

Brevet de technicien supérieur

Conception et réalisation de systèmes automatiques

SESSION 2016

SUJET

**Épreuve U32 - Sciences physiques et chimiques
appliquées**

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 12 pages.

Les documents réponses, pages 11 et 12, sont à remettre avec la copie.

BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques	SUJET	Session 2016
Épreuve U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
16CSE3SPC1		Page 1/12

Autolaveuse électrique autoportée

Description générale

L'autolaveuse électrique autoportée est une machine conçue pour l'entretien de surfaces très importantes.

Elle permet de :

- mouiller la surface avec une solution détergente ;
- récurer à l'aide de brosses tournantes ;
- éliminer par aspiration la solution et les salissures en suspension ;
- sécher la surface traitée par cette aspiration.



Objectif principal

Un entrepôt de produits alimentaires biologiques fait l'acquisition d'une autolaveuse d'occasion. L'un des objectifs est de procéder à la modification de cette dernière pour respecter le cahier des charges imposé par le stockage des produits alimentaires biologiques.

Cahier des charges

1. Production d'eau chaude

L'eau chaude nécessaire pour assurer le nettoyage n'est pas disponible dans l'entrepôt de stockage. La machine devra donc en assurer sa propre production.

2. Alimentation électrique

Le local est équipé de prises triphasées et de prises monophasées non simultanément présentes. L'autolaveuse devra pouvoir être alimentée indifféremment par ces deux types de prises.

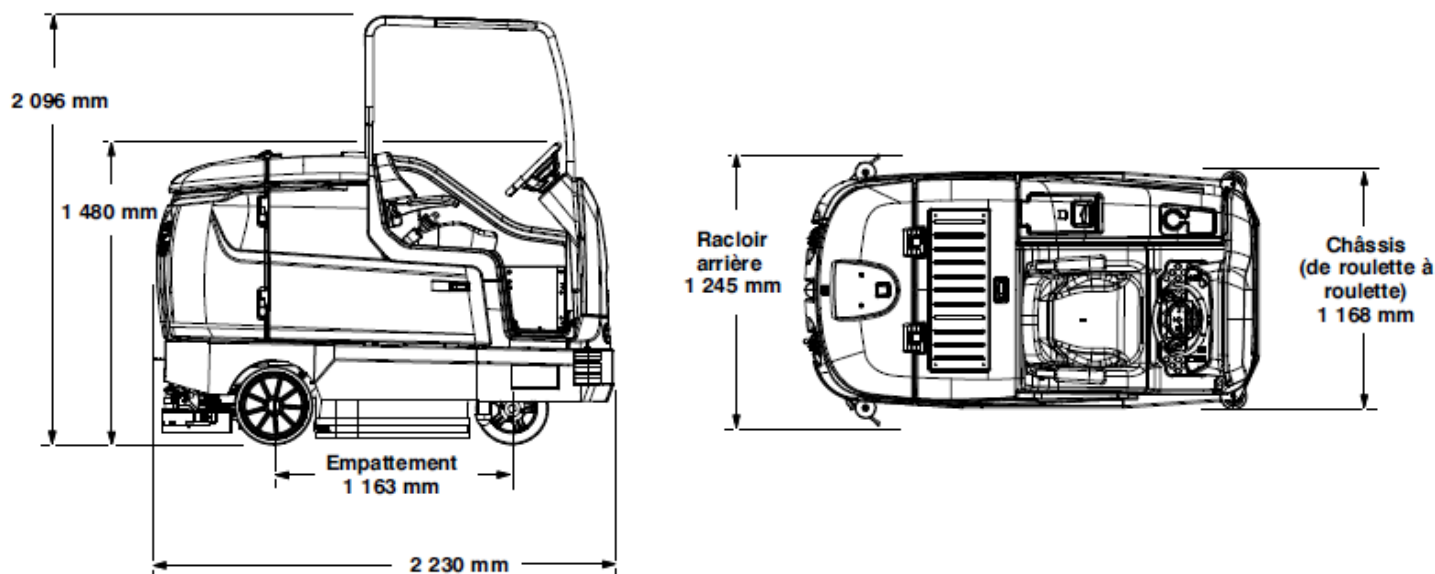
3. Motorisation

L'autolaveuse est équipée d'un moteur et d'un variateur DC. Cette motorisation est hors service. On se propose de la remplacer par un moteur asynchrone et un variateur AC.

BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques	SUJET	Session 2016
Épreuve U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
16CSE3SPC1		Page 2/12

Caractéristiques de l'autolaveuse (extrait catalogue constructeur)

1. Dimensions générales



2. Appareillages électriques

Batteries	Option 1	48 V	625 Ah	689 kg
	Option 2	48 V	775 Ah	836 kg
Moteurs électriques	Brosse de lavage (circulaire)	48 V	1,125 kW	
	Brosse de lavage (cylindrique)	48 V	1,125 kW	
	Extracteur	48 V	0,60 kW	
	Propulsion	48 V	2,25 kW	

Formulaire (utilisable pour toute l'épreuve)

Les symboles sont définis dans l'énoncé.

$Q = mc(T_2 - T_1)$	$\phi = \frac{S(T_2 - T_1)}{R_{th}}$	$P = \sqrt{3} UI \cos \varphi$
$\langle u_{s(t)} \rangle = \frac{2\widehat{U_e}}{\pi}$	$P = \frac{U^2}{R}$	$n_s = \frac{f}{p}$

Données importantes

Capacité thermique massique de l'eau : $c_{eau} = 4185 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	$1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3,6 \times 10^6 \text{ W} \cdot \text{s} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$
Masse volumique de l'eau : $\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.	$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$

BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques	SUJET	Session 2016
Épreuve U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
16CSE3SPC1		Page 3/12

PARTIE A. Production d'eau chaude (18 points)

1. Sources d'énergie

Objectif : comparaison des sources énergétiques permettant d'obtenir de l'eau chaude dans la cuve de l'autolaveuse.

- 1.1. Rappeler la différence entre énergie renouvelable et non renouvelable puis compléter le **document-réponse DR1 page 11/12** en barrant les termes inutiles.
- 1.2. Afin d'obtenir une énergie électrique dont la source d'énergie primaire est renouvelable, l'entrepôt est équipé de panneaux solaires photovoltaïques.
Compléter le **document-réponse DR2 page 11/12** avec les différents éléments fonctionnels donnés.

2. Énergie thermique

Objectif : déterminer l'énergie nécessaire au chauffage de l'eau.

Remarque : on considère que la solution contenue dans le réservoir de solution a la même température et les mêmes caractéristiques que l'eau.

Données :

- température de l'eau (froide) du réseau (robinet) $\theta_{EF} = 19\text{ °C}$;
- température de l'eau chaude souhaitée $\theta_{EC} = 50\text{ °C}$;
- volume du réservoir de solution $V_R = 285\text{ L}$.

- 2.1. De quels paramètres dépend l'énergie Q nécessaire pour élever la température de l'eau ?
- 2.2. Donner la masse m_S de l'eau contenue dans le réservoir à solution.
- 2.3. Calculer l'énergie Q nécessaire à l'élévation de la température de l'eau.

3. Résistance thermique du réservoir de solution

Objectif : la température ambiante θ_{int} à l'intérieur de l'entrepôt est maintenue à la valeur de 12 °C . Comment peut-on limiter le refroidissement de la solution ?

Données :

- résistance thermique du réservoir $R_{th} = 25 \times 10^{-3}\text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$;
- température de l'eau chaude dans le réservoir $\theta_{EC} = 50\text{ °C}$;
- surface de la paroi du réservoir $S = 2,71\text{ m}^2$.

- 3.1. Rappeler les trois modes de transferts thermiques. Par rapport au réservoir à solution, donner le sens du transfert thermique.

BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques	SUJET	Session 2016
Épreuve U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
16CSE3SPC1		Page 4/12

3.2. Calculer le flux thermique ϕ dû à la conduction des parois du réservoir.

3.3. Sur quel paramètre peut-on intervenir afin de réduire ce flux thermique ?

4. Alimentation électrique

Objectif : déterminer les résistances électriques permettant de chauffer l'eau du réservoir de solution.

Données :

- énergie nécessaire $Q = 10,3 \text{ kW} \cdot \text{h}$;
- durée attribuée au chauffage de l'eau $\Delta t_A = 2,00 \text{ h}$;
- réseau monophasé $U = 230 \text{ V}$, $f = 50 \text{ Hz}$;
- réseau triphasé $230/400 \text{ V}$, $f = 50 \text{ Hz}$.

4.1. Montrer que la puissance nécessaire pour chauffer l'eau est $P = 5,15 \text{ kW}$.

4.2. Dans le cas du réseau monophasé, calculer la résistance électrique R nécessaire au chauffage de l'eau.

4.3. Pour le réseau triphasé, indiquer sur le **document-réponse DR3 page 11/12**, la tension simple et les tensions composées proposées sur le schéma.

4.4. Placer sur le **document-réponse DR3 page 11/12** l'appareil de mesure permettant la mesure de la valeur efficace d'une tension simple, et indiquer la position du commutateur de sélection (AC, DC, AC + DC).

4.5. Sachant que les résistances R' , utilisées sur le réseau triphasé, supportent une tension nominale de 230 V , quel est le couplage à réaliser ? Justifier puis compléter le **document-réponse DR3 page 11/12** avec le schéma du couplage.

4.6. Sachant que $R' = 30,9 \Omega$, calculer la valeur efficace de l'intensité du courant en ligne I_{tri} dans le cas du réseau triphasé.

4.7. L'intensité du courant en monophasé étant $I_{mono} = 22,3 \text{ A}$, quel réseau est-il préférable d'utiliser pour alimenter la machine ? Justifier.

BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques	SUJET	Session 2016
Épreuve U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
16CSE3SPC1		Page 5/12

PARTIE B. Motorisation (13 points)

1. Motorisation implantée sur l'autolaveuse

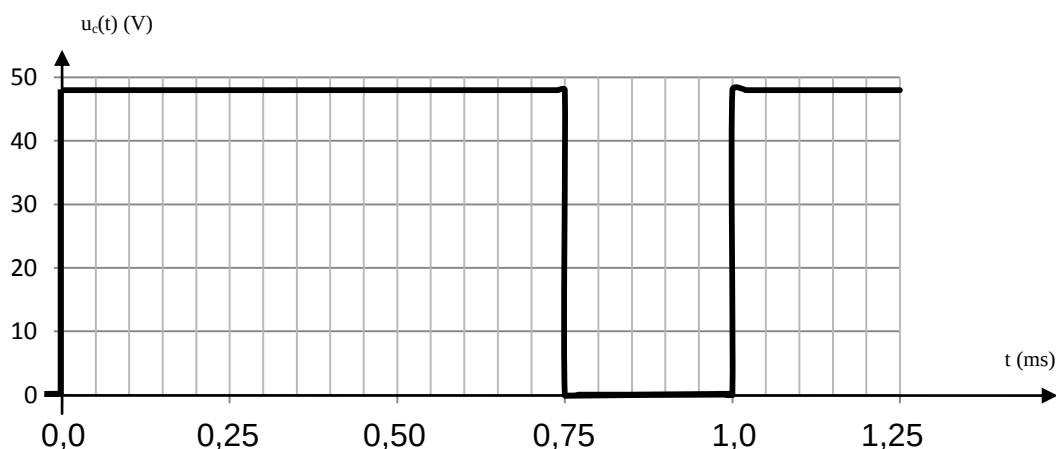
Objectif : l'autolaveuse reste immobile. On se propose de rechercher l'élément de la chaîne énergétique qui ne fonctionne pas.

Remarque : la vitesse de rotation à la sortie du moteur à courant continu est notée n .

La tension de sortie du capteur de vitesse est notée U_m . La vitesse de l'autolaveuse sera notée v_{net} .

- 1.1. Compléter la chaîne de transfert d'énergie du **document-réponse DR4 page 12/12** avec les grandeurs physiques proposées sur le schéma.
- 1.2. L'autolaveuse est équipée d'un moteur à courant continu, quel est le nom du convertisseur qui permet la variation de vitesse du moteur ?
- 1.3. Différents relevés et mesures ont été effectués à la sortie des éléments de la chaîne de motorisation.

Batterie	$U_{\text{Bat}} = 48 \text{ V}$	Voltmètre	DC
Convertisseur	$\langle u_c(t) \rangle = 36 \text{ V}$	Voltmètre	DC
Capteur	$U_m = 0 \text{ V}$	Voltmètre	DC



Donner le rapport cyclique α de la tension $u_c(t)$ en sortie du convertisseur supposé parfait et calculer la fréquence de hachage f du convertisseur.

- 1.4. À partir du chronogramme ci-dessus, calculer la valeur moyenne $\langle u_c(t) \rangle$ de la tension $u_c(t)$. Ce convertisseur est-il opérationnel ?
- 1.5. À partir des différentes informations, déterminer quel élément de la chaîne énergétique est défectueux.

BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques	SUJET	Session 2016
Épreuve U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
16CSE3SPC1		Page 6/12

2. Remplacement de la motorisation existante

Objectif : on remplace le moteur à courant continu par un moteur asynchrone. Déterminer la tension simple permettant d'obtenir la vitesse de nettoyage souhaitée afin de régler les paramètres du variateur de vitesse.

Remarque : on suppose que la vitesse v_{net} de l'autolaveuse est proportionnelle à la fréquence de rotation n du moteur $v_{net} = k \cdot n$. Ainsi, lorsque $n = 1500 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$, on a $v_{net} = v_{max} = 9,0 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

Données :

- réseau triphasé 48 / 83 V ; $f = 50 \text{ Hz}$;
- vitesse de nettoyage souhaitée $v_{net} = 6,5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$;
- plaque signalétique du moteur.

2,25 kW	$\cos\phi = 0,87$	$\Delta 48 \text{ V}$
1440 $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$	50 Hz	Y 83 V

- Montrer que le moteur asynchrone possède $p = 2$ paires de pôles.
- Calculer la vitesse de rotation n du moteur asynchrone permettant d'obtenir la vitesse de nettoyage souhaitée $v_{net} = 6,5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.
- Le convertisseur permet un fonctionnement à V/f constant ($V/f = K$). Calculer la constante K en précisant son unité.
- Sachant que la fréquence f' du convertisseur est réglée à 36,1 Hz pour un déplacement à la vitesse de nettoyage souhaitée v_{net} , calculer la tension simple V' fournie par le convertisseur au moteur.

3. Rendement de la motorisation

Objectif : calculer le rendement de l'ensemble de motorisation pour la vitesse de nettoyage.

Données et symboles utilisés :

- réseau triphasé 34,7 / 60,1 V ; $f = 36,1 \text{ Hz}$;
- puissance mécanique utile du moteur asynchrone $P_u = 1150 \text{ W}$;
- rendement du moteur asynchrone $\eta_M = 96 \%$;
- rendement de l'ensemble réducteur de vitesse – transmission – roue $\eta_R = 85 \%$;
- rendement du convertisseur $\eta = 100 \%$;
- puissance électrique absorbée par le moteur asynchrone, P_a ;
- puissance mécanique de propulsion de l'autolaveuse, P_{prop} .

- Compléter le **document-réponse DR5 page 12/12** en associant les rendements et les puissances proposées aux différents éléments indiqués dans le document.

BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques	SUJET	Session 2016
Épreuve U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
16CSE3SPC1		Page 7/12

- 3.2. Calculer la puissance P_a absorbée par le moteur asynchrone.
- 3.3. Calculer le rendement total η_T de l'ensemble convertisseur – moteur – réducteur – transmission – roue.

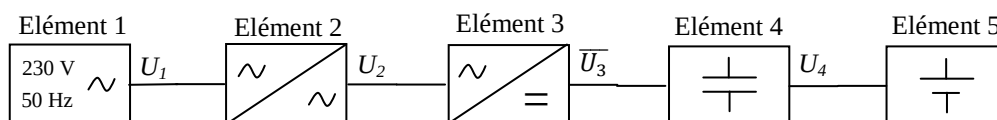
PARTIE C. Batterie (9 points)

1. Charge de la batterie et réseau monophasé

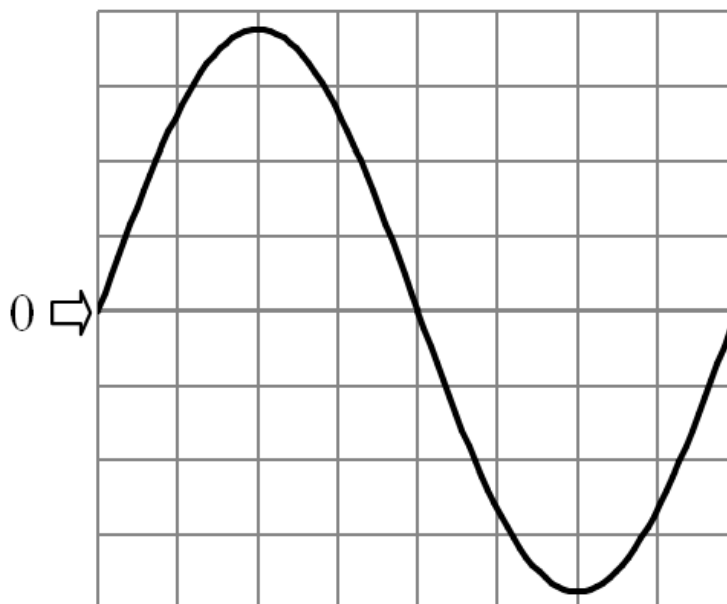
Objectif : identifier les éléments du montage permettant la charge de la batterie à partir du réseau monophasé.

Données :

- réseau monophasé $U_1 = 230 \text{ V}$, $f = 50 \text{ Hz}$;
- tension aux bornes de la batterie $U_{bat} = 48 \text{ V}$;
- élément 3 : supposé parfait ;
- élément 4 : condensateur permettant le lissage de la tension $u_4(t)$;
- le schéma simplifié du montage permettant la charge de la batterie est donné ci-dessous.



- l'oscillogramme de la tension $u_2(t)$ à la sortie de l'élément 2 est donné ci-dessous.



Abscisses : 1 division $\Rightarrow 2,5 \text{ ms}$

Ordonnées : 1 division $\Rightarrow 20 \text{ V}$

BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques	SUJET	Session 2016
Épreuve U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
16CSE3SPC1		Page 8/12

- 1.1. Donner les noms des éléments 1, 2, 3, 5 du schéma simplifié précédent.
- 1.2. Montrer que la valeur maximale de la tension $u_2(t)$ est $\widehat{U}_2 = 75 \text{ V}$.
- 1.3. Le **document-réponse DR6 page 12/12** donne le schéma électronique d'un des cinq éléments du schéma simplifié. De quel élément s'agit-il et quelle est sa fonction ?
- 1.4. Compléter le **document-réponse DR6 page 12/12** en indiquant l'appareil permettant la visualisation de la tension de sortie.
- 1.5. Montrer que la valeur moyenne de la tension de sortie de cet élément est $\langle u_3(t) \rangle = 48 \text{ V}$.

2. Pollution harmonique lors de la charge de la batterie

Objectif : la batterie peut être chargée soit par le réseau monophasé, soit par le réseau, triphasé. Les ponts redresseurs monophasé et triphasé engendrent des harmoniques de courant. On souhaite privilégier la pollution harmonique la plus faible.

Donnée :

- fréquence des tensions d'alimentation des deux ponts $f = 50 \text{ Hz}$.

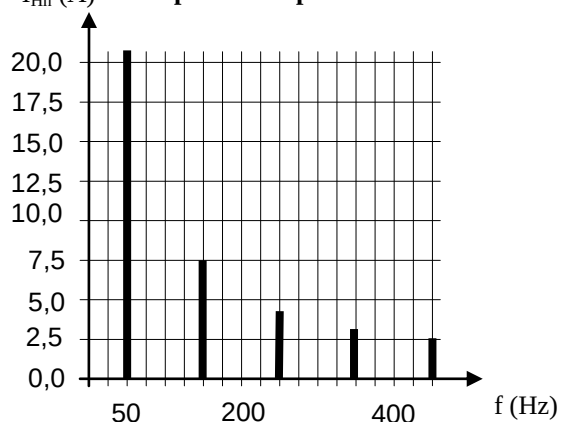
Document 1

Le **taux de distorsion harmonique (THD_i)** permet de quantifier la pollution harmonique d'un signal.

- * $THD_i < 10 \%$: pollution harmonique acceptable
- * $10 \% < THD_i < 50 \%$: pollution harmonique limite
- * $THD_i > 50\%$: pollution harmonique importante

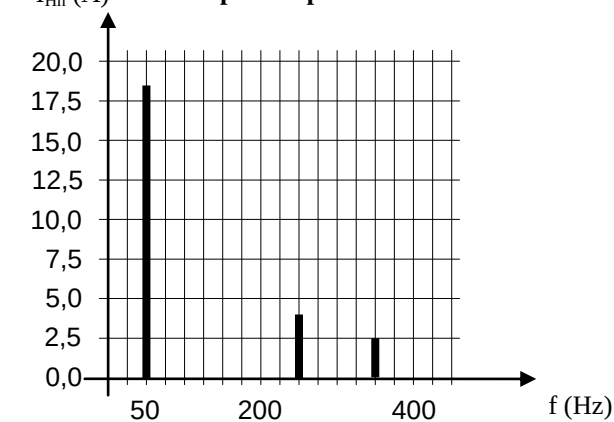
Document 2

Décomposition spectrale de l'intensité du courant
 I_{Hh} (A) **pont monophasé PD2**



Document 3

Décomposition spectrale de l'intensité du courant
 I_{Hh} (A) **pont triphasé PD3**



BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques	SUJET	Session 2016
Épreuve U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
16CSE3SPC1		Page 9/12

- 2.1. Pour les deux ponts, donner la valeur efficace I_{H3} de l'intensité du courant pour l'harmonique de rang 3.
- 2.2. Le calcul du taux de distorsion harmonique THD_i en courant donne respectivement $THD_{i1} = 24,8 \%$ et $THD_{i2} = 42,6 \%$ pour chaque réseau. À l'aide des décompositions spectrales données ci-dessus, attribuer les valeurs THD_{i1} et THD_{i2} au réseau monophasé et au réseau triphasé.
- 2.3. Quel type de filtre peut-on utiliser pour obtenir un régime sinusoïdal ? Justifier.
- 2.4. Sur quelle décomposition spectrale ce type de filtre sera-t-il plus facile à mettre en œuvre ? Justifier.

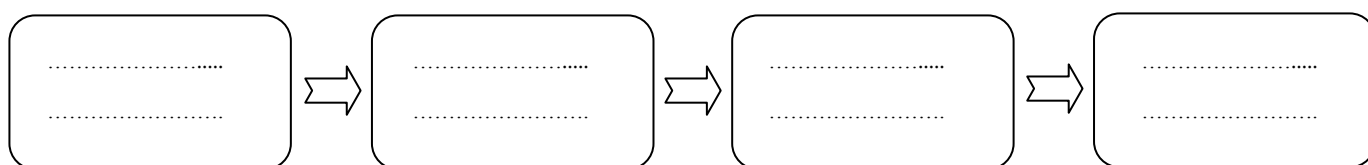
BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques	SUJET	Session 2016
Épreuve U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
16CSE3SPC1		Page 10/12

DOCUMENTS RÉPONSE (à remettre avec la copie).

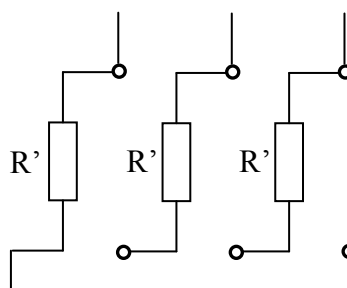
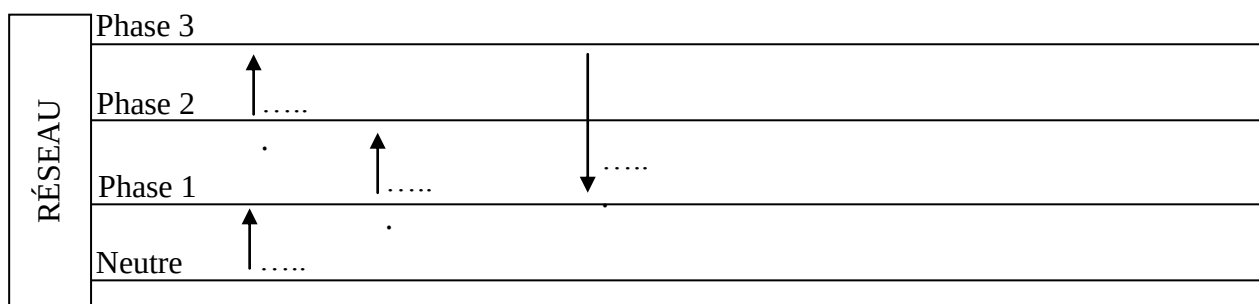
PARTIE A. Production d'eau chaude

DR1 Q1.1.	Sources d'énergie :	Énergie chimique (fioul, gaz, charbon,...)	Énergie thermique solaire	Énergie électrique
	Renouvelable :	Oui - Non	Oui - Non	Oui - Non

DR2 Q1.2.	n	U_{bat}	V_{net}	U_m	$\langle U_c(t) \rangle$
---------------------	-----	-----------	-----------	-------	--------------------------



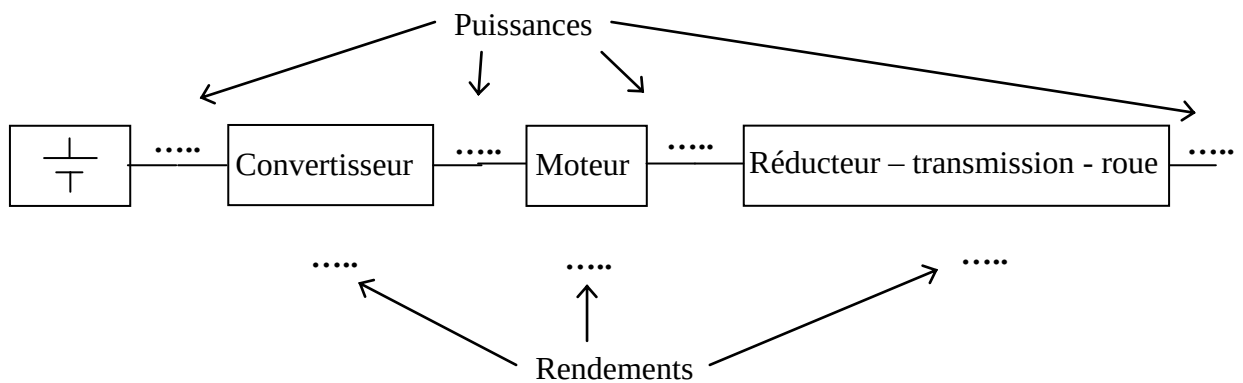
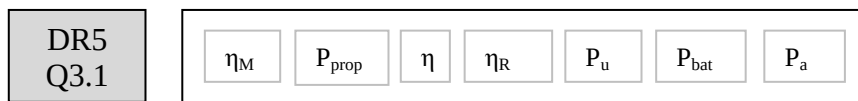
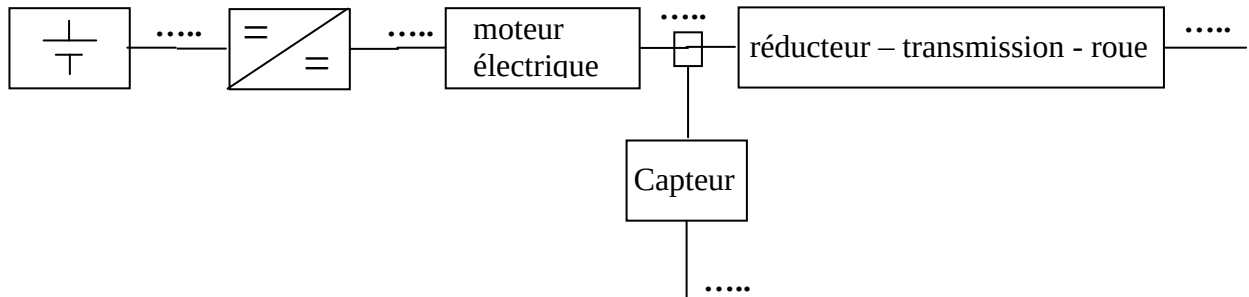
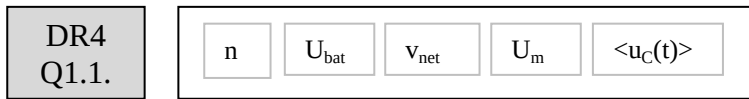
DR3 Q4.3. Q4.4. Q4.5.



BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques	SUJET	Session 2016
Épreuve U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
16CSE3SPC1		Page 11/12

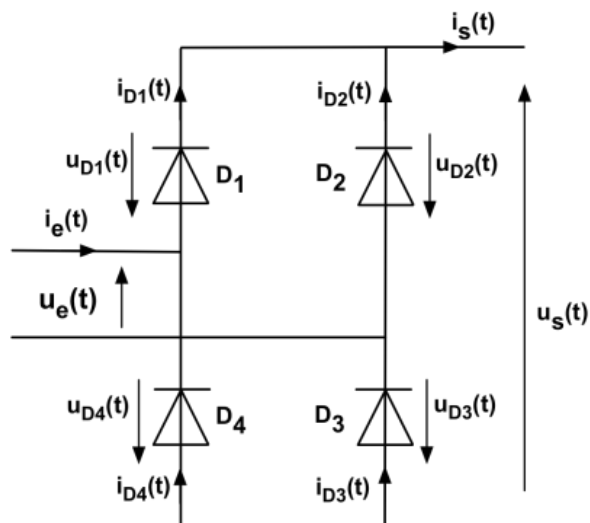
DOCUMENTS RÉPONSE (à remettre avec la copie).

PARTIE B. Motorisation



PARTIE C. Batterie

DR6
Q2.4.



BTS - Conception et réalisation de systèmes automatiques	SUJET	Session 2016
Épreuve U32 : sciences physiques et chimiques appliquées	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
16CSE3SPC1		Page 12/12