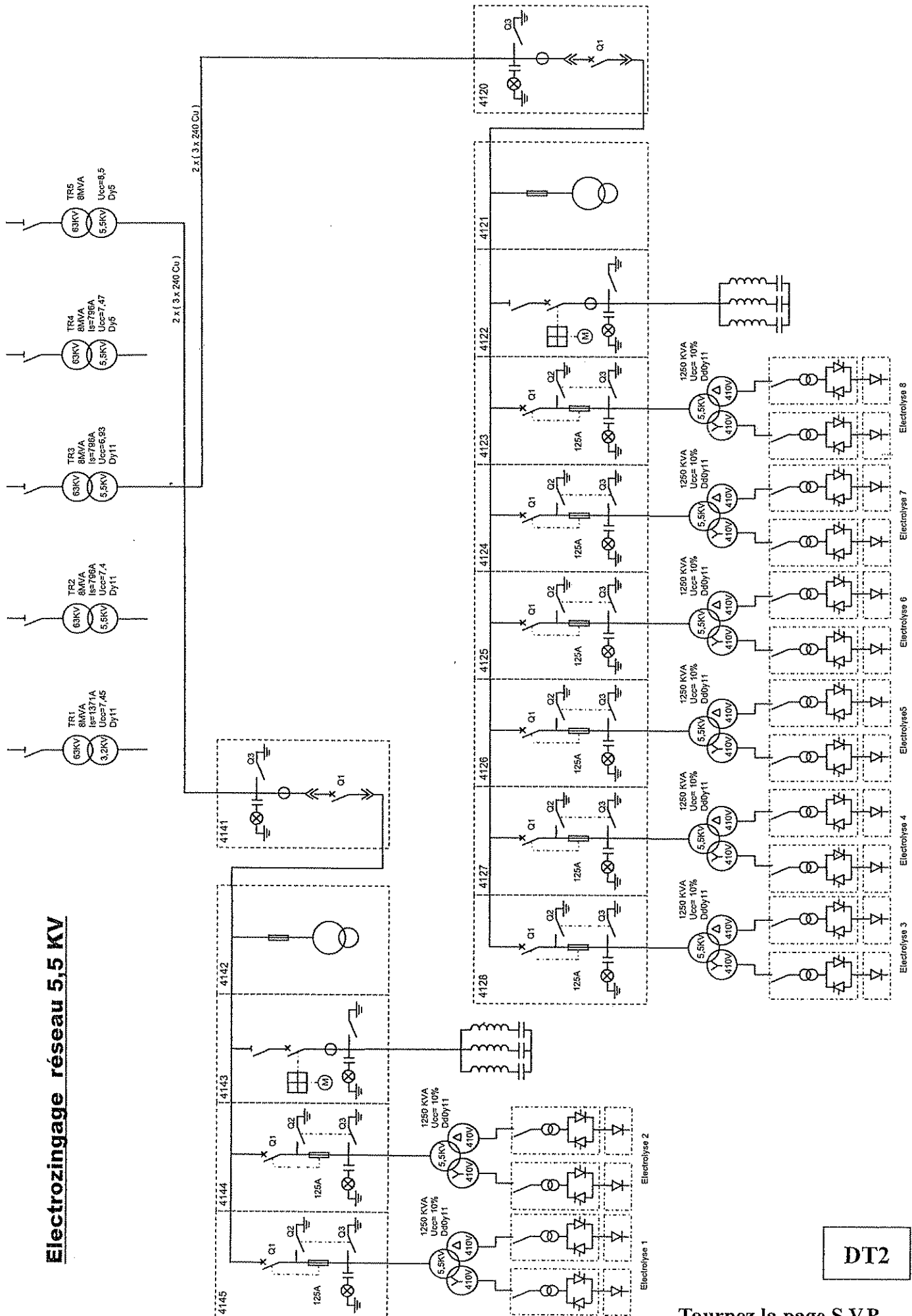
DT1 à DT6	Schéma HTA
DT7 à DT11	Relais homopolaires
DT12 à DT15	Câbles HTA
DT16	Normalisation sur les tensions harmoniques
DT17	Tôles magnétiques
DT18	Schéma de principe démarrage d'un palan électrique

Poste 63 KV d'alimentation

Puissance de court-circuit amont : $P_{cc} = 2\,040\text{ MVA}$



Electrozingage réseau 5,5 KV

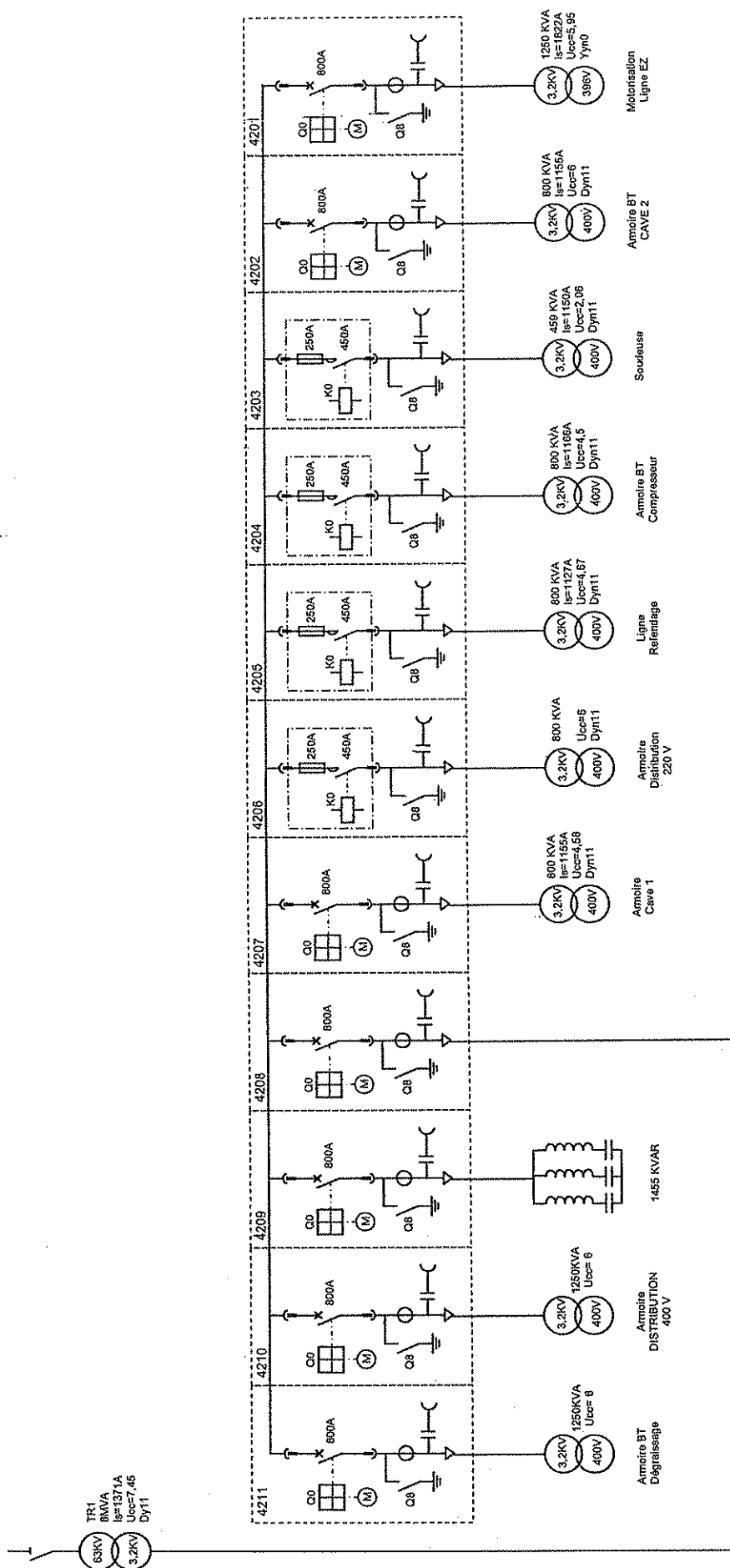


DT2

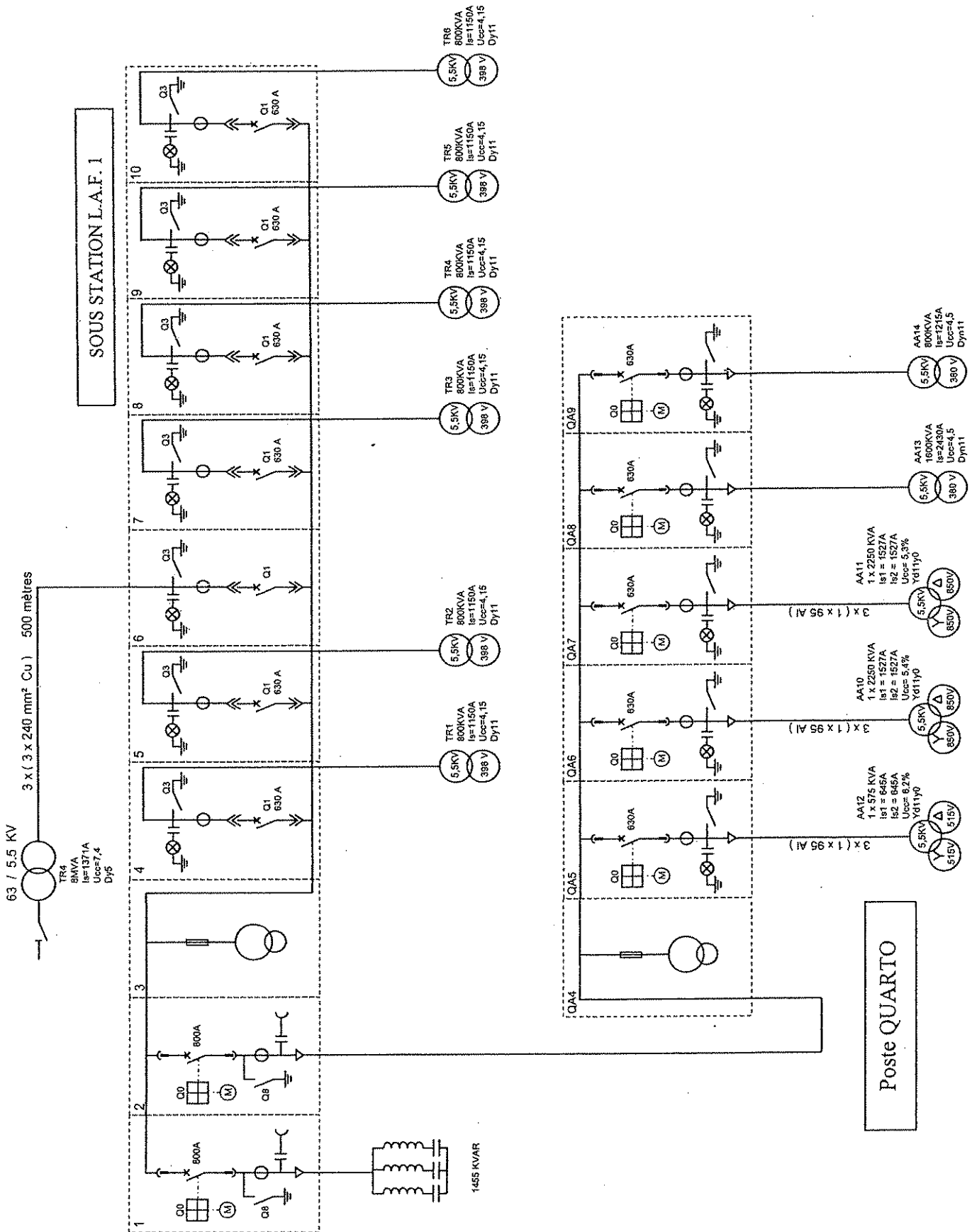
Tournez la page S.V.P.

Electrozingage réseau 3,2 KV

- 4 -

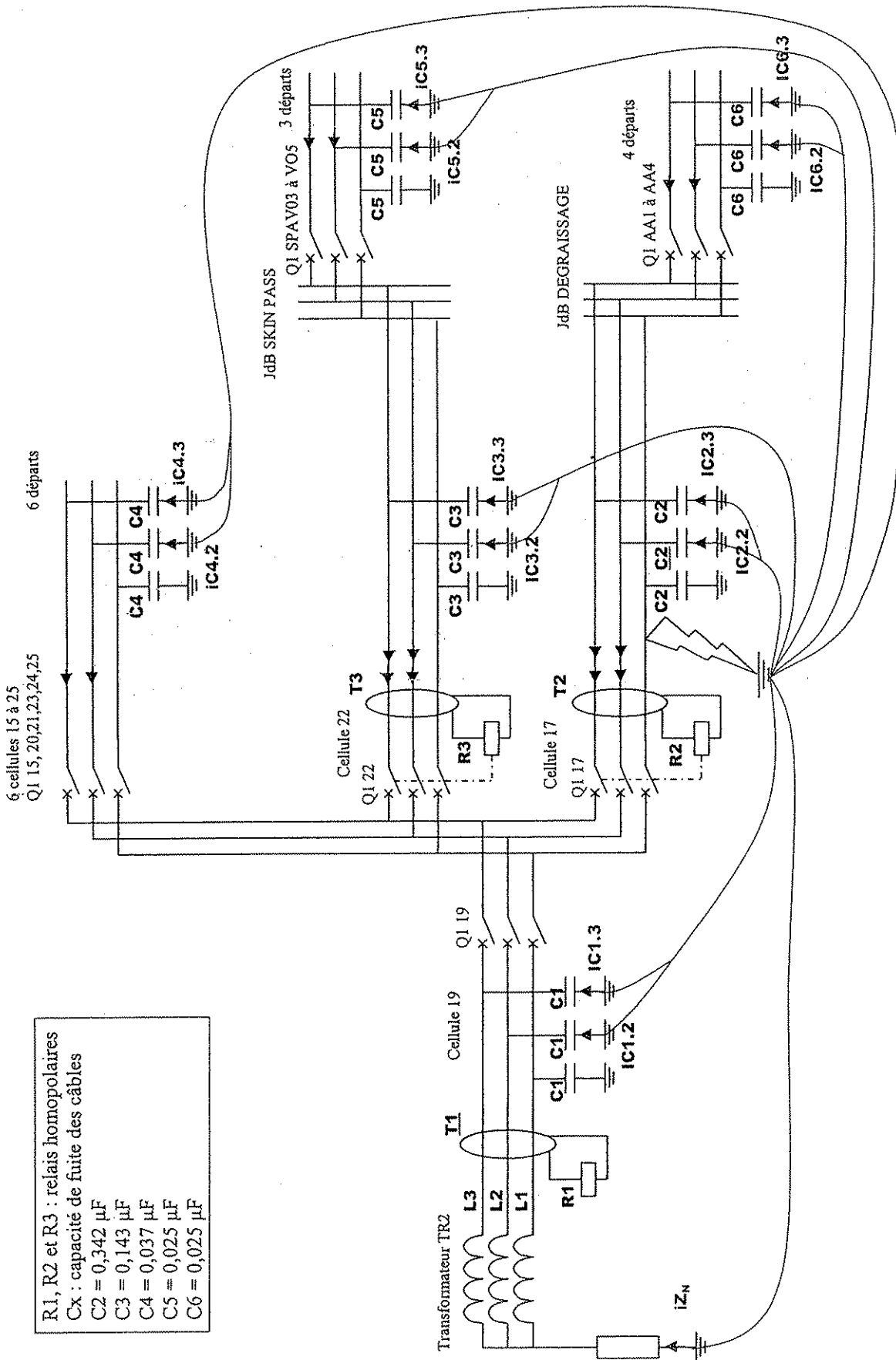


DT3



DT4

Schéma d'étude équivalent au réseau alimenté par le transformateur TR2.



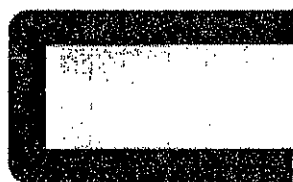
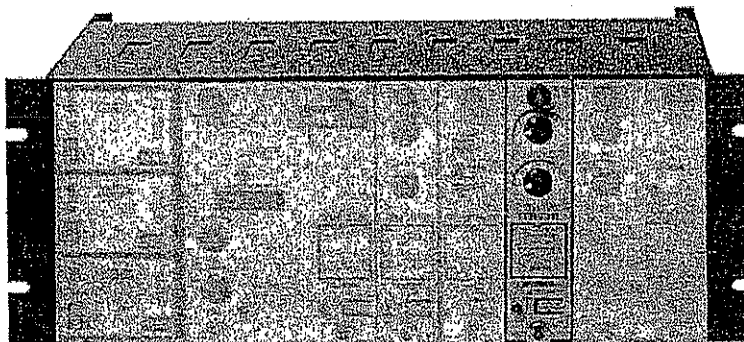
R1, R2 et R3 : relais homopolaires
 Cx : capacité de fuite des câbles
 C2 = 0,342 μ F
 C3 = 0,143 μ F
 C4 = 0,037 μ F
 C5 = 0,025 μ F
 C6 = 0,025 μ F

DT6

relais
sensibles
à maximum
de courant
homopolaire
alimentés
par un TC tore

*sensitive
zero sequence
relays
supplied
from a ring CT*

ITH 7111
ITG
7011/7111



**CONTINENTALE
D'EQUIPEMENTS
ELECTRIQUES**

DT7

relais
sensibles
à maximum
de courant homopolaire
alimentés par un TC tore
ITH 7111 - ITG 7011
et ITG 7111

sensitive
zero sequence
relays
supplied
from a ring CT
ITH 7111 - ITG 7011
and ITG 7111

Ces trois types de relais sont destinés essentiellement à assurer la protection contre les défauts à la terre des équipements électriques, aussi bien réseaux que transformateurs ou machines tournantes.

Ces relais doivent être alimentés à partir d'un TC tore spécifique CEE, se présentant en modèle ouvrant ou non ouvrant et dont le diamètre peut être compris entre 25 et 245 mm.

Ils bénéficient de l'expérience exceptionnelle que nous avons acquise depuis de nombreuses années en matière de relais à éléments de mesure statiques, dans tous types d'installations tant en France que dans de nombreux pays du monde et sous toutes conditions climatiques.

Ces relais sont tous trois présentés en boîtier modulaire, type R1 ; leur raccordement extérieur étant identique.

Ce boîtier peut être indifféremment monté :

- soit comme relais séparé (saillie ou encastré),
- soit par insertion dans un panier rack au standard de 19" regroupant les protections.

These three types of relays have been specifically designed for the protection of electrical equipment against zero sequence (earth or ground) faults, and are used for rotating machines, transformers, or throughout the network.

These relays must be supplied from a specific type of CEE ring transformer, of either the opening or non-opening type, and whose internal diameter may be in the range 25 to 245 mm.

They are the direct result of our exceptional experience with relays using static measuring elements, acquired over many years, in all types of installation in France and in many other countries throughout the world, and under all types of climatic conditions.

The relays are all supplied in a modular case type R1. The external wiring is the same for each.

This type of case may be mounted:

- either as a separate relay (projecting or flush mounted)
- or by insertion into a standard 19" rack cradle, grouping several protections.

Type du relais Type of relay	Sensibilité minimale Minimum sensitivity	Temps de réponse Operating time
ITH 7111	1 A	Temps indépendant réglable Adjustable independent time
ITG 7011	7 A	Instantané Instantaneous
ITG 7111	7 A	Temps indépendant réglable Adjustable independent time

La désignation de chacun de ces types répond au code ci-après :

- I = grandeur caractéristique : courant
T = éléments de mesure : transistorisé
G-H = utilisation : G générale
H homopolaire
- 7 = identification de la série en boîtier modulaire R.
0-1 = caractéristiques de temps : 0 instantané
1 indépendant
- 1 = nombre de mesures de la grandeur d'influence
1 = identification du type

The different types are designated according to the following code:

- I = characteristic quantity : current
T = measuring elements : transistorized
G-H = use : G general
H zero sequence
- 7 = identification of relays in the R type modular case
0-1 = operating time characteristic : 0 instantaneous
1 independent time
- 1 = number of measuring units for the characteristic quantity
1 = type identification

DT8

Tournez la page S.V.P.

PRINCIPAUX AVANTAGES

Éléments de mesure statiques à faible consommation permettant la détection de faibles courants et assurant une bonne précision en seuil et en temporisation.

Capacité de surcharge très importante.

Deux contacts de sortie de forte puissance avec indicateur mécanique de fonctionnement à réarmement manuel.

Boîtier modulaire de très grande robustesse et d'encombrement réduit. Plaque de signalisation avec inscriptions symbolisées de type international.

Protection pour environnement sévère : chaleur humide, air salin, moisissures, termites.

Insensibilité aux secousses sismiques : essais à 5 g selon norme IEEE 344.

Conformité à la norme CEI 255-3 relative aux relais de mesure à temps indépendant spécifié.

Capacité de stockage à très basse température (vérification par le L.C.I.E. à -57°C).

MAJOR ADVANTAGES

Static measuring elements with a very low burden on the transformers, and with high precision on pick-up level and time-delay.

Very high overload capacity.

Two high power output contacts with a hand reset mechanical operation indicator.

Very robust, small volume, modular case.

Nameplate with inscriptions using international symbols.

Protected against severe environments: heat and humidity, saline atmosphere, corrosion and mould, termites.

Insensitive to seismic shocks: tests at 5 g according to IEEE standard 344.

Conform to IEC standard 255-3 for independent specified time measuring relays.

May be stored at very low temperature (tests performed by the L.C.I.E. at -57°C).

APPLICATIONS

L'ITH 7111 est plus particulièrement destiné à la protection homopolaire des réseaux à neutre fortement impédant ou à neutre isolé d'étendue suffisante. Dans ce dernier cas, sa haute sensibilité lui permet d'assurer une protection sélective du départ, à partir de la surveillance des courants capacitifs de circulation des câbles. Ceci suppose cependant que le courant capacitif propre du départ protégé soit suffisamment faible par rapport au courant capacitif total du réseau en service (dans le cas contraire, il faut faire appel à une protection directionnalisée type ITD 7112).

Sa temporisation incorporée permet de l'adapter à plusieurs échelons de sélectivité (sans recours à un relais de temps extérieur).

L'ITG 7111 peut être indifféremment utilisé pour la protection d'un départ, pour la protection générale au point neutre d'un réseau, et pour la protection masse-cuve d'un transformateur (on peut, dans ce dernier cas, utiliser l'ITG 7011).

La capacité de surcharge de ces relais permet leur emploi dans des réseaux à fort courant de court-circuit.

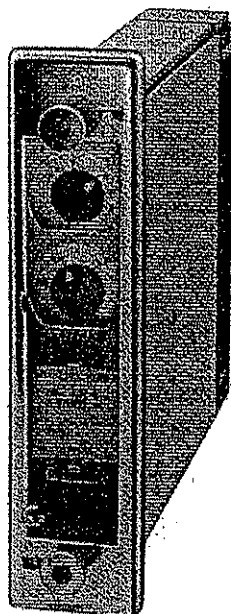
APPLICATIONS

The ITH 7111 has been specifically developed for protection of networks with high impedance earthed/grounded neutral or with an isolated neutral if the total network length is sufficient. In this latter case, its high sensitivity enables a selective protection to be ensured by measuring the capacitive currents flowing in the cables. This however imposes the limit that the feeder's own capacitive current is sufficiently low compared to that of the total network in operation. (In the event that this is not so, it is necessary to use a directional protection type ITD 7112).

Because of its incorporated time-delay, the ITG 7111 can be used for several selective zones without the use of any outside timer.

The ITG 7111 may be used equally well for feeder protection and general back-up protection on the neutral earthing/grounding point of a network, or for transformer tank protection (in this case, the ITG 7011 may be used).

These relays may be used in networks having high short-circuit currents, due to their very high overload capacity.



ITH 7111
montage encastré
flush mounting

MONTAGE

Indépendamment du montage encastré, dont la photo ci-contre montre un exemple de boîtier prévu à cet effet, tous les relais des séries ITH 7111 et ITG 7011/7111 peuvent être montés en saillie ou insérés dans un rack de 19".

MOUNTING

As well as flush mounting - the photograph opposite shows an example of a case equipped for this - all relays in the ITH 7111 and ITG 7011/7111 series may be projection mounted, or inserted into a 19" rack.

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

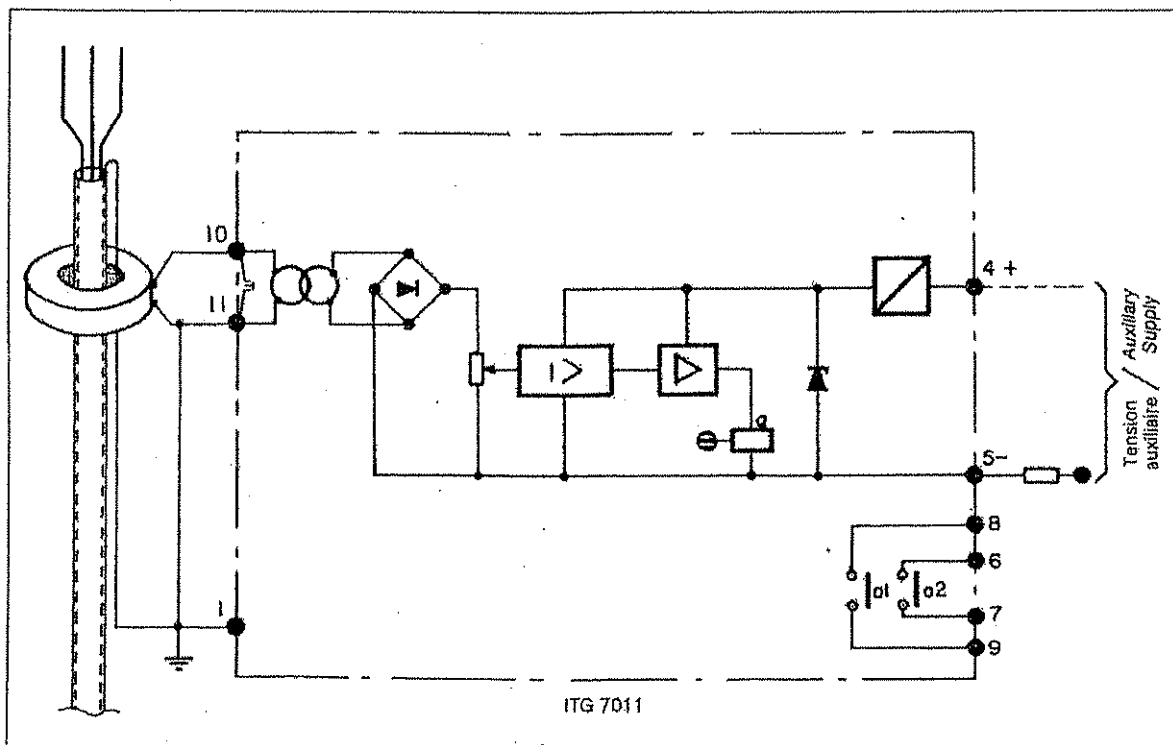
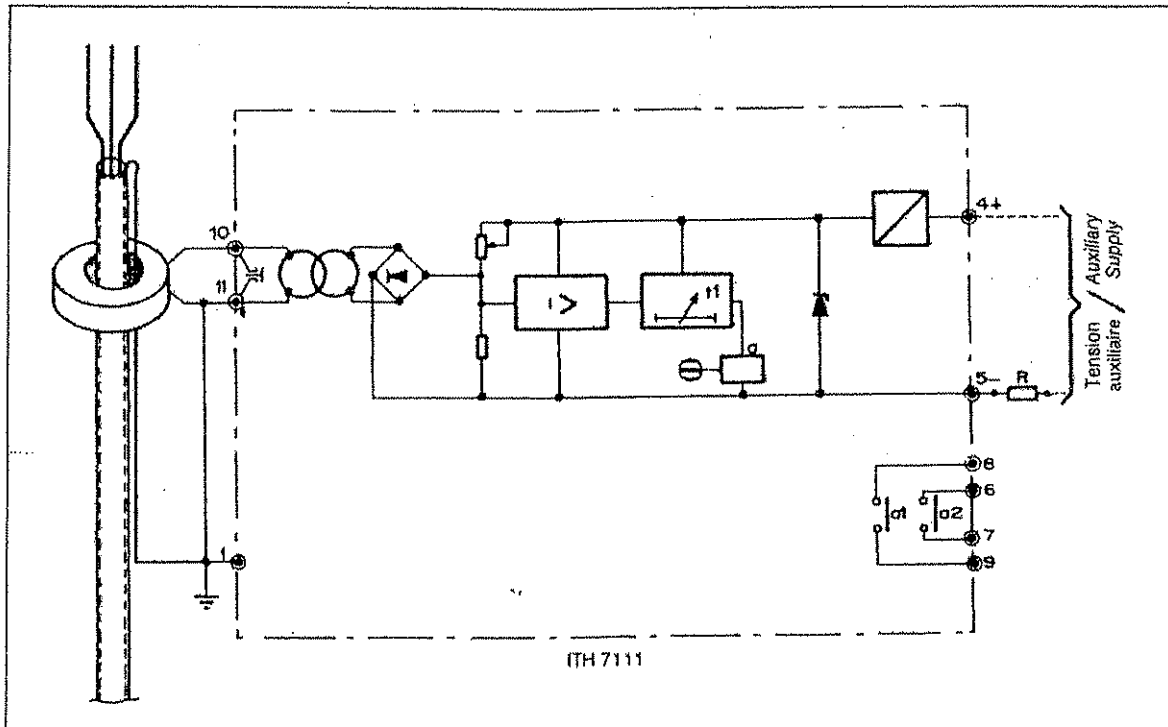
ITG 7011/7111

ITH 7111

1	Gammes de réglage en courant primaire du tore (réglage continu)	7 à 20 A ou 10 à 40 A	1 à 4 ou 3 à 8 A
2	Gammes de réglage de temporisation (réglage continu) ..	0,1-1 s 0,3-3 s 1-10 s	0,1-04, s 0,3-1,2 s
3	Indice de classe de précision aux valeurs de référence des facteurs d'influence : • en courant	5 %	8 %
	• en temps	5 %	5 %
4	Pourcentage de dégagement	> 95 %	> 95 %
5	Dérive maximale à l'intérieur des domaines suivants : • température : - 5° à + 50°	} en courant : 6 % } en temps : 5 % ou 20 ms	} en courant : 10 % } en temps : 5 % ou 20 ms
	• fréquence : $F_n \pm 5$ Hz		
	• tension auxiliaire : 80 à 110 % de U_n		
6	Domaine de température pour lequel le fonctionnement du relais est garanti	- 10° à + 50 °C	- 10° à + 50 °C
7	Surcharge (courant primaire du tore) : • 1s	20 000 A	20 000 A
	• permanente	3 Ir	600 A
8	Tension auxiliaire	24 ou 48 ou 60 ou 110 ou 125 ou 220 V CC + 10 % - 20 % 100 ou 110 ou 127 ou 220 V CA + 10 % - 20 % 50 ou 60 Hz	24 ou 48 ou 60 ou 110 ou 125 ou 220 V CC + 10 % - 20 % 100 ou 110 ou 127 ou 220 V CA + 10 % - 20 % 50 ou 60 Hz
	• Consommation	4,5 W sous 125 V CC 4,8 VA sous 127 V CA	4,5 W sous 125 V CC 4,8 VA sous 127 V CA
9	Contacts de sortie (ITG et ITH) • pouvoir de fermeture	<i>En alternatif</i> 2500 VA avec max. de 10 A ou 500 V 1250 VA avec max. de 5 A ou 500 V 5 A	<i>En continu</i> 2500 W avec max. de 10 A ou 500 V 100 W résistif ou 50 W inductif avec max. de 3 A ou 500 V 5 A
	• pouvoir de coupure		
	• courant de service continu		
10	Voyant mécanique à réarmement manuel	oui	oui
11	Isolément (ITG et ITH) : - Tenue diélectrique : • Entre toutes les bornes réunies et la masse	2 kV - 50 ou 60 Hz pendant 1 minute	
	• Entre les bornes entrées courant et toutes les autres bornes réunies	2 kV - 50 ou 60 Hz pendant 1 minute	
	- Tenue à la tension de choc en mode commun et en mode différentiel	5 kV crête - 1,2/50 μ s selon classe III CEI 255-4 annexe E	
12	Insensibilité aux perturbations-haute fréquence (ITG et ITH)	2,5 et 1 kV - 1MHz selon classe III CEI 255-4 annexe E	
13	Boîtier	R1	R1
14	Schéma d'identification à utiliser pour toute commande ..	ITG 7011 : 8776 ITG 7111 : 8773	ITH 7111 : 8841
15	Masse	2,5 kg	2,5 kg

FONCTIONNEMENT/OPERATION

Exemples de schémas de fonctionnement simplifié et de raccordement
Examples of simplified operation and connection diagrams





IEC 60502-2 / NF C 33-220 3.6/6 (7.2) kV

Câbles HTA 3.6/6 kV cuivre ou aluminium

Description

Utilisation

Le câble IEC 60502-2 est destiné à la distribution publique moyenne tension HTA 3.6/6 kV.

Description

Il est constitué de 1 conducteur de phase non armé ou de 3 conducteurs de phase non-armés.

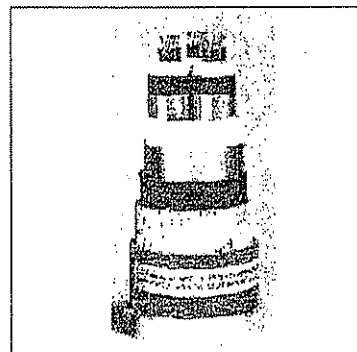
Isolation

Le procédé de réticulation du polyéthylène garantit :

- une excellente tenue à la température (90 °C)
- une grande résistance mécanique
- une excellente tenue aux courts-circuits (250 °C)
- une très bonne tenue au froid

Conditionnement

Tous types de tourets bois ou métal douvés ou non jusqu'à 3,40 m de diamètre et 12 t de poids total.



Normes

Internationales IEC 60228;
IEC 60332-1; IEC 60502-2
Nationales NF C 33-220

Informations complémentaires




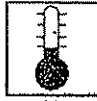

Nous consulter pour toute autre variante de câbles.

Hypothèse de calcul (pays tempérés):

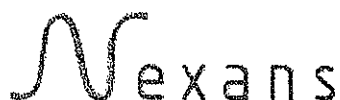
- Température de l'air : 30°C
- Température du sol : 20°C
- Résistivité thermique du sol : 0.85 °K.m/W
- Profondeur de pose : 0.80 m

Contact

Nexans - Câbles de Réseaux de
Distribution et de Branchement
2-10 rue Mozart
92587 Clichy
France
Téléphone: +33 1 5562 7151
Eric.Francey@nexans.com

				
Résistance mécanique aux chocs Bonne	Flexibilité du câble Rigide	Résistance aux intempéries Bonne	Température ambiante d'utilisation, page -20 ... 60 °C	Non propageateur de la flamme IEC 60332-1

Toutes les informations et les caractéristiques dimensionnelles et électriques affichées sur les documents commerciaux et les fiches techniques de Nexans ne sont données qu'à titre indicatif et ne sont pas contractuelles. Elles sont donc susceptibles de modification sans préavis.



IEC 60502-2 / NF C 33-220 3.6/6 (7.2) kV

Câbles HTA 3.6/6 kV cuivre ou aluminium

Description

Utilisation

Le câble IEC 60502-2 est destiné à la distribution publique moyenne tension HTA 3.6/6 kV.

Description

Il est constitué de 1 conducteur de phase non armé ou de 3 conducteurs de phase non-armés.

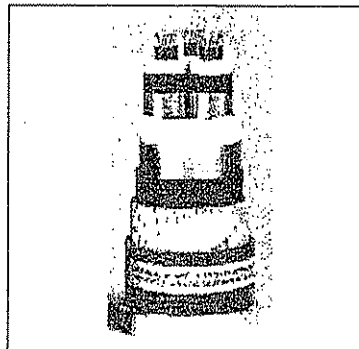
Isolation

Le procédé de réticulation du polyéthylène garantit :

- une excellente tenue à la température (90 °C)
- une grande résistance mécanique
- une excellente tenue aux courts-circuits (250 °C)
- une très bonne tenue au froid

Conditionnement

Tous types de tourets bois ou métal dourvés ou non jusqu'à 3,40 m de diamètre et 12 t de poids total.



Normes

Internationales IEC 60228;
IEC 60332-1; IEC 60502-2
Nationales NF C 33-220

Informations complémentaires

Nous consulter pour toute autre variante de câbles.

Hypothèse de calcul (pays tempérés):

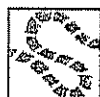
- Température de l'air : 30°C
- Température du sol : 20°C
- Résistivité thermique du sol : 0.85 °K.m/W
- Profondeur de pose : 0.80 m

Contact

Nexans - Câbles de Réseaux de
Distribution et de Branchement
2-10 rue Mozart
92587 Clichy
France
Téléphone: +33 1 5562 7151
Eric.Francey@nexans.com



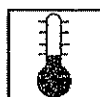
Résistance mécanique aux
chocs
Bonne



Flexibilité du câble
Bonne



Résistance aux
intempéries
Bonne



Température ambiante d'utilisation,
page
-20 .. 60 °C



Non propagateur de la
flamme
IEC 60332-1

Tous les informations et les caractéristiques dimensionnelles et électriques affichées sur les documents commerciaux et les fiches techniques de Nexans ne sont données qu'à titre indicatif et ne sont pas contractuelles. Elles sont donc susceptibles de modification sans préavis.



IEC 60502-2 / NF C 33-220 3.6/6 (7.2) kV

Caractéristiques techniques des câbles 3 conducteurs

Sectio n mm ²	Diam. conducteur mm	Diam. sur isolation mm	Diam. extérieur max. mm	Masse approx. kg/km	Rayon co urbure cours de pose mm	Rayon courbure min. utilisation statique mm	Capacité nom./phase µF / km	Inductanc e nom. mH/km	Résistanc e à 90°C en trié Ohm/km
35	7,0	13,2	44,0	3330	620,0	310,0	0,28	0,43	0,668
50	8,1	14,3	47,0	3920	660,0	330,0	0,31	0,4	0,494
70	9,8	16,0	51,0	4880	720,0	360,0	0,36	0,39	0,342
95	11,5	17,7	56,0	6040	780,0	390,0	0,41	0,36	0,247
120	12,8	19,0	59,0	7050	820,0	410,0	0,44	0,36	0,196
150	14,3	20,5	63,0	8190	880,0	440,0	0,48	0,35	0,159
185	15,9	22,1	67,0	9550	940,0	470,0	0,53	0,34	0,128
240	18,4	24,8	73,0	12010	1020,0	510,0	0,57	0,33	0,098
300	20,5	27,7	80,0	14720	1120,0	560,0	0,56	0,31	0,079



IEC 60502-2 / NF C 33-220 3.6/6 (7.2) kV

Caractéristiques

Caractéristiques de construction

Forme de l'âme	Circulaire
Flexibilité de l'âme	Câblée classe 2
Matière du semi-conducteur extérieur	Extrudé pelable
Isolation	XLPE or ERP
Matière du semi-conducteur intérieur	Semi-conducteur extrudé
Ecran	Ruban cuivre
Matière constituant l'étanchéité longitudinale	Aucune
Gaine extérieure	PVC
Couleur de la gaine	Rouge

Caractéristiques électriques

Tension de service nominale U_0/U	3,6 / 6 kV
Résistivité thermique de l'isolant	3,5 °K.m/W
Permittivité relative de l'isolant	2,5
Facteur de pertes ($\tan \delta \max$)	40E-04

Caractéristiques mécaniques

Résistance mécanique aux chocs	Bonne
Flexibilité du câble	Rigide

Caractéristiques d'utilisation

Température maximale sur l'âme en court circuit	250 °C
Température maximale sur l'âme	90 °C
Résistance aux intempéries	Bonne
Anti-termite	Non
Température ambiante d'utilisation, plage	-20 .. 60 °C
Non-propagateur de la flamme	IEC 60332-1

Caractéristiques des câbles mono-conducteurs

Section n mm ²	Diam. conducteur mm	Diam. sur isolation mm	Diam. extérieur max. mm	Masse approx. kg/km	Rayon co- urbure cours de pose mm	Rayon courbure min utilisation statique mm	Capacité nom./phase $\mu F / km$	Inductanc e nom. mH/km	Résistanc e âme A. C 90 °C - en tréfle Ohm/km
35	7,0	13,2	19,0	610	380,0	190,0	0,28	0,38	0,668
50	8,1	14,3	20,0	780	400,0	200,0	0,31	0,36	0,494
70	9,8	16,0	22,0	990	440,0	220,0	0,36	0,34	0,342
95	11,5	17,7	24,0	1260	480,0	240,0	0,41	0,32	0,247
120	12,8	19,0	26,0	1520	500,0	250,0	0,44	0,31	0,196
150	14,3	20,5	27,0	1810	540,0	270,0	0,48	0,3	0,159
185	15,9	22,1	29,0	2150	580,0	290,0	0,53	0,29	0,128
240	18,4	24,8	32,0	2780	640,0	320,0	0,57	0,29	0,098
300	20,5	27,7	35,0	3440	700,0	350,0	0,56	0,27	0,079
400	23,2	31,2	39,0	4340	780,0	390,0	0,58	0,27	0,063
500	26,2	34,6	43,0	5480	860,0	430,0	0,61	0,27	0,051

Toutes les informations et les caractéristiques dimensionnelles et électriques affichées sur les documents commerciaux et les fiches techniques de Nexans ne sont données qu'à titre indicatif et ne sont pas contractuelles. Elles sont donc susceptibles de modification sans préavis.

DT14

Tournez la page S.V.P.

Limites normalisées des tensions harmoniques

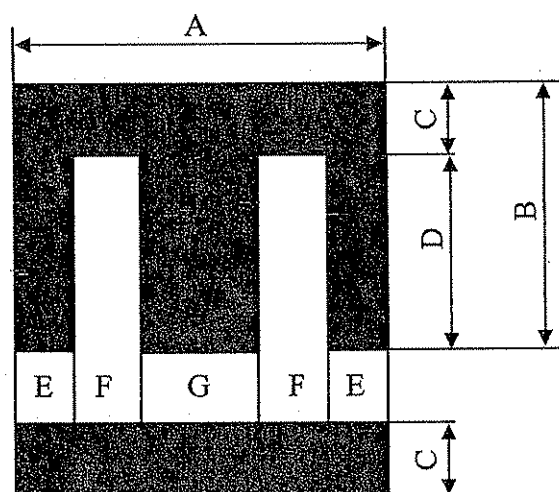
Harmoniques impairs non multiples de 3		Harmoniques impairs multiples de 3		Harmoniques pairs	
Rang harmonique n	Tension harmonique en %	Rang harmonique n	Tension harmonique en %	Rang harmonique n	Tension harmonique en %
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1.5	4	1
11	3.5	15	0.3	6	0.5
13	3	21	0.2	8	0.5
17	2	>21	0.2	10	0.5
19	1.5			12	0.2
23	1.5			>12	0.2
25	1.				
>25	$0.2+0.5*25/n$				

DT16

TOLES MAGNETIQUES

Dimensions en mm - qualités- poids spécifiques des tôles

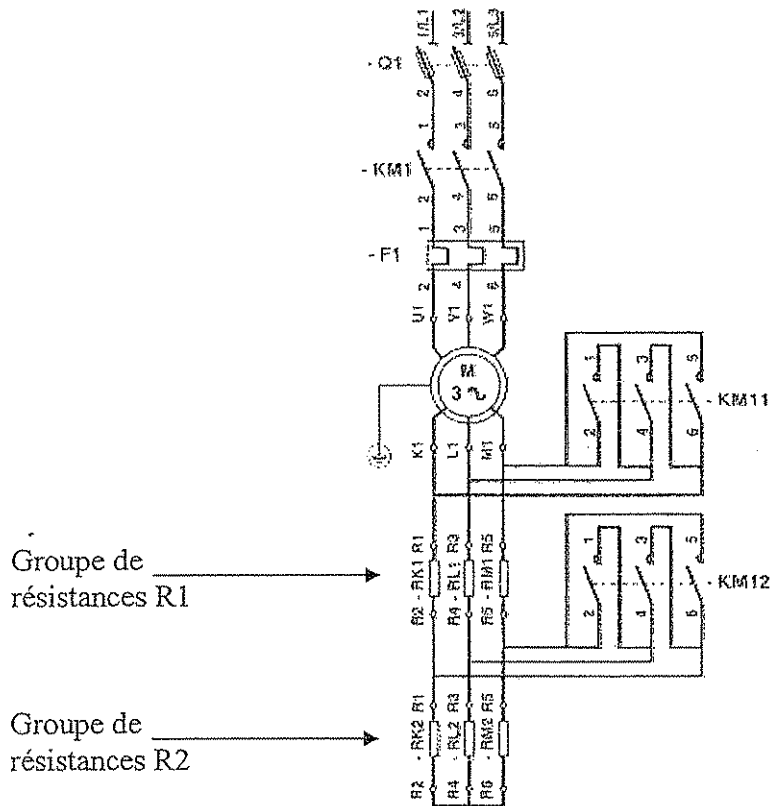
Circuit	A	B	C	D	E	F	G
15	15	8	2	6	2	3.5	4
19.2	19.2	13.4	2.4	11	2.4	4.8	4.8
25.6	25.6	15.8	3.3	12.5	3.3	6.3	6.4
30	30	22	4	18	4	7	8
32	32	23.2	4.5	19	4.5	7	9
38	44	29	9	22	8	8	14
44	65.5	35	9	26	8.7	8.7	17.5
60	60	40	10	30	10	10	20
75	75	50	12.5	37.5	12.5	12.5	25
84	84	56	14	42	14	14	28
96	96	63.7	16	47.5	16	16	31.8
108	108	72	18	54	18	18	36
126	126	84	21	63	21	21	42
150	150	100	25	75	25	25	50
180	180	120	30	90	30	30	60
240	240	160	40	120	40	40	80
300	300	200	50	150	50	50	100
360	360	240	60	180	60	60	120
420	420	280	70	210	70	70	140
480	480	320	80	240	80	80	160
540	540	360	90	270	90	90	180



DT17

Schéma de principe du démarreur du palan électrique

SCHEMA DÉVELOPPÉ DE LA PUISSANCE



SCHEMA DÉVELOPPÉ DE LA COMMANDE

