

CNC SESSION 2018 Filière : TSI**Épreuve de Génie Électrique**

Temps conseillé : 3 Heures

***Aucun document n'est autorisé
Calculatrice autorisée***

L'épreuve de Génie Électrique se compose :

- *d'un texte de l'épreuve (pages numérotées de 1 à 12)*
- *d'annexes (pages numérotées de 13 à 17)*
- *de documents réponse (pages numérotées de 18 à 21)*

Le candidat devra composer et rendre obligatoirement même vides :

- ***Le cahier des réponses réservé à l'épreuve GE***
- ***Les documents réponse figurant respectivement sur les pages 18, 19, 20 et 21***

Si un candidat est amené à repérer ce qui peut lui sembler être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et devra poursuivre sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

Présentation générale :

Afin de pouvoir satisfaire les besoins humains élémentaires en eau potable, en soins de santé, etc, un accès constant à l'énergie est primordial. Toutefois, plus d'un milliard de personnes n'ont toujours pas accès à l'électricité, et bien plus encore ne disposent pas d'un réseau électrique fiable. À l'heure actuelle, la technologie permet l'utilisation **de micro-réseaux hybrides**, assurant la **génération** et le **stockage** distribué de l'électricité. Ces micro-réseaux hybrides introduisent des énergies renouvelables, ce qui donne pour résultat une énergie fiable, durable et rentable.

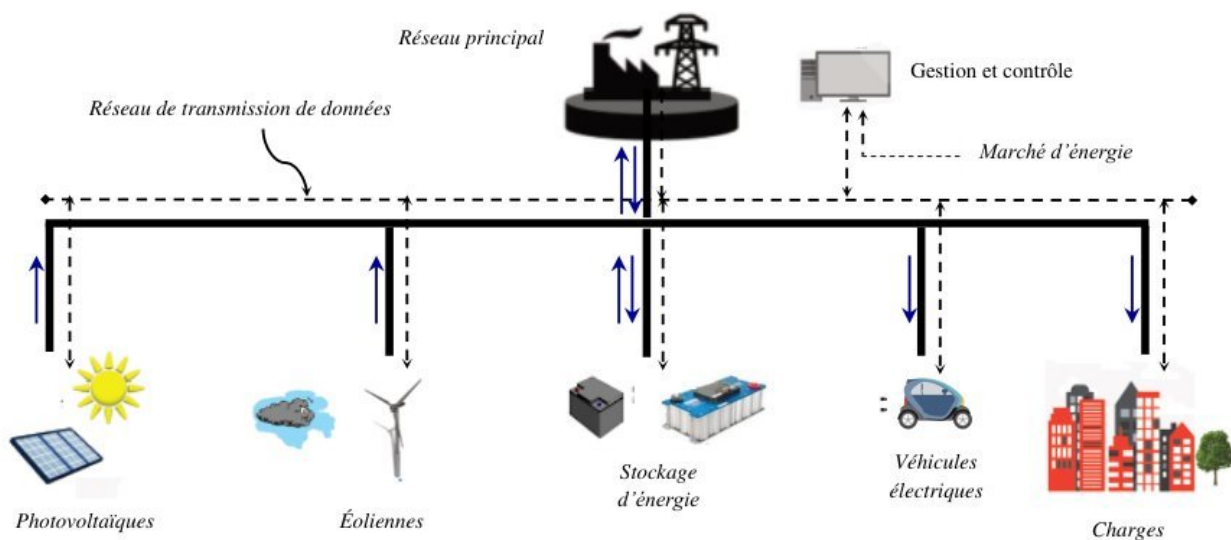


Figure 1 : Structure d'un micro réseau

Un micro-réseau électrique (*microgrid en anglais*) est un petit réseau électrique pouvant fonctionner indépendamment du réseau électrique principal. Il utilise des dispositifs locaux **de production, de stockage et de consommation** d'électricité, ainsi qu'une connexion éventuelle au réseau principal. **La production** peut se faire à partir de sources fossiles (groupe électrogène ou micro-turbines à gaz), et/ou à partir de sources renouvelables (panneaux photovoltaïques, éoliennes, petites centrales hydroélectriques). **Le stockage** peut se faire via de nombreuses technologies, comme les batteries. Enfin, **la consommation** d'électricité se fait par différents types de charges électriques. La connexion au réseau principal peut être *inexistante, temporaire* ou *permanente*.

Un réseau électrique est dit **intelligent (smart grid)** si sa gestion intègre des fonctionnalités issues des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication

(NTIC), de manière à **optimiser** et **coordonner la production, la distribution et la consommation** et ce pour améliorer son efficacité énergétique et sa fiabilité.

Le micro-réseau, étudié dans ce sujet, alimente une zone d'habitation et d'activité économique avec des charges de type tertiaires et des **sources intermittentes de production renouvelable**, associés à **un moyen de stockage** d'énergie. Son schéma de principe est donné sur **la figure 5 en annexe 1 (page 13)**, il est constitué d'**un ensemble de charges, d'une production** intermittente à base d'énergie renouvelable (panneaux photovoltaïques et éoliennes), d'**un système de stockage** d'énergie composé de batteries et d'**une interconnexion** au réseau principal au moyen d'un transformateur **20Kv/ 400v -50Hz**.

Le sujet comporte quatre parties indépendantes :

Partie A : *Étude générale de la production d'énergie par panneaux photovoltaïques et du système de stockage d'énergie.*

Partie B : *Étude du convertisseur d'énergie Continu/Continu (DC/DC)*

Partie C : *Étude de l'asservissement de position des panneaux photovoltaïques*

Partie D : *Étude de la transmission de données du compteur communicant et de la gestion du micro-réseau*

Partie A : *Étude générale de la production PV et du système stockage d'énergie*

Dans cette partie on se limite à l'étude de la conception du système de production électrique à partir des panneaux photovoltaïques du micro-réseau. Les charges alimentées par le micro réseau sont généralement de faibles à moyennes puissances (type tertiaires).

On commence par établir le bilan de puissances et d'énergies demandées par les charges de l'installation, on détermine le nombre nécessaire des panneaux photovoltaïques puis on calcule la capacité des batteries de stockage.

A.1. Sur le document réponse 1 (page 18), on se limite à une liste de récepteurs (types tertiaires) et leurs durées de fonctionnement quotidiennes. On demande de compléter **le tableau 1** des bilans des puissances et d'énergies et de calculer la puissance totale **P_T** et l'énergie quotidienne totale **E_T** .

NB : Quelque soit la valeur trouvée, on prendra dans la suite : **$E_T=302,4\text{KWh}$** .

A.2. La puissance totale de crête **P_c** (exprimée en Wc) que doit produire l'ensemble des panneaux à installer, est liée à l'énergie totale **E_T** demandée par l'ensemble des charges par la relation suivante :

$$E_T = k \times N_e \times P_c$$

Avec :

- **k** : est un coefficient qui tient compte de plusieurs facteurs : les pertes dans les câbles, les cycles de charge-décharge des batteries, le rendement du système Onduleur-Chargeur, etc. Généralement, sa valeur est comprise entre **0,55** et **0,75**.
- **N_e** : est le nombre minimal d'heures d'ensoleillement par jour.

On donne **$N_e=5$** heures (valeur prise en hiver) et **$k=0,72$** .

Calculer alors la puissance de crête **P_c** du parc solaire.

A.3. Selon l'annexe 2 (page 14), qui donne les principales caractéristiques des panneaux utilisés « Polycristallin VICTRON 250W ».

Calculer le nombre total **N_T** nécessaire de panneaux.

A.4. Pour le Point de fonctionnement à Puissance Maximale (**PPM**), on demande de calculer le nombre **N_s** de panneaux à mettre en série (un bloc de panneaux en série est nommé *String*) pour avoir une tension continue à l'entrée du convertisseur DC/DC **$V_{in}=420\text{v}$** .

A.5. En déduire le nombre **N_p** de blocs (ou de string) à mettre en parallèle.

Pour dimensionner la batterie de stockage, une relation simplifiée fait intervenir les grandeurs suivantes:

- L'énergie totale consommée **E_T** par jour par les différents récepteurs,
- Le nombre de jours **N_J** d'autonomie nécessaire,
- La profondeur de décharge maximale **D** acceptable par le type de batterie utilisée,
- La capacité **C (en Ah)** de la batterie, son rendement **η_b** et la tension **U_b** (en volt) à ses bornes.

$$E_T \times N_J = \eta_b \times D \times C \times U_b$$

A.6. La batterie utilisée est de type accumulateur au plomb de rendement **$\eta_b=80\%$** , la tension continue à ses bornes est **$U_b=48\text{ V}$** et elle supporte une profondeur de décharge **$D=0,75$** . On prévoit une autonomie de **$N_J=4$** jours en cas de mauvais temps.

Calculer, dans ce cas, la capacité **C** de la batterie.

A.7. Quels sont les autres systèmes de stockage d'énergie qu'on peut utiliser ?

Justifier le choix de l'accumulateur au plomb.

Partie B : Étude du convertisseur d'énergie DC/DC.

Le convertisseur DC/DC associé aux panneaux photovoltaïques (voir la figure 6 annexe 3, page 15), permet de chercher le point de puissance maximale avec un système de commande appelé *Maximum Power Point Tracking* (MPPT), en réglant la tension de sortie. Son schéma de principe est donné ci-dessous (figure 2) :

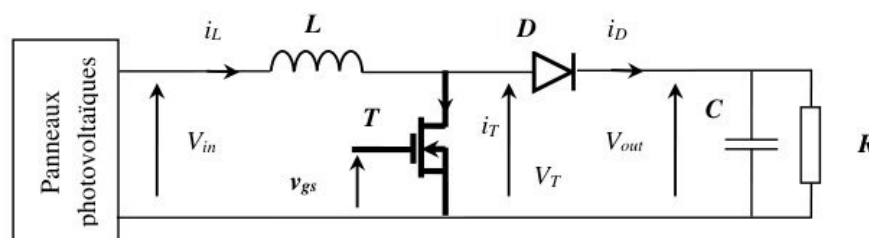


Figure 2 : Convertisseur DC/DC

L'interrupteur électronique utilisé est un transistor MOSFET (référence TK39A60W) commandé en commutation à une fréquence de hachage $f_h = \frac{1}{T_h} = 20 \text{ KHz}$. La tension à la sortie du convertisseur V_{out} (celle du bus continu modélisé par le circuit RC parallèle) est supposée constante et vaut $V_{out} = 510 \text{ V}$. Le bloc de « String » en parallèle, peut être modélisé par un générateur de courant I_{pv} de tension V_{in} . Le transistor MOSFET et la diode D sont supposés parfaits. Le signal de commande du transistor (tension v_{gs}), est donné sur le document réponse 2 page 19. Son rapport cyclique $\alpha = \frac{T_{on}}{T_h} \in [0, 1[$ est réglable par le bloc de commande MPPT.

En régime établi, le courant i_L dans l'inductance est périodique et il varie entre deux valeurs limites $I_{min} > 0$ et I_{max} (conduction continue).

- B.1.** Pour $0 \leq t \leq \alpha T_h$, le transistor **T** est fermé, établir l'équation d'évolution du courant i_L dans l'inductance. On note que $i_L(0) = I_{\min}$ et que durant une période de hachage T_h , la tension du bloc de panneaux V_{in} peut être considérée constante.
- B.2.** Pour $\alpha T_h \leq t \leq T_h$, le transistor **T** est ouvert, établir à nouveau l'équation d'évolution du courant i_L dans l'inductance. On note que $i_L(\alpha T_h) = I_{\max}$.
- B.3.** Sur le document **réponse 2 page 19**, on demande de tracer les allures de :
- La tension $V_T(t)$ aux bornes du transistor **T**,
 - Le courant $i_T(t)$ dans le transistor **T**,
 - Le courant $i_D(t)$ dans la diode **D**,
 - Le courant $i_L(t)$ dans l'inductance **L**,
- B.4.** Établir l'expression de la valeur moyenne $\langle V_T(t) \rangle$ de la tension aux bornes du transistor.
- B.5.** On rappelle que le courant $i_L(t)$ dans l'inductance est périodique, établir la relation $V_{out} = f(V_{in})$.
De quel type de hacheur s'agit-il ?
- B.6.** Établir l'expression de l'ondulation du courant dans l'inductance Δi_L en fonction de : L, α, f_h, V_{out} .
- B.7.** Pour quelle valeur du rapport cyclique α , cette ondulation est maximale ?
En déduire l'expression de l'ondulation maximale $(\Delta i_L)_{\max}$.
- B.8.** Quelle est la valeur minimale que doit avoir l'inductance **L**, pour limiter l'ondulation maximale du courant à $(\Delta i_L)_{\max} = 1A$?
- B.9.** En réalité, à l'état passant (**T** saturé) le transistor **T** est équivalent à une résistance $R_{DS} = 55m\Omega$. En négligeant l'ondulation du courant I_{pv} ($I_{pv} = I_L$) devant sa valeur moyenne, établir l'expression des pertes de conduction dans le transistor **T**.
Calculer sa valeur numérique pour : $I_{pv} = 32A$, $\alpha = 0,45$.

Partie C : Étude de l'asservissement de position des panneaux

Pour une utilisation optimale des panneaux photovoltaïques, la direction des rayons lumineux doit être perpendiculaire à la surface des panneaux. Pour cela il est recommandé de réaliser une poursuite du soleil. On se propose dans cette partie d'étudier un dispositif permettant d'asservir la position angulaire des panneaux à celle du soleil (figure 7 , annexe3 page15) . Pour améliorer l'exposition du panneau vis-à-vis du soleil, l'angle d'inclinaison ψ

est constant et vaut environ 35° pour les latitudes méditerranéennes et la surface active du panneau est orientée vers le sud.

Pour élaborer la consigne, on dispose, grâce à un dispositif préprogrammé, de la trajectoire du soleil en fonction des heures de la journée. On choisit de programmer 12 positions journalières c'est à dire que l'entrée de référence varie durant une journée par paliers avec un $pas = \frac{\pi}{12}$. Le dispositif considéré nous délivre une tension de consigne $u_c(t)$ variant de 0 à +10V. Le capteur de position utilisé délivre une mesure de la position du panneau $u_{mes}(t)$ variant de 0 à +10V.

Le moteur d'entraînement est à Courant Continu (MCC). Il est commandé par l'intermédiaire d'un hacheur modélisé par un gain pur $K_H = 15$. Le réducteur possède un rapport de réduction $r = \frac{\Omega}{\Omega_p} = 50$. Le schéma fonctionnel de l'asservissement est donné ci-dessous, **figure 3**.

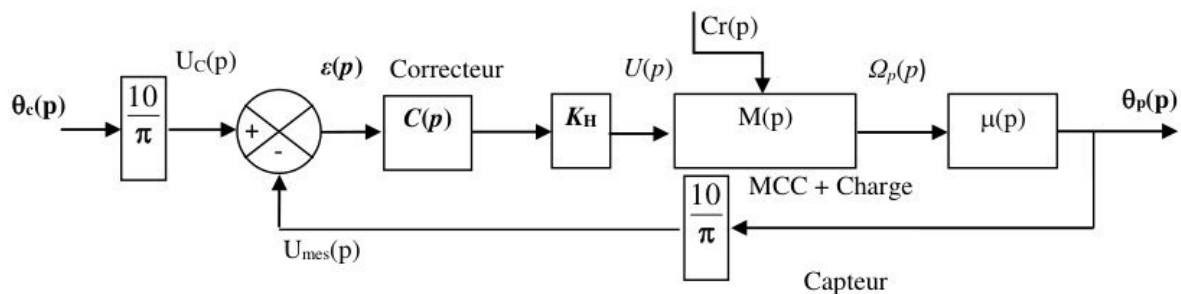


Figure 3 : schéma fonctionnel de l'asservissement de position

Le moteur est à excitation par aimant permanent. L'effet de l'inductance de l'induit est négligé, le comportement électromécanique de la MCC est modélisé par les équations suivantes :

$$u(t) = e(t) + Ri(t) \quad (1)$$

$$e(t) = k\Omega(t) \quad (2)$$

$$c_m(t) = ki(t) \quad (3)$$

avec $k = 0,7 \text{ V.s}^{-1}.\text{rad}$, et $R = 1,25 \Omega$.

L'équation mécanique de l'arbre du moteur est : $J_{eq} \frac{d\Omega(t)}{dt} = C_m(t) - C_r(t) \quad (4)$.

$J_{eq} = 0,8 \text{ kg.m}^2$: moment d'inertie équivalent de l'ensemble (Moteur+Charge) ramené à l'arbre moteur.

C.1. Donner la relation reliant la position du panneau $\theta_p(t)$ à la vitesse de rotation $\Omega_p(t)$ de l'arbre de sortie du réducteur. En déduire l'expression de $\mu(p)$.

- C.2.** En supposant le couple résistant $C_r(t)=0$, et toutes les conditions initiales nulles, appliquer les transformées de Laplace des équations (1), (2), (3) et (4).
- C.3.** Établir alors l'expression de la fonction de transfert $M(p) = \frac{\Omega_p(p)}{U(p)}$ de l'ensemble (Moteur+Réducteur).
- C.4.** En déduire que l'expression de la Fonction de Transfert en Boucle Ouverte FTBO peut prendre la forme suivante : $H(p) = C(p) \frac{G}{p(1+Tp)}$.
- C.5.** Donner les expressions et calculer les valeurs des paramètres : G et T .
 Quelque soient les valeurs trouvées, on prendra par la suite $G=1.4$, $T=2$ s
- C.6.** On donne en **annexe 4 page 16**, le diagramme de Bode de cette FTBO non corrigée, c'est-à-dire pour $C(p) = 1$.
- Que peut-on dire de la stabilité de l'asservissement ?
 - Calculer la valeur de l'erreur de position en régime permanent ? justifier votre réponse.
 - Donner l'expression de la fonction de la fonction de transfert en boucle fermée $F(p)$ et la mettre sous la forme : $F(p) = \frac{G_F}{1 + \frac{2z p}{\omega_n} + \frac{p^2}{\omega_n^2}}$
 - En déduire les valeurs numériques du gain G_F de la pulsation propre ω_n et l'amortissement z .
 - À partir des abaques de **l'Annexe 4 page 16**, déterminer la valeur du temps de réponse $tr_{5\%}$ du système bouclé et la valeur du premier dépassement $D_1\%$.
- C.7.** À partir du diagramme de Bode (**figure 10 Annexe 4 page 16**), relever la valeur de la marge de phase $\Delta\phi$ du système ($C(p)=1$).
- C.8.** Le cahier des charges de l'asservissement exige que la FTBO doit présenter une marge de phase $\Delta\phi \geq 45^\circ$ et une bande passante $\geq$ plus large. Peut-on satisfaire ces exigences avec un correcteur proportionnel intégral (PI) ? justifier votre réponse.
- C.9.** On choisit alors d'utiliser un correcteur à avance de phase : $C(p) = K_c \frac{1+ap}{1+\tau p}$ avec $a > 1$.
 On donne ses relations caractéristiques dans **l'annexe 4 page 16**. Pour régler ce correcteur, on choisit de fixer la pulsation ω_M à la pulsation unitaire voulue $\omega_1 = 7.5 \text{ rad/s}$. Et on doit déterminer les valeurs des paramètres du correcteur : a , τ et K_c conduisant aux performances souhaitées. Pour cela, on demande :

- Donner la valeur que doit prendre $\arg(C(j\omega_1).H(j\omega_1))$ pour obtenir la marge de phase désirée.
- En déduire l'apport de phase φ_M nécessaire à la pulsation $\omega_1 = 7.5 \text{ rad/s}$.
- Calculer la valeur du paramètre a permettant d'obtenir cette valeur de φ_M ,
- En déduire la valeur de la constante du temps τ pour que cette phase soit bien atteinte à la pulsation $\omega_M = \omega_1 = 7.5 \text{ rad/s}$.
- Calculer la valeur du gain K_c du correcteur pour que la FTBO corrigée ait bien un gain unitaire à cette pulsation.

Partie D : Étude de la transmission de données et gestion du micro-réseau

Le compteur **communicant** constitue la première brique dans le micro-réseau intelligent. Il mesure et transmet en temps réel : la puissance, le courant, la tension et le facteur de puissance, etc. Il peut être équipé de dispositifs de coupure commandés à distance (délestage). Il offre également au client du réseau la possibilité d'être informé en temps réel de ses consommations et de piloter automatiquement ses charges grâce à un **bornier-client** prévu sur l'appareil, appelé « *sortie de télé-information client* ». Ce bornier transmet les données sur une **liaison filaire** appelée « *bus de télé-information client* » sur lequel on peut raccorder une passerelle et offrir d'autres possibilités de transmission (Ethernet, Modem GSM/GPRS).



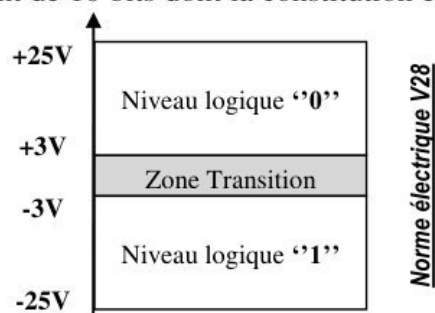
Figure 4 : Liaison de données d'un compteur communicant

Dans cette partie, on étudie la transmission des données entre le compteur communicant et le service de gestion du réseau. La sortie utilisée est de type asynchrone classique et les informations sont transmises cycliquement en série sur la ligne. Chaque

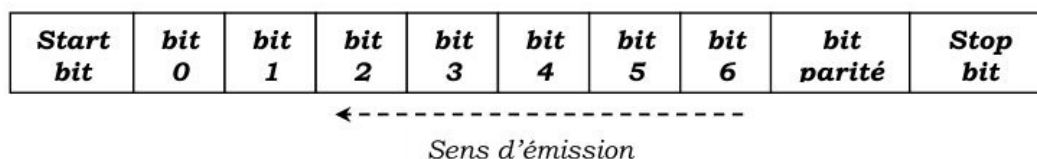
donnée transmise est précédée d'une étiquette permettant de l'identifier. L'ensemble des caractéristiques physiques des signaux échangés est conforme à la norme RS232. La vitesse de transmission est configurable par le gestionnaire du réseau entre **1200 et 19200 bauds** via une variable du compteur. Les niveaux électriques des signaux utilisés sont définis selon la norme V28.

L'accès au compteur est à réaliser à l'aide d'un câble de liaison **RS232** à double prise RJ45. Chaque caractère est émis dans un ensemble cohérent de 10 bits dont la constitution est la suivante :

- ✓ un bit de **start** correspondant à un "0" logique,
- ✓ 7 bits pour représenter le caractère en ASCII,
- ✓ 1 bit de **parité**, parité paire,
- ✓ un bit de **stop** correspondant à un "1" logique.



Le bit de poids le plus faible LSB (Least Significant Bit) est transmis en premier, le bit de poids le plus fort MSB (Most Significant Bit) en dernier.



Les informations sont émises sous la forme de trames constituées de groupes d'information successifs. Une trame est constituée de trois parties (**Annexe 5 page 17, figure 11**) :

- ✓ **Le début** de la trame est identifié par le caractère ASCII « **STX : Start of TeXt** »
- ✓ **Le corps** de la trame composé d'un ou plusieurs groupes d'informations,
- ✓ **La fin** de la trame est indiquée par le caractère ASCII « **ETX : End of TeXt** »

Pour pouvoir les distinguer les unes des autres, toutes les données du compteur sont délivrées par groupes d'informations comportant **une étiquette** et **une valeur associée** (**Annexe 5 page 17**). Le caractère du champ de contrôle d'erreur « **checksum** » de chaque groupe d'informations permet de vérifier l'intégrité des informations du groupe. Sa valeur est définie conformément à la règle suivante :

$$\text{Checksum} = (S1 \& 3Fh) + 20h.$$

Avec : & est le « **ET logique** »

Il est calculé sur la zone comprenant l'ensemble des caractères compris entre le début du champ « **étiquette** » et la fin du champ « **donnée** » en incluant tout caractère-séparateur placé entre les champs « **étiquette** » et « **donnée** ».

- D.1.** Sur le **document réponse 3 page 20**, tracer les chronogrammes des signaux transmettant : le caractère 'E', puis le caractère fonction **ESC** et préciser la valeur du bit de parité **bp**.
- D.2.** Sur le **document réponse 3** compléter en hexadécimal le codage de la trame transmettant la consommation en heure creuse : « **HCHC 001065963** ». (Voir Annexe 1 page 13)
- D.3.** La somme (sur 16 bits) des caractères ASCII est **S1=0304h**. Calculer, alors, la valeur du champ de contrôle d'erreur « **Checksum** » correspondant à cette trame.
- D.4.** Calculer la durée minimale nécessaire pour transmettre ce groupe d'informations contenant le numéro du compteur si la vitesse de transmission est réglée à **19200 bauds**.

Le système de gestion a pour tâche principale de prendre les décisions nécessaires : choisir le mode d'opération et le programme de génération, imposer les consignes des générateurs ou délester des charges, etc. Il se base sur les informations disponibles : état électrique du réseau principal et du micro réseau, disponibilité des générateurs et des systèmes de stockage, prévisions de consommation et de disponibilité d'énergie, prix de l'électricité dans le marché. On distingue principalement, trois modes de fonctionnement :

- ✓ **Mode de Surproduction** : La production d'énergie renouvelable P_{ern} est supérieure à la consommation instantanée P_{ch} . Et la quantité d'énergie soutirée au réseau électrique est nulle. La gestion du surplus d'énergie s'appuie sur l'état du réseau. Si celui-ci est soumis à une forte demande (Heures de pointe, $I_{HP}=I$), le surplus d'énergie y sera injecté. Sinon, si la batterie n'est pas déjà totalement chargée, le surplus d'énergie est en partie ou en totalité stocké.
- ✓ **Mode d'Équilibre** : Toute l'énergie produite est autoconsommée et aucune interaction avec le réseau électrique et la batterie n'est nécessaire.
- ✓ **Mode de Sous-production** : La consommation énergétique est supérieure à la production. Dans ce cas, l'énergie produite localement est entièrement autoconsommée. Mais, pour satisfaire les besoins du consommateur, le déstockage de l'énergie présente dans la batterie est favorisé, à condition que celle-ci soit suffisamment chargée. Sinon, la quantité d'énergie manquante est soutirée au réseau électrique.

Les variables représentant les grandeurs du système sont : la puissance demandée par les charges P_{ch} , la puissance produite localement P_{ern} , l'énergie stockée dans la batterie E_b , un Indicateur horaire indique la période de pointe $I_{HP}=1$.

Les interrupteurs commandés à distance, permettent : d'injecter de l'énergie produite dans le réseau principal (K_{Injec}), d'alimenter des charges à partir du réseau principal (K_{AlimR}), de charger de la batterie (K_{Charb}) ou d'alimenter les charges à partir de la batterie (K_{Dechb}).

D.5. Sur le document **réponse 4 page 21**, indiquer les grandeurs d'entrées sorties du système de gestion du micro-réseau.

D.6. Sur le document **réponse 4 page 21**, compléter également les transitions de son diagramme d'état.

Fin du Sujet

Annexe 1

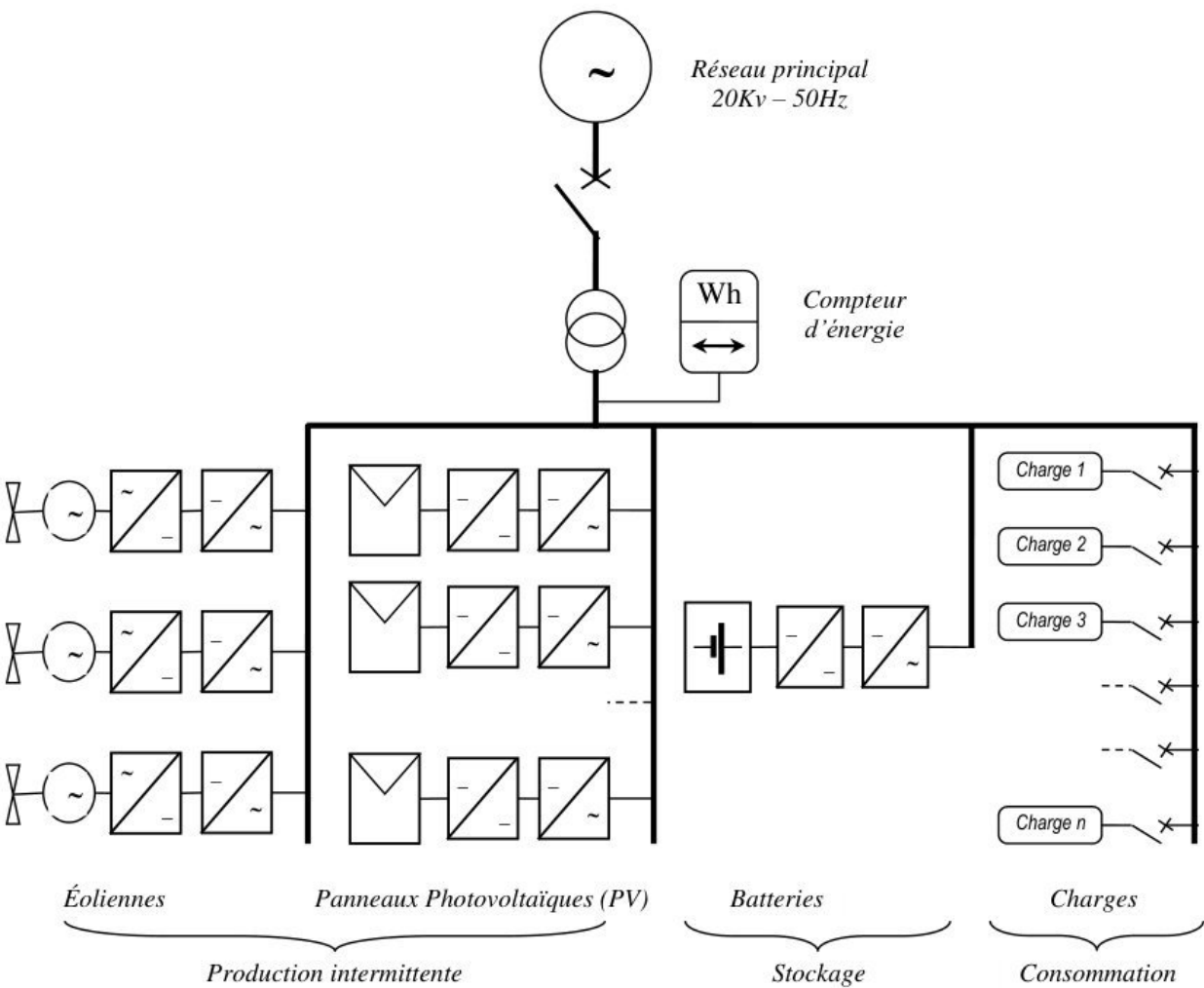


Figure 5: schéma de principe du micro réseau

	. 0	. 1	. 2	. 3	. 4	. 5	. 6	. 7	. 8	. 9	. A	. B	. C	. D	. E	. F
0 .	NUL	SOH	STX	ETX	EOT	ENQ	ACK	BEL	BS	HT	LF	VT	NP	CR	SO	SI
1 .	DLE	DC1	DC2	DC3	DC4	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	SUB	ESC	FS	GS	RS	US
2 .	SP	!	"	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	.	/
3 .	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
4 .	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
5 .	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[	\	]	^	_
6 .	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
7 .	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{	|	}	~	Del

Table du code ASCII des caractères en Hexadécimal

Annexe 2

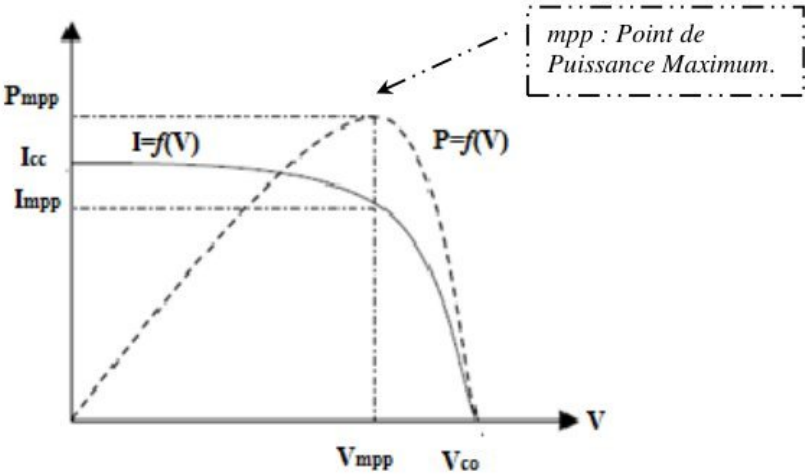
Panneau solaire Polycristallin VICTRON 250W / 250Wc

Caractéristiques techniques

Dimensions Module	1650 x 992 x 40 mm
Surface du Verre (sans le cadre)	1.62 m²
Poids	20.3 kg

Puissance nominale P_{mpp}	250 W
Tension à puissance max. V_{mpp}	30 V
Courant à puissance max. I_{mpp}	8.33 A
Tension en circuit ouvert V_{co}	36.01 V
Courant de court-circuit I_{cc}	9.4 A

Type de cellules	Polycristallin
Nombre de cellules couplées en série	60
Tension maximale système	1000 V
Coefficient de température de P_{mpp} (%)	-0,48/°C
Coefficient de température de V_{co} (%)	-0,35/°C
Coefficient de température de I_{sc} (%)	+0,037/°C
Température de fonctionnement	-40°C à +85°C
Tolérance de puissance	+/-3%
Cadre	Aluminium



Les caractéristiques courant-tension $I(V)$ et puissance-tension $P(V)$.

Annexe 3

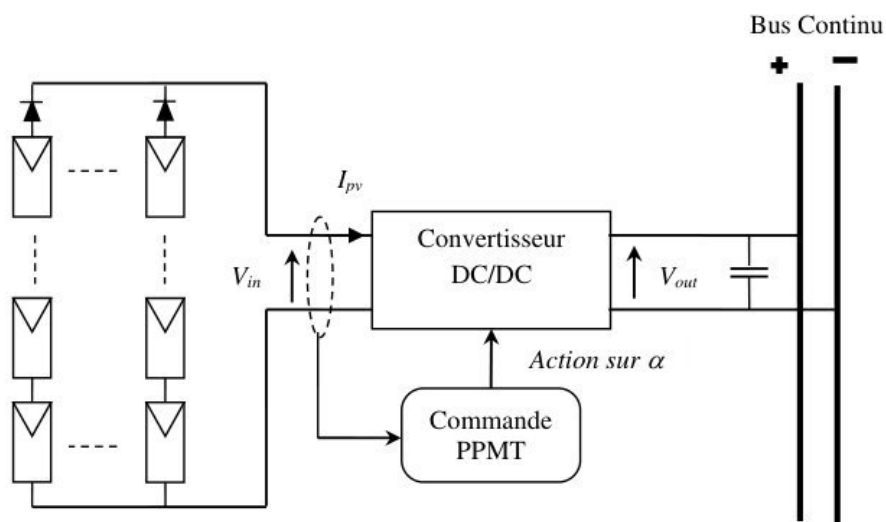


Figure 6 : Commande du convertisseur DC/DC

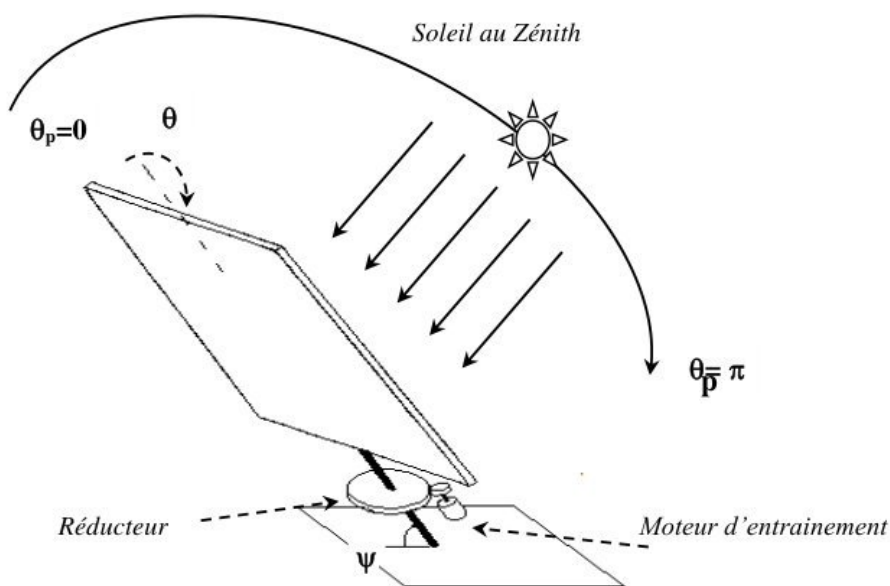


Figure 7 : système d'asservissement de position.

Annexe 4

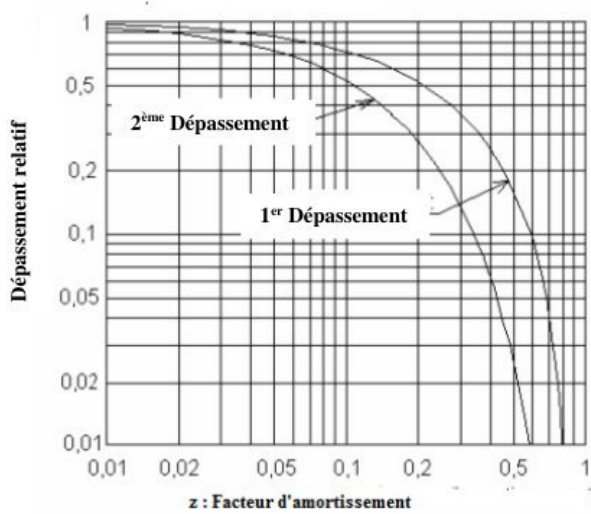


Figure 8 : Dépassement du 2^{ème} ordre

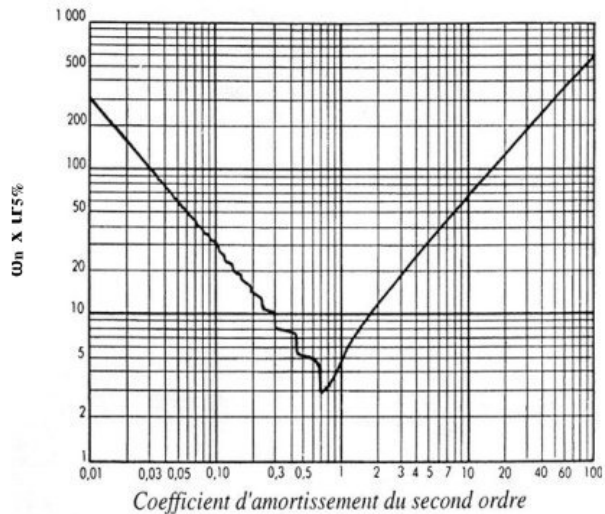


figure 9: Temps de réponse du 2^{ème} ordre

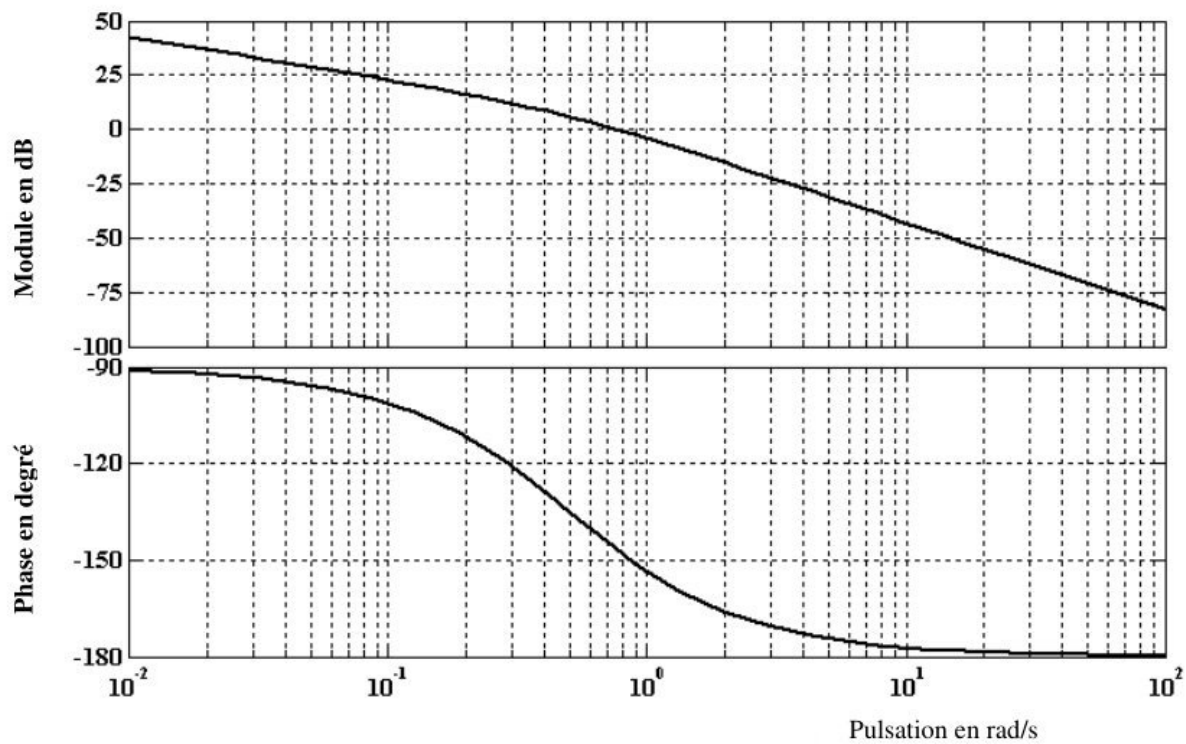


Figure 10 : Tracé de Bode de La FTBO du système non corrigé

Caractéristiques d’un correcteur à avance de phase : $C(p)=K_c \frac{1+\tau p}{1+\tau p}$

Phase maximale apportée φ_M	Pulsation de φ_M	Gain à la pulsation ω_M
$\varphi_M = \arcsin \frac{a - 1}{a + 1} \iff a = \frac{1 + \sin \varphi_M}{1 - \sin \varphi_M}$	$\omega_M = \frac{1}{\tau \sqrt{a}}$	$|C(\omega_M) = Kc\sqrt{a}$

Annexe 5

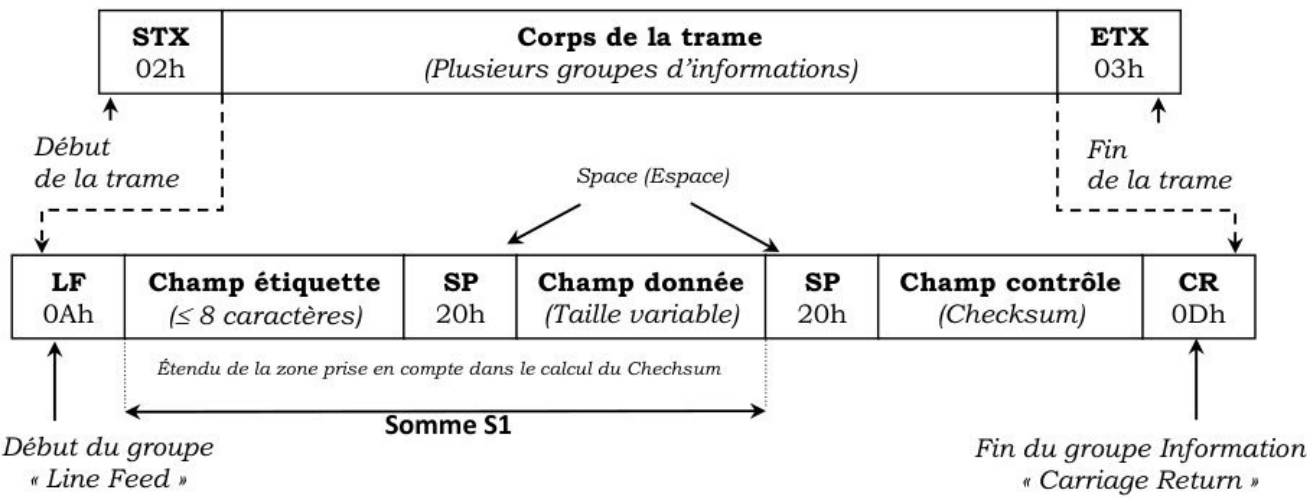


Figure 11: Composition d'un groupe d'information

Extrait de la liste des groupes d'information :

Désignation	Étiquette	Nombre de caractères	Unité
Adresse du compteur	ADCO	12	
Option tarifaire choisie	OPTARIF	4	wh
Index option Base	BASE	8	wh
Index option Heures : Heures Creuses	HCHC	8	wh
Heures Pleines	HCHP	8	wh
Index option EJP Heures Normales	EJPHN	8	wh
Heures de Pointe Mobile	EJPHP	8	wh
Période Tarifaire en cours	PTEC	4	
Mot d'état du compteur	MOTETAT	6	
...	...	...	...

Exemple de données transmises :

ADCO 524563565245 /
OPTARIF HC.. <
ISOUSC 20 8
HCHC 001065963 _
HCHP 001521211 '

← N° d'identification du compteur : ADCO (12 caractères)

← Option tarifaire (type d'abonnement) : OPTARIF (4 car.)

← Intensité souscrite : ISOUSC (2 car. ampères)

← Index heures creuse si option = heures creuses : HCHC (9 car. Wh)

← Index heures pleines si option = heures creuses : HCHP (9 car. Wh)

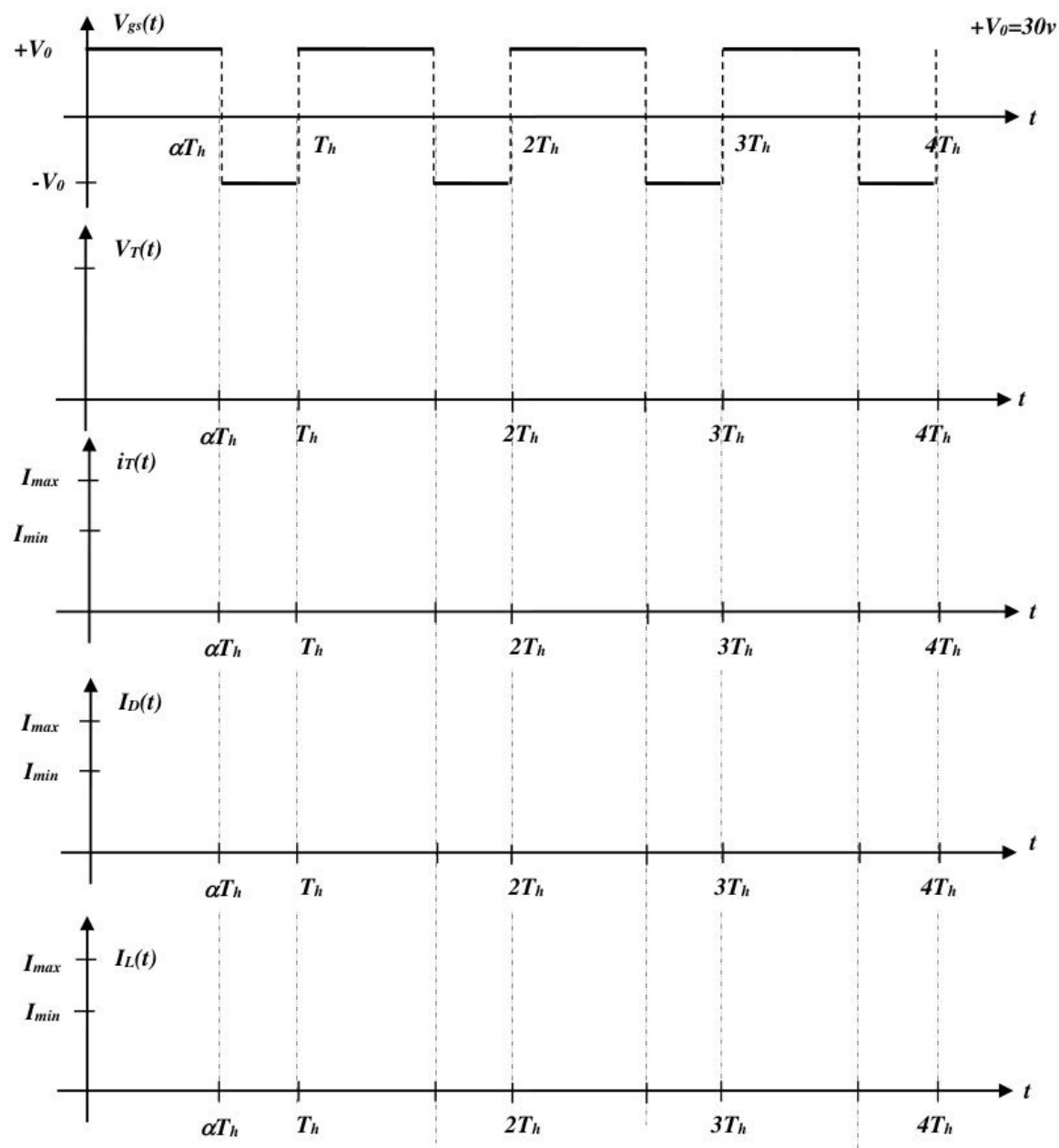
Document Réponse 1

A.1) Bilan de puissances et d'énergies des récepteurs tertiaires

Usage	Équipement	nombre	Puissance unitaire (W)	Durée moyenne de fonctionnement (heures/Jour)	Puissance totale (W)	Énergie totale (Wh)
Éclairage public	Ampoule LED	24	40	6,875 h	.....	.....
Éclairage d'intérieur	Ampoule LED globe	4x120	15	5 h	.....	.....
Réfrigération	Frigo A+	1x120	150	4 h	.....	.....
Lave-vaisselle	Lave-vaisselle A+	1x120	1200	(4 fois /semaine) Soit 0,4 h	.....	.....
Lave-linge	Lave-linge A+	1x120	2500	(1 fois/semaine) soit 0,25 h	.....	.....
Informatique	Ordinateur	1x120	60	4 h	.....	.....
Audio-visuel	TV LCD	1x120	80	2 h	.....	.....
Total :					$P_T = \dots\dots\dots$	$E_T = \dots\dots\dots$

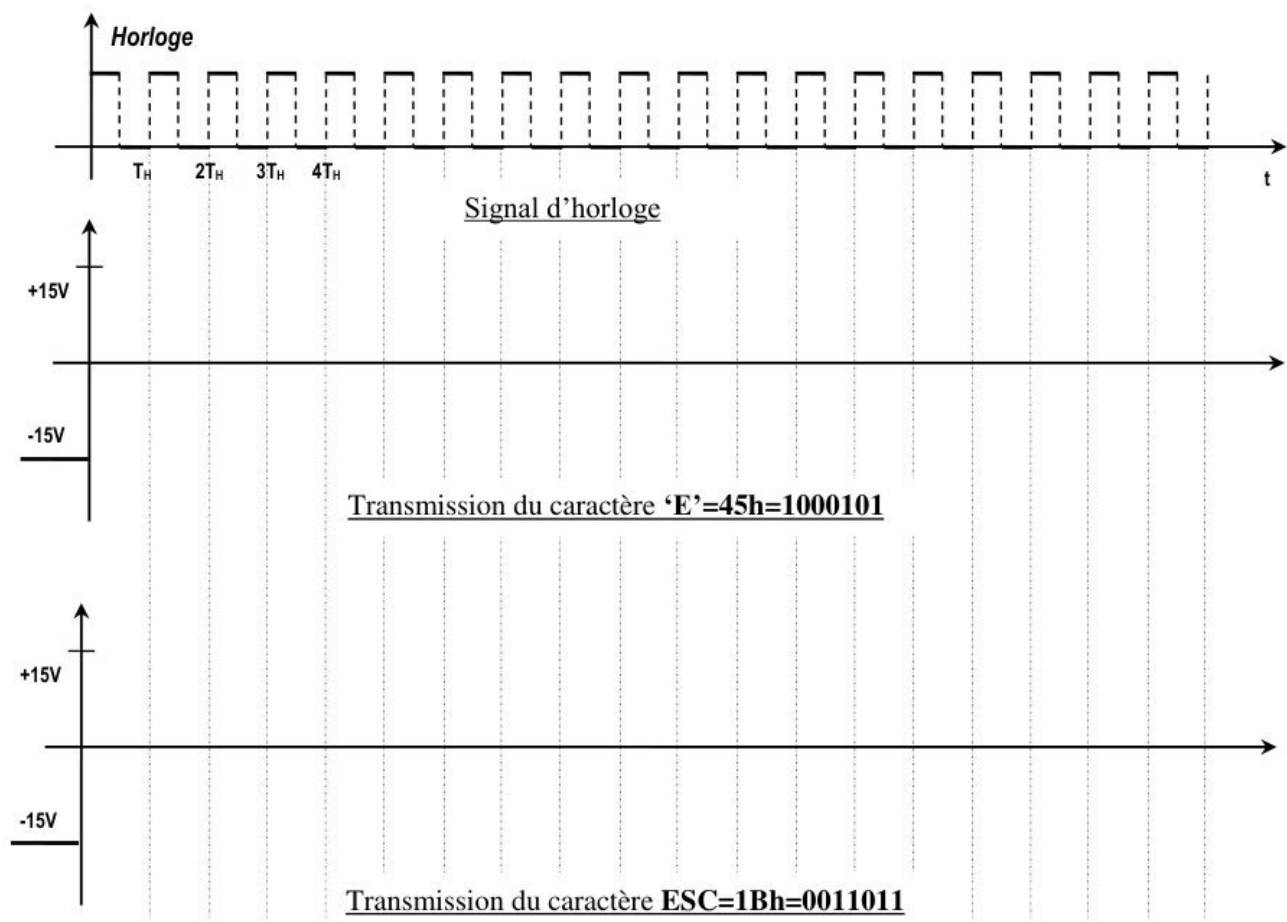
Document Réponse 2

B.3) Chronogrammes :



Document Réponse 3

D.1)



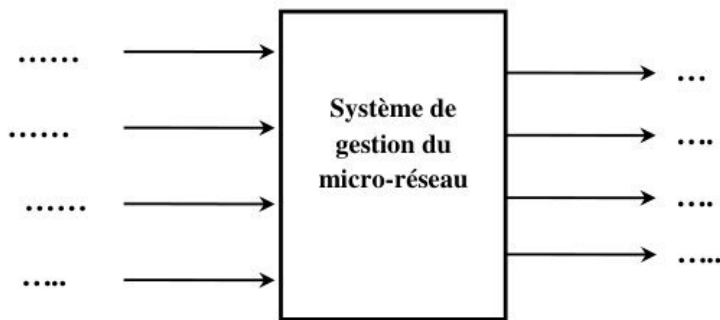
D.2)

STS	LF	H	C	H	C	SP	0	0	1	0	6	5	9	6	3	SP	Checksum	CR	ETX
02h	0Ah					20h										20h		0Dh	03h

Codage de la trame transmettant la consommation
en heure creuse : « **HCHC 001065963** »

Document Réponse 4

D.5)



Les entrées/Sortie du système de gestion du micro-réseau

D.6)

