

DANS CE CADRE

NE RIEN INSCRIRE

Corps : \_\_\_\_\_

BAP : \_\_\_\_\_

Emploi type concours : \_\_\_\_\_

Centre organisateur : \_\_\_\_\_

NOM : \_\_\_\_\_

(En majuscule, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms : \_\_\_\_\_ N° du candidat

Né(e) le : \_\_\_\_\_  
(Le numero est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

Corps : \_\_\_\_\_

BAP : \_\_\_\_\_

Emploi type concours : \_\_\_\_\_

Centre organisateur : \_\_\_\_\_

(Précisez, s'il y a lieu, le sujet choisi)

Note :
20

## UNIVERSITE MONTPELLIER 2

**Concours externe d'assistant ingénieur de recherche et de formation**

**BAP C : Sciences de l'ingénieur et instrumentation scientifique**

**Emploi Type : Assistant électrotechnicien**

**Session 2005**

**Epreuve écrite d'admissibilité**

**Mardi 5 Juillet 2005**

**Durée trois heures**

**Coefficient quatre**

Calculatrice de poche à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée.

# Sommaire

**Le document technique que nous proposons d'étudier est composé de 2 parties :**

- **Un feuillet d'introduction sur la réalisation des hautes tensions (source Traité d'électricité – haute tension ; M Aguet et M Ianoz)**
- **Un ensemble de 10 feuilles contenant les questions et emplacements pour les réponses**

# Générateurs de très hautes tensions

(Feuillet 1)

## *Buts des générateurs de THT*

Les générateurs de hautes tensions temporaires travaillant en régime continu ou à basse fréquence (max =: 1 kHz) sont destinés:

- à effectuer des essais diélectriques sur les isolants, les appareils et les systèmes, en simulant les surtensions temporaires pouvant apparaître dans les réseaux électriques;
- à alimenter des appareils à haute tension (par exemple, filtre électrostatique, installation à rayons X, redresseur, tube à décharge à gaz (néon)).

## *Principes des générateurs*

Les générateurs de hautes tensions continues peuvent fonctionner sur le principe :

- électrostatique permettant d'atteindre des tensions de plusieurs mégavolts, mais avec des courants secondaires maxima de l'ordre du milliampère (sauf pour le générateur à capacité variable);
- électrodynamique permettant d'atteindre des tensions de l'ordre du mégavolt avec des courants secondaires maxima de l'ordre de quelques ampères.

## *Les générateurs électrodynamiques*

Les générateurs électrodynamiques peuvent être du type :

- machine tournante à courant-continu où la tension de sortie par machine est limitée à quelques kilo volts nécessitant, pour obtenir des hautes tensions, la mise en série de nombreuses machines électriquement isolées entre elles (montage en cascade).
- redresseur statique. Ces installations comportent toutes des éléments redresseurs à lampe (sous vide et à cathode chaude), à valve à vapeur de mercure, à diode à semi-conducteur (silicium, sélénium, etc.). Au stade actuel de l'application de la technique des semi-conducteurs, on se limite par la suite à ce dernier type de diode.

## *Les applications*

Les redresseurs à haute tension à diodes à semi-conducteurs sont utilisés pour :

- les essais à haute tension continue;
- les accélérateurs de particules;
- la microscopie électronique;
- les tubes cathodiques;
- les appareils de mesures d'isolement;
- les générateurs de rayons X ;
- les convertisseurs statiques à haute tension continue.

... ..

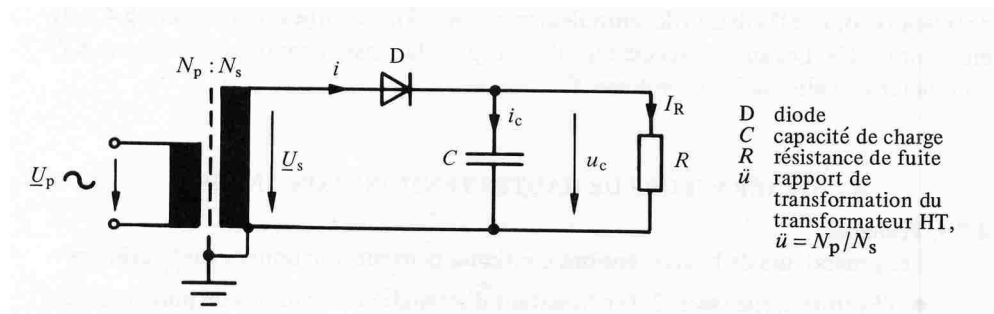
# Etude d'un générateur THT à diodes semi-conducteurs

(document à rendre)

## Redresseur à une alternance

### Schéma de principe

Ce type de redresseur monophasé, le plus simple, est représenté à la Figure 1.



La charge choisie se compose :

- d'une capacité  $C$ , comprenant la capacité de lissage de tension du redresseur; de la capacité de l'objet en essai et des capacités parasites des conducteurs sous tension; d'une résistance  $R$ , comprenant la résistance de l'objet en essai et la résistance de fuite du condensateur de lissage.

**Q-1.** Quel est le rôle principal du transformateur ?

**R-1.**

**Q-2.** Que représente sur la Figure 1 l'expression  $N_p:N_s$  ?

**R-2.**

**Q-3.** Vous dessinez, en les superposant, la caractéristique d'une diode idéale ( $D_i$ ) et d'une diode réelle ( $D_r$ )

R-3.

**Q-4.** Quelle est la valeur maximale que l'on peut espérer obtenir aux bornes de la charge  $R$  pour un transformateur donné de rapport  $\ddot{u}$  ? (cas d'une diode idéale et  $R$  infini)

R-4.

**Q-5.** Quel est le rôle de l'écran (----) dessiné dans le transformateur ?

R-5.

## Analyse temporelle

Si l'on observe à l'oscilloscope les tensions et les courants lors du fonctionnement du redresseur de la Figure 1, on obtient les formes présentées à la Figure 2.

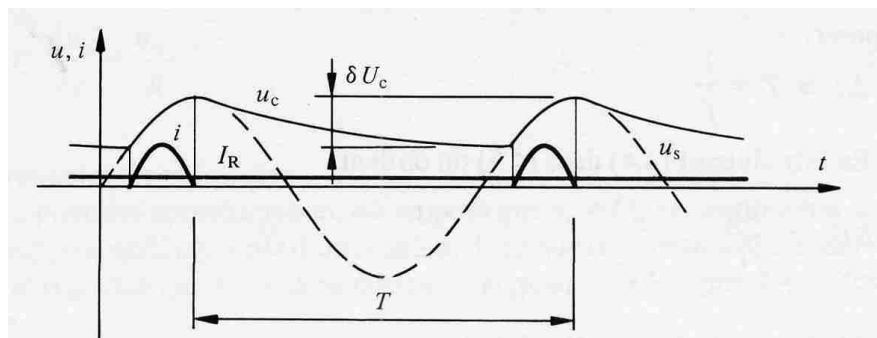


Figure 2

$U_s$  est la haute tension alternative d'entrée du redresseur  
 $u_c$  haute tension ondulée de sortie, périodique de période  $T$ , composée d'une branche montante de sinusoïde et d'une branche exponentielle descendante.

**Q-6.** *Quelle est la valeur de la tension inverse maximale appliquée à la diode ?*

**R-6.**

**Q-7.** *Pour quelle raison la valeur maximale du courant  $i$  ne coïncide pas avec la valeur maximale de tension  $u_s$ ?*

**R-7.**

**Q-8.** *Dessiner le schéma équivalent du circuit provoquant la branche exponentielle*

**R-8.**

**Q-9.** *Donner l'expression littérale du courant dans la résistance  $R$*

**R-9.**

## Doubleur de tension

Pour obtenir une tension de valeur double sans avoir recours à un transformateur à tension de sortie trop élevée, deux montages peuvent être utilisés : Le doubleur Latour (Figure 3) ou le doubleur Schenkel (Figure 4) :

### Le doubleur Latour

Le schéma de principe est rappelé en Figure 3

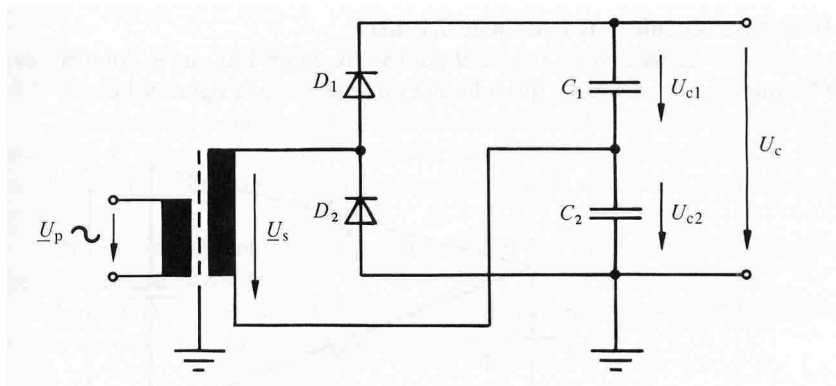


Figure 3

Fonctionnement du doubleur Latour (conditions initiales :  $U_c = U_{c2} = U_{c1} = 0$ )

**Q-10.** Pour la première  $\frac{1}{2}$  alternance (positive) de  $U_s$ , vous dessinez sur la Figure 3 le circuit de circulation du courant direct.

**R-10.**

**Q-11.** Que vaut  $U_{c1}$  ? Que vaut  $U_{c2}$  ? Que vaut  $U_c$  ?

**R-11.**

**Q-12.** A la fin de la seconde  $\frac{1}{2}$  alternance (négative) de  $U_s$ , que vaut  $U_{c1}$  ? Que vaut  $U_{c2}$  ? Que vaut  $U_c$  ?

**R-12.**

Particularité du montage : Il n'y a pas de masse commune entre la source ( $U_s$ ) et l'utilisation :

**Q-13.** Est-ce un avantage ou un inconvénient ? (justifier)

**R-13.**

### Le doubleur Schenkel

Le schéma de principe est rappelé en (Figure 4)

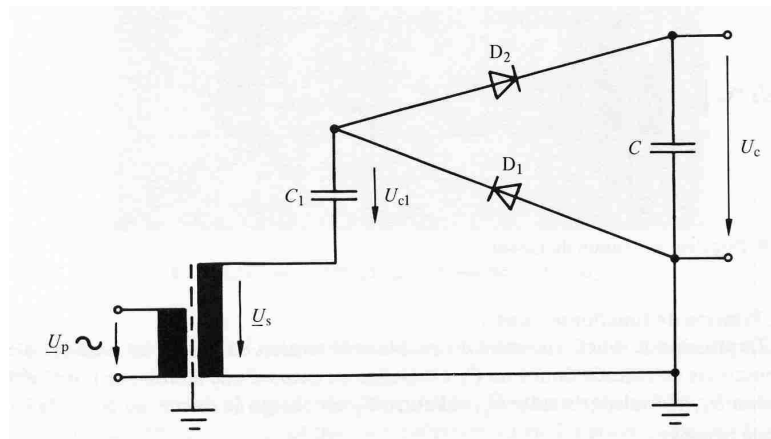


Figure 4 :

**Q-14.** Quelle est la valeur de  $U_c$  en fonction de  $U_s$  (expression littérale et application numérique :  $U_s = 10\text{kV}$ ,  $R = 20\text{ M}\Omega$  ;  $C_1 = 16\text{ nF}$  ;  $C = 8\text{ nF}$  ;  $f = 400\text{ Hz}$ )

**R-14.**



Une résistance de valeur  $R$  est connectée aux bornes des deux condensateurs,

**Q-15. Quelle est la valeur du courant dans la résistance ?**

**R-15.**

Le courant  $I_R$  prélevé à la capacité  $C$ , fait apparaître une chute de tension correspondant à la profondeur d'ondulation  $\delta U_c$  (Figure 5)

**Q-16. Calculer  $\delta U_c$  en fonction de  $I_R$ ,  $f$  et  $C$  dans l'hypothèse d'une décroissance linéaire de la charge en fonction du temps.**

**R-16.**

Comme le condensateur  $C$  est rechargé par condensateur  $C_1$ , pendant un temps trop court, une chute de tension  $\Delta U_c$  apparaît sur  $U_c$  (Figure 5).

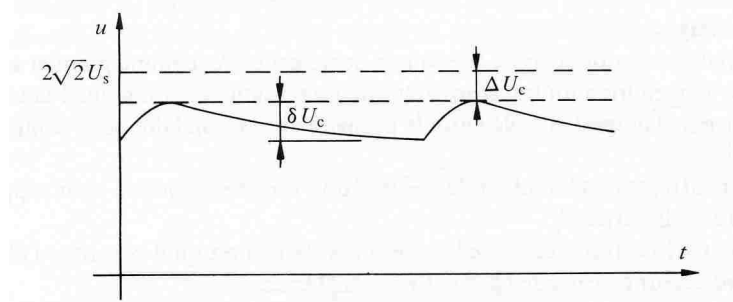


Figure 5

**Q-17. Calculer  $\Delta U_c$  en fonction de  $I_R$ ,  $f$  et  $C$ .**

**R-17.**

**Q-18. Quelle est la valeur maximale de  $U_c$  ?**

**R-18.**

## Cascade de Greinacher ou de Cockroft -Walton :

La cascade est constituée par une pile de  $n$  redresseurs de type Schenkel.

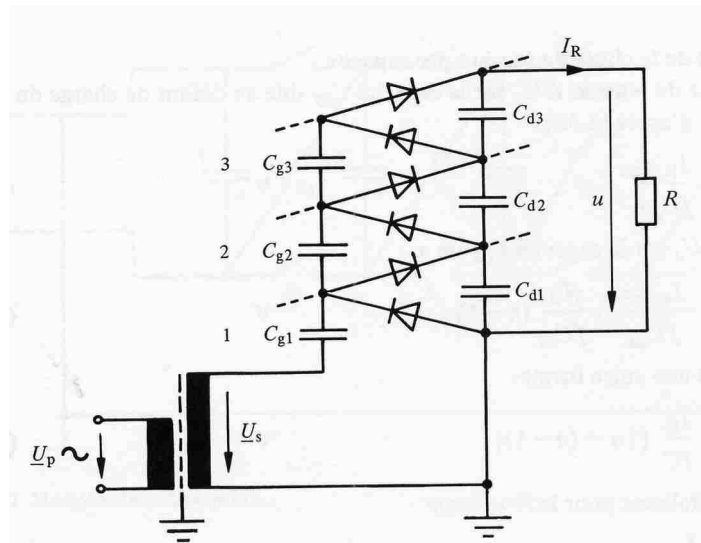


Figure 6

Si l'on se place dans le cas de la marche à vide (on néglige les chutes de tension et d'ondulation) et des capacités initialement non chargées,

**Q-19.** *Que vaut la tension de sortie  $u$  pour le montage de la Figure 6 ?:*

**R-19.**

**Q-20.** *Quelles sont, à la fin de la première alternance, les valeurs des tensions :  $U_{cd1}$ ,  $U_{cd2}$ ,  $U_{cd3}$  et  $U$  ?*

**R-20.**  $U_{cd1} = \dots\dots\dots$ ,  $U_{cd2} = \dots\dots\dots$ ,  $U_{cd3} = \dots\dots\dots$  et  $U = \dots\dots\dots$

**Q-21.** *Quelle est la valeur de la tension inverse que supportent les diodes ?*

**R-21.**

## Réalisation d'un générateur

Le générateur (Figure 7) réalise des tests de tenue en tension nominale de condensateurs.

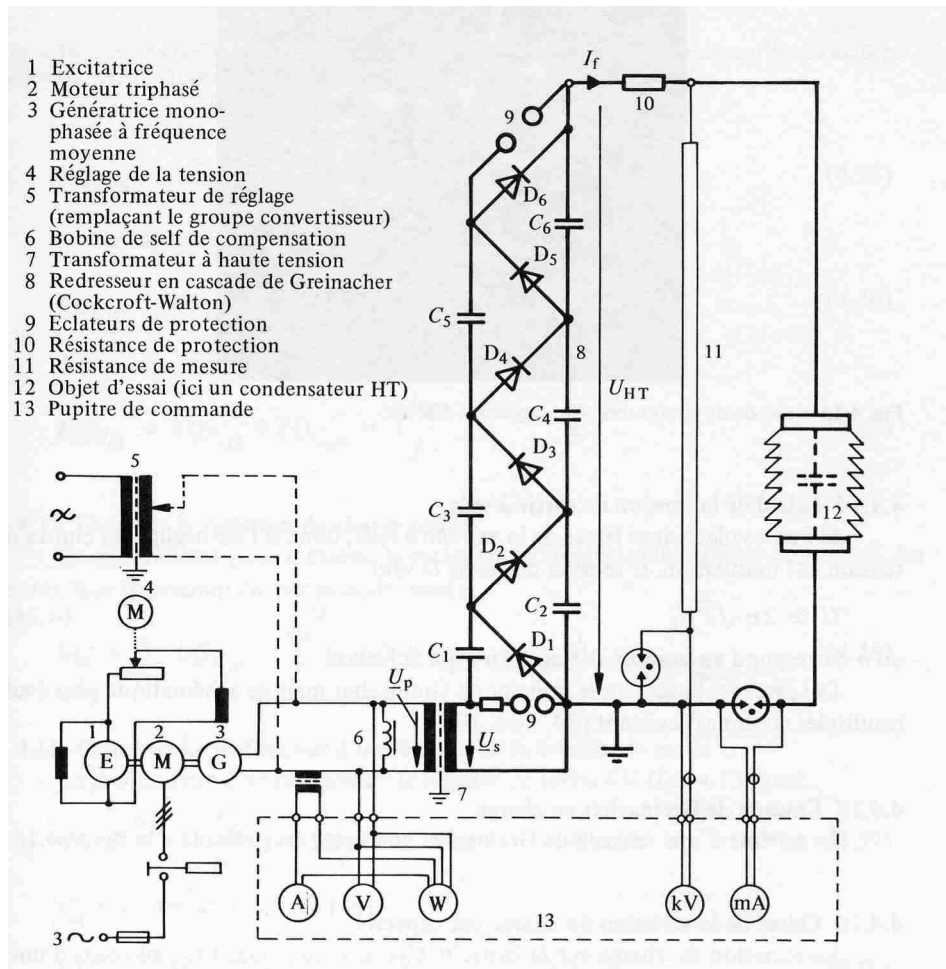


Figure 7 : cascade de Greinacher

### Mesure de la THT ( $U_{HT}$ )

Sachant qu'il n'existe pas de voltmètre permettant de mesurer directement une THT,

**Q-22.** Quel est le principe de la méthode retenue dans le montage Figure 7.

**R-22.**

Votre collègue vous suggère d'installer un disjoncteur différentiel pour protéger les diodes THT.

**Q-23.    *Quel(s) commentaire(s) faites vous ?***

**R-23.**

**Q-24.    *Quel est le rôle précis de ce dispositif ?***

**R-24.**

**Q-25.    *Quel est le principe de fonctionnement ?***

**R-25.**

**Q-26.    *Que signifie le sigle CEM ?***

**R-26.**

**Q-27.    *Quel est l'objectif de la CEM ?***

**R-27.**

-----fin-----

Le candidat répond aux questions sur ce document exclusivement

<b>Redresseur à une alternance.....</b>	<b>4</b>
Schéma de principe.....	4
Q-1. Quel est le rôle principal du transformateur ?.....	4
Q-2. Que représente sur la Figure 1 l'expression $N_p:N_s$ ?.....	4
Q-3. Vous dessinez, en les superposant, la caractéristique d'une diode idéale ( $D_i$ ) et d'une diode réelle ( $D_r$ )	5
Q-4. Quelle est la valeur maximale que l'on peut espérer obtenir aux bornes de la charge R pour un transformateur donné de rapport $\tilde{u}$ ? (cas d'une diode idéale et R infini).....	5
Q-5. Quel est le rôle de l'écran (---) dessiné dans le transformateur ?.....	5
Analyse temporelle.....	5
Q-6. Quelle est la valeur de la tension inverse maximale appliquée à la diode ?.....	6
Q-7. Pour quelle raison la valeur maximale du courant $i$ ne coïncide pas avec la valeur maximale de tension $u_s$ ?	6
Q-8. Dessiner le schéma équivalent du circuit provoquant la branche exponentielle.....	6
Q-9. Donner l'expression littérale du courant dans la résistance R.....	6
<b>Doubleur de tension.....</b>	<b>7</b>
Le doubleur Latour.....	7
Q-10. Pour la première $\frac{1}{2}$ alternance (positive) de $U_s$ , vous dessinez sur la Figure 3 le circuit de circulation du courant direct.....	7
Q-11. Que vaut $U_{c1}$ ? Que vaut $U_{c2}$ ? Que vaut $U_c$ ?.....	7
Q-12. A la fin de la seconde $\frac{1}{2}$ alternance (négative) de $U_s$ , que vaut $U_{c1}$ ? Que vaut $U_{c2}$ ? Que vaut $U_c$ ?	7
Q-13. Est-ce un avantage ou un inconvénient ? (justifier).....	8
Le doubleur Schenkel.....	8
Q-14. Quelle est la valeur de $U_c$ en fonction de $U_s$ (expression littérale et application numérique : $U_s= 10kV$ , $R= 20 M\Omega$ ; $C_1=16 nF$ ; $C=8 nF$ ; $f= 400Hz$ ).....	8
Q-15. Quelle est la valeur du courant dans la résistance ?.....	9
Q-16. Calculer $\delta U_c$ en fonction de $I_R$ , $f$ et $C$ dans l'hypothèse d'une décroissance linéaire de la charge en fonction du temps.....	9
Q-17. Calculer $\Delta U_c$ en fonction de $I_R$ , $f$ et $C$ .....	9
Q-18. Quelle est la valeur maximale de $U_c$ ?.....	9
<b>Cascade de Greinacher ou de Cockroft -Walton : .....</b>	<b>10</b>
Q-19. Que vaut la tension de sortie $u$ pour le montage de la Figure 6 ?:.....	10
Q-20. Quelles sont, à la fin de la première alternance, les valeurs des tensions : $u_{c1}$ , $u_{c2}$ , $u_{c3}$ et $U$ ?	10
Q-21. Quelle est la valeur de la tension inverse que supportent les diodes ?.....	10
Q-22. Quel est le principe de la méthode retenue dans le montage Figure 7 .	11
Q-23. Quel(s) commentaire(s) faites vous ?.....	12
Q-24. Quel est le rôle précis de ce dispositif ?.....	12
Q-25. Quel est le principe de fonctionnement ?.....	12
Q-26. Que signifie le sigle CEM ?.....	12
Q-27. Quel est l'objectif de la CEM ?.....	12