★★★

الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا

الدورة العادية 2017

- الموضوع -

NS 46

المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية والتكوين المهني والتعليم العالي والبحث العلمي

ⵜⴰⴳⵍⴷⵉⵜ ⵏ ⵍⵎⵖⵔⵉⴱ
ⵜⴰⵎⴰⵡⴰⵙⵜ ⵏ ⵓⵙⴳⵎⵉ ⴰⵏⴰⵎⵓⵔ
ⴷ ⵓⵙⵎⵙⵙⵓⵔⴰ ⴰⵣⵡⵔⴰⵏ
ⴷ ⵓⵙⵓⵎⵎⴰⵙ ⴷ ⵓⵙⵓⴳⵎⵉ ⴰⵎⴰⵙⵙⴰⵏ

المركز الوطني للتقويم والامتحانات والتوجيه

المادة	علوم المهندس	مدة الإنجاز	4
الشعبة أو المسلك	شعبة العلوم والتكنولوجيات مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية	المعامل	8

Système de pompage photovoltaïque (PPV)

☞ ***Le sujet comporte au total 22 pages.***

☞ ***Le sujet comporte 3 types de documents :***

- *Pages **02 à 11 :** Socle du sujet comportant les situations d'évaluation (**SEV**) (Couleur **Jaune**).*
- *Pages **12 et 13** : Documents ressources portant la mention* **DRES XX** *(Couleur **Rose**).*
- *Pages **14 à 22** : Documents réponses portant la mention* **DREP XX** *(Couleur **Blanche**).*

Le sujet comporte 3 situations d'évaluation (SEV) :

- ***SEV1** : **ANALYSE FONCTIONNELLE ET ÉTUDE ÉNERGÉTIQUE** ……..(sur 31 points)*
- ***SEV2** : **ÉTUDE DE L'ACQUISITION ET DE TRAITEMENT DE L'INFORMATION**…….. (sur 28 points)*
- ***SEV3**: **ÉTUDE DE LA TRANSMISSION DE PUISSANCE** ……..(sur 21 points)*

***Les 3 SEV sont indépendantes et peuvent être traitées dans un ordre quelconque après lecture des paragraphes* I, II, III et IV (pages 2 et 3).**

La numérotation des questions est continue :** de la **Question 1** à la **Question 48.

☞ ***Toutes les réponses doivent être rédigées sur les documents réponses :*** **DREP XX**.

☞ ***Les pages portant en haut la mention*** **DREP XX** ***(Couleur Blanche) doivent être obligatoirement jointes à la copie du candidat même si elles ne comportent aucune réponse.***

☞ ***Le sujet est noté sur 80 points.***

☞ ***Aucun document n'est autorisé.***

☞ ***Sont autorisées les calculatrices non programmables.***

I - INTRODUCTION

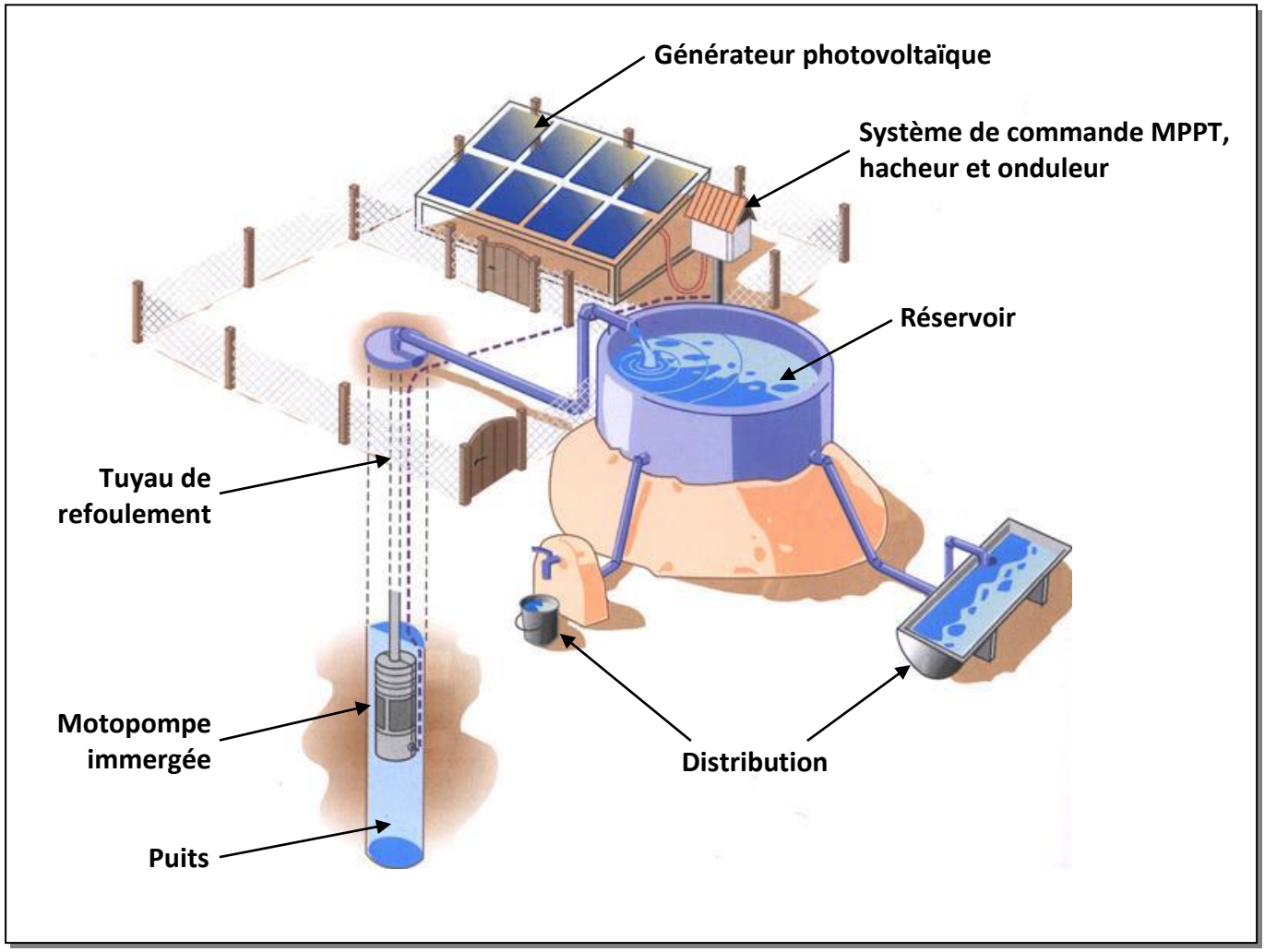
Ces dernières années, les énergies renouvelables et non polluantes tel que le photovoltaïque deviennent de plus en plus utilisées pour les raisons suivantes :

- Energie renouvelable et propre ;
- La matière de base des modules photovoltaïques, le silicium, est abondante ;
- La possibilité de fournir de l'énergie à des sites isolés.

Une des applications importantes est l'alimentation en énergie électrique des sites isolés de pompage d'eau souterraine pour subvenir au besoin des populations en eau potable et pour l'irrigation.

Le sujet de cette épreuve a pour objectif l'étude d'un système de pompage photovoltaïque (**PPV**) d'un site isolé.

II - DESCRIPTION DU SYSTEME

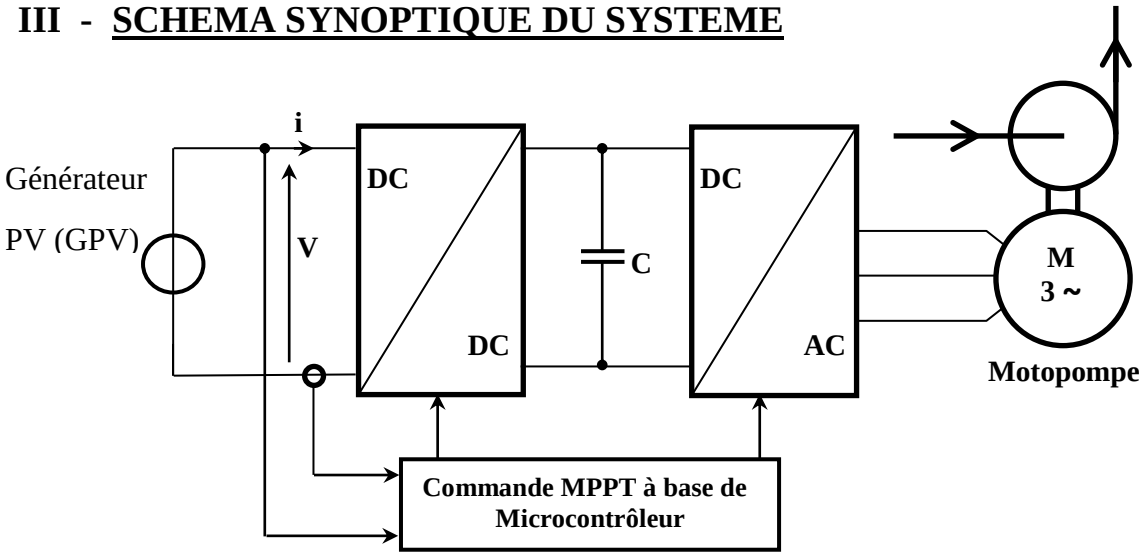


Le système de pompage photovoltaïque est constitué des éléments suivants :

- **Un générateur photovoltaïque** composé de modules photovoltaïques, interconnectés électriquement entre eux pour produire du courant continu (**DC**) à partir des rayons solaires ;
- **Un sous-système de nettoyage** périodique (non représenté) ;
- **Un sous-système de commande MPPT** permettant de suivre le point de fonctionnement optimal, constitué principalement d'un hacheur commandé par un microcontrôleur ;
- **Une motopompe immergée,** constituée d'une pompe et d'un moteur asynchrone triphasé commandé via un onduleur ;
- **Un onduleur** assurant l'alimentation en courant alternatif (**AC**) de la motopompe ;

- **Une infrastructure hydraulique** qui conduit l'eau de sa source (puits), jusqu'aux points de distribution. Celle-ci comporte les quatre éléments suivants :
  - La source d'eau ;
  - La conduite d'amenée jusqu'au stockage ;
  - Un réservoir de stockage de l'eau ;
  - Le réseau de distribution d'eau depuis le stockage jusqu'aux lieux de consommation.

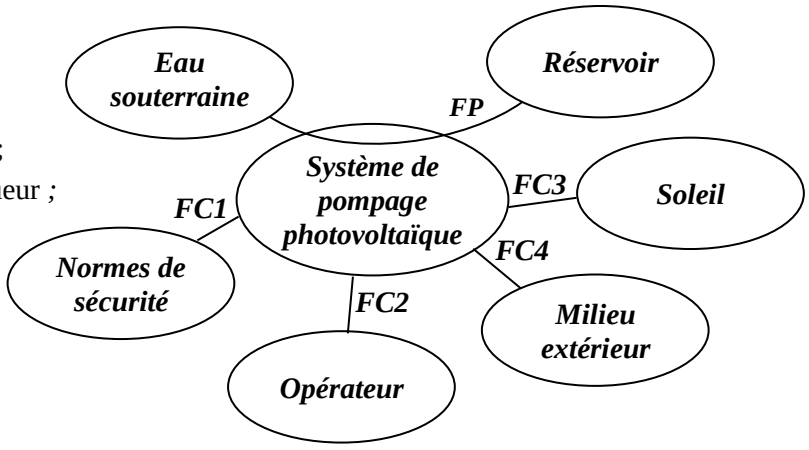
III - SCHEMA SYNOPTIQUE DU SYSTEME



IV - DIAGRAMME DES INTERACTIONS .

Définition des fonctions de service.

- ***FP :*** Alimenter le réservoir en eau souterraine ;
- ***FC1 :*** Respecter les normes de sécurité en vigueur ;
- ***FC2 :*** Être manœuvré par un opérateur ;
- ***FC3 :*** Être exposé aux rayons solaires ;
- ***FC4 :*** S'adapter au milieu extérieur.



V - SITUATIONS D'ÉVALUATION (SEV)

SEV 1	ANALYSE FONCTIONNELLE ET ETUDE ENERGETIQUE	31 points

Tâche 1 : Analyse fonctionnelle :

Question : 1. Compléter le diagramme « **bête à cornes** ». **1,5 pt**

Question : 2. Citer les deux catégories des fonctions de service**.** **1 pt**

Question : 3. Compléter le **FAST** partiel. **2 pts**

Tâche 2 : Calcul de puissances

Cette tâche consiste à calculer la puissance hydraulique moyenne $\mathbf{P_h}$ nécessaire pour déplacer un volume d'eau d'une hauteur manométrique totale **H**, et la puissance électrique quotidienne $\mathbf{P_e}$ fournie par les modules photovoltaïques.

La puissance $\mathbf{P_h}$ nécessaire est donnée par la relation suivante :

$$\mathbf{P_h} = \frac{g.H.Q}{3{,}6}$$

P_h : puissance hydraulique en (W)
Q : débit d'eau en (m^3/h)
H: hauteur manométrique totale en (m)

Question : 4. Calculer la valeur de la puissance $\mathbf{P_h}$ (en **W**) sachant que le débit d'eau est de **6,7 m^3/h** et que la hauteur **H** est de **45** mètres (prendre **g = 10 $N.kg^{-1}$**). **1 pt**

En fonctionnement nominal les rendements de la motopompe η_{mp} est de **60 %**, de l'onduleur η_{ond} est de **90 %** et du hacheur η_H est de **100 %**.

On admet que $\mathbf{P_e} = \frac{\mathbf{P_h}}{\eta_{mp}.\ \eta_H.\eta_{Ond}}$

Question : 5. Calculer la puissance électrique $\mathbf{P_e}$ (en W) correspondante. **1 pt**

Tâche 3 : Groupement des modules photovoltaïques

Le générateur photovoltaïque est constitué de plusieurs modules en silicium (**figure 4**) et les caractéristiques principales d'un seul module sont les suivantes :

- Puissance nominale : $\mathbf{P_{MPV}}$ = **150 W** ;
- Tension nominale : $\mathbf{V_{MPV}}$ = **34,5 V** ;
- Courant nominal : $\mathbf{I_{MPV}}$ = **4,35 A**.

MPV : Module Photovoltaïque

Sachant que la puissance crête $\mathbf{P_c}$ fournie par tous les modules est de **3150 W** et on désire une tension de sortie **V** de **241,5 V.**

Question : 6. Calculer le nombre total $\mathbf{N_t}$ de modules constituant le générateur photovoltaïque. **2 pts**

Afin de disposer de cette puissance, on doit utiliser une association mixte (associations série et parallèle) des modules (**Voir figure 4**).

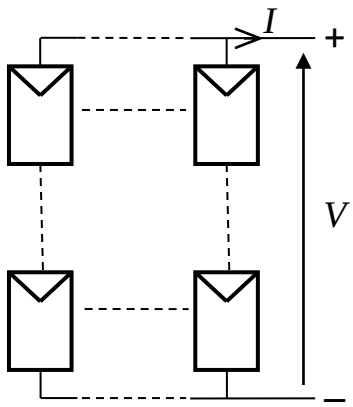


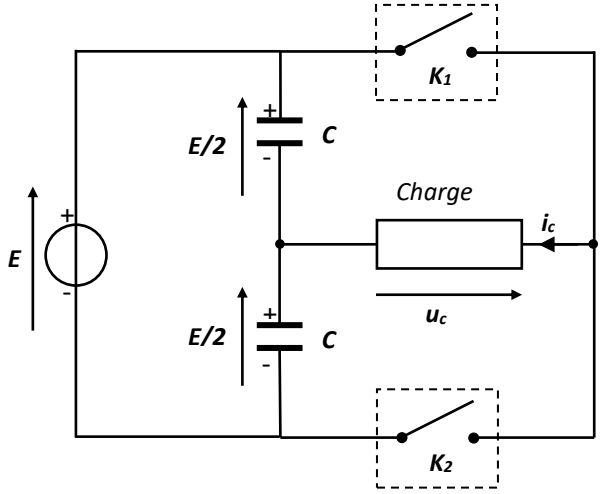
Fig. 4 : Association mixte (série et parallèle) des modules photovoltaïques

Question : 7. Calculer le nombre $\mathbf{N_S}$ de modules à mettre en série dans une branche pour avoir une tension du générateur **V** = **241,5 V**. **1 pt**

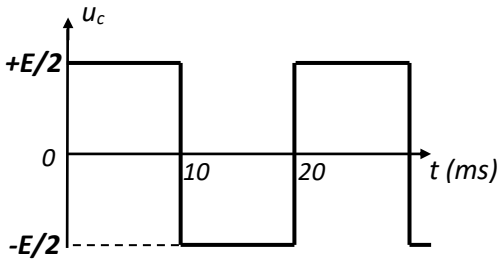
Question : 8. Quel est alors le nombre $\mathbf{N_p}$ de branches à mettre en parallèle ? **1 pt**

Tâche 4 : Etude du principe de l'onduleur .

La motopompe est alimentée à partir d'un onduleur triphasé. Cependant, l'étude se limitera au principe d'un onduleur monophasé dont le schéma est représenté ci-dessous :



L'oscillogramme de la tension $u_c(t)$



- ***E*** est une tension continue issue du hacheur.
- ***K1*** et ***K2*** sont deux interrupteurs électroniques commandés à l'ouverture et à la fermeture.
- On appelle u_c la tension aux bornes de la charge et i_c l'intensité du courant dans la charge.

On considère l'oscillogramme de la tension $u_c(t)$:

Question : 9. Cette tension est-elle : – alternative, – sinusoïdale, – continue ? **1 pt**

Question : 10. Donner sa valeur moyenne U_{cmoy}. **1 pt**

Question : 11. Exprimer sa valeur efficace ***Uc*** en fonction de ***E***. **1,5 pt**

Question : 12. Calculer la valeur de la fréquence ***f*** de cette tension. **1 pt**

Question : 13. Compléter le tableau des conductions des interrupteurs. **2 pts**

Question : 14. Proposer un montage à pont (4 interrupteurs) pour avoir une tension $u_c(t)$ de valeur efficace égale à ***E***. **2 pts**

Tâche 5 : Détermination des caractéristiques de la motopompe

La motopompe est un ensemble intégré constitué d'une pompe et d'un moteur asynchrone triphasé. Ce dernier est alimenté sous une tension entre phases **U = 220 V - 50 Hz** et possède **2** pôles.

La tension composée aux bornes de la motopompe dépend de l'ensoleillement ; pour un ensoleillement fort la motopompe fonctionne au point nominal.

En fonctionnement nominal, les caractéristiques du moteur sont :

- Le courant nominal en ligne : I_N **= 5,9 A** ;
- La vitesse de rotation nominale : N_N **= 2800 tr/min** ;
- P_N **= 1,1 kW** ;
- **Cos φ = 0,75.**

Question : 15. Calculer la vitesse de synchronisme N_S (en tr/min) et le glissement **g** (en %). **2 pts**

Question : 16. Déterminer la valeur de la puissance absorbée P_a. **1 pt**

Question : 17. Quelle est la valeur du moment du couple utile T_U ? **1,5 pt**

Question : 18. La caractéristique de moment du couple résistant **Tr(N)** de la pompe est tracée sur le document réponse. Tracer la partie utile de la caractéristique **Tu(N)** du moteur asynchrone, sachant qu'elle peut être assimilée à une droite. **1,5 pt**

Tâche 6 : Calcul du débit pour une variation de l'ensoleillement

Pour maintenir le couple moteur disponible constant lorsque l'ensoleillement diminue, la fréquence de l'onduleur doit être réglée de façon à maintenir le rapport **U/f** constant.

Lors d'une diminution de l'ensoleillement, la tension diminue à **U' = 183,5 V**.

Question : 19. Déterminer la nouvelle fréquence ***f '*** correspondante à la tension **U**'. **1,5 pt**

Question : 20. Déduire la nouvelle vitesse de synchronisme du moteur N_S**'** en tr/min. **1,5 pt**

Question : 21. On rappelle que les caractéristiques T_u**(N)** sont parallèles entre elles pour différentes fréquences. Tracer alors sur le même graphe du **DREP 04** la nouvelle caractéristique couple-vitesse et en déduire la vitesse de rotation **N'**en tr/min. **2 pts**

Question : 22. Le débit de la pompe est proportionnel à la vitesse de rotation.

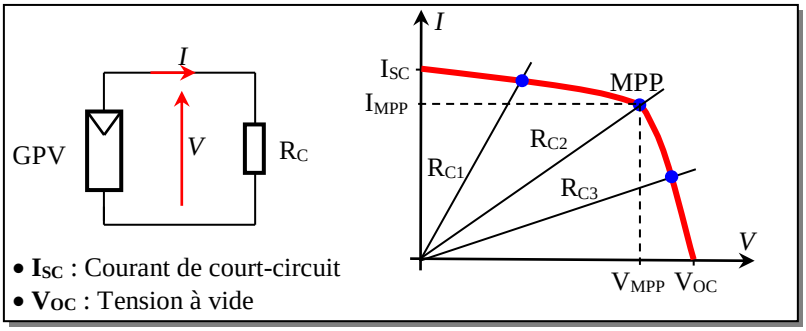
Pour **N = 2800 tr/min** on a **Q = 6,7 $m^3.h^{-1}$** ; calculer alors la nouvelle valeur du débit **Q'**. **1 pt**

SEV2 — *Étude de l'acquisition et du traitement de l'information* — *28 points*

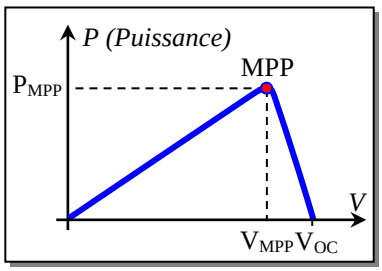
Principe de régulation de charge

Quand un générateur photovoltaïque (**GPV**) est connecté à une charge (R_C), le point de fonctionnement est imposé par cette dernière. Dans les figures ci-dessous, on remarque que la charge R_{C2} correspond à un point de fonctionnement particulier du **GPV**, où la puissance fournie par ce dernier est maximale (**MPP** : **Maximum Power Point**).

On appelle R_{OPT} (Résistance optimale) la valeur de cette résistance de charge pour ce point :



Mais en pratique, cette valeur R_{OPT} est rarement rencontrée. D'où l'idée d'un système de régulation de charge qui agit de telle sorte que le **GPV** connecté à sa charge fonctionne au point **MPP** et fournit alors, à tout moment, sa puissance maximale. Un tel système est généralement basé sur un hacheur (convertisseur **DC/DC**) qui est commandé par un microcontrôleur (µC). La résistance vue par le **GPV** a pour expression : (α rapport cyclique du hacheur).



Le µC exécute alors un algorithme nommé **MPPT** (**M**aximum **P**ower **P**oint **T**racking), ayant pour but la poursuite continue du point **MPP**, en agissant sur le rapport cyclique **α** du signal de commande du hacheur.