

Génie électrique1^{ère} TSI 1-2**Devoir Surveillé : N°3****SYSTEME À ÉTUDIER :*****Micro réseaux hybrides***

Le sujet se compose de deux parties indépendante :

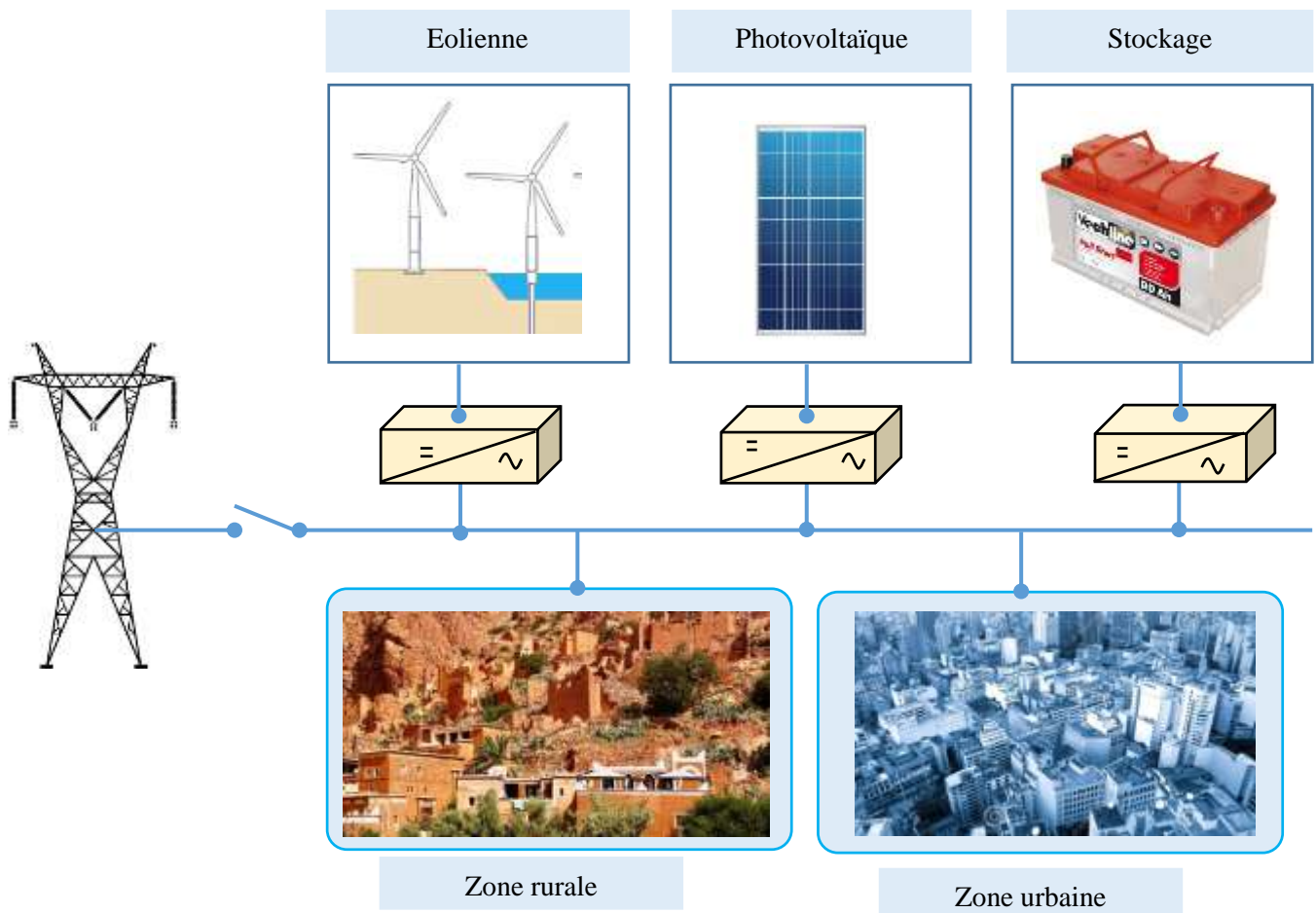
- ✎ *Partie A : Etude du convertisseur DC/DC (CNC 2018)*
- ✎ *Partie B : Commande du rapport cyclique du convertisseur DC/DC (commande MPPT) (CNC 2014)*

↪ **Consignes aux élèves :**

- ◆ Dans le cas où un(e) étudiant(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.
- ◆ L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire est rigoureusement interdit.
- ◆ Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des explications entreront pour une part importante dans l'appréciation des copies.

I- PRESENTATION DU SYSTEME

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.

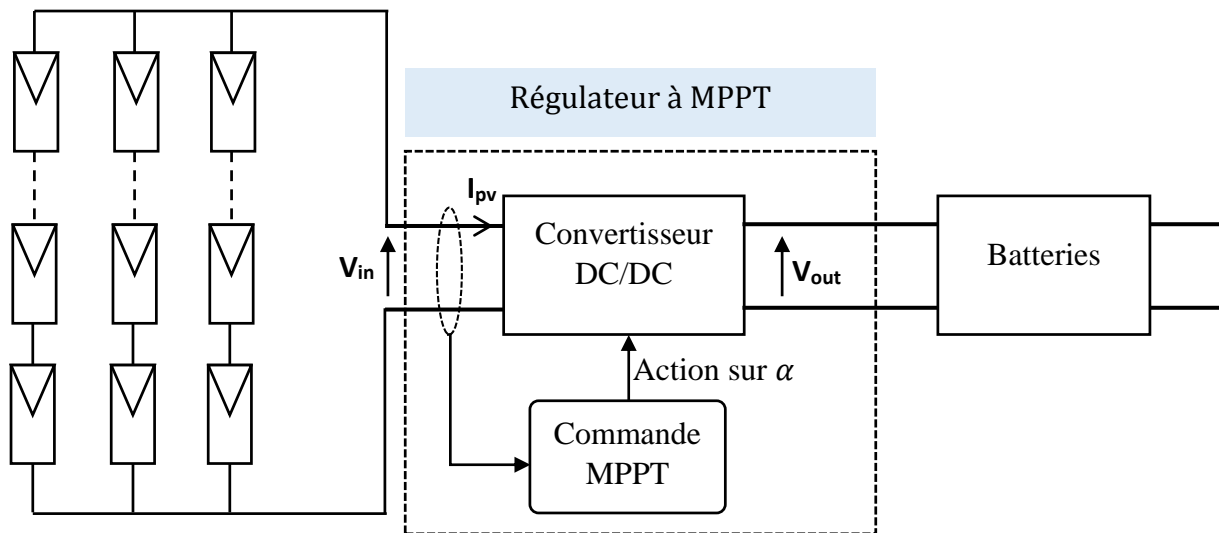


Un micro-réseau électrique (Microgrid en anglais) est un réseau électrique pouvant fonctionner indépendamment du réseau électrique principal. Il utilise des dispositifs locaux de production, de stockage et de consommation d'électricité, ainsi qu'une connexion éventuelle au réseau principal. La production 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.

II- SCHEMA SYNOPTIQUE DU SYSTEME

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 le suivant :



Les **grandeurs fournies** par les panneaux solaires sont **variables** en fonction de la **température** et du **rayonnement** solaire, ce qui rend le **rendement très faible** ainsi le risque de **diminuer la durée de vie des batteries** (changements brutaux des grandeurs). La solution est **la poursuite du point de la puissance maximale** des panneaux solaire en **augmentant au maximum la tension U** sans faire baisser l'intensité I.

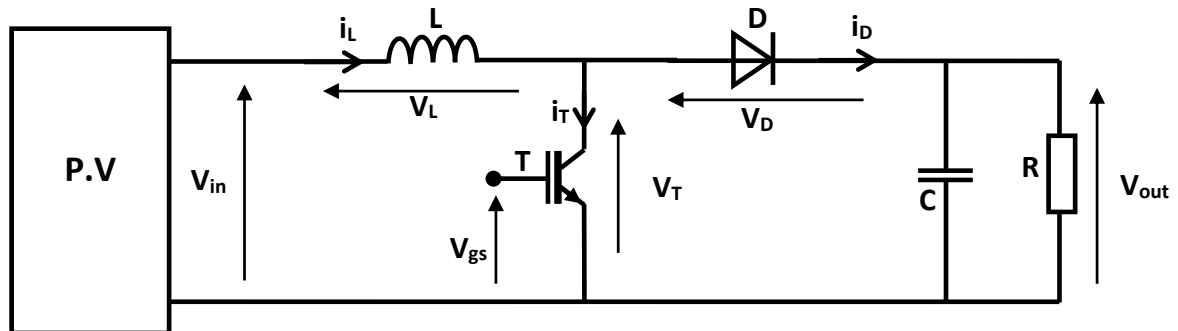
Le fonctionnement est réalisé par **la régulateur à MPPT** (Maximum Power Point Tracking), donc l'étude s'articule autour de cette régulateur.

Le sujet comporte deux parties indépendantes :

- **Partie A : Etude du convertisseur DC/DC (CNC 2018)**
- **Partie B : Commande du rapport cyclique du convertisseur DC/DC (commande MPPT) (CNC 2014)**

PARTIE A : Etude u convertisseur DC/DC. (CNC 2018)

Le convertisseur DC/DC associé aux panneaux photovoltaïques, 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.



L'interrupteur électronique utilisé est un **transistor MOSFET** (référence TK39A60W) commandé en commutation à une fréquence de hachage $f_h = \frac{1}{T} = 20kHz$. La **tension à la sortie du convertisseur V_{out}** (celle du bus continu modélisé par le circuit RC parallèle) est supposée **constante** et vaut $V_{out} = 510 V$. Le bloc des PV en parallèle, peut être modélisé par un générateur de courant I_L 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 N°1. Son rapport cyclique $\alpha = \frac{T_{on}}{T} \in [0,1[$ 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**).

A.1. Pour $0 < t < \alpha T$, 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, la tension du bloc de panneaux V_{in} peut être considérée constante.

A.2. Pour $\alpha T < t < T$, le transistor T est ouvert, établir à nouveau l'équation d'évolution du courant i_L dans l'inductance. On note que $i_L(\alpha T) = I_{max}$.

A.3. Sur le document réponse N°1 ; 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,

A.4. Établir l'expression de la valeur moyenne $\langle V_T(t) \rangle$ de la tension aux bornes du transistor.

A.5. On rappelle que le courant $i_L(t)$ dans l'inductance est périodique, établir la relation

$$V_{out} = f(V_{in}). \text{ De quel type de hacheur s'agit-il ?}$$

A.6. Établir l'expression de l'ondulation du courant dans l'inductance Δi_L en fonction de L, α, fh et V_{out} .

A.7. Pour quelle valeur du rapport cyclique α , cette ondulation est maximale ?

En déduire l'expression de l'ondulation maximale $(\Delta i_L)_{max}$.

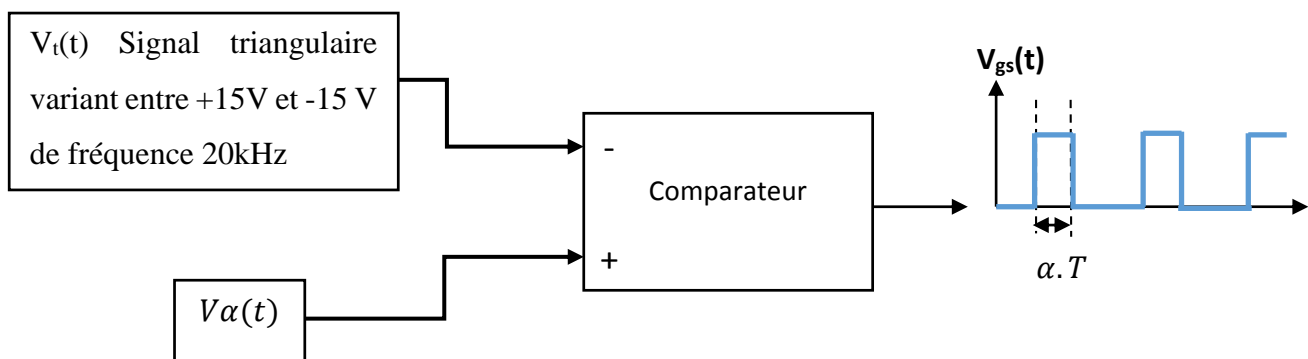
A.8. Quelle est la valeur minimale que doit avoir l'inductance L , pour limiter l'ondulation maximale du courant à $(\Delta i_L)_{max} = 1A$?

A.9. En réalité, à l'état passant (T saturé) le transistor T est équivalent à une résistance $R_{DS} = 55 m\Omega$, 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 B: Commande du rapport cyclique du convertisseur DC/DC (commande MPPT) (CNC 2014)

Le bloc commande MPPT permet de produire un signal MLI (modulation de largeur d'impulsion) pour commander l'interrupteur T, donc il est nécessaire de créer un signal carré $V_{gs}(t)$ avec un rapport cyclique variable dépendant d'un signal $V\alpha(t)$. Ce dernier peut être varier entre $V_{cc} = +15V$ et $-V_{cc} = -15V$. Nous proposons d'utiliser le montage suivant :

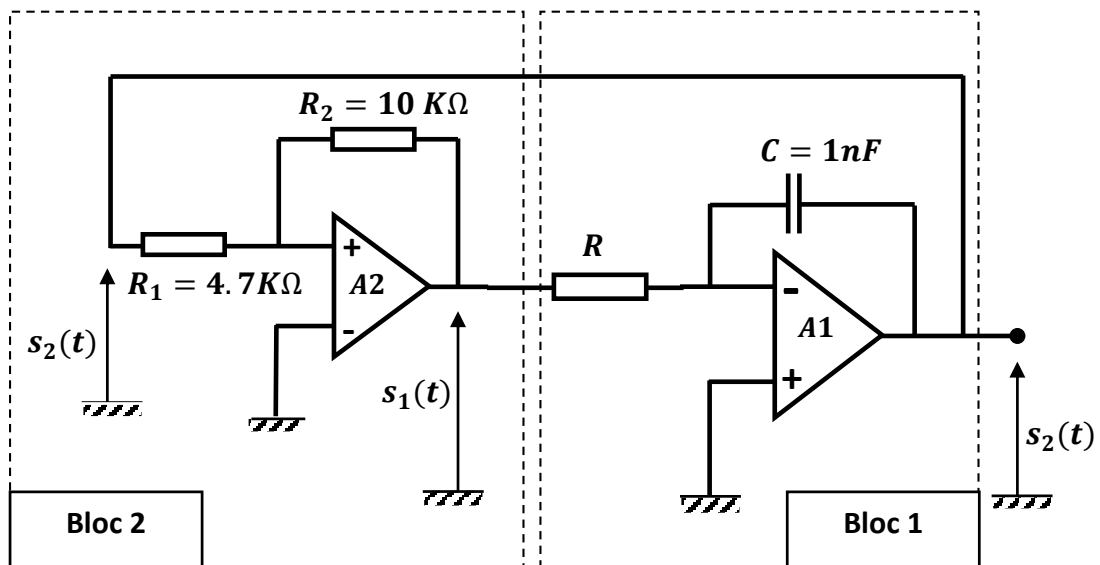


Le comparateur (dont la réalisation technologique ne sera pas étudiée) fonctionne de la manière suivante : la tension de sortie $V_{gs}(t)$ vaut V_{cc} lorsque $V\alpha(t) > V_t(t)$ et vaut 0 V dans le cas contraire.

B.1- Sur le document réponse N°2, tracer l'évolution de $V_{gs}(t)$ en fonction du temps pour les signaux $V_t(t)$ et $V_\alpha(t)$ indiqués.

B.2- Sachant que la loi $\alpha = f(V_\alpha)$ est linéaire sur l'intervalle de tension $[-V_{cc}, +V_{cc}]$, exprimer α en fonction de V_α sur cet intervalle.

Nous allons maintenant étudier l'oscillateur qui permet de générer le signal $V_t(t)$. Le principe de cet oscillateur est représenté sur la figure suivante. Les amplificateurs opérationnels sont supposés parfaits.



Commençons par étudier le montage du bloc1 : entrée $s_1(t)$ et sortie $s_2(t)$. Le fonctionnement de cet amplificateur opérationnel **A1** est linéaire.

B.3- Déterminer l'équation différentielle reliant le signal $s_2(t)$ au signal $s_1(t)$.

Étudions maintenant le montage du bloc2 : entrée $s_2(t)$ et sortie $s_1(t)$

B.4 - Quel est le régime de fonctionnement de l'AOP 2 (**A2**) ? Justifier.

B.5- Tracer l'allure de la caractéristique $s_1 = f(s_2)$ de ce montage sachant que les amplificateurs opérationnels sont alimentés en $+V_{cc}$ et $-V_{cc}$.

Pour les valeurs $s_1(t) = +V_{cc}$ et $s_1(t) = -V_{cc}$. Calculer les seuils de basculement de $s_2(t)$

B.6- En fonction des résultats obtenus aux trois questions précédentes, tracer l'évolution théorique des tensions $s_1(t)$ et $s_2(t)$ sur le *document réponse N°2*.

Nous supposons qu'à $t=0$, $s_1(0)=+V_{cc}=15\text{ V}$ et $s_2(0) = \left(\frac{R_1}{R_2}\right) \cdot V_{cc}$

L'instant pour lequel la pente de la tension s_2 change de signe est noté $\frac{T}{2}$.

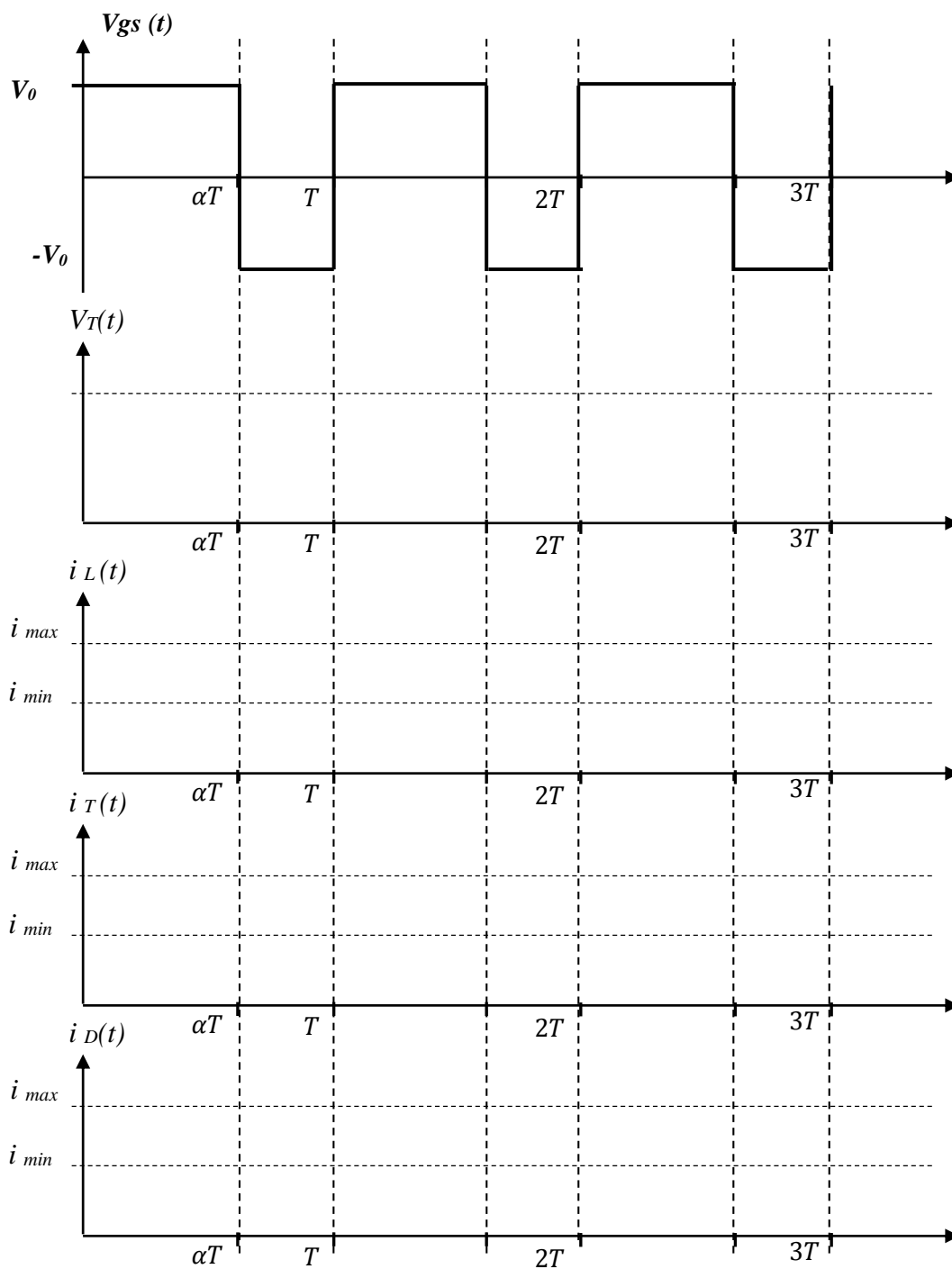
Lorsque celle-ci change de nouveau de signe, l'instant correspondant est noté **T**.

B.7- Donner l'équation de $s_2(t)$ pour t légèrement supérieur à **0**.

B.8- Calculer l'instant correspondant à un changement de pente de $s_2(t)$. En déduire la fréquence du signal $s_2(t)$ en fonction de **R**, **R₁**, **R₂** et **C** ?

B.9- Déterminer alors la valeur de **R** pour que $s_2(t)$ ait une fréquence de **20 kHz**.

Document réponse N°1



Document réponse N°2

