

**BREVET DE TECHNICIEN**  
**SUPÉRIEUR**  
**MAINTENANCE INDUSTRIELLE**

**ÉPREUVE : SCIENCES PHYSIQUES**

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

La calculatrice (conforme à la circulaire N°99-186 du 16-11-99) est autorisée

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies

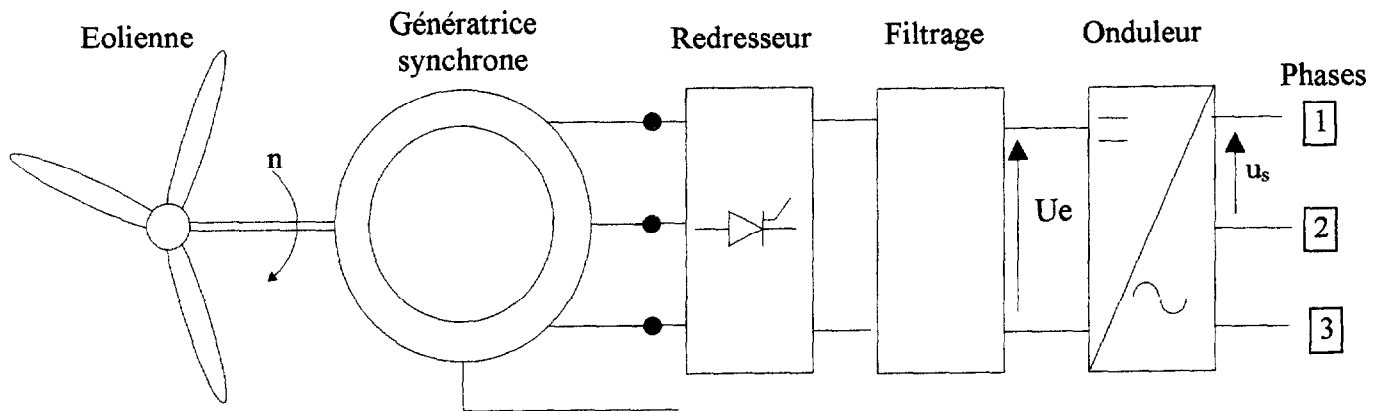
**IMPORTANT** : Ce sujet comporte 6 pages numérotées de 1/6 à 6/6 + la page de présentation.  
Assurez-vous qu'il est complet.

S'il est incomplet, veuillez le signaler au surveillant de la salle qui vous en remettra un autre exemplaire.

On se propose d'étudier quelques parties simplifiées d'une éolienne construite avec une génératrice synchrone raccordée au réseau indirectement.

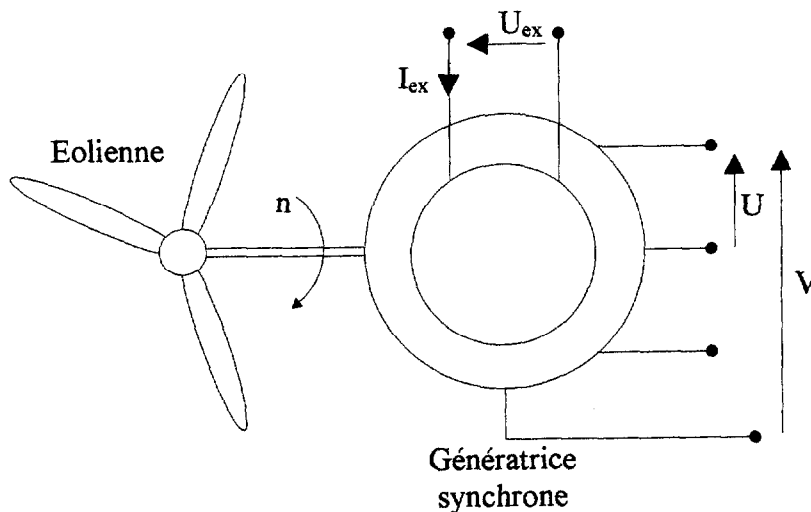
L'éolienne fonctionne à une vitesse de rotation variable, la génératrice synchrone fournit une fréquence variable en fonction de la vitesse du vent. Le raccordement au réseau, qui lui exige une fréquence fixe, s'effectue par un convertisseur. Le convertisseur comporte un étage redresseur, un bus continu et un onduleur : on reconstruit donc une onde sinusoïdale parfaite, ce qui permet aussi de gérer plus facilement la qualité de l'énergie produite.

Schéma de principe



L'étude portera sur la génératrice synchrone (alternateur), l'onduleur et le circuit de refroidissement de l'alternateur.

**I - Etude de la génératrice synchrone (alternateur) (8 points)**



BTS MAINTENANCE INDUSTRIELLE	SUJET	Session 2004
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MIE3SC4		Page 1/6

### Caractéristiques de l'alternateur

Puissance apparente nominale	$S_n = 100 \text{ kVA}$
Tension nominale efficace entre phases	$U = 690 \text{ V}$
Fréquence nominale	$f = 50 \text{ Hz}$
Fréquence de rotation nominale	$n = 1000 \text{ tr.min}^{-1}$
Couplage des enroulements	en étoile.
Résistance entre phase	$R_{ph} = 0,3 \Omega$

Le circuit magnétique n'étant pas saturé la force électromotrice à vide entre phase et neutre  $E_{pn}$  est proportionnelle au courant d'excitation  $I_{ex}$  selon la relation :

$$E_v = E_{pn} = 250I_{ex} \quad (E_v \text{ en volts et } I_{ex} \text{ en ampères})$$

La caractéristique de court-circuit correspond à la relation :  $I_{cc} = 50I_{ex}$  ( $I_{cc}$  et  $I_{ex}$  en ampères)

**I-1** Des barres de connexion permettent de modifier le couplage des enroulements reliés à la plaque à bornes. Indiquer sur le **document-réponse** page 6/6 la position des barres de connexion qui correspond au couplage étoile.

**I-2** Calculer :

**I-2.1** L'intensité  $I$  du courant d'induit nominal.

**I-2.2** La tension efficace  $V$  entre phase et neutre.

**I-2.3** Le nombre de paires de pôles.

**I-2.4** Déterminer la résistance  $R_s$  de chaque enroulement statorique de la génératrice synchrone.

**I-2.5** A l'aide du schéma équivalent d'un enroulement lors de l'essai en court circuit de la machine synchrone, calculer l'impédance synchrone  $Z_s$ .

**I-2.6** En déduire la réactance synchrone  $X_s$ .

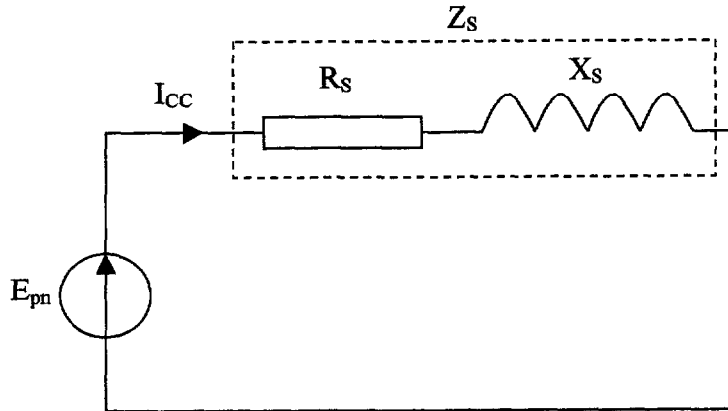


Schéma équivalent à chacun des enroulements dans l'essai en court-circuit

**I-7** L'alternateur fonctionne dans les conditions suivantes :

La vitesse de la roue polaire est de	$1000 \text{ tr.min}^{-1}$
Intensité du courant d'excitation	$I_{ex} = 2,92 \text{ A}$
Facteur de puissance	$\cos \varphi = 0,8 \quad (\varphi > 0)$

En négligeant la résistance  $R_s$  devant la réactance  $X_s$ , le modèle équivalent de chaque enroulement est donné par le schéma ci dessous :

BTS MAINTENANCE INDUSTRIELLE	SUJET	Session 2004
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MIE3SC4		Page 2/6

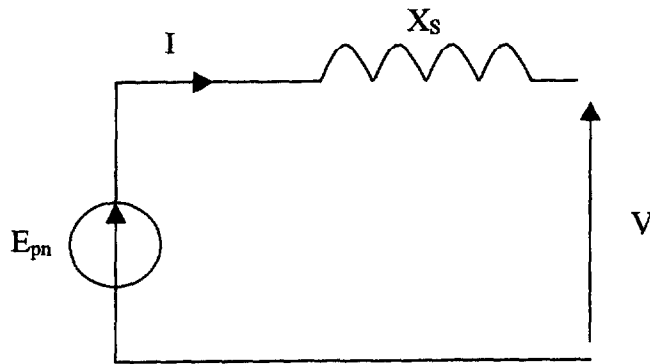
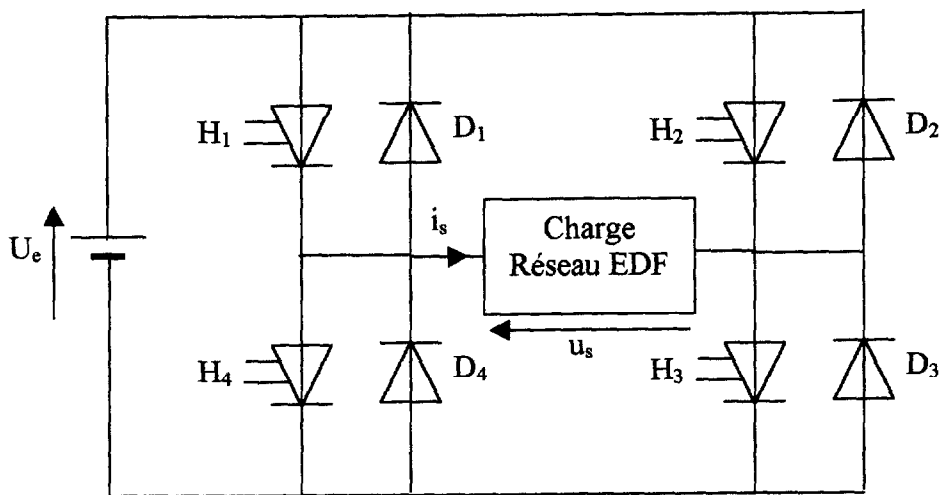


Schéma équivalent à  
Chacun des enroulements

Construire le diagramme de Fresnel des tensions, en déduire l'intensité du courant d'induit I (échelle : 1cm  $\Rightarrow$  50 V)

## II - Onduleur (4 points)

On peut symboliser une phase de l'onduleur triphasé par le schéma suivant où les commandes des interrupteurs ne sont pas représentées. Les éléments de l'onduleur, interrupteurs et diodes, sont supposés parfaits. La tension  $U_e$  est réglable.



On désigne par  $\tau$ , l'instant de mise en conduction de l'interrupteur  $H_1$ . (voir **document - réponse** page 6/6).

Pour une certaine valeur du paramètre  $\tau$ , la tension périodique  $u_s$  et le courant  $i_s$  prennent les formes représentées sur le **document - réponse** page 6/6.

Le paramètre  $\tau$  est réglable par la commande des interrupteurs.

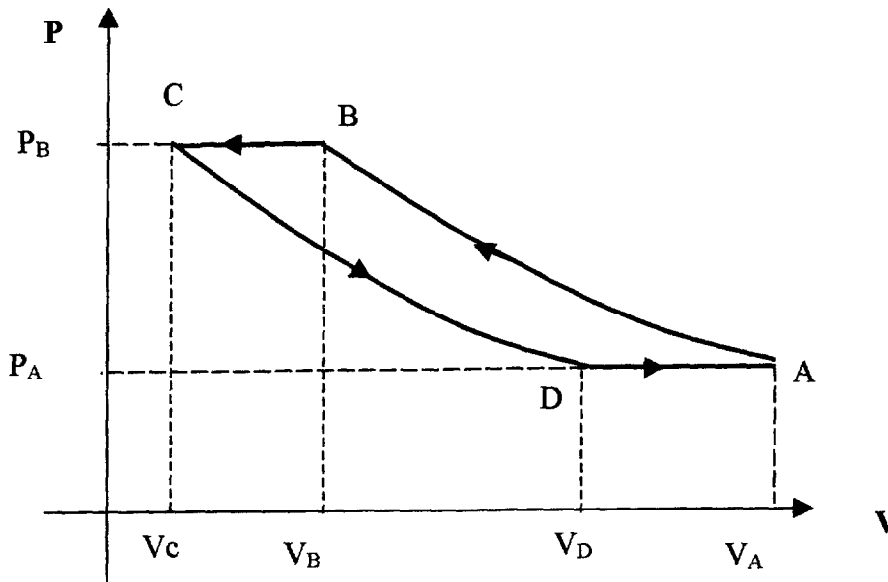
**II-1** Donner l'expression littérale de la puissance instantanée  $p_s$  mise en jeu dans la charge.

**II-2** Compléter le tableau du **document - réponse** page 6/6 et indiquer, sur une période, le signe de la puissance instantanée, les éléments passants et la nature des phases de fonctionnement (A pour alimentation, R pour récupération ou RL pour roue libre)

BTS MAINTENANCE INDUSTRIELLE	SUJET	Session 2004
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MIE3SC4		Page 3/6

### III - Le système de refroidissement (8 points)

Il faut refroidir la génératrice synchrone lorsqu'elle travaille. On assure ce refroidissement par l'intermédiaire d'un fluide assimilé à un gaz parfait décrivant dans le diagramme (P ; V) le cycle réversible ci-dessous sans changement d'état.



On donne

Les caractéristiques thermodynamiques du gaz sont les suivantes :

Capacité thermique molaire à pression constante :  $C_p = 49,9 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Rapport des capacités calorifiques de ce gaz :  $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1,2$

Constante des gaz parfaits :  $R = 8,31 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Paramètres	Point A	Point B	Point C	Point D
Pression (Pa)	$2 \cdot 10^5$	$P_B$	$P_B$	$2 \cdot 10^5$
Volume ( $\text{m}^3$ )	0,2	$V_B$	$V_C$	0,178
Température (K)	298	348	310	265

les transformations AB et CD sont adiabatiques

III-1 Citez le nom des transformations BC et DA ?

III-2 Calculer le nombre de moles n de ce gaz.

III-3 Calculer la pression  $P_B$  et le volume  $V_B$  du gaz au point B.

III-4 Calculer la quantité de chaleur échangée  $Q_{AB}$  au cours de la transformation qui fait passer le système de l'état A à l'état B.

III-5 Calculer le travail  $W_{AB}$  reçu par le gaz au cours de la transformation AB.

BTS MAINTENANCE INDUSTRIELLE	SUJET	Session 2004
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE :MIE3SC4		Page 4/6

**III-6** Calculer  $V_C$ .

**III-7** Calculer la quantité de chaleur  $Q_{BC}$  et le travail  $W_{BC}$  échangés au cours de la transformation qui fait passer le système de l'état B à l'état C.

**III-8** Calculer la quantité de chaleur  $Q_{CD}$  et le travail  $W_{CD}$  échangés au cours de la transformation qui fait passer le système de l'état C à l'état D.

**III-9** Calculer la quantité de chaleur  $Q_{DA}$  et le travail  $W_{DA}$  échangés au cours de la transformation qui fait passer le système de l'état D à l'état A.

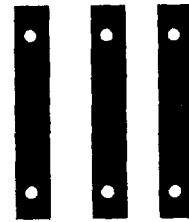
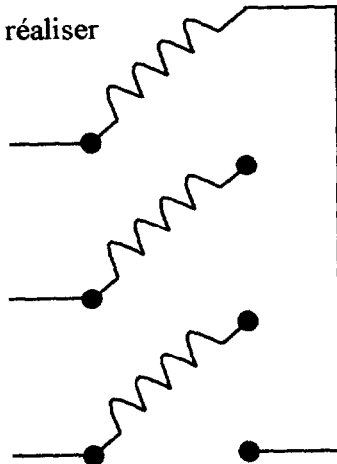
**III-10** Calculer la quantité de chaleur totale  $Q_{tot}$  et le travail  $W_{tot}$  échangés par le fluide au cours d'un cycle et conclure.

BTS MAINTENANCE INDUSTRIELLE	SUJET	Session 2004
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MIE3SC4		Page 5/6

**Document – réponse**  
**(à rendre avec la copie)**

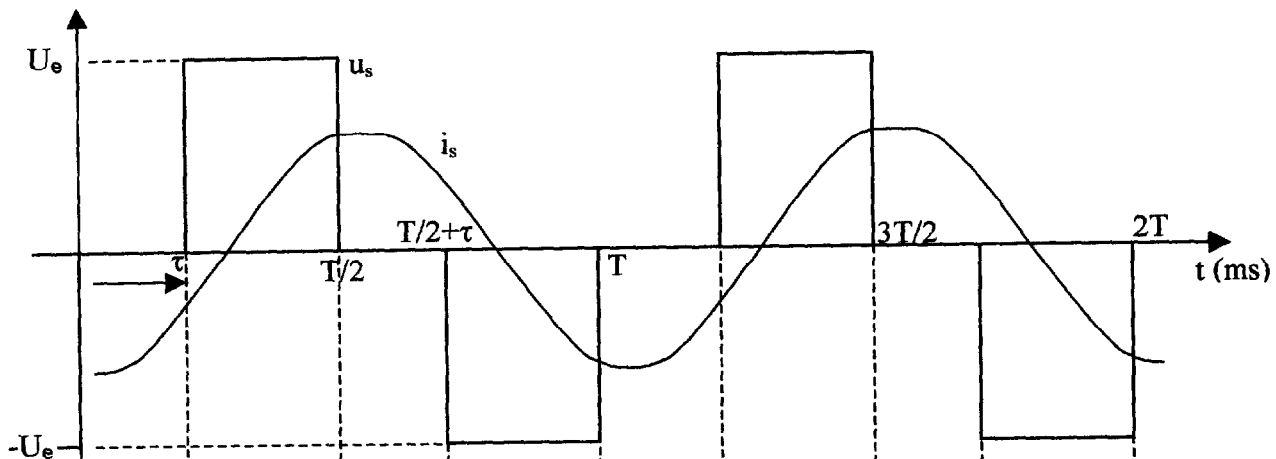
**ETUDE DE LA GENERATRICE SYNCHRONES**

Schéma du montage à réaliser



Barres de connexion disponibles

**ONDULEUR**



	$H_1$		$H_4$		$H_1$		$H_4$	Eléments commandés
	$H_2$	$H_3$		$H_2$		$H_3$	$H_2$	
								Eléments passants
								Signe de $p_s$
								Phase de fonctionnement

BTS MAINTENANCE INDUSTRIELLE	SUJET	Session 2004
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MIE3SC4		Page 6/6