



MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION
NATIONALE

EAI SIE 2

SESSION 2019

**AGREGATION
CONCOURS INTERNE
ET CAER**

Section : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR

**Option : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR
ET INGÉNIERIE ÉLECTRIQUE**

**ÉTUDE D'UN SYSTÈME, D'UN PROCÉDÉ OU D'UNE
ORGANISATION**

Durée : 4 heures

Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Si vous repérez ce qui vous semble être une erreur d'énoncé, vous devez le signaler très lisiblement sur votre copie, en proposer la correction et poursuivre l'épreuve en conséquence. De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, vous devez la (ou les) mentionner explicitement.

NB : Conformément au principe d'anonymat, votre copie ne doit comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé consiste notamment en la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de la signer ou de l'identifier.

Tournez la page S.V.P.

A

INFORMATION AUX CANDIDATS

Vous trouverez ci-après les codes nécessaires vous permettant de compléter les rubriques figurant en en-tête de votre copie.

Ces codes doivent être reportés sur chacune des copies que vous remettrez.

► **Concours interne de l'Agrégation de l'enseignement public :**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EAI	1415A	102	7048

► **Concours interne du CAER / Agrégation de l'enseignement privé :**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EAI	1415A	102	7048

CHALET BOTANIQUE AUTONOME

Le sujet comporte 37 pages.

- | | |
|--|---------------|
| • Texte du sujet | pages 2 à 23 |
| • Documents techniques DT1 à DT10 | pages 24 à 33 |
| • Documents réponse DR1 à DR4 | pages 34 à 37 |

Il est conseillé aux candidats d'effectuer une lecture préalable et complète du sujet pour s'approprier dans leur ensemble les problématiques à étudier et prendre connaissance des informations utiles fournies dans les documents techniques.

Il est demandé aux candidats :

- de rédiger les réponses aux différentes parties (A à D) sur des feuilles de copie séparées et clairement repérées ;
- de numéroter chaque feuille de copie et indiquer le numéro de la question traitée ;
- d'utiliser exclusivement les notations indiquées dans le sujet lors de la rédaction des réponses ;
- de présenter lisiblement les applications numériques, sans omettre les unités, après avoir explicité les expressions littérales des calculs ;
- d'encadrer ou souligner les résultats ;
- de justifier clairement les réponses ;
- de formuler les hypothèses nécessaires à la résolution des problèmes posés si celles-ci ne sont pas indiquées dans le sujet.

Le contexte de l'étude : le Vaisseau, la science en s'amusant

Le Vaisseau est un équipement éducatif du Conseil Départemental du Bas-Rhin. Implantée à Strasbourg, cette infrastructure permet de promouvoir les sciences et les techniques d'une manière ludique et interactive. Cet établissement accueille chaque année 170 000 visiteurs. Il offre aux enfants l'occasion d'effectuer des activités individuelles ou en groupes, aux parents la possibilité de partager un moment d'éveil en famille et aux enseignants l'opportunité d'illustrer les programmes scolaires grâce à des outils adaptés.

Les enjeux de l'étude : le « Plan Climat 2030 »

Le « Plan Climat 2030 » mis en œuvre par l'Eurométropole de Strasbourg permet de décliner localement l'accord de Paris de la COP 21 signé par plus de 150 pays lors du sommet mondial pour le climat de décembre 2015. Pour s'inscrire dans cette démarche, le Vaisseau a élaboré un programme d'actions concrètes réalisable et évaluable. Le développement durable étant une valeur essentielle pour le Vaisseau, celui-ci propose donc des solutions pour économiser l'énergie et développer l'utilisation des énergies renouvelables.

La problématique : l'univers botanique, le jardin des senteurs

Le Vaisseau possède un jardin qui s'étend sur 5 000 m² et propose des espaces de détente ainsi que différents éléments pour observer la nature : un rucher d'observation, un hôtel à insectes, un jardin des senteurs. La mise en valeur du jardin comme espace pédagogique d'éducation à l'environnement et au développement durable s'inscrit dans les actions du Plan Climat 2030 de l'Eurométropole (figures 1 et 2).



figure 1 – Diagramme de besoin initial

Les différentes activités réalisées dans le jardin des senteurs permettent à l'animateur botanique de mettre en évidence l'utilisation thérapeutique des plantes médicinales à travers l'aromathérapie et la phytothérapie en comparant les différentes propriétés de tisanes réalisées à base de plantes. C'est aussi l'occasion de présenter les différents modes de préparation des tisanes : l'infusion, la décoction ou la macération.

Pour cela, l'animateur utilise des fleurs, des feuilles, des racines ainsi que de l'eau froide ou chaude. Pour chauffer l'eau rapidement, il utilise une bouilloire de 2 kW. Les besoins en eau chaude sont évalués à environ un litre d'eau bouillante 2 fois par jour (figure 2) ; une fois dans la matinée et une fois dans l'après-midi.

La direction du Vaisseau a également souhaité que le chalet soit équipé d'une source d'énergie renouvelable et que les visiteurs puissent consulter en temps réel sur leur téléphone portable la production énergétique des panneaux solaires (figure 2).

Le jardin pédagogique du Vaisseau est ouvert du lundi au vendredi sur une saison qui s'étend du 1^{er} avril au 30 septembre.

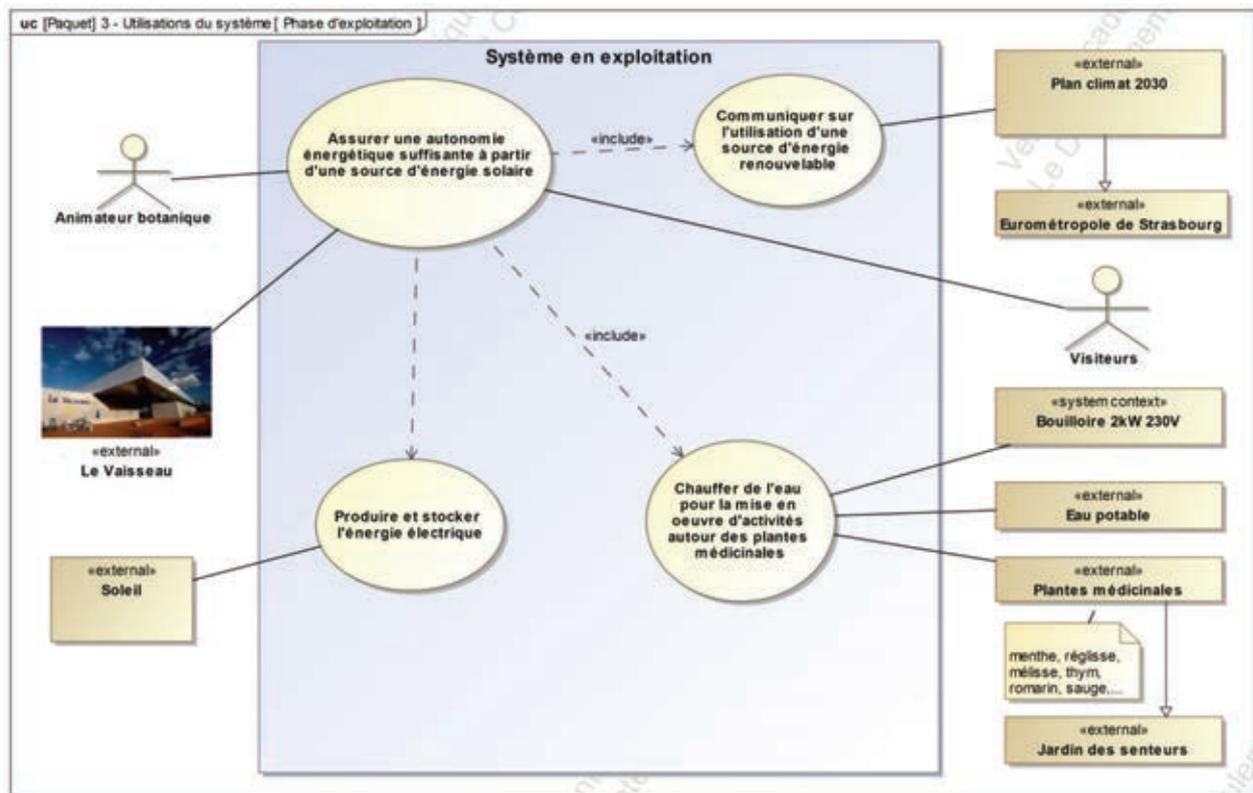


figure 2 – Diagramme de cas d'utilisation

Les objectifs de l'étude

L'étude qui va suivre a pour objectifs :

- de valider les choix des principaux équipements électriques ;
- de démontrer que l'autonomie énergétique du chalet est bien assurée sur toute la période d'activité des animations au jardin des senteurs ;
- de s'assurer que la centrale de mesure choisie permet de prendre connaissance à distance des performances énergétiques de l'installation photovoltaïque.

Le diagramme des besoins des parties prenantes est précisé sur le document DT 1.

Les équipements électriques

Le diagramme de bloc interne de la figure 3 présente l'organisation matérielle des équipements du sous-système « Production », assurant les fonctions liées à la gestion de l'énergie et du sous-système « Communication », permettant la visualisation et la consultation des grandeurs électriques lors de l'utilisation d'une source d'énergie renouvelable.

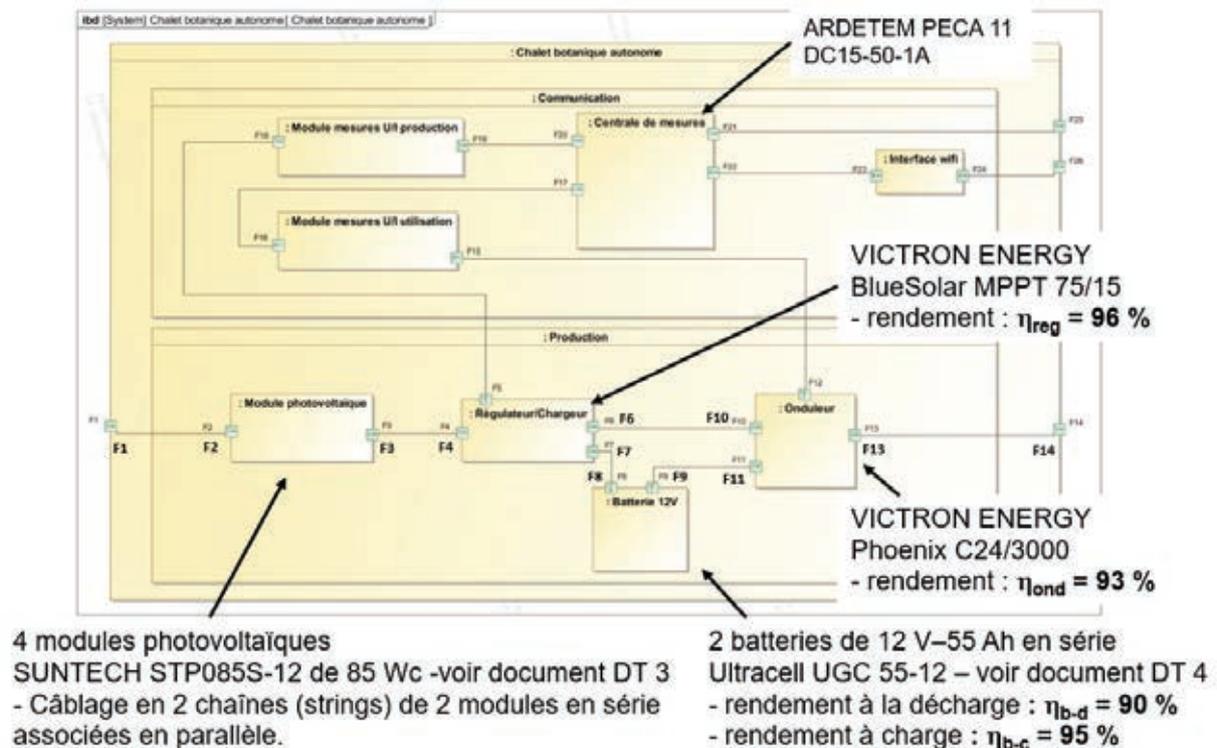


figure 3 – Diagramme de bloc interne

A - ÉTUDE DE L'AUTONOMIE DU CHALET

Question 1

À partir du diagramme de bloc interne SysML de la figure 3, définir la nature des différents flux présents entre les blocs du sous-système « Production ». Indiquer les principales grandeurs associées en précisant leurs unités. Compléter le document DR 1.

Question 2

Définir les différents modes de fonctionnement associés aux flux F6-F10, F7-F8 et F9-F11. Compléter le document DR 1.

Hypothèse : l'échauffement est adiabatique dans la bouilloire.

Rappel : l'animateur a besoin de deux chauffes par jour de 1 litre (figure 4).

$\rho = 1\ 000\ \text{kg/m}^3$: masse volumique de l'eau.

$C_p = 4\ 180\ \text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$: chaleur massique de l'eau.

$\theta_i = 10\ ^\circ\text{C}$: température initiale de l'eau.

Question 3

Déterminer les besoins énergétiques E_{Uj} quotidiens de l'animateur botanique liés à l'utilisation de la bouilloire. Dans ces conditions, déterminer la durée d'une chauffe d'eau.

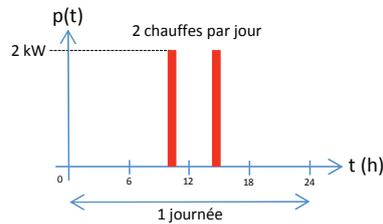


figure 4 – Chronogramme de puissance absorbée par la bouilloire (non à l'échelle)

Question 4

À l'aide de la figure 5, justifier pourquoi il est plus judicieux d'utiliser deux batteries de 12 V en série plutôt qu'une seule.

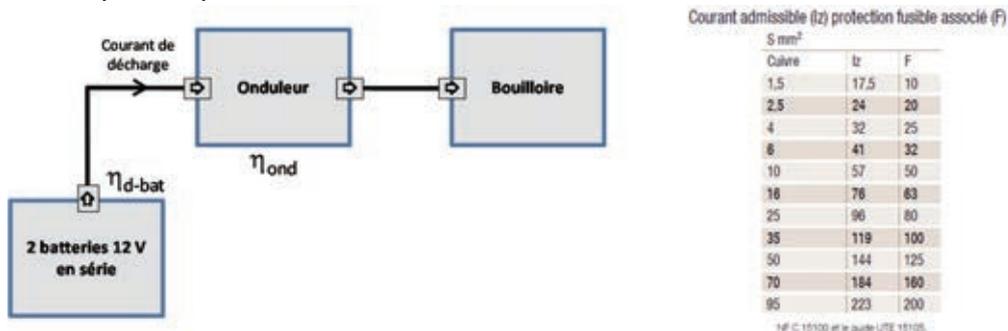


figure 5 – Synthétique d'un fonctionnement sur batterie

Question 5

À partir des graphiques de la figure 6, choisir le mois qui devra être retenu pour dimensionner la capacité C des batteries et la surface de captage photovoltaïque S . Justifier la réponse.

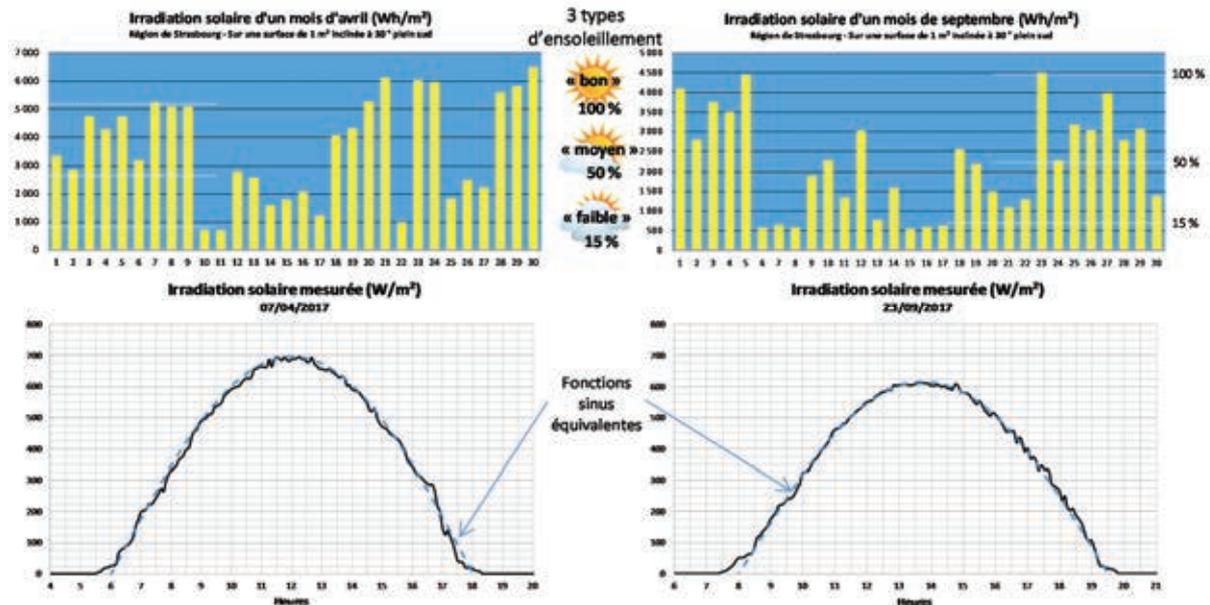


figure 6 – Gisements solaires d’avril et septembre
et graphiques de l’irradiance des meilleurs jours de début avril et de fin septembre

Hypothèse : la variation de l’irradiation solaire sur une journée est une fonction sinusoïdale (courbes en traits pointillés sur les graphes de la figure 6).

Question 6

À partir des deux mesures d’irradiation solaire fournies à la figure 6, déterminer l’énergie surfacique journalière produite par le soleil pour un ensoleillement « bon » $E_{Sol.B/j}$. En déduire les valeurs de l’énergie surfacique journalière produite par le soleil pour des ensoleillements « moyen » $E_{Sol.M/j}$ et « faible » $E_{Sol.F/j}$.

Les dimensions et l’implantation du chalet dans le jardin des senteurs sont indiquées dans le document DT 2.

Question 7

À partir du tableau 1 du document DT 2, déterminer le coefficient de performance λ d’une surface de captage photovoltaïque implantée sur la pente sud du toit du chalet.

Un relevé de masque a permis de tracer le profil des ombrages provoqués par la présence d’un arbre se trouvant à quelques mètres du chalet (sud) et du bâtiment du Vaisseau (ouest). La figure 7 représente le diagramme cartésien des élévations du soleil à Strasbourg durant une année et inclut le relevé de masque des ombrages.

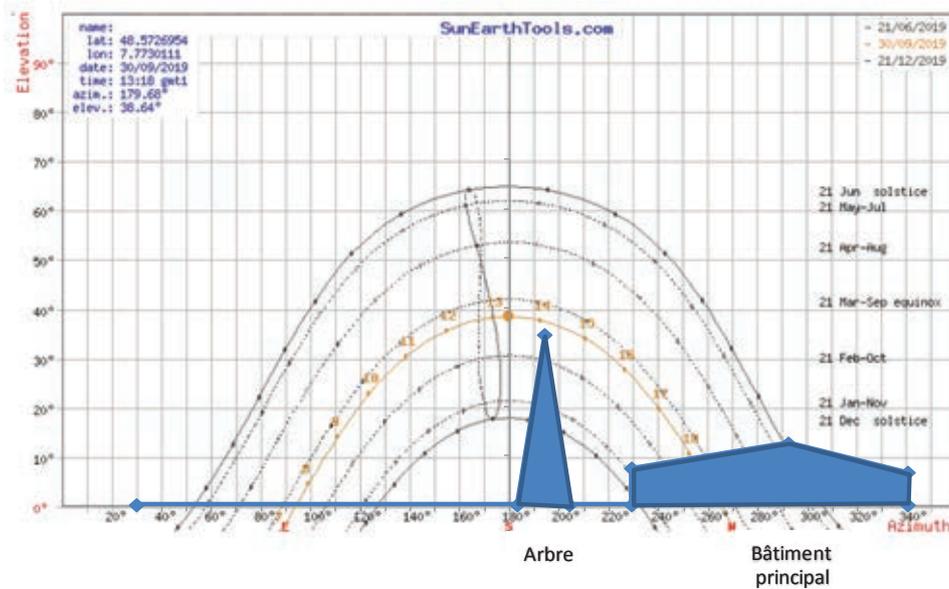


figure 7 – Diagramme cartésien

Question 8

À partir de la figure 7, déterminer si l’arbre occasionne un ombrage important durant la période d’exploitation du chalet. Conclure sur la nécessité ou non de le couper.

Question 9

En choisissant la date du 30 septembre, déterminer la perte énergétique en % engendrée par l’ombrage du bâtiment du Vaisseau lors d’une journée avec un « bon » ensoleillement. Conclure sur la nécessité ou non de modifier la surface de captage des modules photovoltaïques.

Question 10

Déterminer le rendement η_{pv} d’un module photovoltaïque SUNTECH STP085S-12 de 85 Wc lorsque sa température est de 40 °C (document DT 3).

Le scénario qui a été retenu pour dimensionner la capacité C des batteries et la surface de captage photovoltaïque S, correspond à un cycle de décharge de $n_d = 3$ jours consécutifs avec un ensoleillement « faible » $E_{Sol.F/j}$, suivi d’un cycle de recharge de $n_c = 2$ jours consécutifs avec un ensoleillement « moyen » $E_{Sol.M/j}$. Durant ces 5 jours, les batteries ne doivent pas se décharger à plus de $DoD = 80\%$, soit une profondeur de décharge (figure 8) de $k = 0,8$.

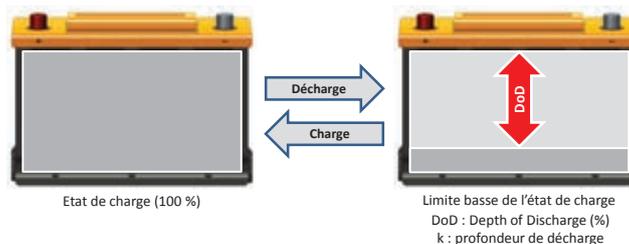


figure 8 – Définition de la profondeur de décharge maximale k

Les données à prendre en compte pour la suite du questionnement :

- les rendements batterie, onduleur et régulateur sont indiqués sur la figure 3 ;
- $U = 12 \text{ V}$ est la tension nominale d'une batterie ;
- C est la capacité d'une batterie en Ah, pour un courant de décharge donné ;
- $k = 0,8$ est la profondeur de décharge maximale (DoD = 80 %) ;
- S est la surface de captage photovoltaïque nécessaire à l'installation ;
- S_{pv} est la surface d'un module photovoltaïque (cadre) ;
- $\eta_{pv} = 12 \%$ est le rendement d'un module photovoltaïque SUNTECH à $40 \text{ }^\circ\text{C}$;
- $\lambda = 0,95$ est le coefficient de performance de la toiture du chalet orientée sud ;
- $E_{Ufj} = 210 \text{ Wh/j}$ est le besoin énergétique quotidien de l'animateur botanique (chauffe de l'eau) ;
- $E_{Sol.Bfj} = 4\,400 \text{ Wh/(m}^2\cdot\text{j)}$ est l'énergie surfacique journalière fournie par le soleil pour un ensoleillement « bon » ;
- $E_{Sol.Mfj} = 2\,200 \text{ Wh/(m}^2\cdot\text{j)}$ est l'énergie surfacique journalière fournie par le soleil pour un ensoleillement « moyen » ;
- $E_{Sol.Ffj} = 660 \text{ Wh/(m}^2\cdot\text{j)}$ est l'énergie surfacique journalière fournie par le soleil pour un ensoleillement « faible ».

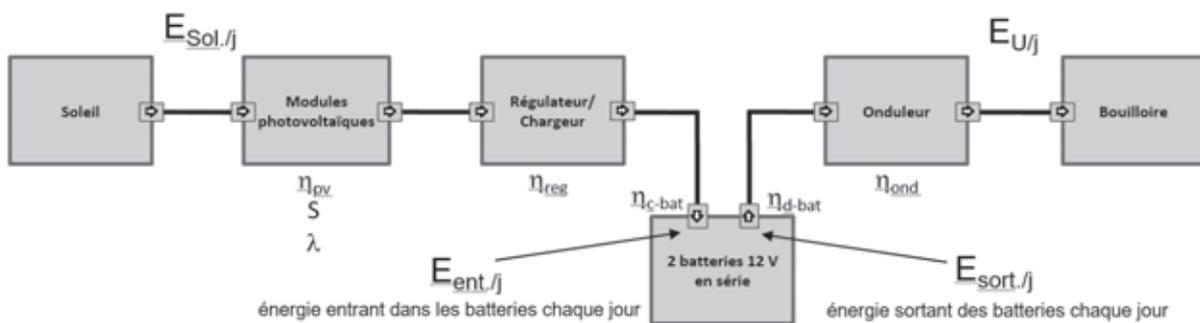


figure 9 – Synoptique de l'installation à dimensionner

À partir de la figure 9, il est possible d'établir l'expression de l'énergie totale E_{bf} qui sera contenue dans les batteries à la fin d'un cycle de n jours consécutifs avec un ensoleillement donné.

$$E_{bf} = E_{bi} + n.E_{ent.fj} - n.E_{sort.fj} \quad \text{expression (1)}$$

n est le nombre de jours consécutifs avec un ensoleillement donné.

E_{bf} est l'énergie dans les batteries à la fin d'un cycle de n jours.

E_{bi} est l'énergie initiale dans les batteries en début d'un cycle de n jours.

$E_{ent.fj}$ est l'énergie entrant dans les batteries chaque jour.

$E_{sort.fj}$ est l'énergie sortant des batteries chaque jour.

Question 11

Déterminer l'énergie $E_{sort.fj}$ fournie chaque jour par les batteries pour répondre au besoin de l'animateur botanique.

Question 12

Établir l'expression littérale de l'énergie $E_{ent./j}$ fournie chaque jour aux batteries en fonction de $E_{Sol./j}$, S , λ , η_{pv} , η_{reg} et η_{c-bat} . Mettre cette expression sous la forme : $E_{ent./j} = E_{Sol./j} \cdot S \cdot \beta$ et déterminer la valeur de β .

Question 13

Les batteries étant initialement chargées à 100 %, remplacer chaque terme de l'expression (1) dans le cas d'un cycle de décharge de $n_d = 3$ jours consécutifs avec un ensoleillement « faible » $E_{Sol.F/j}$. À la fin de ces 3 jours, l'état de charge des batteries ne doit pas être en dessous du DoD imposé par le cahier des charges. En déduire l'expression littérale (2) de la valeur à donner à la capacité C d'une batterie.

Question 14

Les batteries étant initialement déchargées avec un DoD de 80 %, remplacer chaque terme de l'expression (1) dans le cas d'un cycle de charge de $n_c = 2$ jours consécutifs avec un ensoleillement « moyen » $E_{Sol.M/j}$. À la fin de ces 2 jours, les batteries doivent être chargées à 100 %. En déduire l'expression littérale (3) de la valeur à donner à la surface de captage photovoltaïque S .

Question 15

À partir des deux expressions précédentes (2) et (3), déterminer les valeurs à donner à C et à S pour permettre d'assurer l'autonomie énergétique du chalet durant tout le cycle de fonctionnement de 5 jours (questions 13 et 14). Déterminer le nombre de modules photovoltaïques à installer sur la toiture sud du chalet. Indiquer si l'installation équipant le chalet est suffisante.

La documentation technique (document DT 4) de la batterie Utracell UGC 55-12 montre que sa capacité varie avec la valeur de son courant de décharge. Sa capacité nominale est de 55 Ah pour une décharge de 20 h avec un courant constant de $\frac{55}{20} = 2,75$ A.

Hypothèse : la tension moyenne de la batterie est de 12 V.

Question 16

À partir des données fournies par le document DT 4, estimer par un calcul la capacité de cette batterie pour une décharge à 96,3 A pendant 15 minutes. À partir de la courbe fournie, vérifier que la batterie Utracell UGC 55-12 est bien adaptée.

B – ÉTUDE DU RÉGULATEUR/CHARGEUR DE BATTERIE

L'objectif de cette partie est d'analyser les fonctions et d'évaluer les performances de l'équipement qui assure la liaison entre les 4 modules photovoltaïques et les 2 batteries (figure 9). Ce régulateur/chargeur est réalisé avec un convertisseur de type « Buck/Boost - 4 switch » contrôlé par un circuit intégré spécialisé LT8490. Les profils de charge en tension et en courant d'une batterie au plomb acide sont donnés à la figure 10.

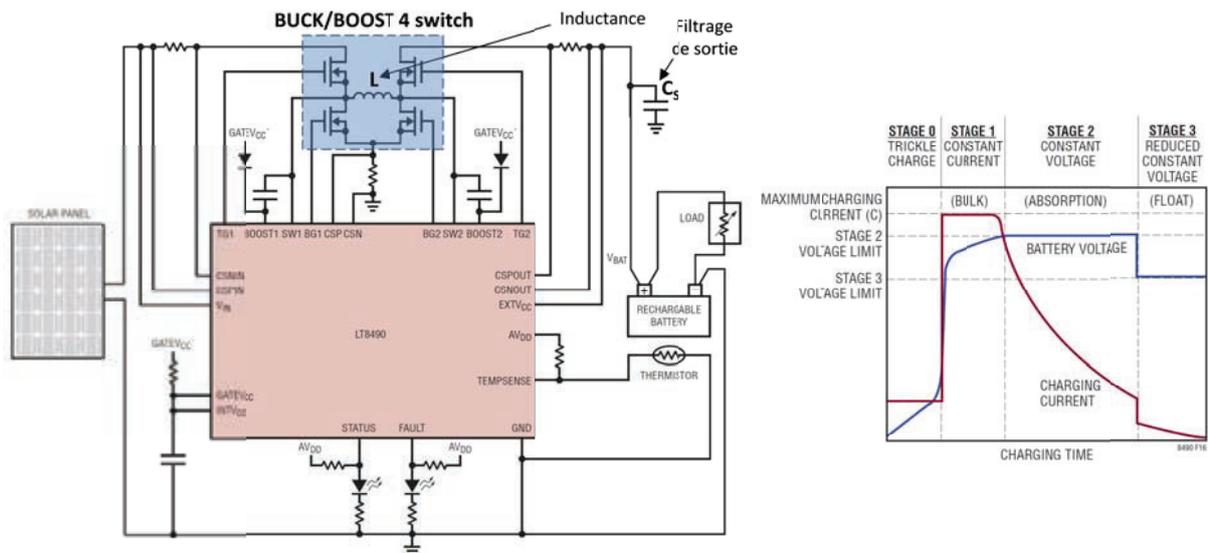


figure 10 – Schéma général du convertisseur Buck/Boost associé au LT8490, et profils de charge U et I d'une batterie au plomb acide

La figure 11 présente les caractéristiques de puissance produite $P_{pv}(U_{pv})$ d'un module SUNTECH STP085S-12 de 85 Wc, défini sur le document DT 3.

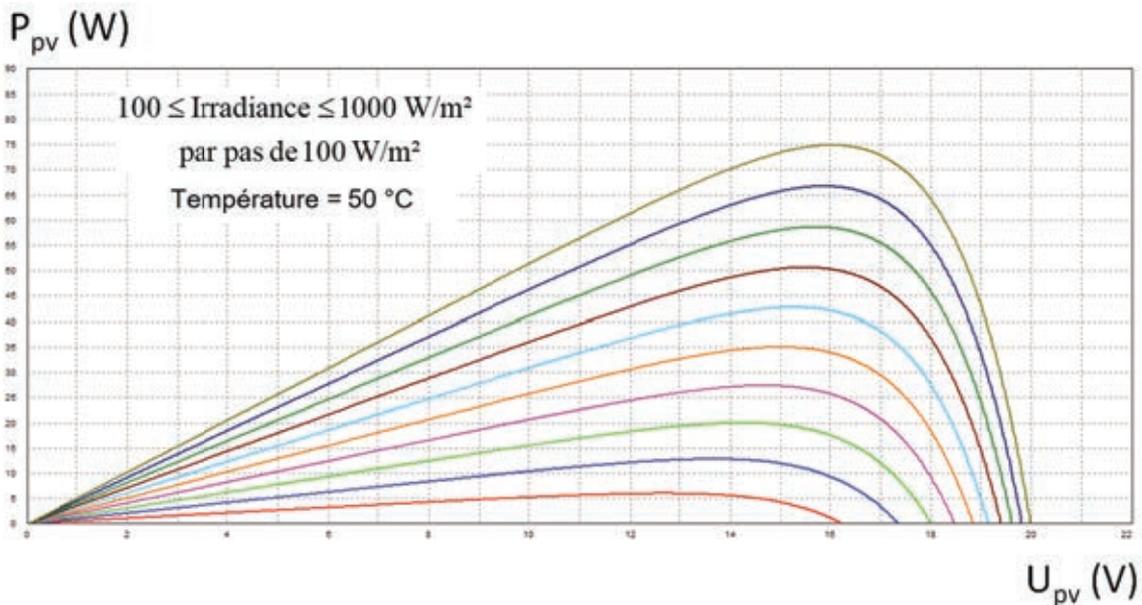


figure 11 – Caractéristiques d'un module SUNTECH STP085S-12 de 85 Wc

La figure 12 décrit le schéma électrique (PSIM) qui permet de simuler le fonctionnement de l'installation photovoltaïque présente sur le toit du chalet. L'irradiation solaire est de $1\ 000\ \text{W/m}^2$, l'angle d'incidence des rayons du soleil sur les modules est de 90° et la température des modules est de $50\ ^\circ\text{C}$.

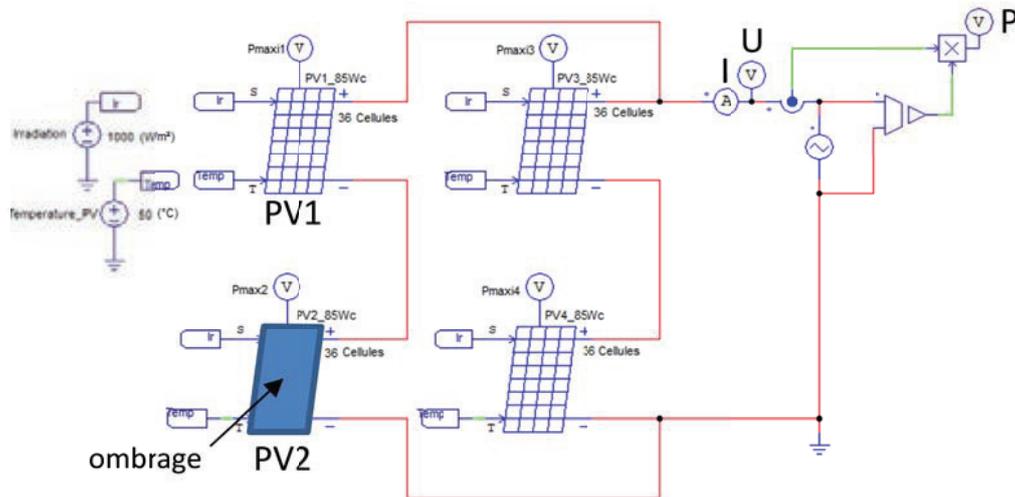


figure 12 – Schéma de simulation des 4 modules photovoltaïques équipant le chalet.
Le module PV2 est ombré à 100 %

Les modules SUNTECH 85 Wc sont équipés de diodes by-pass.

Question 17

À partir des figures 11 et 12, déterminer le point de fonctionnement à puissance maximale MPPT (Maximum Power Point Tracking) de l'installation complète :

- lorsqu'aucun des 4 modules photovoltaïques n'est ombré ;
- lorsqu'un seul module (le PV2) est ombré à 100 % .

Dans les deux cas, définir les points de fonctionnement I , U et P (figure 12).

Le convertisseur possède trois modes de fonctionnement : le mode Buck, le mode Buck/Boost et le mode Boost. Les relations entre V_S , V_E et les deux rapports cycliques de commande α_1 et α_2 sont données à la figure 13. Les rapports cycliques peuvent varier de 0 à 1.

Dans la suite du questionnement, il faudra tenir compte des valeurs suivantes :

- la tension d'entrée V_E peut varier entre 15 à 45 V ;
- la tension de sortie est constante $V_S = 24\ \text{V}$;
- le courant de sortie est limité à $I_S = 12\ \text{A}$;
- les ondulations de courant et de tension en entrée et en sortie sont négligées.

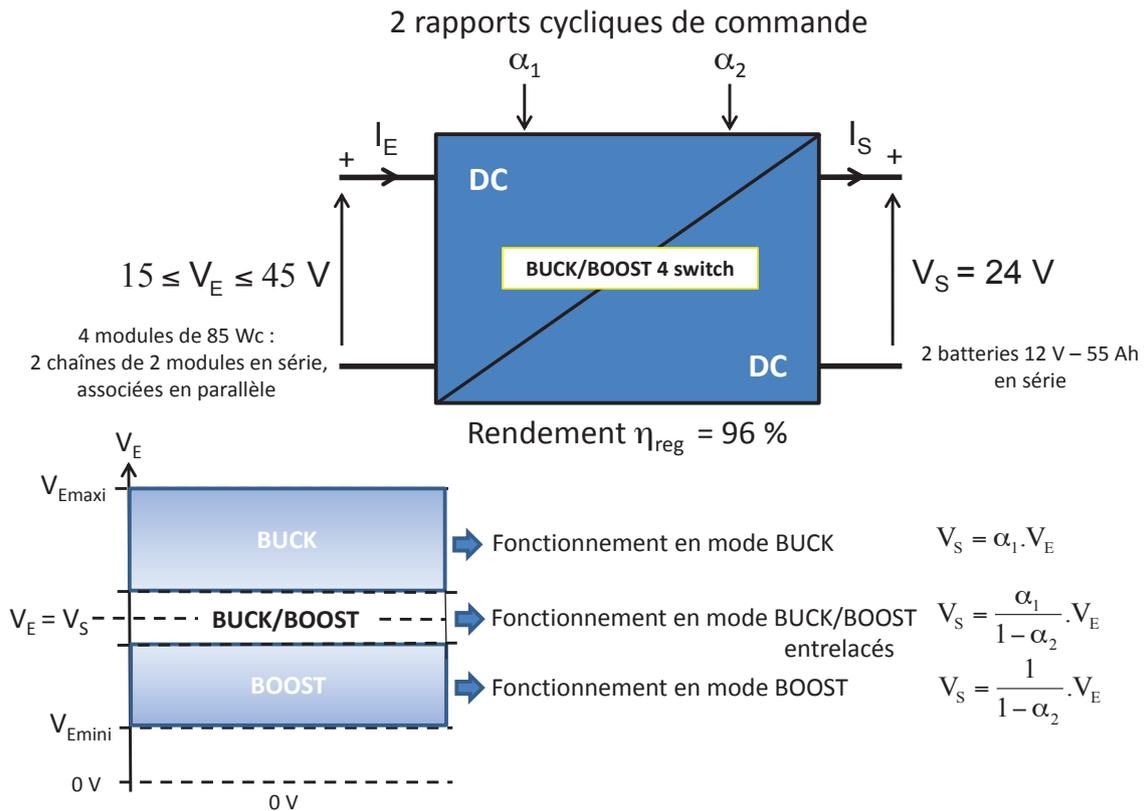


figure 13 – Modes de fonctionnement et relations $V_S(V_E, \alpha_1, \alpha_2)$

Question 18

Compte tenu des données de fonctionnement précisées ci-dessus, déterminer la valeur maximale que peut prendre le courant d'entrée I_E . Indiquer si cette valeur peut être atteinte dans le cas de l'installation photovoltaïque du chalet.

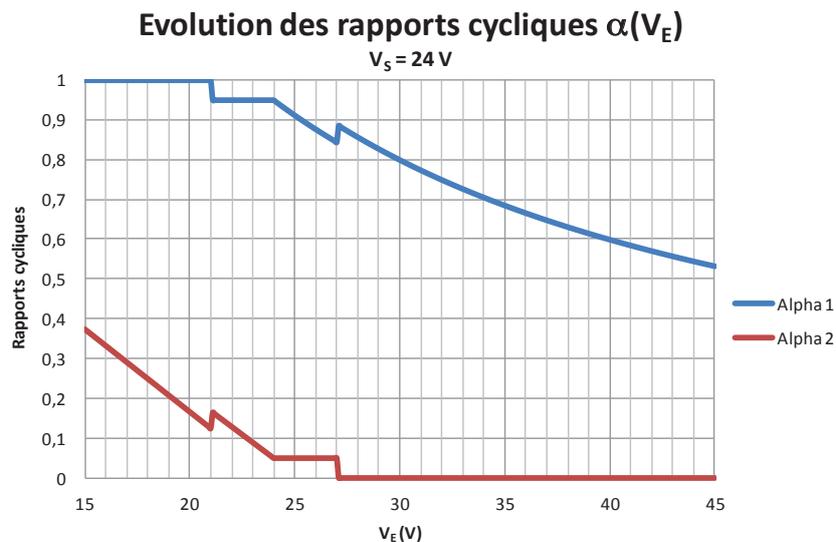


figure 14 – Évolution des rapports cycliques α_1 et α_2 en fonction de V_E

Question 19

À l'aide de la figure 14, compléter le document DR 2. Définir les modes de fonctionnement de la structure de puissance en fonction des valeurs de la tension d'entrée V_E et préciser quand la fonction réalisée est « abaissement de tension » ou « élévation de tension ». Pour chaque plage de fonctionnement, définir les valeurs et/ou établir les lois de variation des rapports cycliques α_1 et α_2 .

Question 20

Préciser quel est l'intérêt d'une telle structure avec trois modes de fonctionnement dans l'installation électrique du chalet.

L'objectif du questionnement suivant est de vérifier que les boucles de régulation en tension et en courant au niveau des batteries sont bien réglées afin de respecter les profils de charge préconisés par le constructeur. Dans ces conditions, la durée de vie des batteries pourra être d'au moins 600 cycles de décharge avec un DoD de 80 % (figure 8).

La figure 15 présente le synoptique des boucles de régulation des grandeurs tension et courant au niveau des batteries.

Le courant de charge est limité à $0,2.C = 11 A$. Les différentes valeurs des tensions préconisées durant un cycle de charge sont indiquées sur le document DT 4.

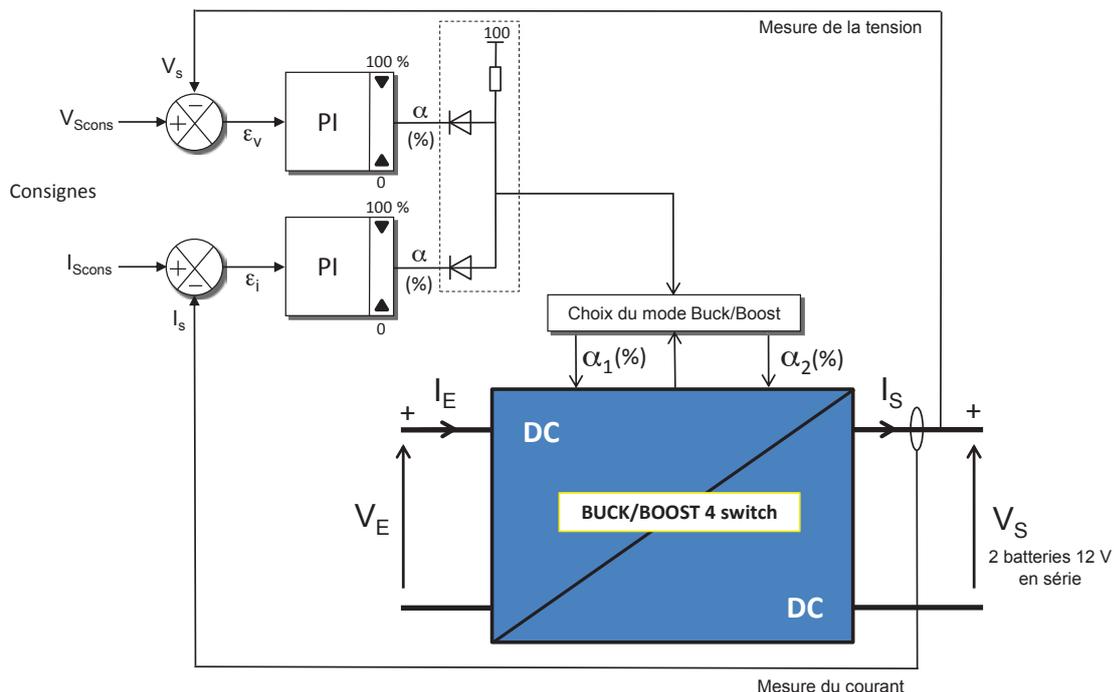


figure 15 – Synoptique des boucles de régulation en sortie du convertisseur

Question 21

À partir de la figure 10, décrire les différentes phases successives à respecter pour assurer la charge des deux batteries au plomb Utracell UGC 55-12 (document DT 4) branchées en série. Pour chaque phase, indiquer quelle boucle de régulation (figure 15) est active et préciser sa valeur de consigne.

Question 22

À partir du synoptique de la figure 15, expliquer la fonction du circuit comportant deux diodes en sortie des deux régulateurs. Les diodes sont supposées parfaites.

Les données à prendre en compte pour l'étude simplifiée de la régulation de tension $v_S(t)$ en sortie du régulateur/chargeur sont :

- le mode de fonctionnement est de type Buck ;
- $V_E = 45 \text{ V}$ (cas le plus défavorable pour l'étude de la régulation) ;
- $V_S = 24 \text{ V}$ et $I_S = 11 \text{ A}$;
- le schéma équivalent qui permet de lier la tension de sortie $v_S(t)$ au rapport cyclique $\alpha_1(t)$ est donné à la figure 16 ;
- R_L et L composent le schéma équivalent de l'inductance L (figure 10) ;
- R_C et C_S composent le schéma équivalent de condensateur de filtrage de sortie (figure 10) ;
- le courant est ininterrompu dans l'inductance L ;
- la charge est modélisée par une résistance $R = 2,2 \Omega$.

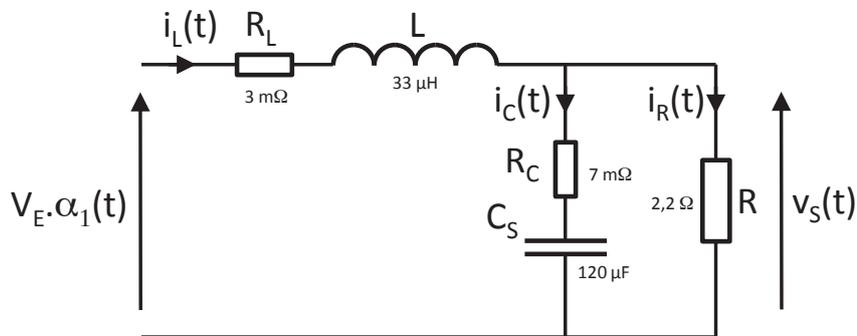


figure 16 – Schéma équivalent du convertisseur en mode Buck

Hypothèses :

- les résistances R_L et R_C sont négligées ;
- le rapport cyclique α_1 peut varier de 0 à 1.

Question 23

Établir l'équation différentielle reliant $v_S(t)$ à $\alpha_1(t)$ en fonction de V_E , L , C et R .

Établir la fonction de transfert dans le domaine de Laplace entre les grandeurs :

$$\frac{v_S(p)}{\alpha_1(p)}$$

Le rapport cyclique α_1 est maintenant exprimé en % (variation de 0 à 100 %).

Question 24

À partir de la fonction de transfert donnée ci-dessous, déterminer les valeurs du gain statique G_S , de la pulsation propre ω_0 ainsi que du coefficient d'amortissement m . Définir le type de réponse indicielle de ce système.

$$\frac{v_s(p)}{\alpha_{1\%}(p)} = G_S \cdot \frac{1}{1 + \frac{2m}{\omega_0} \cdot p + \frac{1}{\omega_0^2} \cdot p^2} = 0,45 \cdot \frac{1}{1 + 1,5 \cdot 10^{-5} \cdot p + 3,96 \cdot 10^{-9} \cdot p^2}$$

Hypothèse : les résistances R_L et R_C ne sont plus négligées.

Pour un point de fonctionnement donné, la fonction de transfert devient :

- en mode BUCK $\frac{v_s(p)}{\alpha_{1\%}(p)} = 0,45 \cdot \frac{1 + 9,6 \cdot 10^{-7} \cdot p}{1 + 1,63 \cdot 10^{-5} \cdot p + 3,97 \cdot 10^{-9} \cdot p^2}$;
- en mode BOOST $\frac{v_s(p)}{\alpha_{2\%}(p)} = 0,387 \cdot \frac{(1 + 9,6 \cdot 10^{-7} \cdot p) \cdot (1 - 3,91 \cdot 10^{-5} \cdot p)}{1 + 3,97 \cdot 10^{-5} \cdot p + 1,03 \cdot 10^{-8} \cdot p^2}$.

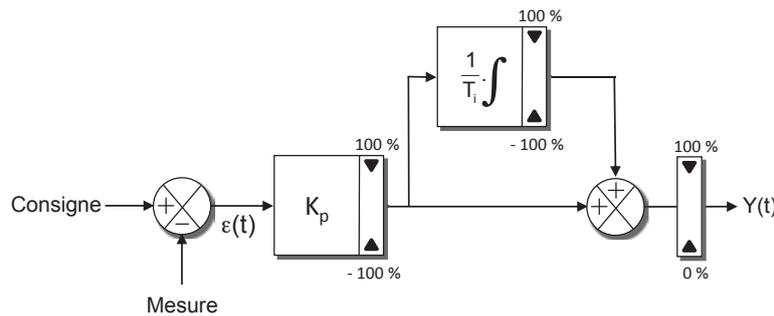


figure 17 – Synoptique interne d'un régulateur Proportionnel-Intégral série

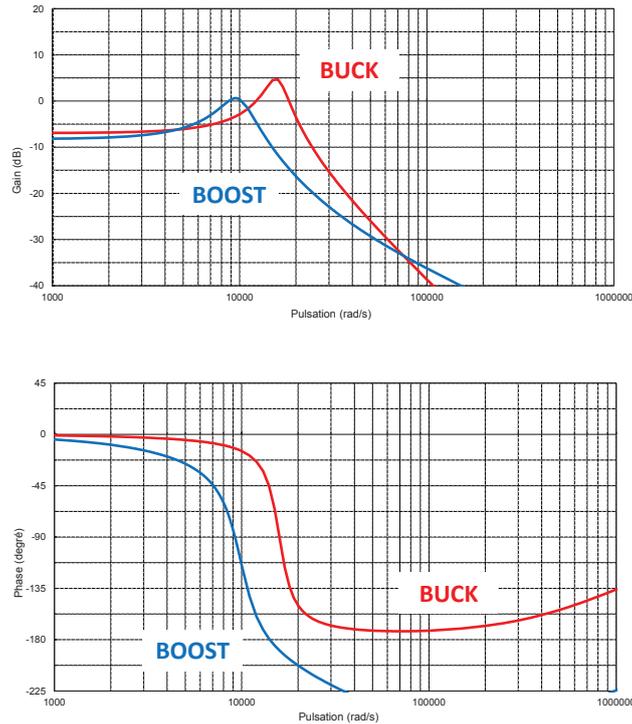


figure 18 – Diagrammes de Bode en mode BUCK et BOOST de la régulation de tension en sortie du convertisseur

Le correcteur du régulateur de tension est de type Proportionnel-Intégral série (figure 17).

Question 25

Exprimer la relation qui donne la valeur de la grandeur réglante $Y(t)$ en fonction de l'erreur $\varepsilon(t)$, du coefficient de correction proportionnelle K_p et du temps d'intégration T_i .

En déduire la fonction de transfert dans le domaine de Laplace de ce correcteur :

$$\frac{Y(p)}{\varepsilon(p)}$$

Question 26

À partir des diagrammes de BODE de la figure 18 et pour les deux modes de fonctionnement BUCK et BOOST :

- définir la valeur du coefficient de correction proportionnelle K_p nécessaire pour que la marge de phase du système soit de 45° ;
- proposer une méthode de réglage afin de déterminer le temps d'intégration T_i du correcteur.

Préciser en les justifiant les valeurs de K_p et T_i qui seront retenues et implantées dans le correcteur de la régulation de tension aux bornes des batteries.

C - ÉTUDE DE LA CENTRALE DE MESURE COMMUNICANTE

On souhaite pouvoir suivre l'évolution des performances de l'installation photovoltaïque dans la durée et également, lors de journées thématiques dédiées au développement durable et aux énergies renouvelables, permettre aux visiteurs de consulter en temps réel sur leur téléphone portable la production énergétique des panneaux solaires. On installe donc dans le chalet pédagogique une centrale de mesure communicante : l'analyseur de réseau électrique continu PECA 11 DC de la société ARDETEM avec l'option sortie Ethernet et serveur WEB embarqué installée. L'objet de cette étude est de valider l'accès aux informations fournies par l'analyseur.

Afin de conserver son caractère autonome à l'installation, on installe un bridge Wifi (document DT 5) entre le chalet et le réseau Ethernet du Vaisseau.

Question 27

Au vu de sa consommation énergétique, indiquer si cet équipement peut fonctionner en permanence dans l'installation.

Paramétrage de l'analyseur PECA 11 DC

Il s'agit ici de configurer l'adressage de l'analyseur en tenant compte des contraintes imposées par la configuration de l'intranet du Vaisseau.

L'intranet du Vaisseau est segmenté en plusieurs sous-réseaux ; ces sous-réseaux sont appelés VLAN. La segmentation actuelle comporte les cinq VLANs suivants :

- VLAN10, sous-réseau des équipements informatiques des services administratifs ;
- VLAN20, sous-réseau de la téléphonie IP ;
- VLAN30, sous-réseau des équipements d'informatique industrielle de gestion du bâtiment, gestion de la sécurité, de l'éclairage, du chauffage, ... ;
- VLAN40, sous-réseau des équipements informatiques mis à la disposition des visiteurs, la centrale de mesure est connectée à ce sous-réseau ;
- VLAN224, sous-réseau d'administration des nœuds de communication de l'intranet du Vaisseau, commutateurs et routeur.

L'administrateur réseau de Vaisseau respecte le plan d'adressage décrit dans le tableau de la figure 19.

N° du VLAN	Nom du sous-réseau	Identifiant sous-réseau	Passerelle par défaut
VLAN10	vlanServices	172.16.32.0/19	172.16.32.1
VLAN20	vlanTel	172.16.64.0/19	172.16.64.1
VLAN30	vlanEqTech	172.16.96.0/19	Pas de passerelle
VLAN40	vlanPublic	172.16.128.0/19	172.16.128.1
VLAN224	vlanAdmin	172.16.224.0/19	Pas de passerelle

figure 19 – Plan d'adressage des VLANs du Vaisseau

Pour les sous-réseaux repérés VLAN10 et VLAN40, l'administrateur réseau exclut les 31 dernières adresses du plan d'adressage configuré sur le serveur DHCP, service d'attribution d'adresse IP automatique installé sur l'intranet du Vaisseau. Ces 62 adresses IP sont utilisées pour la configuration d'adresses IP fixes sur tous les équipements informatiques partagés.

Pour la configuration IP de l'analyseur PECA 11 DC, on ne dispose que des informations rappelées sur les documents DT 6 et DT 7. L'administrateur demande une affectation des numéros de port TCP automatique des deux services présents sur l'analyseur (web et data). L'administrateur choisit la dernière adresse IP fixe du sous-réseau de connexion de l'analyseur.

Remarque : il ne faut pas tenir compte de l'adresse IP proposée dans le DT 8.

Question 28

Définir le paramétrage IP de l'analyseur PECA 11 DC et rédiger les paramètres sous la forme suivante :

- adresse IP ; code décimal point ;
- masque de sous-réseau ; code décimal point ;
- passerelle par défaut ; code décimal point.

Question 29

Indiquer les deux numéros de port TCP des deux services installés sur l'analyseur PECA 11 DC. Préciser ensuite l'URL pour connecter un navigateur WEB sur le service WEB de l'analyseur.

Segmentation de l'intranet du Vaisseau

Cette analyse doit permettre de vérifier comment les équipements internes du Vaisseau peuvent accéder à l'analyseur, quel que soit le VLAN auquel ils appartiennent.

Les équipements d'accès à l'intranet du Vaisseau sont répartis dans trois baies de brassage nommées baies de brassage nord, ouest et sud. Les commutateurs installés dans la baie de brassage nord sont repérés comBNx, dans la baie ouest comBOy, dans la baie sud comBSz (x, y et z variant suivant le nombre de commutateurs installés dans une baie). Le document technique DT 8 donne une architecture logique partielle de l'intranet du Vaisseau. Seuls des équipements des sous-réseaux VLAN10 et VLAN40 sont représentés sur ce document. Le repérage des équipements identifie le sous-réseau de connexion et la baie de brassage de raccordement ; exemple pcServicesBNx : PC n°x connecté au VLAN10 (nommé vlanServices) raccordé à la baie de brassage nord.

La figure n°20 résume le format des deux types de trames de la couche liaison de données utilisées sur un intranet segmenté en sous-réseaux VLAN suivant la R.F.C. 802.1q (R.F.C. : Requests For Comments). En gris sont repérés les champs de la trame 802.3 ou Ethernet. Quand seuls ces champs sont présents dans la trame, on parle de trame non étiquetée ou non taggée.

En jaune sont repérés les champs ajoutés dans la trame 802.1q : 2 octets pour le champ repéré VPID qui vaut 0x8100 (notation hexadécimale) dans la R.F.C. 802.1q et 2 octets pour le champ repéré TCI (on ne s'intéresse ici qu'au mot de 12 bits repéré VID, c'est le numéro de VLAN sur lequel circule la trame). Quand ces quatre octets supplémentaires sont présents dans la trame, on parle de trame étiquetée ou taggée.

La configuration des commutateurs peut associer à un port un numéro de VLAN ; l'équipement informatique connecté à ce port appartient alors à ce sous-réseau. Un port de commutateur peut être configuré pour véhiculer les trames de plusieurs VLAN ; on parle de port "trunk".

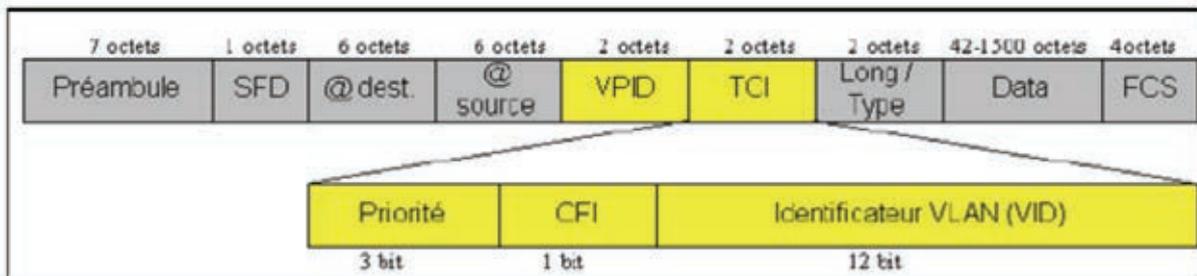


figure 20 – Trame 802.3 (en gris) et 802.1q

Remarque : la taille du champ 'Data' peut varier entre 46 et 1500 octets (et non 42 comme indiqué sur la figure 20)

Question 30

Rappeler la nature des informations présentes dans les champs repérés @dest et @source sur la figure n°20.

Une trame de communication est échangée entre l'ordinateur repéré pcPublicBS1 et l'analyseur (document DT 8).

Question 31

Préciser le type de trame utilisé pour l'encapsulation de la couche liaison de données.

Question 32

Repérer sur l'architecture réseau du DT 8 les câbles de liaison connectés à des ports configurés en mode "trunk" sur les équipements. Identifier ces liaisons en indiquant le nom des équipements aux deux extrémités du câble. Justifier que ces liaisons véhiculent des trames étiquetées.

Une trame de communication est échangée entre l'ordinateur repéré pcPublicBO1 et l'analyseur (document DT 8).

Question 33

Préciser le type de trame utilisé pour l'encapsulation de la couche liaison de données sur les différents tronçons de la communication. Repérer ces tronçons par le nom

des équipements aux deux extrémités du câble, indiquer le type d'encapsulation sur ce tronçon et l'identifiant VID des trames étiquetées.

On souhaite accéder au site WEB de l'analyseur à partir d'un ordinateur connecté au sous-réseau VLAN10. On considère qu'un datagramme IP est échangé entre l'ordinateur repéré pcServicesBO1 et l'analyseur (document DT 8).

Question 34

Indiquer si les commutateurs appartenant à la couche 2 du modèle OSI, couche liaison, peuvent seuls assurer l'échange de datagramme décrit ci-dessus. Si non, préciser quel équipement de l'intranet du Vaisseau peut assurer les communications inter-VLANs, communications entre deux équipements connectés à deux sous-réseaux différents.

On considère toujours l'échange de datagrammes IP entre l'ordinateur repéré pcServicesBO1 et l'analyseur.

Question 35

Préciser le type de trame utilisé pour l'encapsulation de la couche liaison de données sur les différents tronçons de la communication. Repérer ces tronçons par le nom des équipements aux deux extrémités du câble. Préciser alors le type d'encapsulation sur ce tronçon et l'identifiant VID des trames étiquetées.

Intérêt de la segmentation de l'intranet du Vaisseau

Dans cette partie du sujet, nous allons mettre en évidence la limitation de diffusion des messages d'un protocole particulier, le protocole ARP, limitation apportée par segmentation en VLANs d'un intranet.

Rappels

L'adressage de la couche 2 (couche liaison du modèle OSI) des équipements est réalisé à l'aide d'une adresse définie sur 6 octets ; on parle alors d'adresse physique.

L'adressage de la couche 3 (couche réseau) des équipements est réalisé à l'aide d'une adresse définie sur 4 octets ; on parle alors d'adresse logique ou IP.

La correspondance entre adresse logique et physique est assurée par un protocole de résolution d'adresse, le protocole ARP. Une requête ARP est envoyée dans le sous-réseau lorsque la correspondance entre une adresse logique et une adresse physique est absente de la table ARP de l'équipement. La réponse ARP contient la correspondance entre adresse logique et physique de l'équipement. La mise à jour de la table ARP est temporaire, la correspondance s'efface après un délai de non-utilisation de l'adresse logique. La requête et la réponse ARP sont constituées de sept mots de 32 bits ; le format de l'en-tête est donné à la figure n°21.

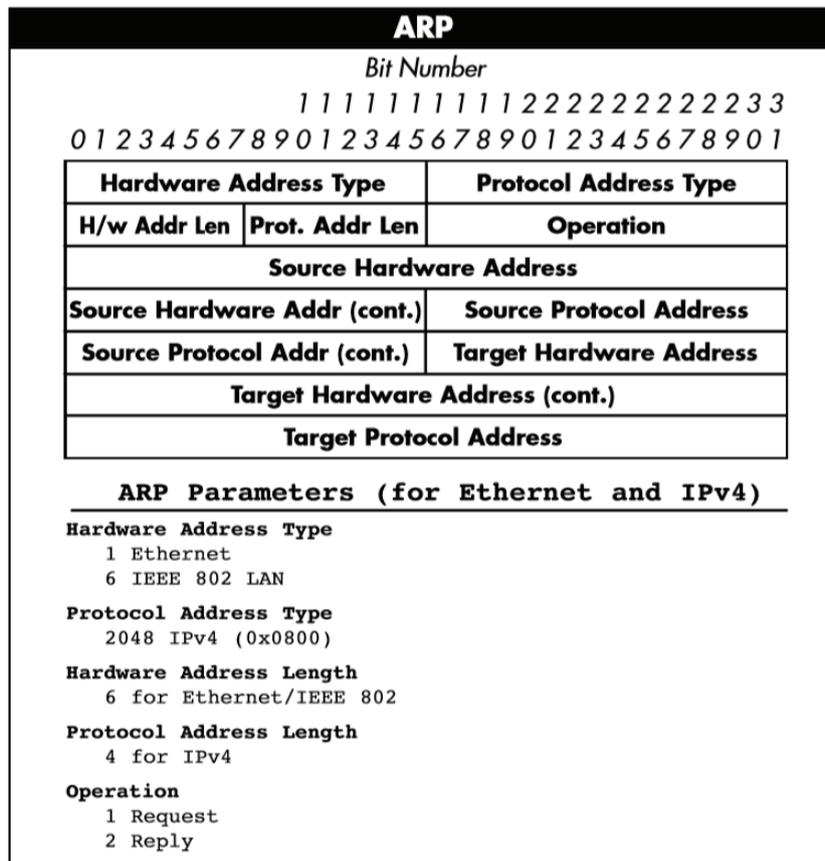


figure 21 – En-tête ARP

L'intranet du Vaisseau est un réseau physique Ethernet supportant un réseau logique IPv4. On considère qu'un navigateur WEB ouvert sur l'ordinateur repéré pcPublicBS1 se connecte une première fois sur le serveur WEB de l'analyseur PECA 11 DC, avec une table ARP ne disposant pas de l'adresse physique de l'analyseur.

Remarque : on tient ici compte de l'adresse IP de l'analyseur PECA 11 DC proposée dans le document DT 8 et non de la réponse à la question 28.

Question 36

En suivant le modèle de la figure 20, compléter sur le document DR 3 la requête ARP envoyée par l'ordinateur repéré pcPublicBS1. Définir la taille totale de la trame Ethernet envoyée sur l'intranet du Vaisseau.

Question 37

Définir l'ensemble des équipements recevant et traitant cette requête ARP, établir la liste de ces équipements présents sur le document DT 8.

La réponse renvoyée par la cible répète les octets d'adresse de la requête, sauf l'adresse de diffusion générale qui est remplacée par l'adresse physique demandée.

Question 38

Compléter sur le document DR 3 la réponse ARP retournée par l'analyseur PECA 11 DC.

On considère maintenant qu'un client FTP ouvert sur l'ordinateur repéré pcPublicBS1 se connecte une première fois sur le serveur FTP hébergé sur l'équipement repéré ServVaisseau appartenant au VLAN10, avec une table ARP vide.

L'adresse IP de ServVaisseau, configuré en adresse IP automatique, vaut : 172.16.63.225/19.

Question 39

Vérifier que l'adresse IP de ServVaisseau respecte les règles d'adressage définies par l'administrateur réseau.

Question 40

Définir l'adresse IP cible de la requête ARP envoyée par l'ordinateur repéré pcPublicBS1. Définir l'association adresse logique/adresse physique mise à jour dans la table ARP après cette requête.

Question 41

En analysant la zone de diffusion des requêtes ARP, expliquer l'intérêt de la segmentation de l'intranet du Vaisseau en ce qui concerne les protocoles de diffusion. Préciser d'autres avantages à l'organisation en VLANs des intranets.

Accès à l'analyseur depuis l'internet

On donne l'adresse IP externe du Vaisseau : 121.18.230.45, adresse publique du routeur RouterVaisseau (document DT4).

L'administrateur du réseau affecte le port TCP externe 7700 aux communications entre le serveur Web de l'analyseur et l'internet.

Question 42

Indiquer le nom de l'opération à effectuer sur la passerelle du Vaisseau afin de pouvoir accéder au serveur Web de l'analyseur depuis l'internet. Préciser le paramétrage de l'opération.

Question 43

L'URL du vaisseau est de la forme www.vaisseau.com. Indiquer ce qu'un utilisateur extérieur devra saisir dans la barre d'adresse de son navigateur pour accéder au site Web de l'analyseur.

Évolution de la communication

Afin d'évaluer les performances énergétiques de l'installation à long terme, on souhaite développer une application permettant d'interroger l'analyseur sur une base quotidienne et d'enregistrer les données fournies sur un ordinateur interne au Vaisseau.

On rappelle que l'analyseur dispose d'un port dédié au transfert de données au format Modbus/TCP. Il faut vérifier comment les trames de requête et de réponse permettent d'accéder aux données enregistrées dans l'analyseur. Les informations sont stockées dans l'analyseur en mots de 16 bits.

Question 44

À partir de la documentation de l'analyseur (documents DT 9 et DT 10), compléter le document DR 4 en définissant la trame hexadécimale Modbus/TCP à envoyer à l'analyseur pour obtenir l'information « Énergie active produite ». On prendra la valeur décimale 18 comme identifiant de transaction. La ligne 1 donnera le nom des champs de la trame, la ligne 2 donnera leur contenu.

La réponse hexadécimale de l'analyseur à cette trame est de la forme :
00 12 00 00 00 07 01 03 04 02 2D 00 00

Question 45

Sachant que l'interrogation de la table des unités correspondante a donné le mot 02 01 pour le format de l'énergie active produite, indiquer la valeur de cette énergie active qui devra être affichée.

Conclusion partielle

Question 46

Conclure quant à l'accès aux informations de fonctionnement de l'équipement et proposer éventuellement des pistes d'amélioration de cet accès.

D - CONCLUSION

Rappel : la bouilloire consomme 210 Wh par jour de fonctionnement, tous les jours de l'année.

Question 47

Évaluer la consommation d'essence en litres et la quantité de CO₂ produite par an de fonctionnement d'un groupe électrogène si il était utilisé en remplacement de l'installation, sachant que :

- l'énergie volumique de l'essence est de 32,6 MJ/l ;
- le rendement du groupe électrogène est de 10% ;
- la consommation d'un litre d'essence génère 2,43 kg de CO₂.

Question 48

À partir des résultats de l'analyse menée, conclure quant aux intérêts économique, énergétique, environnemental et pédagogique de cette installation.

Document DT 2

Vue générale du chalet et inclinaison de la toiture



Implantation



Orientation



Coefficient de performance λ

Simulationphotovoltaïque.fr

Inclinaison du toit en degrés °	Orientation du toit												
	-90 Est	-75	-60	-45	-30	-15	0 Sud	15	30	45	60	75	90 Ouest
90	56	60	64	67	69	71	71	71	71	69	65	62	58
80	63	68	72	75	77	79	80	80	79	77	74	69	65
70	69	74	78	82	85	86	87	87	86	84	80	76	70
60	74	79	84	87	90	91	93	93	92	89	86	81	76
50	78	84	88	92	95	96	97	97	96	93	89	85	80
40	82	86	90	95	97	99	100	99	98	96	92	88	84
30	86	89	93	96	98	99	100	100	98	96	94	90	86
20	87	90	93	96	97	98	98	98	97	96	94	91	88
10	89	91	92	94	95	95	96	95	95	94	93	91	90
0	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90

Tableau 1



85 Watt Maximum Power
MONO-CRYSTALLINE SOLAR PANEL

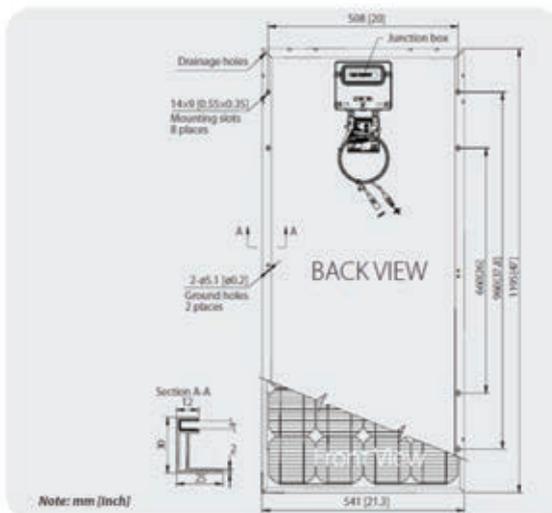
Electrical Characteristics

Characteristics	STP0855-12/Bb-1
Open - Circuit Voltage (Voc)	21.9V
Optimum Operating Voltage (Vmp)	17.6V
Short - Circuit Current (Isc)	5.14A
Optimum Operating Current (Imp)	4.83A
Maximum Power at STC (Pmax)	85Wp
Operating Temperature	-40°C to +85°C
Maximum System Voltage	600V DC
Maximum Series Fuse Rating	15A
Power Tolerance	±3 %

Module Efficiency 13.1 %
STC: Irradiance 1000W/m²
Module temperature 25°C, AM=1.5



STC: Irradiance 1000W/m², Module temperature 25°C, AM=1.5



Mechanical Characteristics

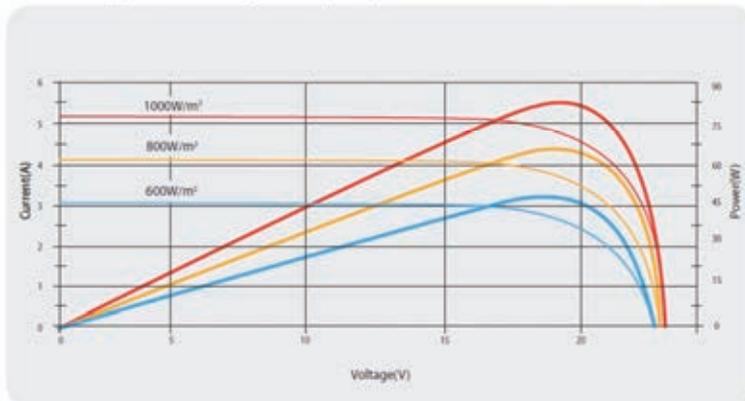
Solar Cell	Mono-crystalline 125x125mm (5inch)
No. of Cells	36 (4x9)
Dimensions	1195x541x30mm (47x21.3x1.2inch)
Weight	8kg (17.6lbs.)
Front Glass	3.2 mm (0.13inch) tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy
Junction Box	IP65 rated
Output Cables	AWG (12AWG), symmetrical lengths (-) 750mm (29.5inch) and (+) 750mm (29.5inch), MC Plug Type IV connectors

Temperature Coefficients

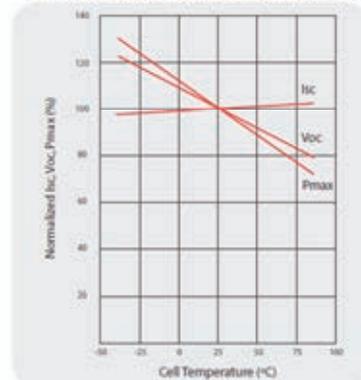
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45°C±2°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.46 %/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.34 %/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.020 %/°C

NOCT: Nominal Operating Cell Temperature (data refer to STP0805)

Current-Voltage & Power-Voltage Curve (85W)



Temperature Dependence of Isc, Voc, Pmax



Document DT 4

UCG 55-12
12V 55AH
Deep Cycle



Ultrace//[®]
"Quality in Every Language"

Specifications

	Normal Voltage	12V
	Normal Capacity (20HR)	55.0AH
Terminal Type	Standard Terminal	F9
	Optional Terminal	-
Container Material	Standard Option	ABS
	Flame Retardant Option (FR)	ABS(UL94:VO)
Rated Capacity	61,0 AH/2.8A	(20hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	52.25 AH/5.225A	(10hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	46.75 AH/9.35A	(5hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	33.0 AH/33.0A	(1hr, 1.60V/cell, 25°C / 77°F)

Constant Current Discharge (Amperes) at 25°C (77°F)

5 min	10 min	15 min	30 min	1h	3h	5h	10h	20h
193	132	96.3	57.8	36.3	15.0	10.5	5.83	2.90

Constant Power Discharge (Watts) at 25°C (77°F) Pour un élément interne de 2 V

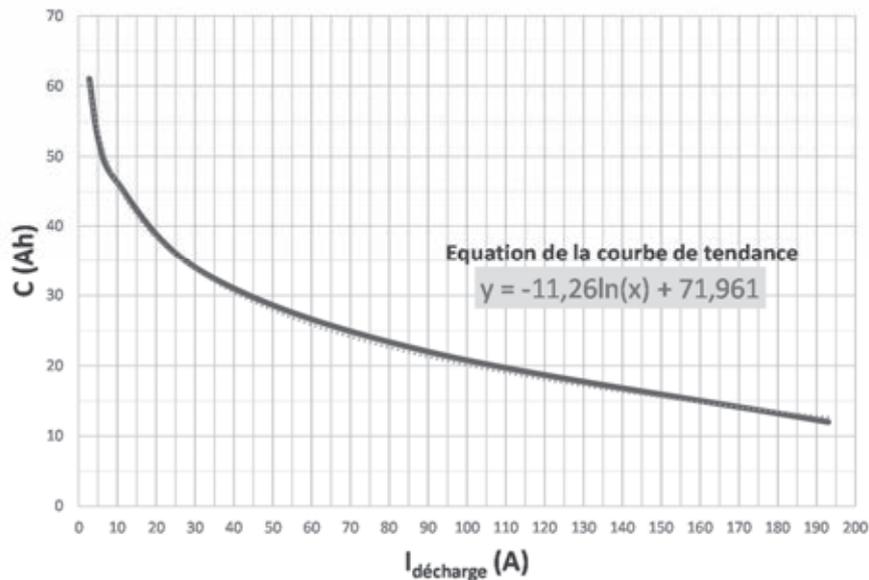
5 min	10 min	15 min	30 min	1h	3h	5h	10h	20h
317	219	171	109	71.5	28.8	20.1	11.7	5.80

(La batterie possède 6 éléments internes en série)

Tensions lors de la charge

	Cycle service Normal
Absorption	14,2 - 14,6 V
Float	13,5 - 13,8 V
Stockage	13,2 - 13,5 V

Variation de la capacité de la batterie avec le courant de décharge





L'extender sans-fil Ethernet est une solution *dernier kilomètre* large bande pour les clients utilisant des fournisseurs de service internet sans-fil et systèmes intégrés. Il est conforme au standard IEEE 802.11n et offre une forte puissance d'émission. Il prend en charge une large bande passante et convient à des applications à l'extérieur.

Vous pouvez utiliser l'extender comme point d'accès internet extérieur, ou comme pont sans-fil pour déporter le réseau Ethernet là où il n'est possible de tirer des câbles. L'extender sans-fil Ethernet travaille dans la bande de 2,4 GHz et offre un niveau de performance exceptionnel à l'extérieur.

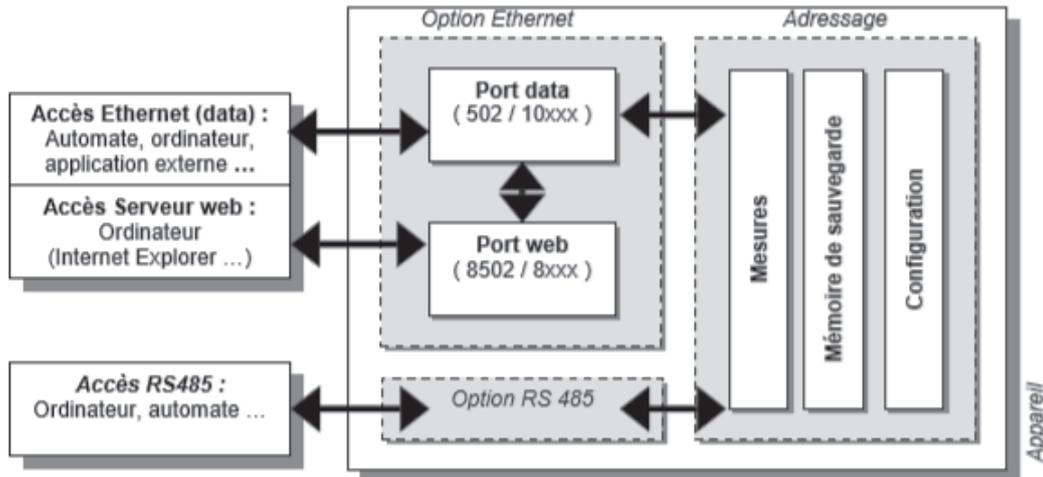
General	
Approvals	FCC : 5725-5850 MHz; CE: 5470-5725 MHz (DFS band); RoHS
Enclosure	IP55 rated
Indicators	LEDs: Power, WLAN, LAN, Signal
Interfaces	(1) 10/100BASE-T RJ-45; (1) DC power
Power	DC Input: 15 V @ 0.8A
Dimensions	Each unit: 8.1"H x 2.4"W x 2.5"D (20.5 x 6.4 x 6.1 cm)
Weight	Each unit: 1.1 lb (.5 kg)

Option Ethernet de l'analyseur de réseau électrique PECA 11 DC

7. SORTIE ETHERNET (option F) : Principe

L'accès à la configuration et aux mesures de l'appareil peut se faire de 2 manières :

- Sans utiliser l'interface embarquée, en envoyant directement des requêtes Modbus sur le port data.
- En utilisant l'interface graphique du serveur web embarqué (port web).

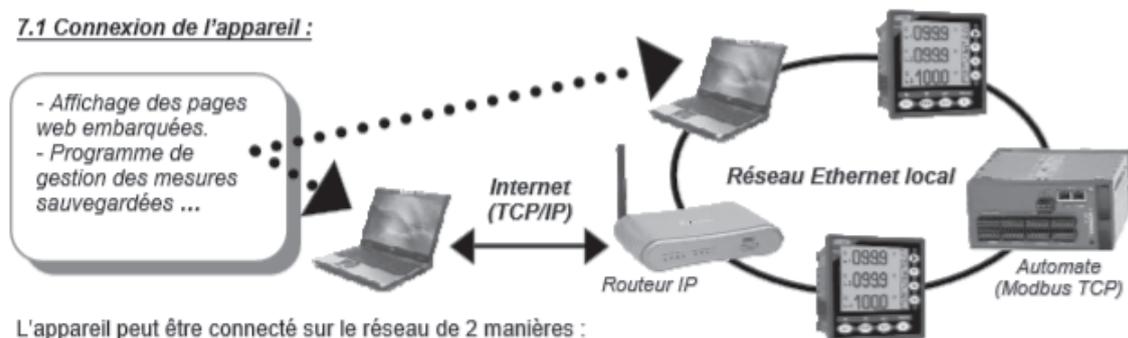


Le plan d'adressage des mesures est commun quelque soit la méthode d'accès (RS485, Ethernet ...)

Remarque : Pour communiquer avec l'appareil il est nécessaire d'autoriser l'accès à deux ports de communication sur le réseau : 1 port « data » pour l'accès aux données (mesures...) et si besoin 1 port « web » pour les pages web embarquées.

Le serveur web utilise aussi le port data pour accéder aux mesures. Pour utiliser le serveur web en plus d'une application externe, cette application ne doit pas maintenir ouvert le port data en permanence.

7.1 Connexion de l'appareil :



L'appareil peut être connecté sur le réseau de 2 manières :

- Sur un réseau Ethernet local.
- Sur internet, le réseau local est géré par un routeur.

Pour identifier l'appareil sur le réseau, il est indispensable de lui affecter une adresse IP et le port data. L'appareil affecte automatiquement le port web en fonction du port data choisi.

L'adresse IP de l'appareil est programmable au clavier.

Il existe deux modes d'affectation des ports de communication (choix au clavier) :

- Figé : Port data = 502 Port web = 8502.
- Programmable IP : les ports sont déterminés automatiquement à partir de l'adresse IP de l'appareil.
 IP = xxx. xxx. xxx. abc → Port data : 10abc (abc+10000) Port web : 8abc (abc+8000)
 Par défaut : 192.168.0.11 → port data = 10011 port web : 8011

Option Ethernet de l'analyseur de réseau électrique PECA 11 DC

8. CONNEXION A UN RESEAU ETHERNET LOCAL

8.1 Accès au serveur web - ports figés : Le port web est figé à 8502.

http://	Adresse IP de l'appareil	:	Numéro du port web	/	device.html
---------	--------------------------	---	--------------------	---	-------------

Par défaut : http://192.168.0.11:8502/device.html

8.2 Accès au serveur web - ports programmables (IP) :

http://	Adresse IP de l'appareil	:	Numéro du port web	/	device.html
---------	--------------------------	---	--------------------	---	-------------

Par défaut : http://192.168.0.11:8011/device.html

Rappel : le numéro du port web est déterminé à partir de l'adresse IP de l'appareil.

8.3 Accès direct aux mesures - port data figé :

L'application doit ouvrir le port data (socket) à l'adresse IP de l'appareil et envoyer des requêtes selon le protocole Modbus. Le port data est figé à 502.

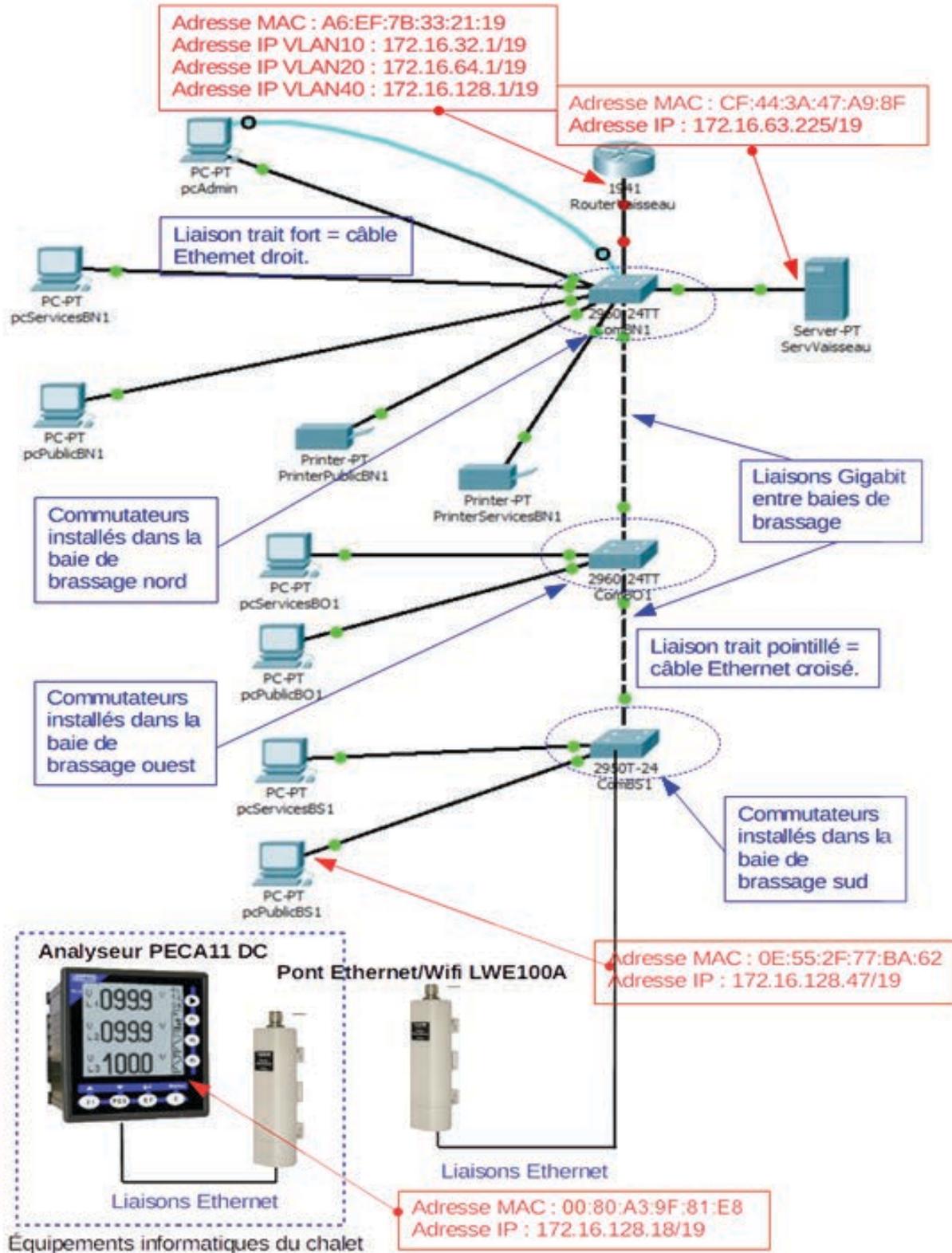
8.4 Accès directe aux mesures - port data programmable (IP) :

L'application doit ouvrir le port data (socket) à l'adresse IP de l'appareil et envoyer des requêtes selon le protocole Modbus.

Rappel : le numéro du port data est déterminé à partir de l'adresse IP de l'appareil.
Par défaut : 192.168.0.11 -> port data = 10 011

Document DT 8

Architecture logique partielle de l'intranet du Vaisseau



Document DT 9

Format de l'en-tête MODBUS/TCP

2. FONCTIONS MODBUS TCP

2.1 Comparaison Modbus standard / Modbus TCP

Une trame Modbus est composée des éléments suivants :

Modbus standard :

	DATA	CRC
--	------	-----

Modbus TCP :

Entête TCP	DATA
------------	------

Le Modbus TCP utilise uniquement la zone data du Modbus standard (sans checksum – CRC) et ajoute une entête spécifique. Le numéro d'esclave de l'appareil est figé à 1.

2.2 Entête spécifique TCP :

L'entête est composé de 6 octets (0 à 5).

Octet	Contenu	Remarque
0	Id. transaction	Défini par le poste client (demandeur)
1		
2	Id. protocole	Modbus TCP = 0
3		
4	Longueur trame	Calculée de l'octet 6 à la fin de la trame
5		

Format d'une trame Modbus de lecture de N octets

1. FONCTIONS MODBUS STANDARD (RTU)

Les mesures de l'appareil sont accessibles :

- par la RS 485 avec des trames Modbus standard.
- par Ethernet (option F) sur le port « data » avec des trames Modbus standard et Modbus TCP.

Dans le cas du Modbus TCP, le numéro d'esclave de l'appareil est figé à 1.

1.1 Modbus Fonction 03 : lecture de N mots

Fonction 03 : Lecture de n mots							
Numéro Esclave	03	Adresse 1 ^{er} mot Poids fort	Adresse 1 ^{er} mot Poids faible	Nombre de mots Poids fort	Nombre de mots Poids faible	CRC	CRC
DATA						CRC	

Réponse									
Numéro Esclave	03	Nb en octets	1 ^{er} mot Poids fort	1 ^{er} mot Poids faible	...	N mot Poids fort	N mot poids faible	CRC	CRC
DATA								CRC	

Document DT 10

Liste partielle des grandeurs accessibles

3-1 Formats 2-1/4-3, 4-3/2-1, 1-2/3-4 ou 3-4/1-2

La valeur lue dans la 1^{ère} table donne le module de la mesure sur 4 chiffres significatifs, pour connaître l'unité et la virgule de cette mesure, voir dans la 2^e table (en italique les mesures non réalisés par le PECA11DC)

mesure format 2-1/4-3, 4-3/2-1, 1-2/3-4 ou 3-4/1-2	Adresse	Unités mesure
1-	0	
2-	1	
3-	2	
4-IL (courant de ligne)	3	A, kA
5-	4	
6-	5	
7-Puissance totale	6	W,kW,MW
8-	7	
9-	8	VA,kVA,MVA
10-	9	
11-	10	
12-	11	
13-Energie active consommée - poids faible	12	Wh,kWh,MWh,GWh
14-Energie active consommée - poids fort	13	Wh,kWh,MWh,GWh
15-Energie active fournie poids - faible	14	Wh,kWh,MWh,GWh
16-Energie active fournie poids - fort	15	Wh,kWh,MWh,GWh
17-Courant de charge – poids faible	16	Ah
18- Courant de charge – poids fort	17	Ah
19- Courant de décharge – poids faible	18	Ah
20- Courant de décharge – poids fort	19	Ah
21-UL (tension de ligne)	20	V, kV
22-	21	

Codage des unités

1 / x = mesure en résolution x 10 : exemple P = 2534 1 / 2 soit 253,4 MW

0 / x = mesure sans virgule : exemple diagnostique = 32 0 / 0 soit erreur N°32

virgule : 0 : xxxx. 1 : xxx.x 2 : xx.xx 3 : x.xxx unité : 0 : x1 1 : kilo 2 : Méga 3 : Giga

Exemple : Rapport TC 5kA / 1A on affiche 5.00kA
On transmet 5000 dans la table des mesures et 3/1 dans la table des virgules/unités.

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Document DR 1

Question 1

Repères des flux	Natures des flux du diagramme de bloc interne	Principales grandeurs associées / Unités
de F1 à F2		
de F3 à F4		
de F6 à F10		
de F13 à F14		

Question 2

Repères des flux	Modes de fonctionnement du sous-système "Production"
de F6 à F10	
de F7 à F8	
de F9 à F11	

Document DR 2

Question 19

V_E (V)	Valeur ou relation		Mode de fonctionnement
	α_1	α_2	
de 15 à 21 V			
de 21 à 24 V			
24 V			
de 24 à 27 V			
de 27 à 45 V			

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Document DR 3

Question 36

Compléter les différents champs de la requête ARP en hexadécimal.

Question 38

Compléter les différents champs de la réponse ARP en hexadécimal.

Question 44

Identifiant transaction	