

## Génie électrique

### 1<sup>ère</sup> TSI 1

#### Devoir Surveillé : N°1

- 
- ♦ 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.
- 

Systeme à étudier :

## Maison écologique



Le sujet comporte deux parties indépendantes

- **Partie A** : alimentation alternative de la maison écologique
- **Partie B** : Dimensionnement de la batterie pour alimenter la maison

## I. Présentation

La maison écologique est un type d'habitat qui se donne pour objectif de produire l'énergie renouvelables, sans pour autant que la consommation d'énergie diminue.

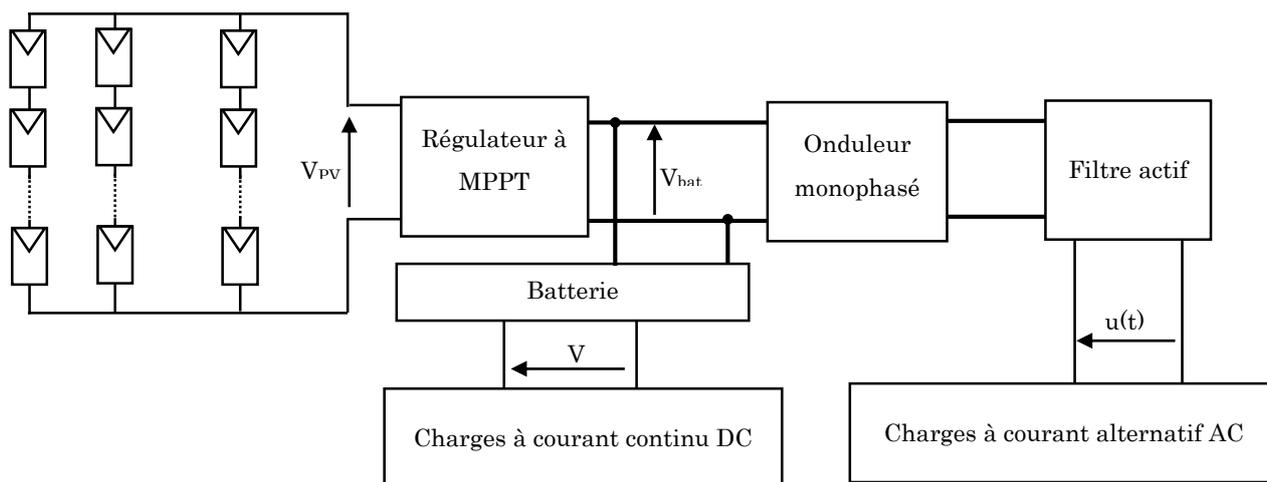
La maison écologique présente de **nombreux avantages**. Si l'investissement de départ s'avère plus important que pour une maison classique, il permet néanmoins de faire des économies importantes sur le long terme. Que ce soit dans le cadre d'une construction ou d'une rénovation :



- Une composition à partir de matériaux naturels et locaux : l'emploi de matériaux dits « bruts », comme la pierre, le bois, la terre ou la paille est une des marques de la maison écologique. L'usage de tels matériaux doit idéalement se retrouver dans chacune des phases de construction (structures, parements muraux, sols et revêtement)
- Le recours à des sources d'énergie propres, et en particulier l'énergie solaire : capter les rayons lumineux grâce à l'emploi de panneaux solaires photovoltaïques ou de panneaux solaires thermiques, s'équiper d'une pompe à chaleur, voilà autant d'installations qui permettent de qualifier un logement de maison solaire ou maison écologique.
- Une intégration au territoire : construire une maison écologique nécessite de prendre en compte l'environnement dans lequel on construit son habitation. C'est généralement un bon moyen de faire des économies d'énergie. La prise en compte de la topographie, de l'ensoleillement et des vents dominants permet de mieux intégrer son propre espace à celui du milieu.

Dans ce sujet, on se borne à l'étude énergétique de la maison écologique. Nous débutons par la production d'électricité à l'aide de panneaux solaires photovoltaïques. L'énergie produite sera emmagasinée dans les batteries pour garantir la continuité entre le jour et la nuit, et enfin une étude de qualité d'exploitation de cette énergie dans l'utilisation domicile.

La figure ci-dessous, représente le schéma électrique de l'installation de la maison écologique :

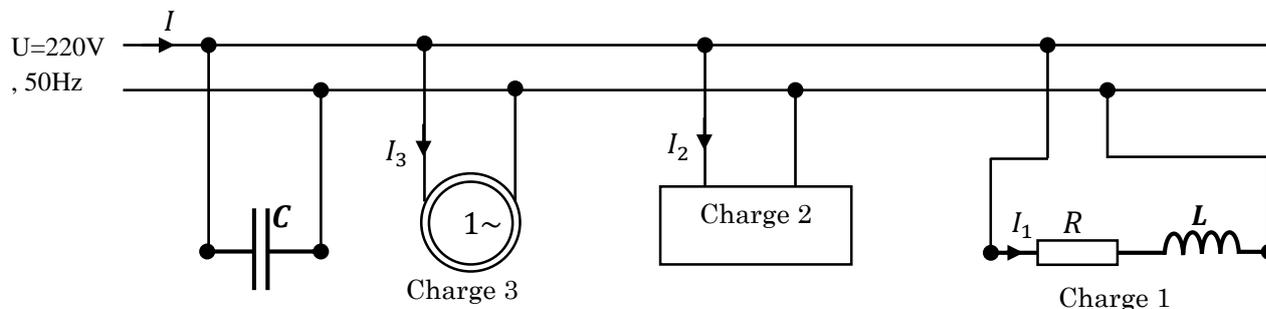


## Partie A : alimentation alternative de la maison écologique

L'alimentation de la maison écologique peut le considérer comme une installation électrique. L'installation est constituée de trois ensembles de machines, constituant les charges 1, 2 et 3, mises en parallèle sur la même tension sinusoïdale à 50 Hz de valeur efficace  $U=220\text{ V}$ .

- Charge 1 : Résistance  $R$  en série avec inductance  $L$
- Charge 2 :  $P_2=4.05\text{ kW}$ ,  $\cos(\varphi_2)=0.97$  AV
- Charge 3 :  $P_3=11.5\text{ kW}$ ,  $Q_2=23.14\text{ kVAR}$

La figure suivante présente le schéma de l'installation :



Objectif :

- Faire une étude globale de l'installation en calculant les différentes puissances.
- Compensation de l'énergie réactive de l'installation, si elle est nécessaire ( $\text{fp}<0.9$ ).

### A.1 : identification des paramètres $R$ et $L$ de la charge 1

Lors de l'installation. L'ingénieur du bureau d'études effectue des mesures afin de connaître les valeurs de  $R$ ,  $L$  et ainsi de connaître le type de la charge raccordée. Il a relevé la tension  $u(t)$  et le courant  $i(t)$  comme le montre les deux essais ci-dessous.

**Essai 1 :** injecte une tension DC de sorte que le courant circulant dans la charge RL soit constant (figure 2). Donc la dérivée de la tension  $u_L(t)$  par rapport au temps soit nulle  $L \frac{di(t)}{dt} = 0$  :  $u(t)=U=12\text{V}$  et  $i(t)=I=14.12\text{ A}$ .

**Essai 2 :** injecte la tension réseau AC et visualise les courbes de tension  $u(t)$  et  $i(t)$  pour déterminer le décalage de phase entre elles (Figure 1).

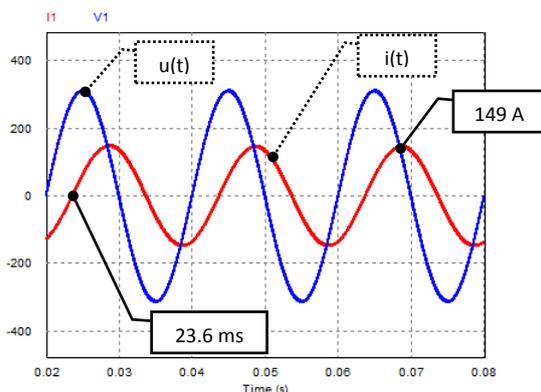


Figure 2

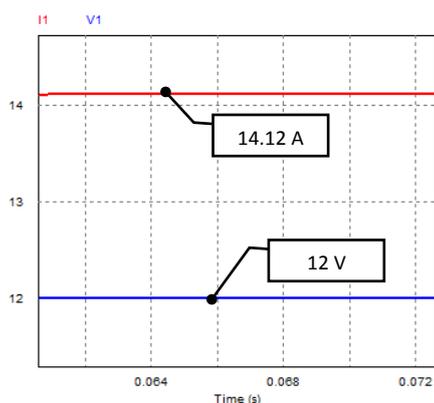


Figure 2

1. Dans l'essai 1 (figure 2), la charge **RL** est alimentée par une **tension continue**, donc un **courant aussi continu** qui circule. Exprimer l'équation différentielle régissant l'évolution du courant  $i(t)$  en fonction de  $L$ ,  $i(t)$ ,  $R$  et  $u(t)$ . Simplifier cette équation différentielle en considérant que le courant est quasiment constant  $i(t)=I$ . Connaissant la valeur de  $U$  et  $I$  (à partir de figure 2), déduire alors la valeur de la résistance  $R$ .

- Le déphasage est le décalage entre la tension et le courant leur présence dans une installation propose beaucoup problème comme l'échauffement des câbles, donc une puissance des pertes perdues par effet joule. A partir de figure 1 déterminer la période  $T$  (en **ms**) et la valeur du déphasage (en radian) entre  $i(t)$  et  $u(t)$  et montrer quel type de charge s'agit-il ?
- La charge 1 en effet est constituée de deux éléments passifs la résistance  $R$  en série avec une inductance  $L$ . La connaissance du déphasage permet d'extraire la valeur de  $L$  pour se faire : exprimer l'impédance  $Z$  et la mettre sous la forme  $Z = A + j B$ , que vaut les expressions de  $A$  et  $B$ . Exprimer alors le déphasage  $\varphi$  en fonction de  $L$  et  $R$ , connaissant la valeur de  $\varphi$  trouvée alors  $L$ .

Quel que soit les valeurs trouvées on prend par la suite :  $R=0.85 \Omega$ ,  $L= 6.2 \text{ mH}$ .

- On cherche l'expression temporelle du courant  $i(t)$ . exprimer puis calculer en fonction de  $R$ ,  $L$  et  $\omega$ . le module de  $Z$  et mettre  $\underline{Z}$  sous la forme exponentielle. Après déterminer l'expression complexe du courant  $\underline{I}$  en fonction  $\underline{U}$  et  $\underline{Z}$ . sachant que le courant est alternatif sinusoidale s'écrit sous forme  $i(t)=I\sqrt{2} \sin(\omega t - \varphi)$  que vaut la valeur efficace du courant  $I$ . comparer la valeur trouvée avec la valeur mesurée par l'ingénieur. Tracer le diagramme de Fresnel vous prenez le courant comme l'origine des phases, déduire à partir du signe du déphasage, le type de charge.
- La connaissance du facteur de puissance est indispensable pour le vérifier par rapport aux normes des fournisseurs d'électricité, ses normes sont différentes du fournisseur à un autre. Le cahier des charges donné à l'ingénieur impose pour cette charge à ne pas baisser de 0.9. donc il faut évaluer cette charge est pour cela : exprimer la puissance active  $P1$ , réactive  $Q1$  et apparente  $S1$ . Puis calculer le facteur de puissance  $\cos(\varphi)$  et déduire alors la validité de ce facteur au cahier des charges.
- En effet l'ingénieur n'est pas satisfait à la valeur du facteur de puissance trouvée. Donc il impose pour cette application d'avoir un facteur de puissance unitaire ( $\cos(\varphi)=1$ ) et pour cela il cherche une simple solution économique en point de vue prix et simple à la mise en œuvre par les techniciens. La solution finale est le relèvement du facteur de puissance par un condensateur en parallèle avec la charge  $RL$ . Après l'installation du condensateur, les techniciens font plusieurs testes comme le montre les figure suivantes :

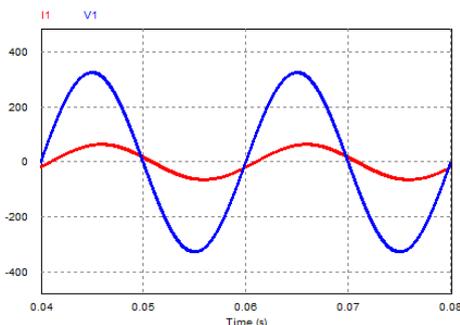


Fig1 : Température  $T=19.23 \text{ }^\circ\text{C}$

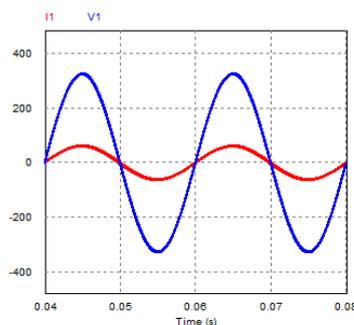


Fig2 : température  $T=25^\circ\text{C}$

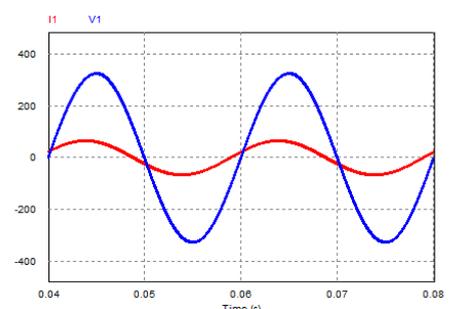


Fig3 : température  $T=34.76^\circ\text{C}$

Après l'installation du condensateur, les techniciens prennent les mesures selon la température ambiante. Qu'est-ce que vous remarquez ? Quelle est la figure qui respecte bien le cahier des charges ? Proposer à partir de la problématique une solution adéquate qui va résoudre le problème.

### A.2 : relèvement du facteur de puissance de l'installation

Dans la présente partie, on s'intéresse au relèvement du facteur de puissance de l'installation. Et on va supposer que **la charge 1 est bien composée et que l'effet de température est bien régler par un système de refroidissement intelligent**. On rappelle que les trois ensembles de machines, constituant les charges 1, 2 et 3, mises en parallèle sur la même tension sinusoidale à 50 Hz de valeur efficace  $U=220 \text{ V}$ .

Pour simplifier l'étude, on suppose que la **charge 1 est déconnectée**. Donc aucune puissance dissipée dans  $R$  et  $L$ .

➤ **Ensemble de charges**

7. Calculer la puissance réactive  $Q_2$  et la puissance apparente  $S_2$ . Déduire la valeur du courant  $I_2$ .
8. Quel est le type de ses charges ?

➤ **Moteur de tambour**

9. Calculer la puissance apparente  $S_3$ , le courant  $I_3$ .
10. Déduire le facteur de puissance  $\cos(\varphi_3)$

➤ **L'installation**

11. Calculer la puissance totale active  $P_T$ , la puissance totale réactive  $Q_T$  et la puissance totale apparente  $S_T$ .
12. Calculer le courant en ligne  $I_T$  et le facteur de puissance  $fp$  de cette installation. Ce facteur est-il tolérable au cahier des charges ?
13. Quelle doit-être la valeur de la capacité  $C$  d'une batterie de condensateurs  $C$  pour relever le facteur de puissance au facteur de puissance de 0.97AR. Déterminer la nouvelle valeur de la puissance réactive de de l'installation.
14. En prenant un coefficient de sécurité de **25%**. Calculer la valeur du condensateur  $C_n$  à installer.
15. déduire alors le courant en ligne après compensation  $I$ . déduire l'utilité de relèvement de facteur de puissance.

**PARTIE B : Dimensionnement de la batterie pour alimenter la maison**

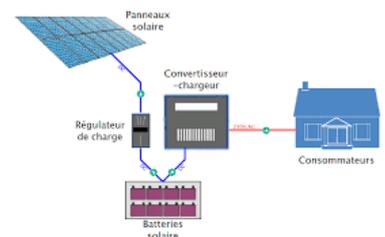
On souhaite dimensionner la batterie pour la maison écologique. Pour ce faire on suppose que la maison est constituée de plusieurs équipement sont représentés dans le tableau suivant :

En effet la charge RL est un four électrique qui consomme une énergie trop importante. L'ingénieur décide de le remplacer par un four micro-onde de 700 W.

Equipement électrique	Durée d'utilisation journalière (en h)	Energie journalière (en Wh/jour)	Energie journalière (en Ah/jour)
Télévision (100 W)	5 heures		
Eclairage (800 W)	6 heures		
Réfrigérateur (300 W)	8 heures		
Four micro-onde (700 W)	1 heure		
Aspirateur (600 W)	1 heure		
Total			

La tension de fonctionnement est :

$U=48\text{ V}$



16. on se limite à une liste de récepteurs et leurs durées de fonctionnement quotidiennes. On demande de compléter le tableau des bilans d'énergies et la capacité énergétique par jours (Voir le document de réponse).
17. Calculer l'énergie totale journalière (en Wh/jour et en Ah/jour) consommée par l'installation.
18. Par sécurité, l'ingénieur décide de dimensionner sa batterie dans le cas où elle ne serait pas rechargée pendant 5 jours. Calculer alors la capacité  $C_n$  de la batterie en prenant un **coefficient de sécurité de 0,3**.

Il décide de chercher des batteries de bonne qualité et ainsi qui garantit une durée de vie trop importante. La solution est les batteries électrochimiques Lithium – Ion ci-après.

L'unité de base des batteries Lithium – Ion est appelée «cellule". Sa tension varie en fonctionnement de 0.7 V (à l'état chargé) à 0.3 V (à l'état déchargé).



- Les éléments sont montés en sous-ensembles appelés "briques", qui contiennent chacun  $N_c=20$  cellules en parallèle.
  - la batterie est composée de  $N_f=6$  "feuilles" en série, de  $N_b=4$  briques en série chacune.
  - L'ensemble est parcouru par un liquide de refroidissement.
19. On définit la tension nominale comme étant la tension moyenne à l'état chargé et à l'état déchargé. Déterminer alors la tension nominale moyenne d'une cellule  $V_c$ .
20. Calculer le nombre de cellules **N<sub>sbat</sub>** constituant la batterie.
21. Calculer la tension totale  $U_{bat}$  aux bornes de la batterie. Déduire combien de batterie mise en série afin d'avoir la tension de fonctionnement 48 V.
22. A partir de la capacité  $C_n$  de la batterie désirée (Q 18), on peut calculer alors le nombre globale de batteries nécessaires pour satisfaire le cahier des charges, sachant que chaque batterie à une capacité  $C_{bat} = 12.19$  Ah. Calculer le nombre de batteries nécessaires **N<sub>gbat</sub>** et puis tracer leur schéma de fonctionnement (schéma de la manière de les installer).

**Question de cours sur les PV : répondre par vrai ou faux**

23. Le PV réalise une conversion de l'énergie solaire vers une énergie électrique
24. La puissance produite par les PV change avec la charge qu'il alimente.
25. La puissance produite augmente en été où la température augmente.
26. La puissance diminue lorsque l'éclairage diminue.
27. Pour protéger la batterie donc contrôle de charge, j'utilise un régulateur MPPT.
28. Le régulateur MPPT recherche la puissance maximale et la donne à la charge (Batterie).

\* \* \* Fin d'épreuve \* \* \*