

# Épreuve : étude d'un système, d'un procédé ou d'une organisation (2<sup>e</sup> épreuve d'admissibilité)

*Durée de l'épreuve : 4 heures ; Coefficient 1.*

## A) Éléments de correction

### PARTIE A - ÉTUDE DE L'AUTONOMIE DU CHALET

#### Question 1

Repères des flux	Natures des flux du diagramme de bloc interne	Principales grandeurs associées / Unités
de F1 à F2	Energie solaire	Irradiance (W/m <sup>2</sup> ) Energie surfacique (Wh/m <sup>2</sup> )
de F3 à F4	Energie électrique DC	Tension DC (V) Courant DC (A) Puissance active (W) Energie (Wh)
de F6 à F10	Energie électrique DC	Tension DC (V) Courant DC (A) Puissance active (W) Energie (Wh)
de F13 à F14	Energie électrique AC	Tension AC (V) Courant AC (A) Fréquence (Hz) Puissance active (W) Energie (Wh)

#### Question 2

Repères des flux	Modes de fonctionnement du sous-système "Production"
de F6 à F10	Transfert direct de la la production photovoltaïque à la charge
de F7 à F8	Charge des batteries à partir de la production photovoltaïque
de F9 à F11	Décharge des batteries vers la charge

#### Question 3

$$E_{U/j} = 2 \cdot (m \cdot C_p \cdot \Delta\theta) = 2 \cdot (\theta \cdot v \cdot C_p \cdot (0_{Max} - 0_i)) = 2 \cdot (1000 \cdot 10^{-3} \cdot 4180 \cdot (100 - 10))$$

$$E_{U/j} = 752\,400 \text{ J} = 209 \text{ Wh}$$

$$t = \frac{E_{U/j}}{P_b} = \frac{752400}{2.2000} = 188 \text{ s} = 3 \text{ min } 8 \text{ s}$$

#### Question 4

- Dans le cas d'une seule batterie :  $I_b = \frac{P_b}{U_{bat} \cdot \Psi_{ond}} = \frac{2000}{12.0,93} = 179 \text{ A} .$

La section de câble sera 1 x 70 mm<sup>2</sup> en cuivre – Fusible 160 A.

- Dans le cas de 2 batteries en série :  $I_b = \frac{P_b}{U_{bat} \cdot \Psi_{ond}} = \frac{2000}{2.12.0,93} = 89,6 \text{ A} .$

La section de câble sera 1 x 25 mm<sup>2</sup> en cuivre – Fusible 80 A.

La mise en série des batteries augmente la tension et diminue le courant de décharge. Cette configuration est plus judicieuse pour réduire le dimensionnement des câbles et des protections.

#### Question 5

Le mois de septembre possède un gisement solaire plus faible que le mois d'avril :

- l'irradiation au zénith est d'environ 615 W/m<sup>2</sup> en septembre, contre 690 en avril ;
- la durée du jour est d'environ 11,5 h en septembre, contre 12 h en avril.

Le mois le plus défavorable pour le dimensionnement est donc le mois de septembre.

#### Question 6

La durée d'ensoleillement durant une journée est notée  $D_j = t_c - t_L$

avec  $t_C$  l'heure du coucher du soleil et  $t_L$  l'heure du lever.

L'équation de variation de l'irradiation sur une journée sans nuage est :

$$i_{Sol}(t) = \hat{I}_{Sol} \cdot \sin \left\{ \frac{2\pi}{24} \cdot (t - t_L) \right\} \quad \text{avec } \hat{I}_{Sol} \text{ la valeur crête de l'irradiation}$$

L'énergie surfacique journalière du soleil est donc :

$$E_{Sol.B/j} = \int_{t_L}^{t_C} \hat{I}_{Sol} \cdot \sin \left\{ \frac{2\pi}{24} \cdot (t - t_L) \right\} \cdot dt = \hat{I}_{Sol} \cdot \left[ -\cos \left\{ \frac{2\pi}{24} \cdot (t - t_L) \right\} \right]_{t_L}^{t_C} = 2 \cdot \hat{I}_{Sol} \cdot D_j$$

Pour un jour ensoleillé de début avril : soit environ 12 h avec un maximum à 690 W/m<sup>2</sup>, l'énergie surfacique est de  $E_{Sol.B/j} = \frac{2}{24} \cdot [690 \cdot 12] = 5\,271 \text{ Wh/ (m}^2 \cdot \text{j)} .$

Soit  $E_{Sol.M/j} = 2\,635 \text{ Wh/ (m}^2 \cdot \text{j)}$  pour un ensoleillement « moyen » (50 %),

et  $E_{Sol.F/j} = 790 \text{ Wh/ (m}^2 \cdot \text{j)}$  pour un ensoleillement « faible » (15 %).

Pour un jour ensoleillé de fin septembre : soit environ 11,5 h avec un maximum à 615 W/m<sup>2</sup>, l'énergie surfacique est de

$$E_{Sol.B/j} = \frac{2}{24} \cdot [615 \cdot 11,5] = 4\,502 \text{ Wh/ (m}^2 \cdot \text{j)} .$$

Soit  $E_{Sol.M/j} = 2\,251 \text{ Wh/ (m}^2 \cdot \text{j)}$  pour un ensoleillement « moyen » (50 %),

et  $E_{\text{Sol.F/j}} = 675 \text{ Wh}/(\text{m}^2.\text{j})$  pour un ensoleillement « faible » (15 %).

C'est donc bien le mois de septembre qui est le plus défavorable.

### Question 7

Angle d'inclinaison du toit par rapport au sol =  $38^\circ$ .

Angle d'orientation du bâtiment (ou azimut) par rapport au sud =  $40^\circ$  sud-ouest.

Coefficient de performance  $Z = 0,96$ .

### Question 8

L'arbre occasionne un ombrage des modules photovoltaïques à partir de début octobre et jusqu'à début mars, soit hors de la période d'exploitation du chalet. Il n'est donc pas nécessaire de couper l'arbre.

### Question 9

Le 30 septembre, l'ombrage généré par le bâtiment principal commence vers 18h05, soit l'équivalent d'environ 30 minutes de non production sur une durée totale prévue à 11,5 h (voir question 6).

$$E_{\text{Sol.B/j}} = \int_0^{11} 615 \cdot \sin \left\{ \frac{\nu}{11,5} \cdot t \right\} dt = 615 \cdot \left[ -\cos \left\{ \frac{\nu}{11,5} \cdot t \right\} \right]_0^{11} = \frac{615 \cdot 11,5}{\nu} \cdot \left[ -\cos \left\{ \frac{\nu}{11,5} \cdot 11 \right\} + \cos \left\{ \frac{\nu}{11,5} \cdot 0 \right\} \right] = 4\,481 \text{ Wh}/(\text{m}^2.\text{j})$$

Soit 4 481 au lieu des 4 502 => environ 0,45 % de perte de production, il ne sera pas nécessaire de revoir le dimensionnement de la surface de captage des PV.

### Question 10

$$\Psi_{\text{PV}40^\circ\text{C}} = \Psi_{\text{PV}25^\circ\text{C}} \cdot \left( 1 + \frac{\mu_{\text{PV}}}{100} \cdot (40 - 25) \right) = 13,1 \cdot \left( 1 + \frac{-0,46}{100} \cdot (40 - 25) \right) = 12,2 \%$$

### Question 11

$$E_{\text{Sort./j}} = \frac{E_{\text{U./j}}}{\Psi_{\text{ond}} \cdot \Psi_{\text{d-bat}}} = \frac{210}{0,93 \cdot 0,90} = 250,9 \text{ Wh/j}$$

### Question 12

$$E_{\text{ent./j}} = E_{\text{Sol./j}} \cdot S \cdot Z \cdot \Psi_{\text{pv}} \cdot \Psi_{\text{reg}} \cdot \Psi_{\text{c-bat}} = E_{\text{Sol./j}} \cdot S \cdot J$$

$$J = Z \cdot \Psi_{\text{pv}} \cdot \Psi_{\text{reg}} \cdot \Psi_{\text{c-bat}} = 0,96 \cdot 0,12 \cdot 0,96 \cdot 0,95 = 0,104$$

### Question 13

$$(1 - k) \cdot (2 \cdot U) \cdot C = (2 \cdot U) \cdot C + n_d \cdot E_{\text{Sol.F/j}} \cdot S \cdot J - n_d \cdot E_{\text{sort./j}}$$

$$C = \frac{n_d \cdot E_{\text{sort./j}} - n_d \cdot E_{\text{Sol.F/j}} \cdot S \cdot J}{k \cdot (2 \cdot U)} : \text{expression (2)}$$

$$C = \frac{752,7 - 204,92 \cdot S}{19,2} = -10,722 \cdot S + 39,2$$

### Question 14

$$(2.U).C = (1-k).(2.U).C + n_c . E_{Sol.M/j} . S - n_c . E_{sort./j}$$

$$S = \frac{k.(2.U).C + n_c . E_{sort./j}}{n_c . E_{Sol.M/j}} : \text{expression (3)}$$

$$S = \frac{19,2.C + 501,8}{457,6} = 0,0419.C + 1,096$$

$$C = 23,82.S - 26,13$$

### Question 15

$$C = \frac{n_d . E_{sort./j} \left\{ 1 - \frac{E_{Sol.F/j}}{E_{Sol.M/j}} \right\}}{k.(2.U) \left\{ 1 + \frac{n_d . E_{Sol.F/j}}{n . E} \right\}} = \frac{3.250,9}{0,8.(2.12)} \cdot \frac{\left\{ 1 - \frac{660}{2200} \right\}}{\left\{ 1 + \frac{3 \cdot 660}{2 \cdot 2200} \right\}} = 18,9 \text{ Ah}$$

$$S = \frac{k.(2.U).C + n_c . E_{Sol.M/j}}{n_c . E_{Sol.M/j}} = \frac{0,8.(2.12).18,9 + 2.250,9}{2.2200.0,104} = 1,89 \text{ m}^2$$

$$\text{nombre de PV} = \frac{S}{S_{pv}} = \frac{1,89}{(1,195.0,541)} = 2,84 \text{ modules}$$

Le chalet est équipé de 4 modules, c'est donc suffisant.

### Question 16

Le courant de décharge des batteries est d'environ 90 A (question 4), une batterie UGC 55-12 aura une capacité de  $C = -11,26 \cdot \ln(90) + 71,961 = 21,3 \text{ Ah}$ , ce qui est supérieur à la capacité minimale calculée à la question 15, donc la batterie convient bien.

## PARTIE B – ÉTUDE DU REGULATEUR/CHARGEUR DE BATTERIE

### Question 17

Le point de fonctionnement MPPT d'un module PV est : 75 W, 16 V donc  $I = 4,68 \text{ A}$ .

- avec les 4 modules ensoleillés sans ombrage,  $P = 300 \text{ W}$ ,  $V = 32 \text{ V}$  et  $I = 9,36 \text{ A}$ ;
- avec le module PV2 ombré à 100 %, ses 2 diodes bypass vont le court-circuiter.

En première approximation, il est possible de considérer que le PV1 fonctionne proche de son point MPPT. Les PV3 et PV4 vont donc se partager sa tension et fonctionner au point :  $V_{PV3} = 8 \text{ V}$ ,  $P_{PV3} = 41,5 \text{ W}$  donc  $I_{PV3-4} = 5,18 \text{ A}$ . En sortie du montage, il y aura :  $U = 16 \text{ V}$ ,  $I = 4,68 + 5,18 = 9,86 \text{ A}$  et  $P = 75 + 2 \times 41,5 = 158 \text{ W}$ .

En toute rigueur maintenant, pour fonctionner au point MPPT, il faut que  $\frac{dP}{dV} = 0$ .

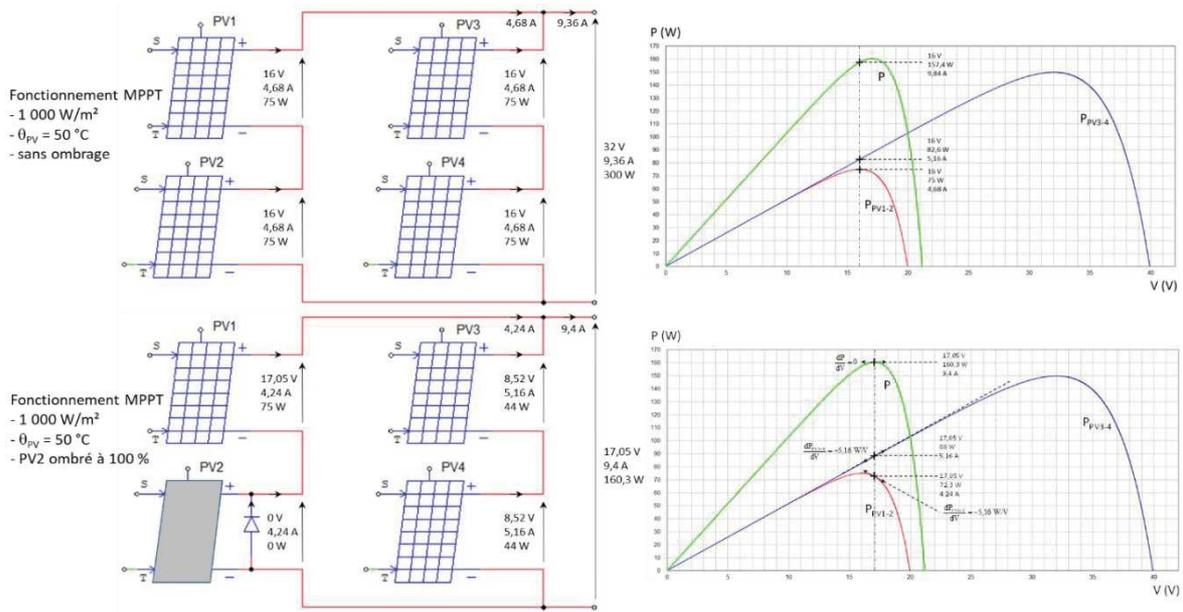
$$\frac{dP}{dV} = \frac{dP_{PV1-2}}{dV} + \frac{dP_{PV3-4}}{dV} = 0$$

comme  $\left. \frac{dP_{PV3-4}}{dV} \right|_{V=16V} = +5,16 \text{ W/V}$  alors  $\frac{dP_{PV1-2}}{dV} = -\frac{dP_{PV3-4}}{dV} = -5,16 \text{ W/V}$

En reportant cette pente sur la courbe de puissance du PV1, il est possible de trouver graphiquement

le point de fonctionnement de PV1 et d'en déduire les points de fonctionnement des PV 3 et 4 : voir les figures ci-dessous.

En sortie du montage, il y aura :  $U = 17,05 \text{ V}$ ,  $I = 9,4 \text{ A}$  et  $P = 160,3 \text{ W}$ .



**Question 18**

Pour  $V_{E\text{mini}} = 15 \text{ V}$ ,  $\frac{V_S \cdot I_S}{V \cdot I} = \psi_{\text{reg}} \Rightarrow I_{E\text{Maxi}} = \frac{V_S \cdot I_S}{V \cdot \psi_{\text{reg}}} = \frac{24 \cdot 12}{15 \cdot 0,96} = 20 \text{ A}$ .

Cette valeur ne pourra pas être atteinte par l'installation du chalet car pour une tension d'entrée mini de 15 V, le courant maximal délivré par les modules sera d'environ 10 A (voir question 17).

**Question 19**

$V_E \text{ (V)}$	Valeur ou relation		Mode de fonctionnement
	$\alpha_1$	$\alpha_2$	
de 15 à 21 V	1	$1 - \frac{V_E}{V_S}$	Elévateur BOOST
de 21 à 24 V	0,95	$1 - \alpha_1 \cdot \frac{V_E}{V_S}$ $1 - 0,95 \cdot \frac{V_E}{V_S}$	Elévateur BUCK - BOOST
24 V	0,95	0,05	BUCK - BOOST
de 24 à 27 V	$(1 - \alpha_1) \cdot \frac{V_S}{V_E}$ $0,95 \cdot \frac{V_S}{V_E}$	0,05	Abaisseur BUCK - BOOST
de 27 à 45 V	$\frac{V_S}{V_E}$	0	Abaisseur BUCK

**Question 20**

L'intérêt de cette structure est de pouvoir toujours garder le contrôle des grandeurs de sortie courant/tension assurant la charge des batteries même lorsque la tension des modules PV  $v_E(t)$  est inférieure, supérieure ou égale à la tension des batteries. Il est possible de recharger les batteries même si  $v_E(t) < v_S(t)$  tout en ayant un fonctionnement MPPT avec les modules photovoltaïques.

### Question 21

Phases de charge d'une batterie au plomb acide : valeurs indicatives

Phase de charge	TRICKLE CHARGE	BULK	ABSORPTION	FLOAT
Type de régulation	Courant	Courant	Tension	Tension
Consigne	Quelques A	11 A	2 x 14,6 V = 29,2 V	2 x 13,8 V = 27,6 V

### Question 22

Il s'agit de deux boucles de régulations en parallèle. C'est la boucle qui délivre le rapport cyclique le plus faible qui l'emporte sur l'autre. En phase BULK, la boucle de courant limite le courant de charge à 11 A, puis lorsque la tension atteint 29,2 V aux bornes des batteries, la tension reste constante à 29,2 V et le courant diminue jusqu'à la fin de la charge.

Le circuit comportant deux diodes en sortie des deux régulateurs est un circuit discriminateur de tension, c'est la plus petite tension qui impose sa valeur en sortie.

### Question 23

$$V_E \cdot \alpha_1(t) = L \cdot \frac{di_L(t)}{dt} + v_S(t)$$

$$i_L(t) = i_C(t) + i_R(t)$$

$$i(t) = C_S \cdot \frac{dv_S(t)}{dt} \text{ et } i(t) = \frac{v_S(t)}{R} \text{ , donc } i(t) = C_S \cdot \frac{dv_S(t)}{dt} + \frac{v_S(t)}{R}$$

$$V_E \cdot \alpha_1(t) = L \cdot C_S \cdot \frac{d^2v_S(t)}{dt^2} + \frac{L}{R} \cdot \frac{dv_S(t)}{dt} + v_S(t)$$

$$V_E \cdot \alpha_1(p) = L \cdot C_S \cdot p^2 \cdot v_S(p) + \frac{L}{R} \cdot p \cdot v_S(p) + v_S(p)$$

$$V_E \cdot \alpha_1(p) = v_S(p) \cdot \left\{ L \cdot C_S \cdot p^2 + \frac{L}{R} \cdot p + 1 \right\}$$

$$\frac{v_S(p)}{\alpha_1(p)} = V_E \cdot \frac{1}{1 + \frac{L}{R} \cdot p + L \cdot C_S \cdot p^2}$$

### Question 24

$$G_S = 0,45$$

$$\frac{1}{\xi_0^2} = 3,96 \cdot 10^{-9} \Rightarrow \xi_0 = 15891 \text{ rad/s}$$

$$\frac{2 \cdot m}{\xi_0} = 1,5 \cdot 10^{-5} \cdot \xi_0 \Rightarrow m = \frac{1,5 \cdot 10^{-5} \cdot \xi_0^2}{2} = 0,1192$$

La réponse indicielle est oscillatoire amortie ( $m < 1$ ).

**Question 25**

$$Y(t) = K_p \left\{ \sigma(t) + \frac{1}{T_i} \int \sigma(t) dt \right\}$$

$$Y(p) = K_p \left\{ \sigma(p) + \frac{1}{T_i \cdot p} \cdot \sigma(p) \right\}$$

$$\frac{Y(p)}{\sigma(p)} = \frac{1}{K_p \cdot \left( 1 + \frac{1}{T_i \cdot p} \right)} = K_p \cdot \frac{1}{1 + T_i \cdot p}$$

**Question 26**

En mode BUCK

La phase est à  $-135^\circ$  pour  $\xi = 18\,000$  rad/s. Le gain G vaut environ à 0 dB.

Réglage de  $K_p = 1$

Réglage de  $T_i$  : placer  $1/T_i$  à une décade avant la pulsation choisie pour le réglage de la marge de phase :  $\xi = 18\,000$  rad/s

$$\frac{1}{T_i} = \frac{\xi}{10} = \frac{18000}{10} \Rightarrow T_i = \frac{10}{18000} = 0,55 \text{ ms}$$

En mode BOOST

La phase est à  $-135^\circ$  pour  $\xi = 11\,000$  rad/s. Le gain vaut environ -1 dB.

Réglage de  $K_p$  :  $K_p = 10^{20} = 1,1$

Réglage de  $T_i$  : placer  $1/T_i$  à une décade avant la pulsation choisie pour le réglage de la marge de phase :  $\xi = 11\,000$  rad/s

$$\frac{1}{T_i} = \frac{\xi}{10} = \frac{11000}{10} \Rightarrow T_i = \frac{10}{11000} = 0,9 \text{ ms}$$

Le correcteur sera réglé sur  $K_p = 1$  (valeur la plus petite) et  $T_i = 0,9$  ms (valeur la plus grande) pour rester à la dynamique souhaitée.

**PARTIE C – ÉTUDE DE LA CENTRALE DE MESURE COMMUNICANTE****Question 27**

Consommation du bridge :  $15 \text{ V} \cdot 0,8 \text{ A} = 12 \text{ W}$  soit 288 Wh par jour.

Consommation supérieure à celle de la bouilloire, donc on ne peut pas laisser fonctionner le bridge en continu.

**Question 28**

- adresse IP, 172.16.159.254 (adresse fixe maximale du VLAN40) ;
- masque de sous-réseau, 255.255.224.0 (adresse réseau 19 bits) ;
- passerelle par défaut, 172.16.128.1 (voir tableau des adresses).

**Question 29**

D'après la documentation de l'analyseur :

Port data : 10000+dernier nombre de l'adresse IP =10254

Port web : 8000+ dernier nombre de l'adresse IP =8254

<http://172.16.159.254:8254/device.html>

**Question 30**

@dest : adresse MAC (ou physique) du destinataire de la trame

@source : adresse MAC de la source de la trame

© www.devenirenseignant.gouv.fr

### Question 31

Trame non étiquetée : les 2 équipements appartiennent au même VLAN et sont branchés sur le même commutateur.

### Question 32

Les liaisons qui doivent être utilisées par plusieurs VLAN sont celles qui relient entre eux les commutateurs, ainsi que la liaison entre commutateurs et routeur, soit :

- liaison ComBS1-ComBO1 ;
- liaison ComBO1-ComBN1 ;
- liaison ComBN1-Routeur.

Ces liaisons servent à plusieurs VLAN, il faut donc étiqueter les trames pour qu'elles soient triées par le commutateur récepteur.

### Question 33

pcPublicBO1-ComBO1 : trame non étiquetée

ComBO1-ComBS1 : trame étiquetée VID = 0x028 (40 en hexa)

ComBS1-Analyseur : trame non étiquetée

### Question 34

Non, les commutateurs n'assurent pas la communication entre les VLAN. Pour passer d'un VLAN à un autre, il faut passer par le routeur.

### Question 35

pcServicesBO1-ComBO1 : trame non étiquetée

ComBO1-ComBN1 : trame étiquetée VID = 0x00A (10 hexadécimal)

ComBN1-Routeur : trame étiquetée VID = 0x00A (10 hexadécimal)

Routeur-ComBN1 : trame étiquetée VID = 0x028 (40 hexadécimal)

ComBN1-ComBO1 : trame étiquetée VID = 0x028 (40 hexadécimal)

ComBO1-ComBS1 : trame étiquetée VID = 0x028 (40 hexadécimal)

ComBS1-Analyseur : trame non étiquetée

### Question 36

0x0001		0x0800
0x06	0x04	0x0001
0x0E552F77		
0xBA62		0xAC10
0x802F		0xFFFF
0xFFFFFFFF		
0xAC108012		

0x0001 : Hardware Address Type = Ethernet

0x0800 : Protocol Address Type = IPV4

0x06 : Hardware Address Length = 6 pour une adresse MAC(Ethernet)

0x04 : Protocol Address Length = 4 pour IPV4

0x0001 : Operation = 1 (requête)

0x0E552F77BA62 : Adresse MAC de la source

0xAC10802F : Adresse IPV4 de la source

0xFFFFFFFF : Adresse Physique de la destination (broadcast car adresse inconnue)

0xAC108012 : Adresse IPV4 de la destination

Taille de la trame :

Préambule+SFD+@dest+@source+Long/Type+RequêteARP+FCS =

7+1+6+6+2+46+4 = 72 octets

La trame de requête ARP (28 octets) a une taille inférieure à la taille minimum de la trame de données (46 octets) donc elle est complétée par 18 octets sans signification avant d'être empaquetée.

**Question 37**

Tous les équipements appartenant au VLAN40 reçoivent et traitent cette trame. Sont concernés sur le DTx4 : pcPublicBN1, PrinterPublicBN1, pcPublicBO1, analyseur PECA11 et le routeur RouterVaisseau.  
pcPublicBS1, source de la requête, ne la reçoit pas.

**Question 38**

0x0001		0x0800
0x06	0x04	<b>0x0002</b>
0x0E552F77		
0xBA62		0xAC10
0x802F		<b>0x0080</b>
<b>0xA39F81E8</b>		
0xAC108012		

Différences par rapport à la réponse à la Q36 :

0x0002 : Operation = 2 (réponse)

0x0080A39F81E8 : Adresse Physique de la destination (information attendue)

**Question 39**

Règles : adresses sur le VLAN10 comprises entre 172.16.32.1 et 172.16.63.254 (adresse réseau sur 19 bits)

Ce PC est un équipement à partager, il a donc une adresse fixée manuellement par l'administrateur (supérieure à 172.16.63.224).

**Question 40**

Les deux appareils n'étant pas sur le même VLAN, leurs échanges passent par le routeur. La requête ARP est donc adressée au routeur.

La table ARP de pcPublicBS1 associera donc l'adresse physique 0xA6EF7B332119 (adresse physique du routeur) à l'adresse logique 0xAC108001 (adresse logique du routeur pour le VLAN40).

**Question 41**

L'utilisation de VLANs limite la diffusion des messages de broadcast sur le réseau aux machines concernées et permet donc d'éviter des transferts inutiles qui pénalisent la rapidité de fonctionnement du réseau. Elle permet également de créer des sous-réseaux logiques indépendamment de la répartition physique des machines, améliore la sécurité en limitant l'accès aux postes et peut faciliter la maintenance en cas de défaillance.

**Question 42**

Il faut effectuer une redirection de port sur la passerelle : les requêtes arrivant de l'extérieur pour le socket 121.18.230.15 :7700 seront redirigées vers le socket 172.16.128.18 :8018.

**Question 43**

[www.vaisseau.com:7700](http://www.vaisseau.com:7700)

### Question 44

Identifiant transaction	0x00	Identifiant protocole	Longueur trame	N° esclave	Code fonction	Adresse début	Nombre de mots
	0x12						

Identifiant transaction : 0x0012 (identifiant 18)

Identifiant protocole : 0 (Modbus TCP)

Longueur trame : 0x06 (octets suivants)

N° esclave : 1 (toujours pour Modbus TCP)

Code fonction : 0x03 (lecture de N mots)

Adresse début : 0x000E (adresse 14 de la table : énergie active fournie)

Nombre de mots : 2 (paramètre codé sur 4 octets)

**Question 45**

Code de la valeur de l'énergie : 00 00 02 2D

Valeur décimale correspondante : 557

Nombre de décimales : 2

Unité : kWh

Valeur à afficher : 5,57kWh

**Question 46**

On peut accéder aux informations de fonctionnement de l'équipement, mais la consommation des équipements de transmission est trop importante pour un suivi en temps réel. Il faudrait implémenter une solution de type LoRa ou Sigfox, beaucoup moins gourmande en énergie.

**PARTIE D - CONCLUSION****Question 47**

Energie consommée par le groupe en 1 jour :

$$10 \cdot 210 \cdot 3600 = 7,56 \text{ MJ}$$

Consommation annuelle d'essence (2 réponses acceptées) :

$$7,56 \cdot 365 / (32,6 \cdot 2) = 42,3 \text{ l}$$

$$7,56 \cdot 365 / 32,6 = 84,6 \text{ l}$$

Production de CO<sub>2</sub> (selon la réponse à la question précédente):

$$42,3 \cdot 2,43 = 103 \text{ kg}$$

$$84,6 \cdot 2,43 = 206 \text{ kg}$$

**Question 48**

L'installation est probablement plus chère à l'achat qu'un groupe électrogène (panneaux + batteries + onduleur), même si le coût de fonctionnement est moindre.

Sur le plan énergétique, le dispositif étudié permet le fonctionnement correct de l'installation, à condition de limiter les phases de communication.

Sur le plan environnemental, si on se limite à la phase de fonctionnement, l'avantage est évident en termes de CO<sub>2</sub> mais aussi de nuisances sonores et de composés volatils en ce qui concerne la comparaison avec un groupe électrogène. Par contre, la solution sans-fil pour la communication a plus d'impacts qu'une solution câblée.

Pédagogiquement, elle permet une exploitation à plusieurs niveaux : évaluation de la production d'énergie solaire, variations en fonction des conditions météorologiques et du vieillissement des panneaux, surveillance de l'évolution des batteries... Une meilleure connectivité favoriserait cette exploitation.