

Eléments de corrigé : partie C

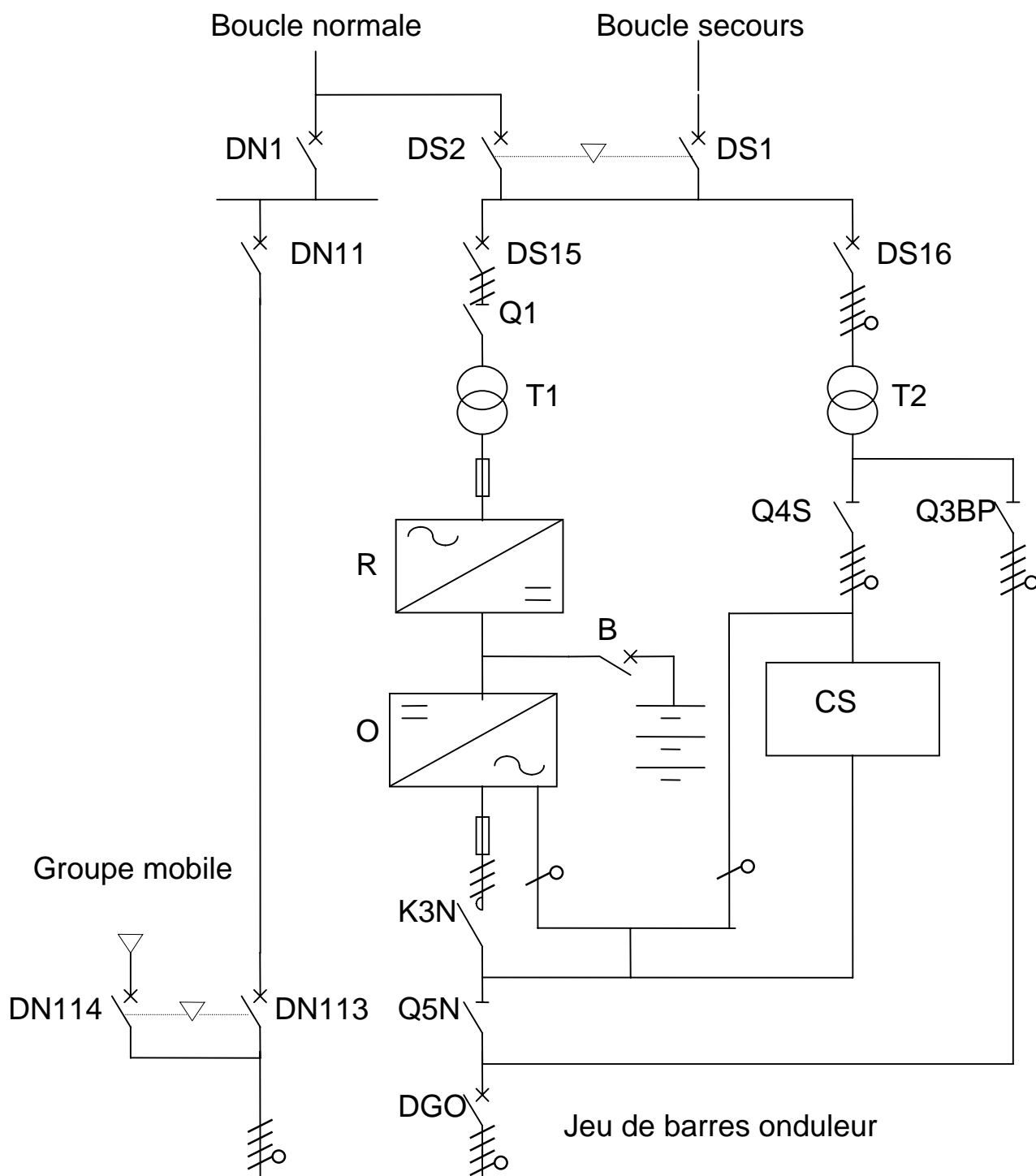
C1- Raccordement de l'onduleur : documents n° 5,6,7 et n° 17,18

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

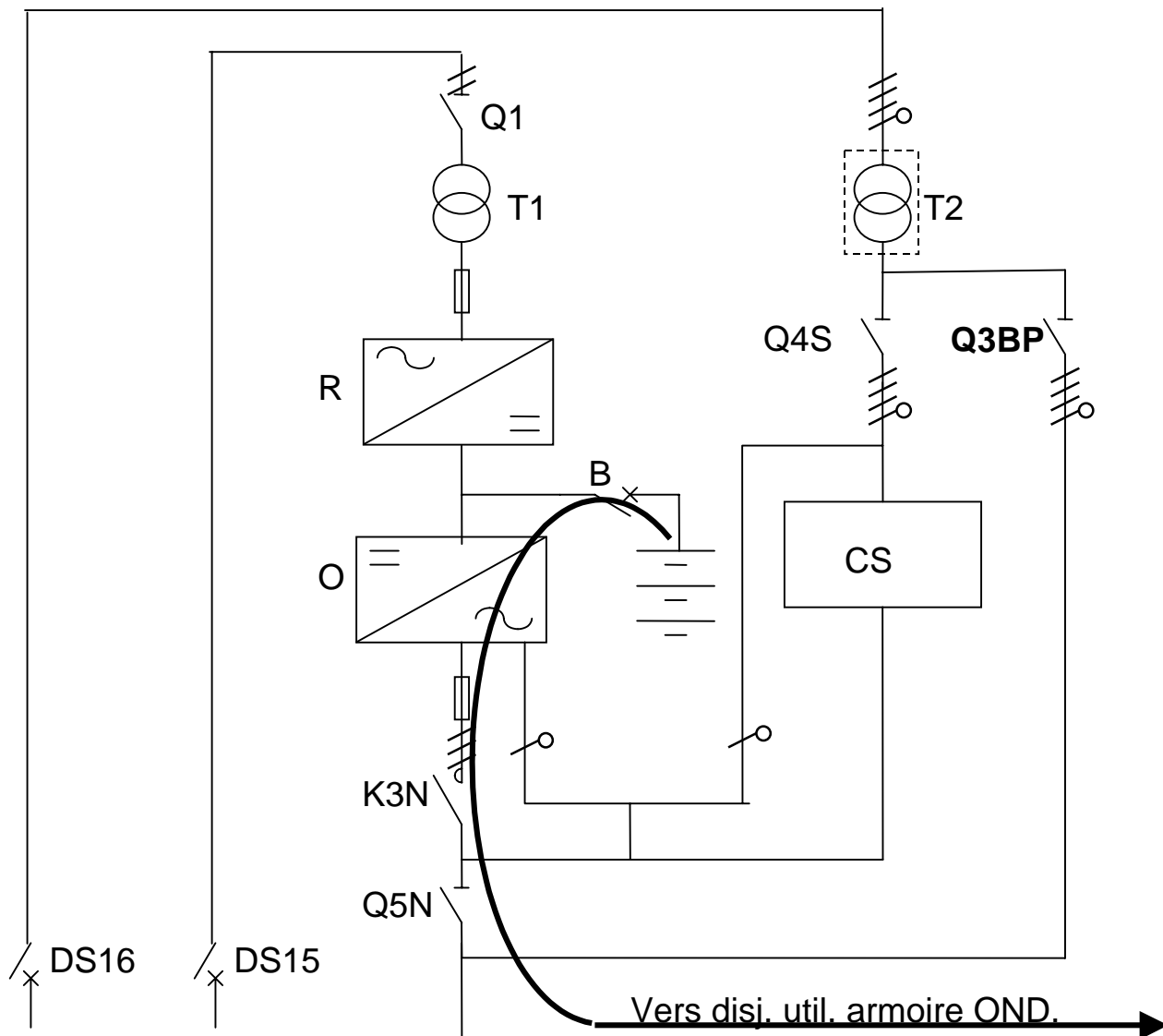
Le schéma des liaisons à la terre est de type IT.

- C11** Tracer le schéma de principe unifilaire de l'ASI entre :
 les distributions « normale » et « secours » en B.T.
 le jeu de barre « onduleur »

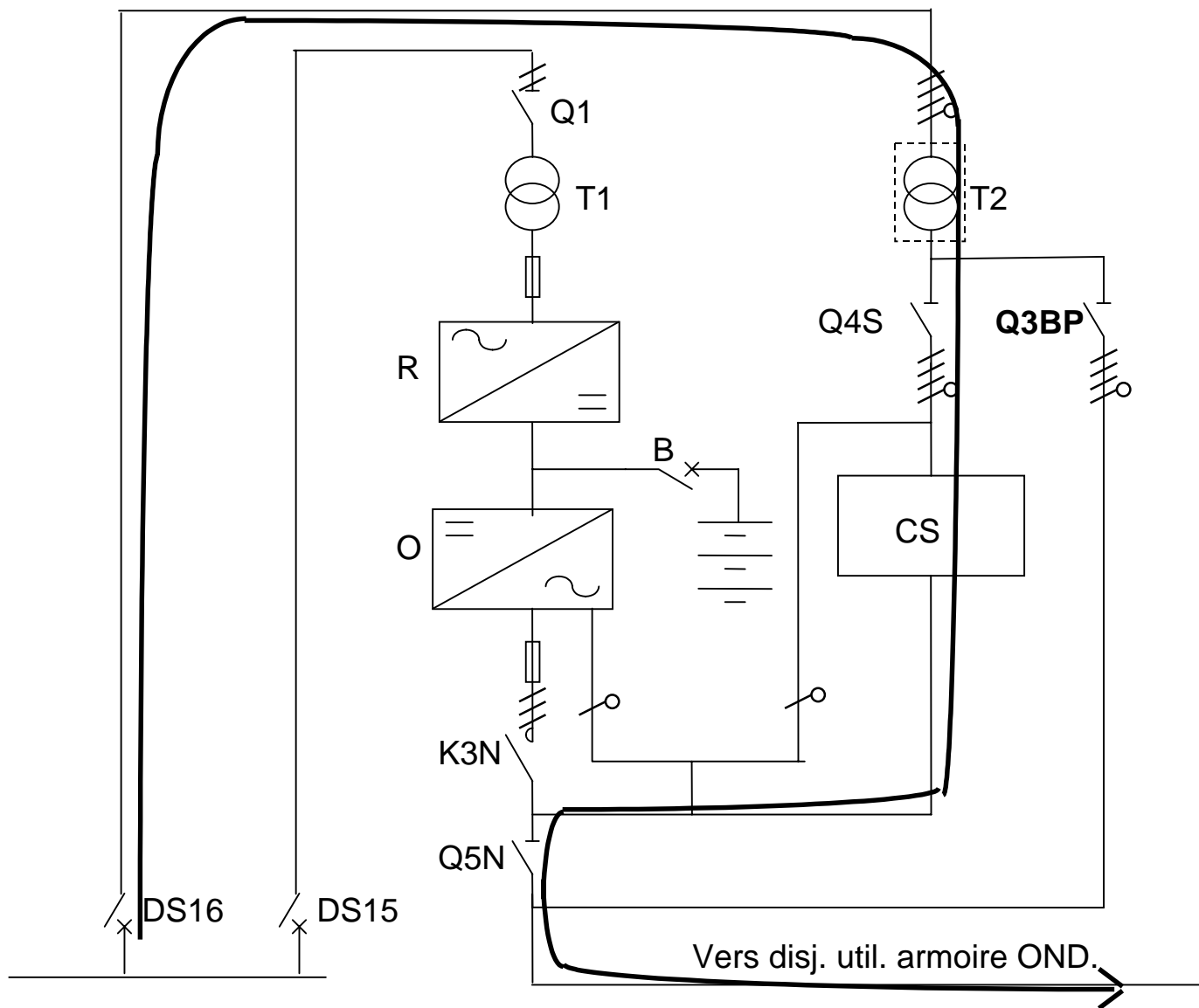
N'omettre aucune des possibilités de fonctionnement Doc technique 5,6,17



Cas 2 : Absence réseau ; organes de coupure ; tous fermés sauf Q3BP et DN113

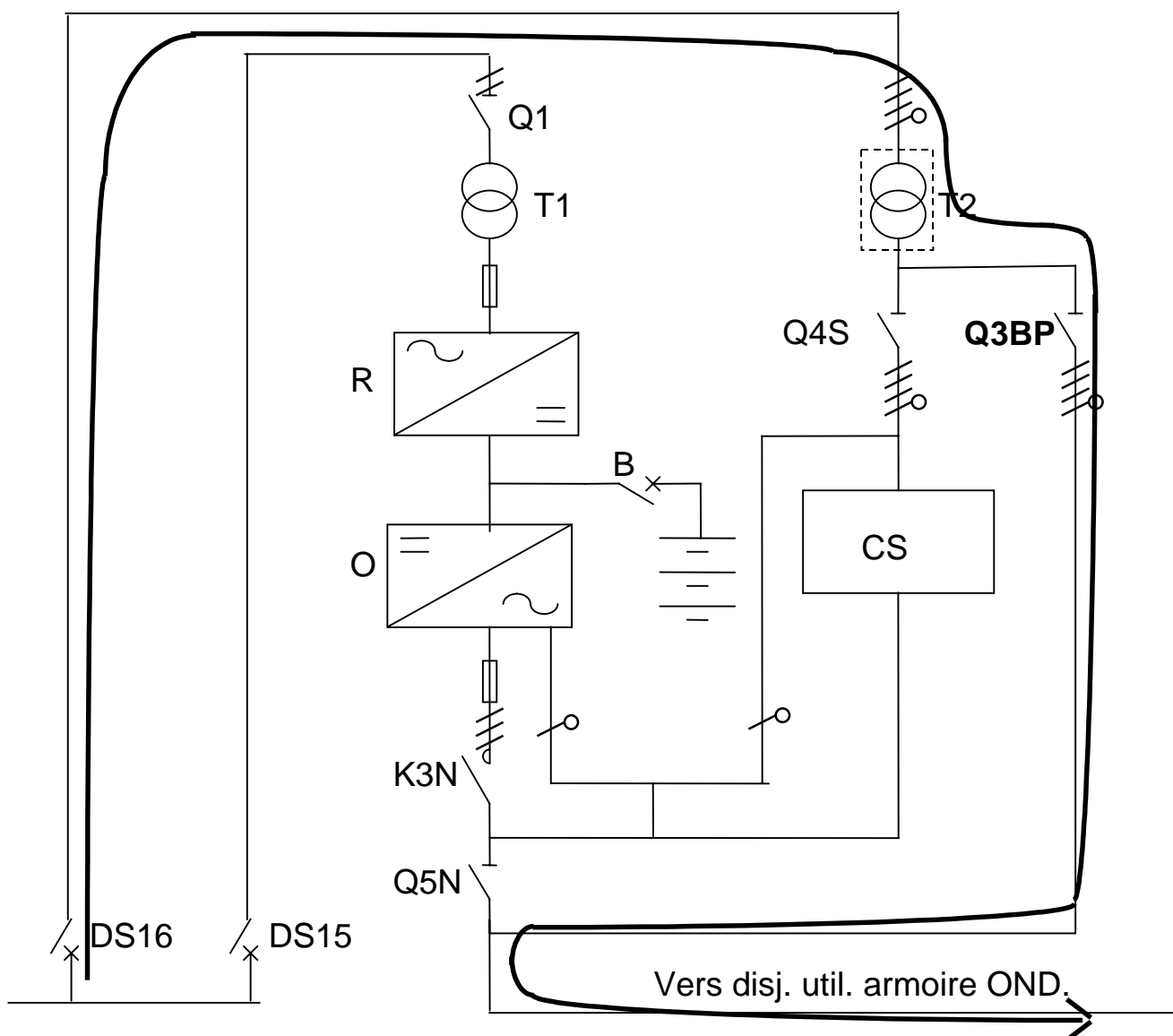


Cas 3 : Surcharge utilisation > 150% ; organes de coupure ; tous fermés sauf Q3BP et DN113



Cas 4 : Opération de maintenance de l'ASI ;
Q3BP fermé

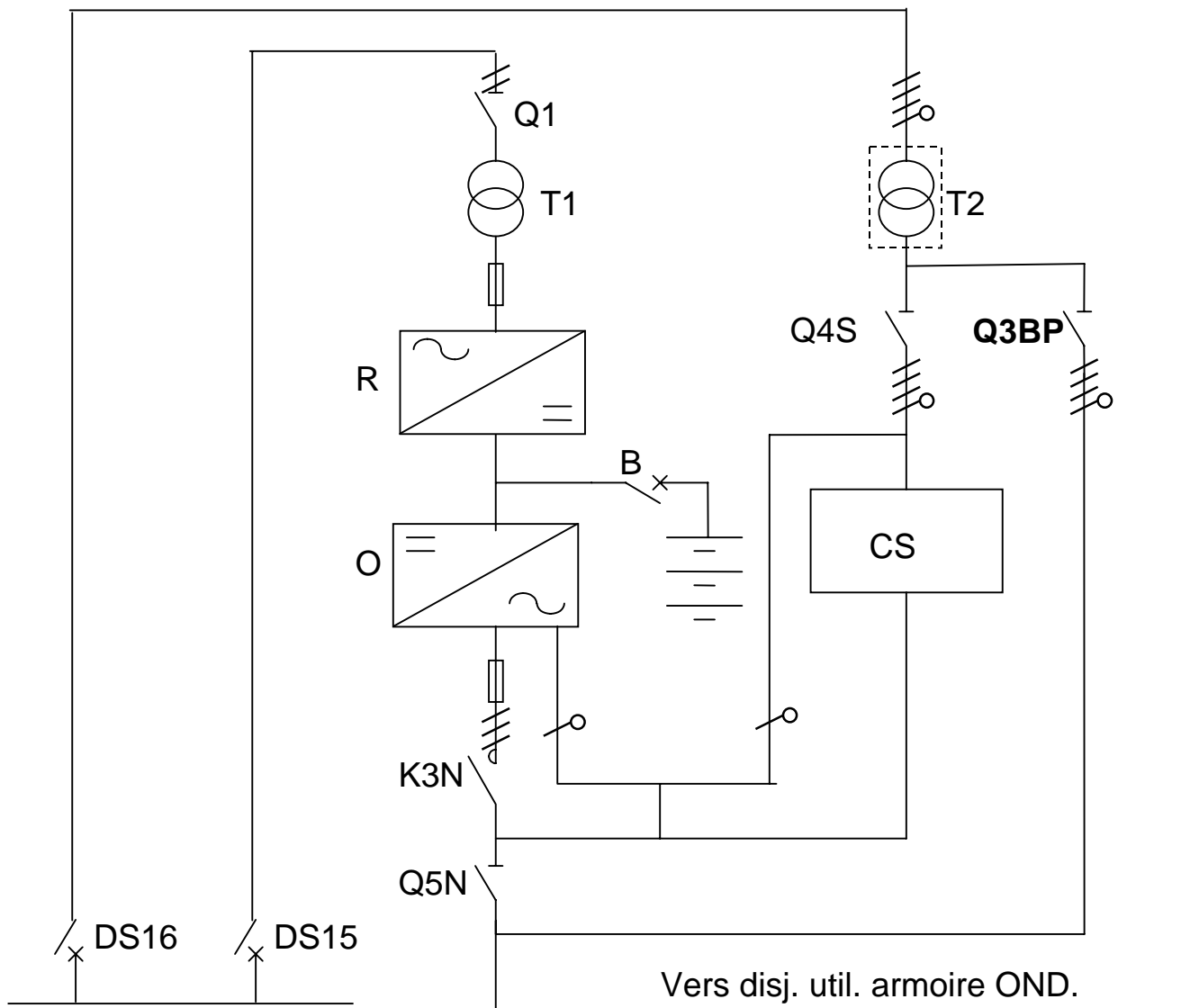
organes de coupure ; **DS 15 , Q1 et Q14S ouverts,**



Cas 5 : Opération de changement de l'ASI ;
DN113 fermé

organes de coupure ; DN15 et DN16 ouverts ;

L'énergie transite par DN11, DN 113 vers le jeu de barres onduleur (corrigé page 1 de cette partie)



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,
- et à quelles positions dans le schéma.

T1 ; isolation galvanique du réseau 1 onduleur pour éviter la transmission d'un défaut d'isolement amont ; continuité de service maximum

Adaptation de la tension ; transfo propre à l'ASI

T2 ; Transformateur à enroulements séparés ; isolation galvanique réseau 2 et (éventuellement) reconstitution du régime de neutre

Pour la protection des personnes, il faut prévoir un CPI en aval de l'onduleur et un CPI sur le circuit courant continu isolé par le transformateur de sortie , pour détecter les courants de défauts d'isolement sur ces circuits

C14 Si le courant de court-circuit de l'ASI est de 2 In, justifier la présence document 17-2 des dispositifs de protection des personnes, et indiquer leurs modes de fonctionnement.
doc technique p 17, 18

La limitation à 2 In du courant de court circuit de permet pas le fonctionnement des dispositifs de protection contre les surintensités des disjoncteurs. Des DDR détecterons les déséquilibres de courant dus au deuxième défaut. Les tores permettent la recherche des défauts d'isolement sous tension

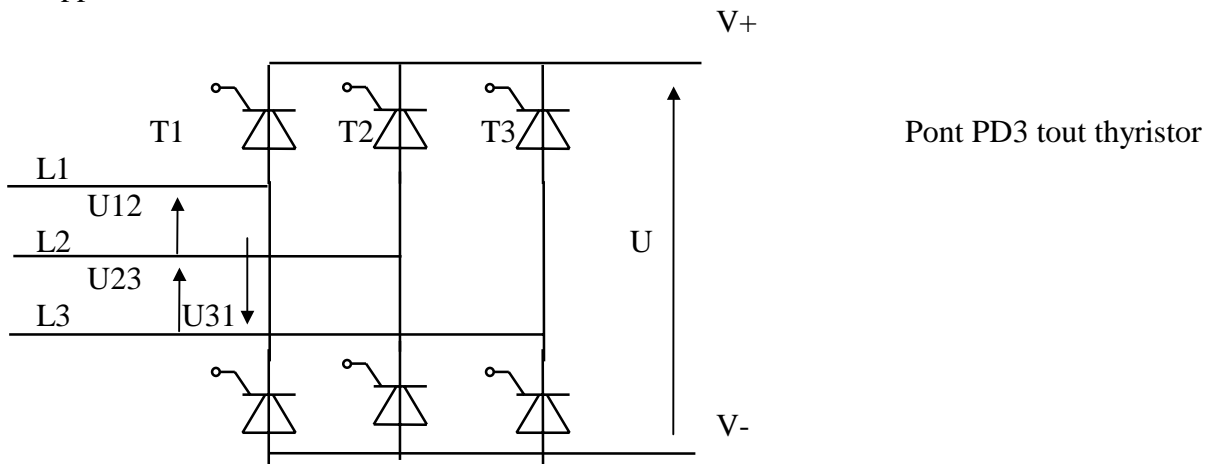
C2- FONCTIONNEMENT INTERNE DE L'ASI

Redresseur Chargeur ; documents n°19, 20

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

Q1 :	Sectionneur d'isolement de l'ASI
T1	Transformateurs qui assure l'adaptation de tension et l'isolement galvanique
T2 :	Transformateurs qui assurent l'isolement galvanique entre réseaux amont et aval de l'onduleur .
R	Redresseur de la tension du réseau en tension continue pour alimenter la batterie et l'onduleur
B	Batterie d'accumulateurs qui stocke l'énergie électrique pour alimenter l'onduleur en cas de perturbations ou de coupure du réseau
O	Onduleur qui transforme la tension continue en tension alternative triphasée
CS	Contacteur statique ou interrupteur de transfert qui alimente la charge instantanément en cas de surcharge ou d'arrêt de l'onduleur
Q3BP	Sectionneur de by-pass manœuvré manuellement qui permet d'isoler l'ASI pour sa maintenance

C22 A partir du schéma de principe du constructeur, tracer le schéma de principe de la 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.

Voir document page 15

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

$$U_{cmoy} = \frac{1}{2\pi/6} \int_{\pi/6+\alpha}^{\pi/2+\alpha} U \max. \sin(\theta + \varphi) d\theta \quad \text{soit} \quad U_{cmoy} = \frac{3\sqrt{2}U}{\pi} \cos \alpha$$

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

$$\cos \alpha = \frac{U_{cmoy} \cdot \pi}{3 \cdot \sqrt{2} \cdot U}$$

$U_{cmoy} = 431 \text{ V} ;$	$\cos \alpha = 0.798$	$\alpha = 37.07^\circ$
$U_{cmoy} = 324 \text{ V} ;$	$\cos \alpha = 0.6$	$\alpha = 53.14^\circ$

Courant réseau

C26 Le courant délivré par le redresseur est considéré comme continu. Définir sur le **document réponse 7 page 23**, la forme d'onde de courant dans une phase du réseau BT pour un angle α de 30° .

Voir document page 15

C27 Calculer le module des harmoniques de courant jusqu'au rang 11.

On décale l'origine de α que l'on réintroduira dans l'expression

Symétries par rapport à l'origine ; pas de terme en cos et valeur moyenne nulle
par rapport à $T/2$ à $T/4$; pas d'harmonique de rang pair

$$I_n = \frac{2}{\pi/2} \int_{\pi/6}^{\pi/2} I_m \sin(n\theta) d\theta$$

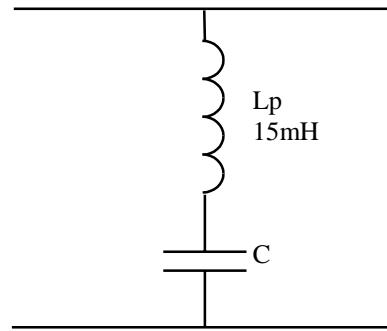
$$I_n = \frac{2\sqrt{3}}{\pi} \left[\sin(\omega t - \alpha) - \frac{1}{5} \sin 5(\omega t - \alpha) - \frac{1}{7} \sin 7(\omega t - \alpha) + \frac{1}{11} \sin 11(\omega t - \alpha) \right]$$

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.

$$Z_p = jL_p 5\omega + \frac{1}{jC 5\omega} \text{ on souhaite que } Z_p = 0$$

$$C = \frac{1}{L_p 25\omega^2} = 27\mu F$$



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.

Capacité de la batterie 320 Ah courant batterie Ib = 527 A

Décharge en 10 mn $Q = I.t = \frac{527.10}{60} = 87,8Ah$ soit une décharge de 27,4%

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

pour 27,4% de C10 après 10 mn et pour $I = 527/320 = 1,6 C$ l'abaque donne une tension batterie inférieure à 1,64 V

C31 Le constructeur recommande une charge en 2 temps comme indiqué sur le document n° 23. Définir la durée de la phase 1 (prendre Ib max) pour compenser 80% d'une utilisation à charge nominale pendant 10 mn.

Ib = 0.1xC10 = 0.1x320 = 32 A décharge 87,8 Ah (question C29) ; 80% de 87,8 Ah soit 70,26 Ah

t = Q/I = (70,26 /32).3600 = 7905s ; 2 h 11 mn

Onduleur ; documents n°20

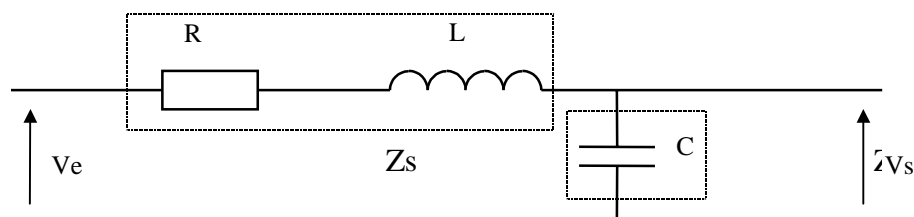
L'onduleur triphasé produit une tension de type Modulation de Largeur d'Impulsion.

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

Voir document page 16

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 ci-dessous du filtre ramené au secondaire du transformateur.



C33 Ecrire 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.

$$V_s = V_e \frac{Z_p}{Z_p + Z_s} \text{ avec } Z_p = \frac{1}{jC\omega} \text{ et } Z_s = R + jL\omega \text{ soit } \frac{V_s}{V_e} = T = \frac{1}{1 + jRC\omega + j^2LC\omega^2}$$

Soit la forme canonique $T = \frac{1}{1 + 2mj \frac{\omega}{\omega_0} + j^2 \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}$; Définir les paramètres ω_0 et m

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \text{et } 2m = RC\omega_0 \quad m = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}}$$

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.

$$G = 20 \log |T| = 20 \log \frac{1}{\sqrt{\left[1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2\right]^2 + \left(2m \frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}} = -10 \log \left[\left(1 - x^2\right)^2 + (2mx)^2 \right]$$

$$\text{avec } x = \frac{\omega}{\omega_0}$$

$$\omega \rightarrow 0 ; G \rightarrow 0$$

$$\omega \rightarrow \infty ; G \rightarrow -40 \log (\omega / \omega_0) \quad \text{Pente } -40 \text{ dB/décade}$$

Variation du gain ;

$$\text{Posons } P(x) = (1-x^2)^2 + (2mx)^2 \quad G(x) = -10 \log P(x)$$

$$\frac{dP}{dx} = 2(1-x^2)(-2x) + 8m^2x = 4x(2m^2 + x^2 - 1)$$

$$dP/dx = 0 \text{ extrémum pour } x = 0 \quad \text{et } 2m^2 + x^2 - 1 = 0 \quad \text{soit } x = \sqrt{1 - 2m^2} \text{ réel si } m < \sqrt{\frac{1}{2}}$$

donc G(x) n'a pas d'extrémum à partir de $m \leq 0.707$. Continûment décroissante

$$\text{Réponse } \quad m = 0.707 \quad \text{si } \omega = \omega_0 \quad G = -3 \text{ dB}$$

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

rang H33 $f = 50 \cdot 33 \cdot 1650 \text{ Hz}$ on prend $\omega_0 = 50 \text{ Hz}$ pour filtrer tous ce qui est supérieur.

$$G = 20 \log |T| = 20 \log \frac{1}{\sqrt{\left[1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2\right]^2 + \left(2m \frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}} = -10 \log \left[\left(1 - x^2\right)^2 + (2mx)^2 \right]$$

$$G = -10 \log \left[\left(1 - \left(\frac{1650}{50} \right)^2 \right)^2 + \left(2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{1650}{50} \right)^2 \right] = -10 \log 1185922 = -10.6,07 = -60dB -$$

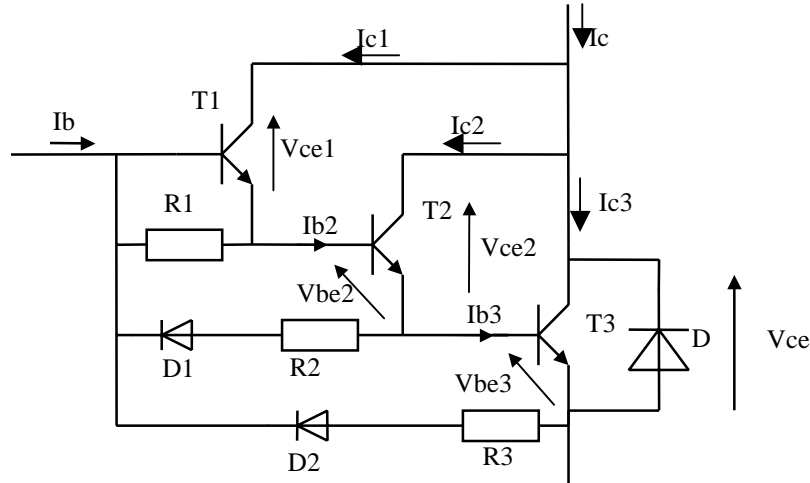
$$G = 20 \log T \quad T = 10^{(-60/20)} = 0.001 \quad V_s = 0.001 \cdot V_e$$

si $V_e = 400 \text{ V}$, $V_s = 0.4 \text{ V}$

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.



T1, T2, T3, forte amplification du montage
R1, R2, R3, et D1, D2, amélioration de la commutation des transistors

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

$$V_{ce} = V_{ce1} + V_{be2} + V_{be3} \quad I_c = I_{c1} + I_{c2} + I_{c3}$$

$$I_{c1} = \beta_1 \cdot I_b$$

$$I_{c2} = \beta_2 \cdot I_{b2} ; I_{b2} = I_b + I_{c1} ; \quad I_{c2} = \beta_2 \cdot (I_b + \beta_1 \cdot I_b)$$

$$I_{c3} = \beta_3 \cdot I_{b3} ; I_{b3} = I_{b2} + I_{c2} \quad I_{c3} = \beta_3 \cdot (I_{b2} + I_{c2}) = \beta_3 \cdot [(I_b + \beta_1 \cdot I_b) + \beta_2 \cdot (I_b + \beta_1 \cdot I_b)]$$

$$I_{c3} = I_b \cdot (\beta_3 + \beta_1 \cdot \beta_3 + \beta_2 \cdot \beta_3 + \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3)$$

on obtient :

$$I_c = \beta_1 \cdot I_b + \beta_2 \cdot (I_b + \beta_1 \cdot I_b) + I_b \cdot (\beta_3 + \beta_1 \cdot \beta_3 + \beta_2 \cdot \beta_3 + \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3)$$

$$I_c = I_b \cdot (\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_1 \cdot \beta_2 + \beta_2 \cdot \beta_3 + \beta_1 \cdot \beta_3 + \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3) \approx \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \text{ (sous estimation de près de 10\%)}$$

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

Doc technique p 24 fig. 1

pour 30 impulsions par période durée moyenne de la période d'impulsion $T_i = 20/30 = 0.67 \text{ ms}$

En régime impulsionnel l'aire de sécurité est fonction de la durée des impulsions et de la densité de ces impulsions ; D sur la figure $\leq 1.5 \%$ ($D = t/T$)

Si cette condition est assurée $D \leq 1.5 \%$; $t_p 0.67 \cdot 0.015 = 0.01 \text{ ms}$ les limites maximales seront :

$I_{cmax} \neq 600 \text{ A}$ $V_{ce \text{ max}} \neq 800 \text{ V}$ $P_{max \text{ instantanée}} = I_{cmax} \cdot V_{ce \text{ max}}$
 Pour D inférieur et $t_p >$ l'aire de sécurité sera réduite d'autant

Eléments de corrigé : partie C

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

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

D11 Etablir la liste et classer par fonctions, les informations captées par l'automate. Documents n° 25 à 27

doc technique p 25 à 27

Positions des disjoncteurs DN1, DS1, DS2, C80, DN11, DN12, DN13, DN14, DS11, DS12, DS13, DS14, DS11, DS12, DS13, DS14

Disjonction des disjoncteurs DN12, DN13, DN14

Positions des contacteurs CN132, CN133, CN143, CN144,

Présence tension

Surintensité

Fusible, DGPT2, transfo 1 et transfo 2

Position inter HT

Défaut d'isolement TR1 TR

Commutateur auto/manu

Défaut chargeur

Manque 110V

D12 Etablir la liste et classer par fonctions, les actionneurs commandés par l'automate.

Document n° 28

Commande enclenchement et déclenchement, des disjoncteurs et contacteurs « normal » DN1, DN11, CN132, CN133, DN12, DN13, DN14, CN132, CN133, CN143, CN144

Commande enclenchement et déclenchement, des disjoncteurs « secours » DS1, DS11, DS12, DS13, DS14, DS2

D13 Définir la configuration référencée, minimale de l'automate

doc technique p 29 à 33

4 cartes de 16 entrées TOR 24V continu ref 61080
slot N6, N7, N8, N9

2 cartes de 16 sorties à relais ref 61100
slot Nb, Nc

1 carte alimentation 5V, 6 A ref 61060

1 carte unité centrale ref 61044

1 carte de surveillance ref 61056

1 coupleur JBUS 2 voies

1 embase principale ref 61039

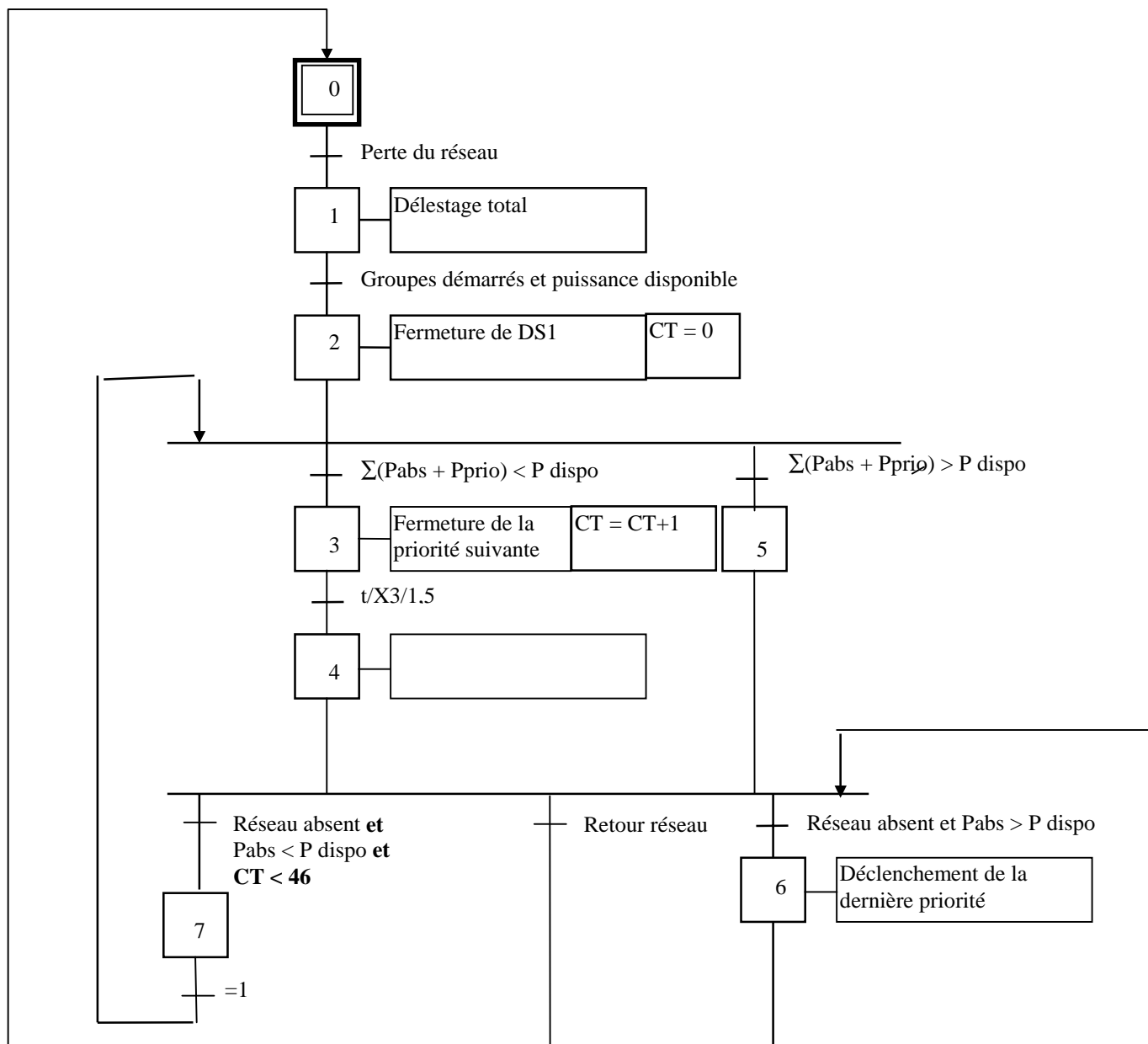
1 embase secondaire ref 61026

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.

- On vérifie que la puissance effectivement absorbée est inférieure à la puissance disponible sur les groupes pour effectuer un réenclenchement.
- Un réenclenchement à lieu toutes les 1,5s, tant que la puissance disponible est supérieure à la puissance nominale des départs.
- Les réenclenchements se poursuivent dans ces conditions jusqu'au 46 disjoncteurs de la table de réenclenchement prioritaire.

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



Pprio : Puissance de la prochaine priorité

Pabs : Puissance effectivement absorbée par l'installation

Pdispo : Puissance disponible sur les groupes

Un autre Grafcet initialise ce Grafcet, gère le retour réseau déclenchant DS1 et enclenchant DN1 entre autre.

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 \$C00. L'adresse de la carte est définie par sa position dans le châssis. Document 34 et schémas document 26 à 28.

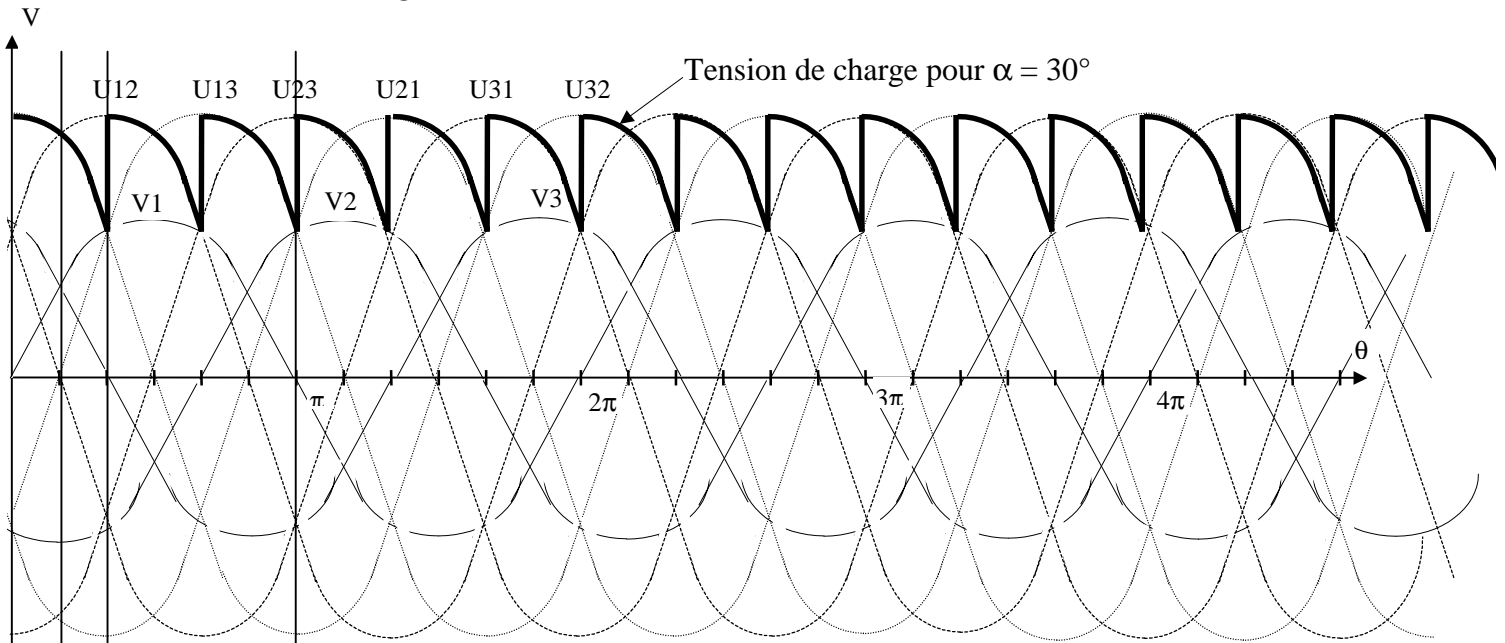
Doc technique p 26 27 28 et 34

Les adresses des entrées automates figurent sur les schémas des entrées Mots de 16 bits définis

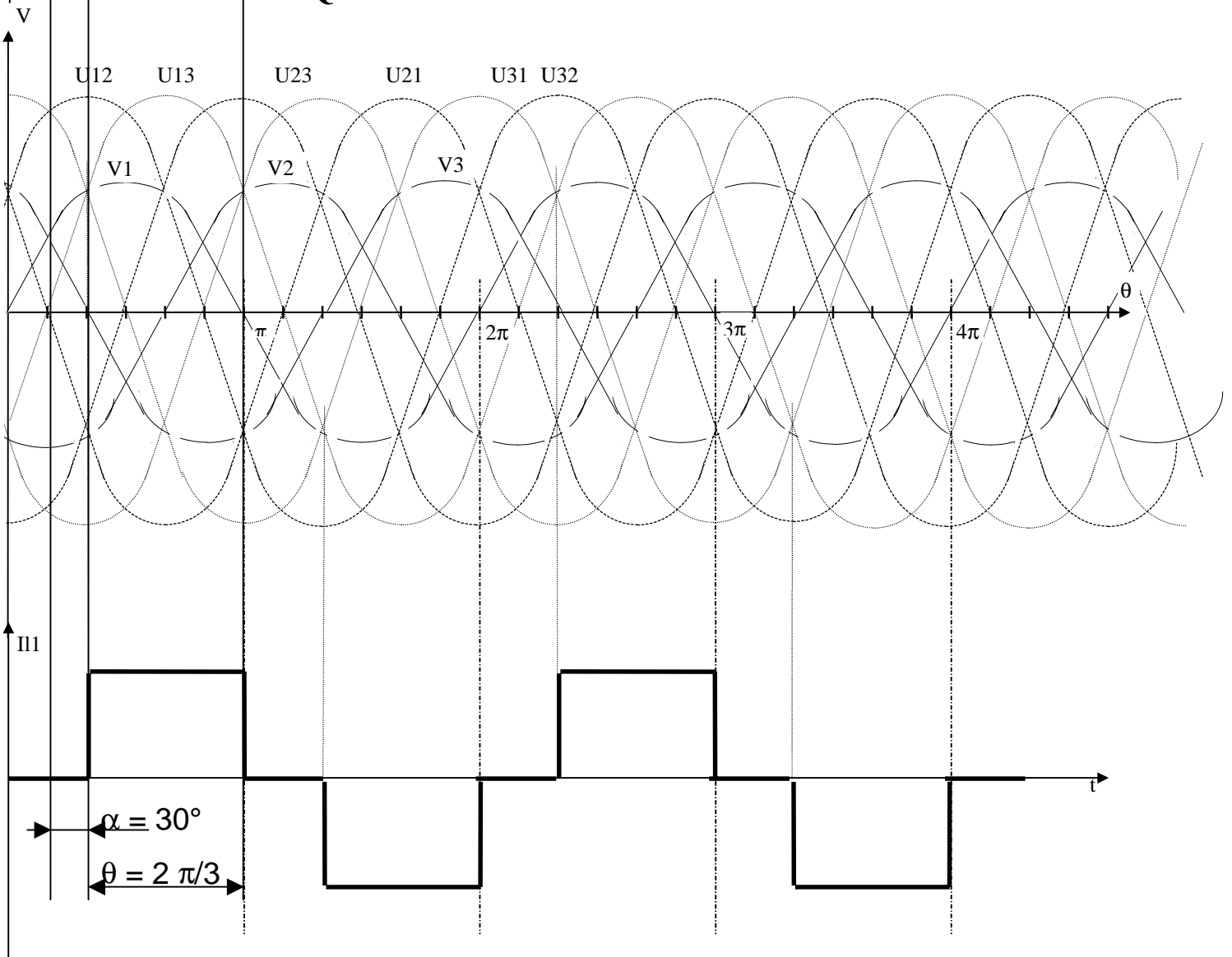
p 16

APL	\$060	carte entrées N6 ; doc 26
RGR	\$1C00	
APL	\$070	carte entrées N7 ; doc 26
RGR	\$1C01	
APL	\$080	carte entrées N8 ; doc 27
RGR	\$1C02	
APL	\$090	carte entrées N9 ; doc 27
RGR	\$1C03	
APL	\$0B0	carte sorties NB ; doc 28
RGR	\$1C04	
APL	\$0C0	carte sorties NC ; doc 28
RGR	\$1C05	

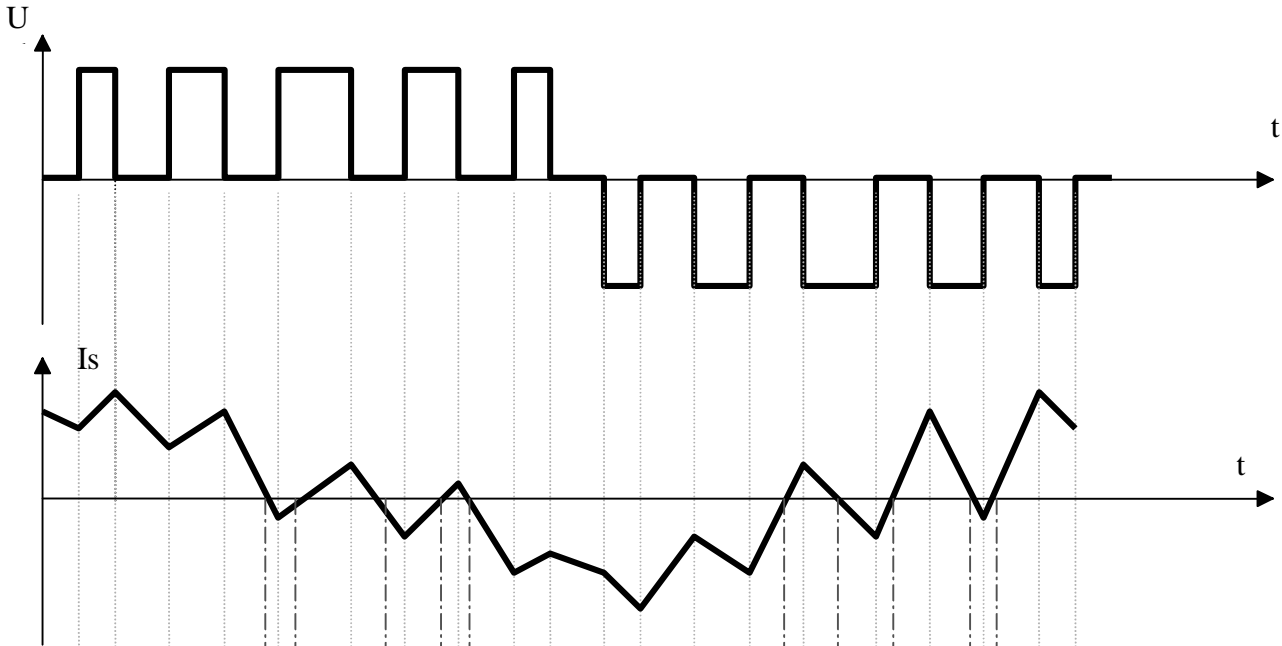
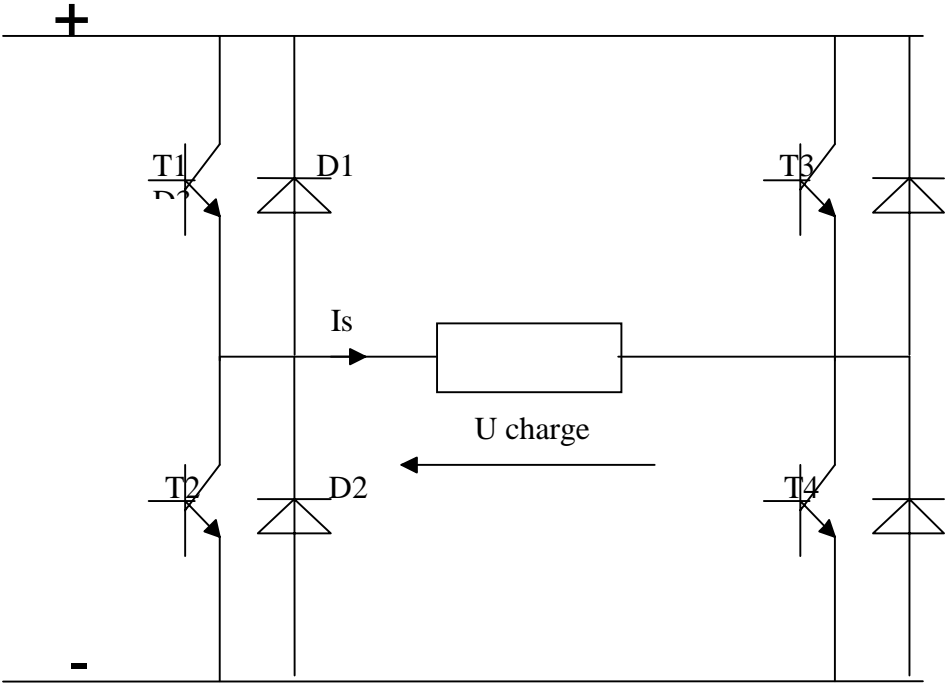
QUESTION C23 DOCUMENT REponse 6



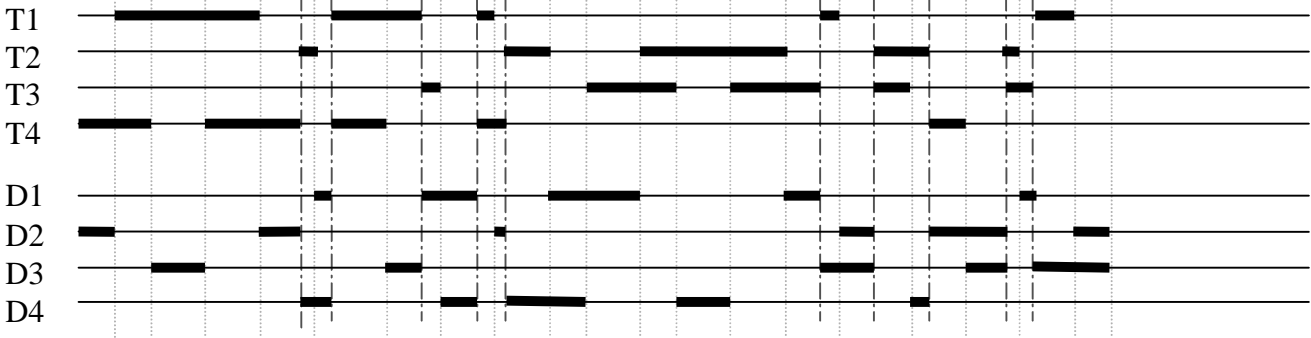
QUESTION C26 DOCUMENT REponse 7



QUESTION C32 DOCUMENT REPOSE 8



Conductio



1.7. — L'aire de sécurité d'un transistor bipolaire

Pour assurer la survie d'un transistor, il convient de respecter des conditions nettement plus sévères qu'un simple produit $I \times U$. La figure 1-8 montre un exemple de ce qu'on appelle "l'aire de sécurité" d'un transistor bipolaire de puissance. Comme il s'agit d'un transistor haute tension, le dessin est subdivisé en quatre régions :

- I. — Autorisée pour fonctionnement continu et impulsif, et impulsif, et impulsif,
- II. — Réserve aux fonctionnements impulsifs spécifiés,
- III. — Réserve aux impulsions de moins de $0,6 \mu s$, avec $R_{BE} < 100 \Omega$,
- IV. — Réserve aux impulsions de moins de 2 ms, avec $U_{BE} < 0$.

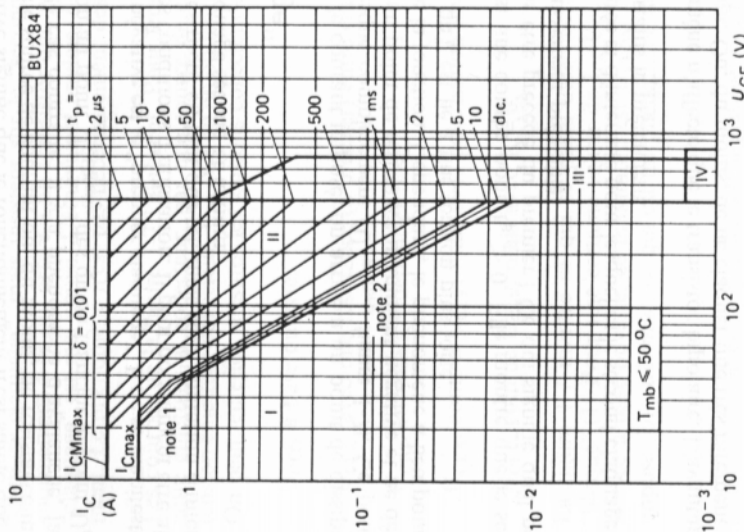


Fig. 1-8. — Aire de sécurité d'un transistor. La limite de dissipation diminue avec la tension de collecteur (BUX 84, documentation Philips Composants).

Le dessin comporte aussi deux notes. La première se rapporte au fonctionnement en continu entre $U_{CE} = 22$ et 38 V environ. Dans cette zone, le second claquage n'est pas à craindre. La dissipation dépend donc seulement du courant et de la tension de collecteur. Elle est de 40 W, pour une température de 50 °C au fond du boîtier.

La note 2 concerne les valeurs de U_{CE} comprises entre 38 et 400 V. Dans cette région, la dissipation est limitée par le phénomène du second claquage, et non plus seulement par la température. On constate que pour 400 V, et en continu (d.c.), on n'a plus droit qu'à $I_C = 15$ mA, soit une puissance dissipée de 6 W, au lieu de 40 W.

1.8. — Fonctionnement continu et impulsif

Cette dépendance entre dissipation et U_{CE} peut aussi s'exprimer à la manière de la figure 1-9 où on fait intervenir la température de boîtier T_G et un facteur k_T par lequel il faut multiplier la dissipation maximale "basse tension" pour obtenir celle qui est valable pour des conditions de fonctionnement données.

Le graphique de la figure 1-9 n'est valable qu'en régime continu. Lors d'un fonctionnement impulsif, il est possible d'atteindre une intensité de collecteur plus élevée, I_{Cmax} au lieu de I_{Cmax} , figure 1-8. On retrouve ces notations dans la figure 1-10, aire de sécurité d'un Darlington PNP de moyenne tension et ne comportant, du fait de cette dernière particularité, que les régions I et II.

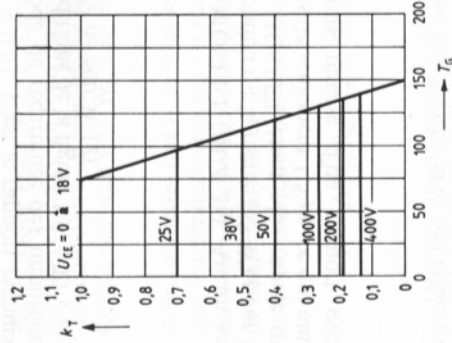


Fig. 1-9. — Graphique montrant comment la puissance dissipée dépend de la tension de collecteur (BU 326 A, documentation Siemens).

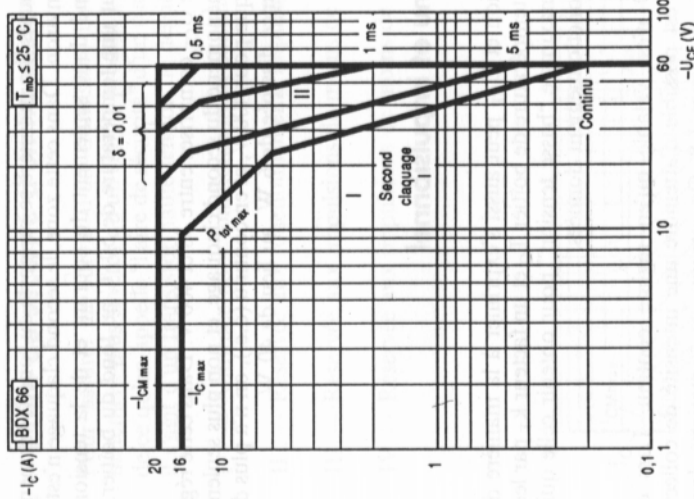


Fig. 1-10. — Aire de sécurité d'un Darlington PNP de moyenne tension (BDX 66, documentation Philips Composants).

Comme sur la figure 1-8, on y trouve, pour les diverses limites en régime impulsif, la durée (t_p) envisagée pour ces impulsions, ainsi qu'un renseignement sur la densité de ces impulsions, donné par $\delta = 0,01$. C'est le rapport cyclique, ou facteur de forme, $\delta = t_p/T$, si T est la période de récurrence des impulsions de commande. On voit qu'on a droit, dans les conditions de la figure 1-9, à 30 V et 20 A pendant 0,5 ms, soit une dissipation instantanée de 600 W (2).

1.9. — Aire de sécurité d'un MOSFET

La figure 1-11 montre l'aire de sécurité d'un MOSFET (BUZ 38). Aucun second claquage n'étant à craindre, la dissipation en continu est la même (83 W) pour 5 V à 200 V entre drain et source. Par ailleurs, le MOSFET étant plus rapide que le bipolaire, on peut travailler avec des impulsions de seulement 1,5 μ s, ce qui autorise une dissipation instantanée de 14 kW, sous réserve d'un rapport cyclique $D = t_p/T = 0,01$.

(2) Les aires de sécurité ne sont généralement données que pour $\delta = 0,01$. Si on veut utiliser d'autres rapports cycliques, on doit se servir de courbes de correction (voir § 1-11).