

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## ÉLECTROTECHNIQUE

SESSION 2012

-----

ÉPREUVE E.4.1.

### Étude d'un système technique industriel Pré étude et modélisation

Durée : 4 heures - Coefficient : 3

**Matériel autorisé :**

Calculatrice à fonctionnement autonome autorisée conformément à la circulaire  
n° 99-186 du 16/11/99.

L'usage de tout autre matériel ou document est interdit.

-----

Les parties A, B, et C sont indépendantes les unes des autres.  
Le sujet comporte 17 pages numérotées de 1/17 à 17/17 dont 1 page annexe et  
deux pages de documents réponses à remettre avec la copie.

-----

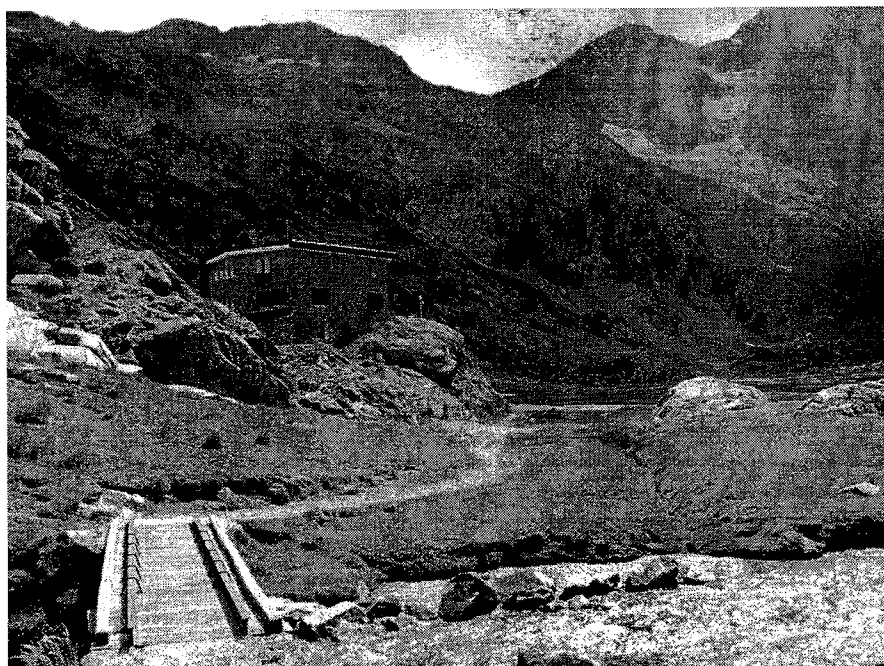
Il sera tenu compte de la qualité de la rédaction, en particulier pour les réponses aux questions ne nécessitant pas de calcul. Le correcteur attend des phrases complètes respectant la syntaxe de la langue française.

Utiliser les notations employées dans le texte, justifier toutes les réponses, présenter clairement les calculs et les résultats.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION 2012
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel. Pré-étude et modélisation	Repère : 12NC – EQPEM	Page 1/17

# Alimentation en énergie d'un site isolé

## Présentation générale :



Situé au cœur du parc national des Pyrénées, au pied du massif du Vignemale, le refuge des Oulettes de Gaube bénéficie d'un environnement exceptionnel.

Comme la plupart des refuges de montagne, il n'est pas ouvert toute l'année. Néanmoins, une salle reste accessible pour servir d'abri et permettre de contacter les secours par radio téléphone en cas de besoin.

Dès que les conditions météorologiques deviennent clémentes, en général d'avril à octobre, le site accueille du public en permanence. Sa situation géographique, sur le tracé du chemin de grande randonnée GR 10 et au pied de la face nord du Vignemale, en fait un point de passage important pour les randonneurs et les alpinistes. Les propriétaires et gestionnaires du refuge ont décidé de l'agrandir, pour porter sa capacité de couchage de 50 à 85 lits, il peut y être servi jusqu'à une centaine de couverts par service.

Pour respecter l'environnement préservé du parc national, l'exploitation de sources d'énergie renouvelables de proximité a été privilégiée lors de la rénovation technique du refuge.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION 2012
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel. Pré-étude et modélisation	Repère : 12NC – EQPEM	Page 2/17

## Enjeux

La situation particulière d'un refuge de montagne doit répondre à deux enjeux majeurs :

- assurer la sécurité des randonneurs en permettant le déclenchement des secours tout au long de l'année ;
- offrir une prestation d'accueil du public, d'avril à octobre, en proposant un hébergement et une restauration dans le respect des règles de sécurité et des règles environnementales du parc naturel.

Les besoins du refuge ne sont pas les mêmes au cours de l'année.

On peut distinguer deux cas de fonctionnements :

- en basse saison les besoins se résument à l'utilisation du radio téléphone et d'un minimum d'éclairage ;
- en haute saison, l'exploitation du site demande la production d'eau chaude sanitaire, le chauffage, l'éclairage, la gestion du froid alimentaire, l'entretien du linge du refuge, l'éclairage de secours réglementaire, ainsi que l'énergie nécessaire à la préparation des repas.

Pour répondre à ces besoins, il est nécessaire de disposer d'énergie électrique. Pour des raisons environnementales et techniques, cette énergie ne peut pas être acheminée par des câbles depuis la vallée ni produite massivement sur place à partir de groupes thermiques trop polluants.

La puissance électrique fournie par les sources renouvelables n'étant pas suffisante au moment de la préparation des repas, toute la cuisson se fait au gaz.

## Problématique

**Répondre aux besoins en énergie électrique du refuge en faisant appel à des moyens de production et de transformation respectant l'environnement réglementé du site.**

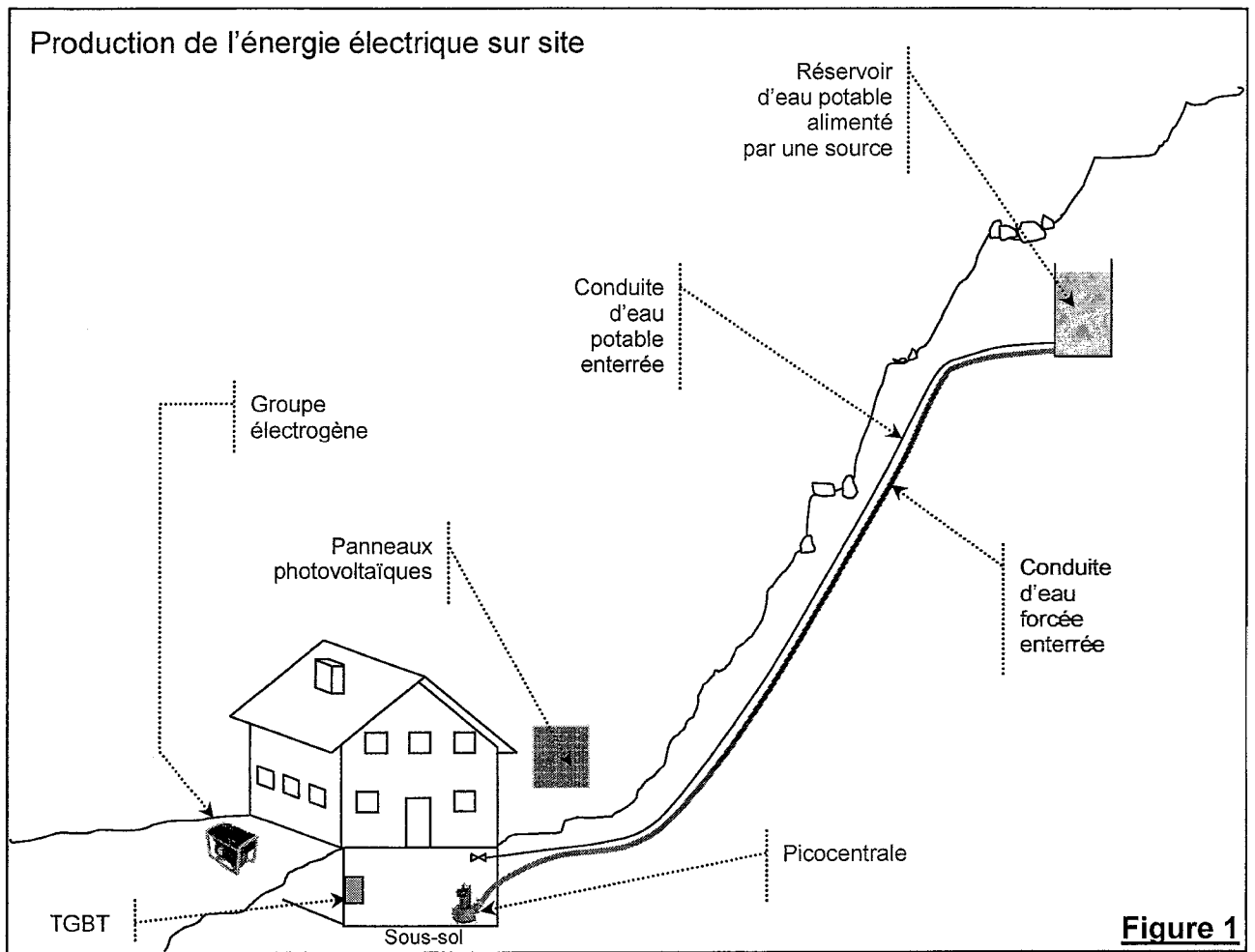
Une solution consisterait à équiper entièrement le site de panneaux photovoltaïques mais la demande d'énergie en période estivale entraînerait une surface de capteurs trop importante qui défigurerait le site.

Comme il est nécessaire de rénover l'alimentation en eau potable, on va mettre à profit les travaux engagés pour exploiter l'énergie hydraulique potentiellement disponible sur le site. La situation topographique permet en effet d'avoir accès à une grande quantité d'eau liquide stockée dans un réservoir placé 70 mètres au-dessus du refuge. Ce réservoir est alimenté en été par la fonte des neiges. L'installation d'une nouvelle conduite d'eau de section plus importante va permettre de bénéficier d'un débit suffisant pour alimenter une petite centrale hydroélectrique.

La solution retenue (voir figure 1 page suivante) consiste à produire de l'énergie électrique à partir :

- d'énergie d'origine hydraulique lorsque cela est possible (à ces altitudes, l'eau est gelée en hiver et au printemps) ;
- d'énergie d'origine photovoltaïque lorsque l'eau liquide fait défaut ;
- d'énergie d'origine fossile transformée par un groupe électrogène en dernier recours.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION 2012
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel. Pré-étude et modélisation	Repère : 12NC – EQPEM	Page 3/17



TGBT : Tableau Général Basse Tension

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION 2012
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel. Pré-étude et modélisation	Repère : 12NC – EQPEM	Page 4/17

## A. Dimensionnement de l'installation photovoltaïque pour le fonctionnement en basse saison.

*Dans cette première partie nous allons vérifier que l'installation photovoltaïque est bien dimensionnée par rapport aux besoins du site en basse saison. À cette époque de l'année, l'eau étant gelée, les panneaux photovoltaïques couplés à des batteries assurent à eux seuls la production d'énergie électrique nécessaire au fonctionnement du radiotéléphone et de l'éclairage minimum.*

### A.1. Besoins énergétiques pour assurer le fonctionnement du radio téléphone et de l'éclairage minimum.

#### A.1.1. Consommation quotidienne du radiotéléphone.

*Le radiotéléphone et son équipement sont alimentés en 24 V continu et consomment 1 A en veille et 5 A en fonctionnement. L'appareil est utilisé en moyenne 2 heures par jour et donc il est en veille le reste du temps.*

Calculer  $E_{\text{radio}}$  l'énergie consommée quotidiennement par le radiotéléphone. Exprimer  $E_{\text{radio}}$  en Watt-heure et en Joule.

#### A.1.2. Consommation quotidienne de l'éclairage minimum.

*L'hiver, le refuge sert d'abri. Pour le confort des utilisateurs un circuit d'éclairage en 24 V a été installé. Il comporte 4 ampoules de 20 W, puissance absorbée. Cet éclairage est utilisé en moyenne 6 h par jour.*

Calculer  $E_{\text{éclairage}}$  l'énergie consommée quotidiennement par l'éclairage minimum. Exprimer  $E_{\text{éclairage}}$  en Wh et en J.

#### A.1.3. Bilan de l'énergie nécessaire.

Faire le bilan journalier de l'énergie  $E_{\text{totale}}$  nécessaire pour un fonctionnement de l'ensemble, en Wh et en J.

## A.2. Dimensionnement des batteries.

*La production d'énergie par panneaux photovoltaïques ne peut se faire que dans la journée et par beau temps alors que les besoins en énergie restent bien présents la nuit ou par mauvais temps. Il est donc nécessaire de stocker de l'énergie avec pour contrainte imposée de pouvoir fonctionner environ **quatre jours** sur la réserve. L'énergie nécessaire est stockée dans un parc de batteries, assemblées de telle façon que la tension disponible soit de 24 V continu.*

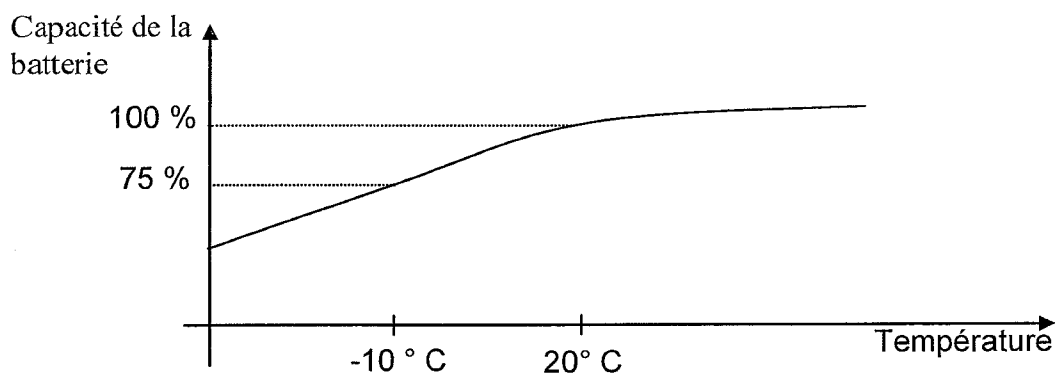
A.2.1. Calculer, en Wh, l'énergie stockée  $E_{\text{stockée}}$  nécessaire au fonctionnement souhaité.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION 2012
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel. Pré-étude et modélisation	Repère : 12NC – EQPEM	Page 5/17

A.2.2. Pour des raisons liées à la technologie des accumulateurs, l'énergie emmagasinée dans une batterie ne peut être utilisée entièrement. Le modèle de batterie présent sur le site est caractérisé par une profondeur de décharge de 70% (seuls 70% de l'énergie emmagasinée peuvent être restitués).

Calculer l'énergie  $E_{\text{batterie}}$  qui doit être accumulée dans la batterie pour garantir le fonctionnement souhaité.

A.2.3. Les caractéristiques des batteries sont données pour une température ambiante de 20 °C. La courbe suivante illustre la variation de la capacité  $Q$  de la batterie en fonction de la température ambiante. La capacité est de 100 % à 20° C.



A.2.3.1. Montrer par une analyse dimensionnelle que  $E_{\text{batterie}} = Q.U$  avec  $Q$  la capacité de la batterie (exprimée en A.h) et  $U$  la tension aux bornes de la batterie.

A.2.3.2. L'installation étant alimentée sous 24 V, calculer en Ah la capacité  $Q$  du parc de batteries pour que le site fonctionne normalement pendant une durée de quatre jours et à température moyenne de -10 °C.

A.2.4. Le parc de batteries est constitué d'éléments de 12 V - 100 Ah. Calculer le nombre d'éléments nécessaires et représenter sur le **document réponse n° 1** le schéma de câblage de leur association.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION 2012
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel. Pré-étude et modélisation	Repère : 12NC – EQPEM	Page 6/17

### A.3. Positionnement des panneaux solaires.

#### A.3.1. Influence du mode de l'installation.

La puissance électrique  $P$  produite par un panneau solaire est proportionnelle au flux d'énergie  $\Phi$  reçue du soleil et dépend de son inclinaison.

On appelle  $\alpha$  l'angle d'incidence, angle entre la direction des rayons solaires et la surface du panneau.

Le panneau est incliné d'un angle  $\theta$  par rapport au sol.

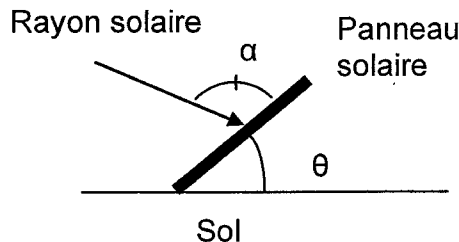


Figure 1

Pour quelle valeur  $\alpha_M$  de  $\alpha$  le panneau solaire reçoit-il le maximum de flux ?

A.3.2. À cause de l'enneigement important, les panneaux ne peuvent pas être installés sur le toit du refuge. Ils sont placés sur un mur, à la verticale, à l'abri d'un avant-toit. L'angle d'installation  $\theta$  vaut alors  $90^\circ$  et l'angle d'incidence  $\alpha$  sera par conséquent considéré, compte tenu de la saison, égal à  $45^\circ$ .

A.3.2.1. Représenter le schéma de l'installation.

A.3.2.2. Le flux  $\Phi$  reçu par la surface d'un panneau se calcule en fonction de son inclinaison par rapport aux rayons solaires :  $\Phi = \Phi_M \sin \alpha$ , où  $\Phi_M$  est le flux maximal lié au niveau d'ensoleillement.

Quelle est alors la valeur du rapport  $\Phi/\Phi_M$  ?

A.3.2.3. On appelle  $P_c$  la puissance électrique crête du panneau solaire (c'est la puissance fournie lorsque le flux est maximum  $\Phi = \Phi_M$  et  $P$  la puissance électrique fournie lorsque, en raison de l'angle d'inclinaison, le flux vaut  $\Phi$ . Écrire la relation entre  $P$  et  $P_c$  lorsque  $\alpha = 45^\circ$ .

A.3.2.4. Quels sont les avantages et les inconvénients du positionnement vertical des panneaux ?

#### A.3.3. Calcul de l'énergie produite quotidiennement.

Les documents du constructeur indiquent pour chaque panneau une puissance électrique produite  $P_c = 130 \text{ W}$  pour un flux solaire maximal  $\Phi_M$ . En tenant compte de la situation géographique du refuge, on estime que l'ensoleillement total, sur une journée d'hiver, peut être modélisé par 2,5 heures d'équivalent de flux solaire maximal et 21,5 h de non éclairage.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION 2012
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel. Pré-étude et modélisation	Repère : 12NC – EQPEM	Page 7/17

A.3.3.1. Compte tenu de l'installation décrite en A.3.2, calculer l'énergie quotidienne  $E_{\text{panneau}}$  fournie par un panneau par jour de beau temps.

A.3.3.2. *Le refuge possède 10 panneaux.*

Calculer  $E_{\text{produite}}$ , l'énergie quotidienne d'origine photovoltaïque que l'installation peut produire par beau temps.

A.3.3.3. *En hiver, le mauvais temps peut persister pendant plusieurs jours.*

Déterminer le nombre de jours d'autonomie de fonctionnement (radio et éclairage) correspondant à l'énergie produite lors d'un fonctionnement quotidien par beau temps.

#### A.4. Assemblage des panneaux.

*Un panneau photovoltaïque est un dipôle générateur dont la caractéristique courant-tension dépend de l'irradiance reçue (puissance du rayonnement reçue par  $m^2$ ).*

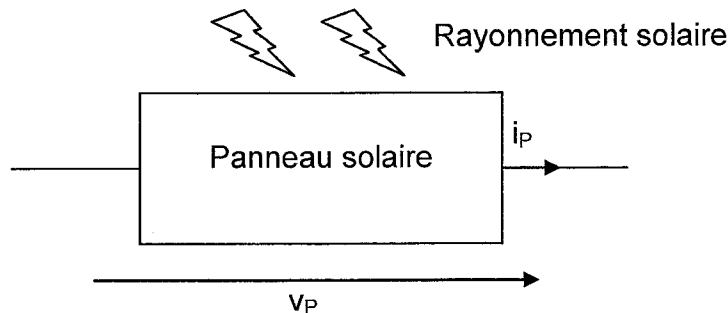


Figure 2

A.4.1. Lors d'une association série de deux panneaux, quelle grandeur électrique est commune ?

A.4.2. *Sur le document réponse n° 2, la courbe 1 représente la caractéristique courant-tension simplifiée d'un panneau solaire, le point de fonctionnement dépendant à la fois de l'irradiance et du récepteur électrique.*

Indiquer sur cette courbe les points de fonctionnement M d'un panneau photovoltaïque dans les cas suivants :

$M_1$  : courant débité 8 A, irradiance  $800 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$

$M_2$  : courant débité 8 A, irradiance  $400 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$

$M_3$  : courant débité 10 A, irradiance  $800 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$

$M_4$  : courant débité 10 A, irradiance  $400 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$

A.4.3. Calculer alors les puissances  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  et  $P_4$  fournies par le panneau dans chaque cas, rassembler les résultats dans le **tableau 1 document réponse n° 2**.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION 2012
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel. Pré-étude et modélisation	Repère : 12NC – EQPEM	Page 8/17



- A.4.4. Comment se comporte le panneau au point  $M_4$  et quel est la conséquence de ce fonctionnement par rapport à la production d'énergie attendue ?
- A.4.5. Expliquer à partir de l'analyse du schéma ci-dessous (figure 3) comment les diodes protègent les cellules photovoltaïques en cas d'ombrage d'un panneau.

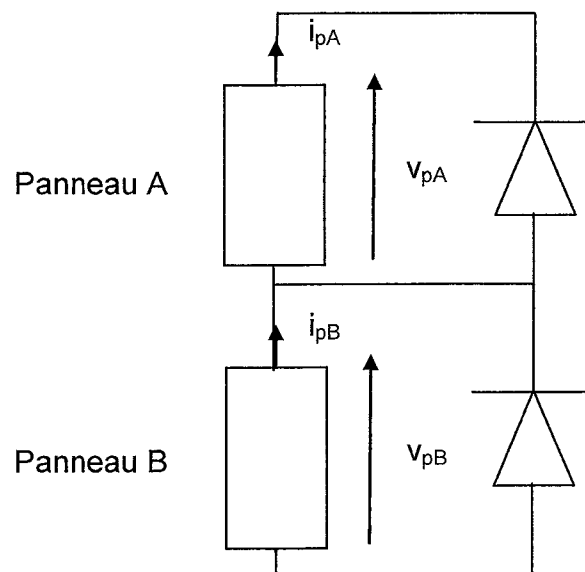


Figure 3

## B. Fonctionnement en haute saison.

Dans cette partie, nous allons vérifier que l'installation hydraulique est conforme aux besoins du site en haute saison. À cette époque de l'année, l'accueil d'un public plus nombreux accroît fortement les besoins en énergie.

### B.1. Consommation lors de l'utilisation normale du site.

Le refuge possède un équipement électroménager standard alimenté en 230 V - 50 Hz. La liste de l'appareillage se trouve dans le tableau suivant :

Appareil		Puissance en W
Groupe froid	Réfrigérateurs	220
	Congélateurs	120
	Armoire réfrigérée	200
Machine à laver le linge		1500
Éclairage		1000
Hotte		800

La puissance consommée par l'installation varie dans la journée. On se propose d'étudier deux cas extrêmes de consommation.

B.1.1 Calculer la puissance électrique  $P_{elec1}$  consommée lorsque tout l'appareillage fonctionne en même temps.

B.1.2 Calculer la puissance  $P_{elec2}$  consommée si seul le groupe froid fonctionne.

### B.2. Production d'énergie d'origine hydraulique.

L'énergie électrique est produite à partir d'un alternateur tétrapolaire, auto excité, couplé à une turbine de type Pelton. L'eau entraînant la roue est dérivée de la conduite qui alimente le refuge, elle est dirigée sur les aubes de la turbine par l'intermédiaire de six injecteurs, dont trois sont réglables manuellement.

#### B.2.1. Puissance disponible.

La puissance prélevée à l'eau peut se calculer grâce à l'équation de Bernoulli.

$$\frac{1}{2} \rho (v_B^2 - v_A^2) + (p_B - p_A) + \rho g (z_B - z_A) = \frac{P}{Q}$$

Remarques : La partie de l'installation hydraulique qui nous intéresse est telle que les pressions au point d'entrée A et au point de sortie B sont égales à la pression atmosphérique. De plus la partie de l'équation liée à l'énergie cinétique sera négligée pour cette étude.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION 2012
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel. Pré-étude et modélisation	Repère : 12NC – EQPEM	Page 10/17

On donne  $P$  : la puissance hydraulique disponible, ou prélevée, à l'entrée de la turbine.  
 $P_{elec}$  : la puissance électrique produite par l'alternateur.  
 $\eta = 72\%$  : le rendement de la turbine.  
 $Q$  : le débit d'arrivée d'eau sur la roue de la turbine.  
 $\rho = 1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  la masse volumique de l'eau.  
 $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .  
 $H = (z_B - z_A) = 71 \text{ m}$  la hauteur effective de la chute d'eau, tenant compte des particularités de la conduite.  
 $\rho$ ,  $\eta$ ,  $g$  et  $H$  sont considérés comme des constantes.  
L'alternateur est supposé sans perte.

B.2.1.1. Simplifier l'équation de Bernoulli en tenant compte des remarques relatives à l'installation du refuge faites plus haut.

B.2.1.2. Dans les conditions particulières de fonctionnement du refuge, quelle variable permet de modifier la puissance  $P$  hydraulique prélevée à l'entrée de la turbine ?

B.2.1.3. Calculer la puissance hydraulique nécessaire pour obtenir la puissance électrique déterminée en B.1.1.1. En déduire la valeur correspondante du débit  $Q_1$  exprimée en  $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$  et en  $\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$ .

B.2.1.4. Calculer de même, la valeur  $Q_2$  du débit nécessaire pour répondre au besoin électrique de la question B.1.1.2.

## B.2.2. Paramètres susceptibles de modifier la fréquence de la tension produite.

Le groupe turbine alternateur qui a été choisi peut produire, dans les conditions d'utilisations du site, jusqu'à 4500 W en monophasé sous une tension de valeur efficace 230 V et de fréquence 50 Hz. Le groupe n'étant pas couplé au réseau, nous allons étudier l'impact d'une variation de la puissance consommée sur la fréquence de la tension produite.

La mise en vitesse du groupe turbine-alternateur obéit à la relation fondamentale de la dynamique des objets tournants.

$$J \frac{d\Omega}{dt} = C_m - C_r$$

$J$  moment d'inertie qui est constant =  $0,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$   
 $\Omega$  vitesse angulaire de rotation de l'arbre mécanique  
 $C_m$  moment du couple moteur au niveau de l'axe moteur  
 $C_r$  moment du couple résistant au niveau de l'axe moteur  
La machine est supposée sans perte.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION 2012
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel. Pré-étude et modélisation	Repère : 12NC – EQPEM	Page 11/17

B.2.2.1. Quel élément du groupe turbine-alternateur est à l'origine du moment du couple moteur  $C_m$  ?

B.2.2.2. Quel élément du groupe turbine-alternateur est à l'origine du moment du couple résistant  $C_r$  ?

B.2.2.3. Pourquoi la valeur du moment du couple résistant  $C_r$  peut elle varier ?

B.2.2.4. Quelle condition découlant de la relation fondamentale de la dynamique sur les moments des couples  $C_m$  et  $C_r$  faut-il respecter pour que la fréquence de la tension électrique produite soit constante ?

B.2.2.5. Comment évolue la fréquence de la tension électrique si la puissance consommée diminue alors que le débit reste inchangé ?

### **B.3. Fonctionnement à puissance consommée constante.**

*L'asservissement du débit étant dans le cas du refuge trop complexe et onéreux à réaliser, on préfère maintenir la fréquence des tensions produites constante en utilisant un dispositif électronique de contrôle de consommation de puissance électrique.*

*Le groupe turbine-alternateur a été dimensionné et réglé en tenant compte du débit d'eau saisonnier pour fournir 4500 W 24h/24h. Il fournit donc plus que la demande normale d'utilisation. Le surplus de puissance est alors consommé dans des charges électriques, un cumulus électrique et trois radiateurs, ajoutées à l'installation existante. Ces quatre éléments sont munis d'une carte de contrôle électronique.*

*La consommation de ces charges peut être contrôlée de 0 W jusqu'à 4500 W par paliers de 150 W, de telle sorte qu'elles puissent partiellement ou entièrement consommer la puissance produite en fonction de la demande normale d'utilisation.*

**B.3.1.** En tenant compte des résultats de la question B.2.2, expliquer en quoi ce mode de fonctionnement permet de maintenir constante la fréquence des tensions produites (le débit de la chute, imposé par l'installation hydraulique, variant peu durant la saison pleine).

### **B.3.2. Rapidité de mobilisation de la charge.**

*Le document constructeur garantit une plage de variation de la fréquence des tensions produites inférieure à 1Hz. Nous allons chercher à vérifier cet ordre de grandeur lors d'une baisse de la consommation normale liée, par exemple, à l'arrêt de la machine à laver le linge.*

*Le point de fonctionnement initial correspond à une vitesse de rotation mécanique stable du groupe turbine-alternateur, à une puissance électrique consommée  $P_{elec} = 4500W$  et à une fréquence des tensions produites  $f = 50$  Hz. Les caractéristiques de l'alternateur sont identiques à celles indiquées à la question B.2.2.*

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION 2012
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel. Pré-étude et modélisation	Repère : 12NC – EQPEM	Page 12/17

- B.3.2.1. Calculer la fréquence  $n$  de rotation de l'arbre de l'alternateur (la machine possède quatre pôles) ainsi que la vitesse angulaire  $\Omega$  de rotation correspondante.
- B.3.2.2. Calculer la valeur  $C_r$  du moment du couple résistant exercé par l'alternateur sur l'arbre du groupe.
- B.3.2.3. En déduire la valeur du moment du couple moteur  $C_m$ . Aucun réglage n'étant effectué sur la partie hydraulique, ce moment sera considéré comme constant pour la suite de cette étude.

*À l'arrêt de la machine à laver le linge, on suppose que les charges de régulation de la puissance consommée ne sont pas instantanément mises en œuvre.*

- B.3.2.4. Calculer la nouvelle puissance électrique consommée  $P'_{elec}$  et la valeur correspondante  $C_r'$  du moment du couple résistant exercé par l'alternateur.
- B.3.2.5. En exploitant la relation fondamentale de la dynamique fournie à la question B.2.2, calculer le taux de variation de la vitesse angulaire  $\Delta\Omega/\Delta t$ .
- B.3.2.6. Estimer, dans ces conditions, en combien de temps la fréquence des tensions produites passerait de 50 Hz à 51 Hz.
- B.3.2.7. *Le constructeur garantit un passage de 0% à 100% de la charge électrique demandée en moins de 150 ms suite à une variation de la puissance consommée.*

Quelle charge électrique doit-on appliquer pour compenser l'arrêt de la machine à laver ? Le système proposé respecte-t-il les performances affichées du point de vue de la plage de fréquence des tensions produites ?

### C. Fonctionnement en cas de pénurie d'eau liquide.

*En fin d'été il arrive parfois, mais rarement, que le débit d'eau ne soit pas suffisant pour faire tourner correctement la turbine Pelton. Il n'y a alors plus de production d'énergie hydroélectrique. Dans ce cas, pour produire de l'eau chaude, le gardien utilise, en dernier recours, un chauffe-eau à gaz.*

*Celui-ci est équipé d'un groupe de sécurité qui n'autorise l'allumage du gaz que si un extracteur de fumée est en service. Ces dispositifs, de type standard, sont prévus pour être alimentés sous une tension alternative standard de valeur efficace 230 V et de fréquence  $f = 50$  Hz.*

*On utilise pour cela un onduleur de tension pour convertir de l'énergie prélevée aux batteries en énergie électrique alternative.*

***Cet onduleur doit en outre permettre le maintien de la charge des batteries par le groupe turbine-alternateur lorsque celui-ci fonctionne.***

#### C.1. Choix du type d'onduleur assurant la réversibilité.

Parmi les deux structures de pont d'onduleur représentées figure 4, quelle est celle qui répond au cahier des charges précité ? Justifier votre choix.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION 2012
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel. Pré-étude et modélisation	Repère : 12NC – EQPEM	Page 13/17

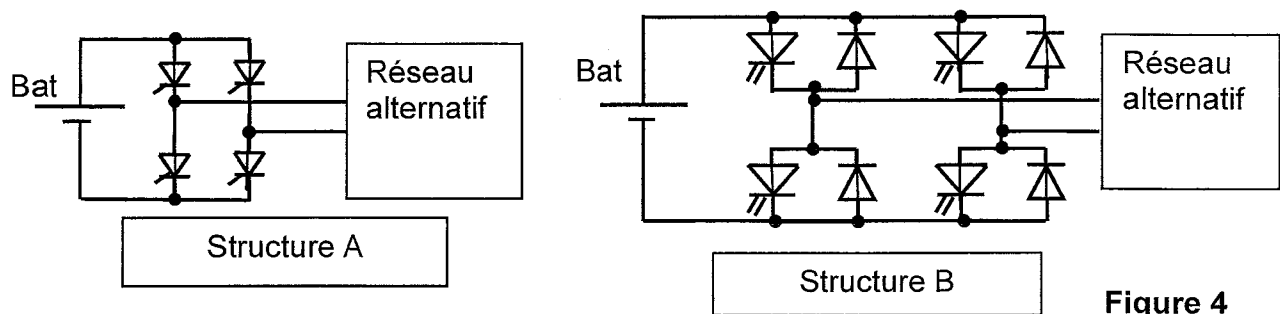


Figure 4

### C.2. Onduleur sinusoïdal

Des mesures ont été effectuées à la sortie de l'onduleur. Sont ainsi donnés dans l'annexe 1 :

- le relevé de la tension de sortie de l'onduleur  $u_{\text{sond}}$  ;
- le spectre d'harmonique de cette tension résultant d'une analyse de Fourier ;
- un tableau donnant la valeur des amplitudes de ces harmoniques.

C.2.1. Donner le numéro de rang des harmoniques représentés par la première et la deuxième raie mesurables.

C.2.2. Donner les valeurs efficaces de ces harmoniques. On notera  $V_1$  la valeur efficace du fondamental.

C.2.3. Calculer, alors, la valeur efficace  $U_{\text{sond}}$  de la tension de sortie de l'onduleur  $u_{\text{sond}}$ .

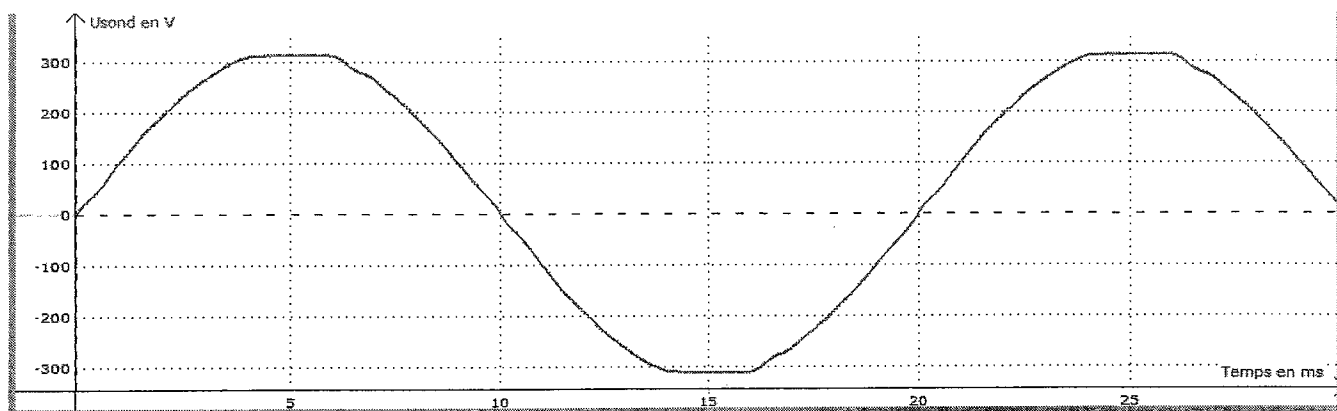
C.2.4. On définit le taux de distorsion harmonique de la façon suivante :

$$THD\% = 100 \frac{\sqrt{(V_2)^2 + (V_3)^2 + (V_4)^2 + \dots}}{V_1}$$

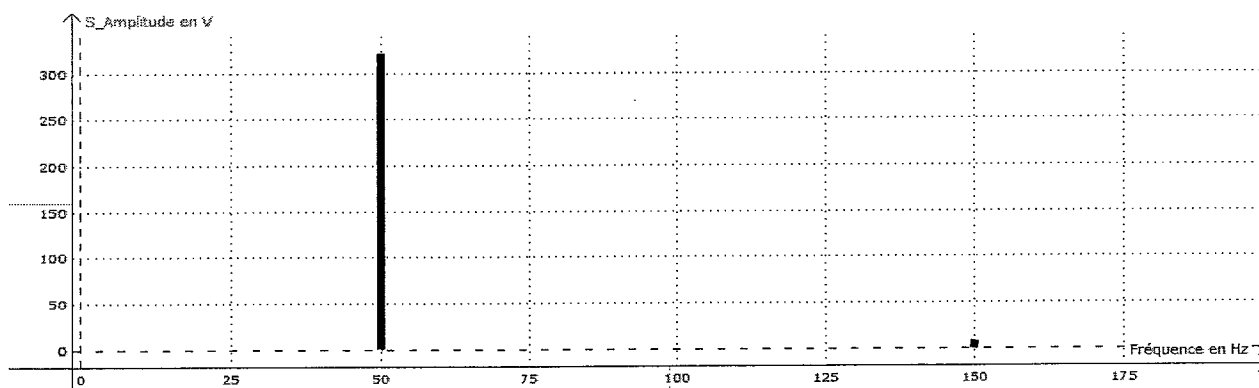
Calculer le taux de distorsion harmonique THD% de cette tension.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION 2012
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel. Pré-étude et modélisation	Repère : 12NC – EQPEM	Page 14/17

ANNEXE 1  
(Question C2)



Relevé de la tension de sortie de l'onduleur  $u_{\text{sond}}$

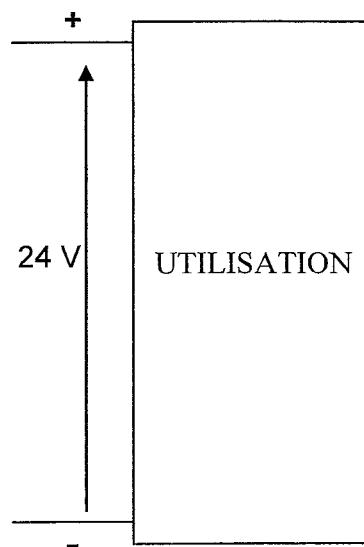
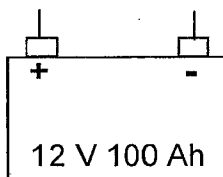


Spectre d'amplitude des harmoniques de la tension  $u_{\text{sond}}$

	Amplitude en V
Première Raie mesurable	322
Deuxième Raie mesurable	3,2

Tableau des valeurs des amplitudes des harmoniques de la tension  $u_{\text{sond}}$ .

DOCUMENT RÉPONSE N° 1  
Question A.2.4.

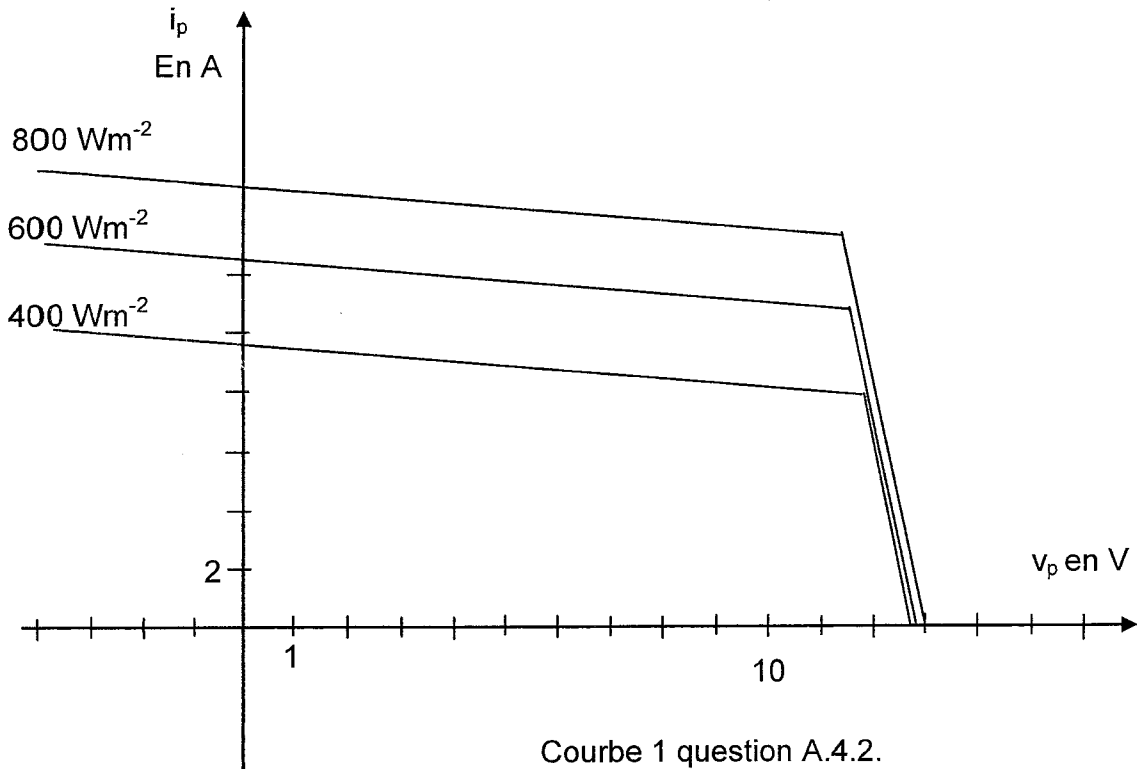


Assemblage des batteries  
Question A.2.4.

BTS ÉLECTROTECHNIQUE		SESSION 2012
Épreuve E4.1 : Étude d'un système technique industriel. Pré-étude et modélisation	Repère : 12NC – EQPEM	Page 16/17



DOCUMENT RÉPONSE N° 2



point	U(V)	I(A)	P(W)
M <sub>1</sub>			
M <sub>2</sub>			
M <sub>3</sub>			
M <sub>4</sub>			

Tableau question A 4.3.