

# SUJET

## Option A Informatique et Réseaux

Partie 2 Sciences Physiques  
Durée 2 h – Coefficient 2

Le sujet est composé de 3 parties indépendantes.

Partie A : étude des paramètres influençant le rendement d'un panneau photovoltaïque.

Partie B : étude des paramètres permettant la sélection du canal Wi-Fi.

Partie C : caractérisation d'une liaison Wi-Fi.

*La fondation Eraole effectue des tests sur les panneaux photovoltaïques installés sur les trains. Ces tests consistent à collecter des informations (température, vitesse du vent, taux d'humidité...) qui permettront d'améliorer la production électrique. Ces données sont transmises par une liaison Wi-Fi à un système de stockage se trouvant dans le train. Ceci est illustré sur la figure 1 de la présentation système (système de production et de supervision d'énergie photovoltaïque).*

### Partie A. Étude des paramètres influençant le rendement d'un panneau photovoltaïque

*Dans le monde des transports, la surface des panneaux solaires est limitée. Seul le rendement permet d'augmenter la production électrique.*

*L'effet photovoltaïque, utilisé dans les cellules solaires du panneau permet de convertir l'énergie lumineuse des rayons solaires en énergie électrique, voir **figure 1**.*

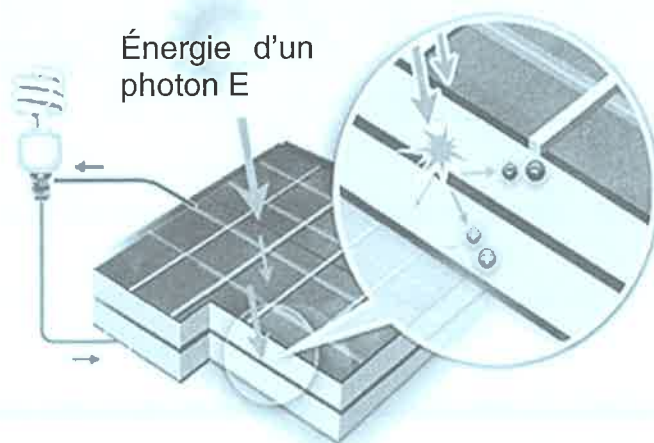


Figure 1

Session 2017	BTS Systèmes Numériques Option A Électronique et Communication Épreuve E4	Page S-SP 1 sur 8
Code : 17SN4SNIR1	Sciences physiques - Sujet	

## Influence du matériau sur le rendement des cellules solaires

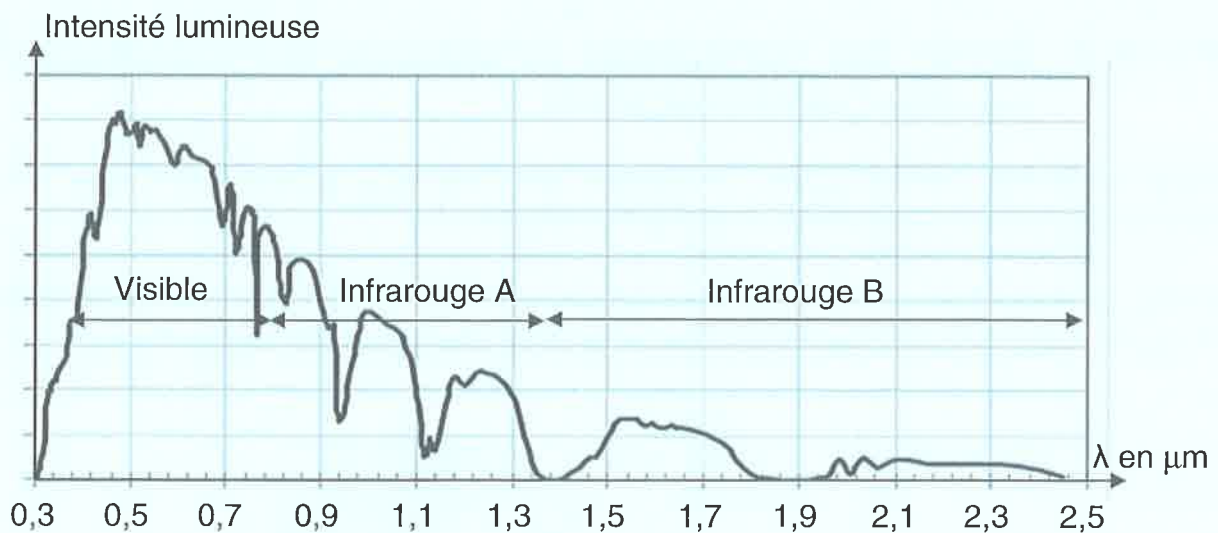
La lumière est modélisée par une onde électromagnétique de fréquence  $f$ , ou également par des photons qui transportent une énergie  $E$ .

L'énergie, exprimée en Joule (J), transportée par un photon est donnée par la loi de Planck :

$$E = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

- constante de Planck  $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$
- fréquence  $f$  en Hertz
- célérité de la lumière dans le vide  $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- longueur d'onde  $\lambda$  en mètre

Le rayonnement solaire est constitué d'ondes électromagnétiques. Son spectre est représenté sur la **figure 2**.

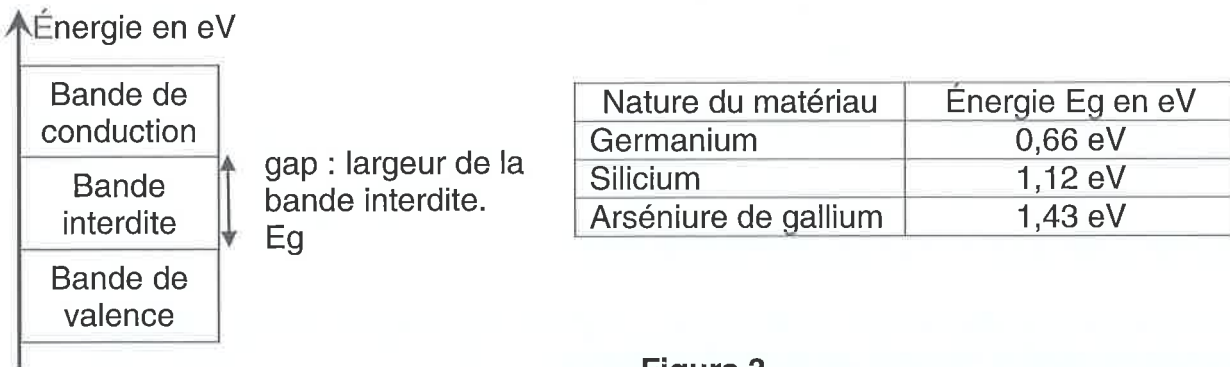


**Figure 2 - Constitution du rayonnement solaire -**

- Q34.** Calculer l'énergie  $E$ , en joule, d'un photon correspondant à une onde de longueur d'onde 680 nm.
- Q35.** Montrer que l'énergie  $E$  de ce photon vaut 1,82 eV, sachant qu'un électronvolt (eV) correspond à  $1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ .

Session 2017	BTS Systèmes Numériques Option A Électronique et Communication Épreuve E4	Page S-SP 2 sur 8
Code : 17SN4SNIR1	Sciences physiques - Sujet	

Les panneaux solaires sont réalisés à l'aide de matériaux semi-conducteurs : silicium, germanium, ou arséniure de gallium. Pour que ces matériaux deviennent conducteurs d'un courant électrique, l'énergie apportée par un photon doit être supérieure à l'énergie  $E_g$  correspondant à la largeur de la bande interdite.



**Figure 3**

- Q36.** Justifier que l'énergie du photon égale à 1,82 eV, est suffisante pour permettre l'apparition d'un courant électrique dans le panneau photovoltaïque SunPower, en vous référant à la **documentation SP1** et à la **figure 3**.
- Q37.** Montrer que la longueur d'onde maximale  $\lambda_{\max}$  d'un photon qui permet la conduction d'un courant électrique dans le panneau photovoltaïque E20-327 vaut  $1,11 \cdot 10^{-6}$  m.
- Q38.** En déduire la nature des ondes électromagnétiques qui ne permettent pas de créer un courant électrique, en vous aidant de la **figure 2**.

### Influence de la température sur le rendement.

*Lors de l'exposition aux rayonnements solaires, la température des panneaux photovoltaïques augmente.*

- Q39.** Donner la puissance nominale, du panneau solaire E20-327, en vous référant à la **documentation SP1**.
- Q40.** Donner le coefficient de température de puissance du panneau solaire E20-327, en vous référant à la **documentation SP1**.  
En déduire le pourcentage de la perte de puissance lorsque la température du panneau photovoltaïque passe de 25°C à 80°C.
- Q41.** Montrer que le rendement du panneau diminue de 20,4% à 16,1% lorsque la perte de rendement est de 20,9%.

### Synthèse

- Q42.** Proposer au moins un critère qui permet d'améliorer la production d'énergie du panneau solaire, en vous aidant des parties précédentes.

Session 2017	BTS Systèmes Numériques Option A Électronique et Communication Épreuve E4	Page S-SP 3 sur 8
Code : 17SN4SNIR1	Sciences physiques - Sujet	

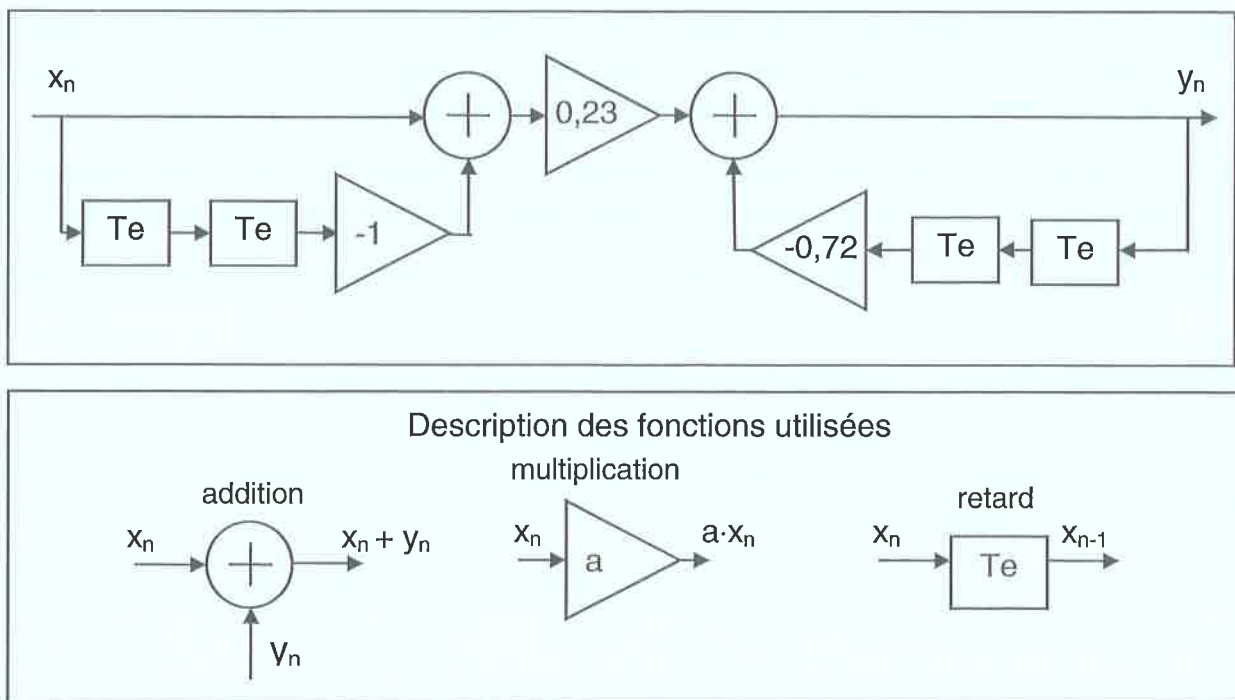
## Partie B. Étude des paramètres permettant la sélection du canal Wi-Fi

La technologie Wi-Fi européenne découpe sa bande de fréquences en 13 canaux. Ces derniers peuvent être utilisés par différents équipements (téléphone mobile, station météo...). Le contrôleur Cisco 2504 a pour rôle de choisir judicieusement les canaux pour chaque équipement afin d'éviter les interférences.

Ces perturbations peuvent entraîner une baisse de débit et des déconnexions temporaires.

### Changement de canal de la communication Wi-Fi

Le canal de communication est modélisé par un filtre passe bande de type Tchebychev dont sa représentation partielle est donnée ci-dessous :



**Q43.** Exprimer  $y_n$  en fonction de  $x_n, x_{n-1}, x_{n-2}, y_{n-1}$  et  $y_{n-2}$ .

**Q44.** Justifier la nature de la récursivité du filtre.

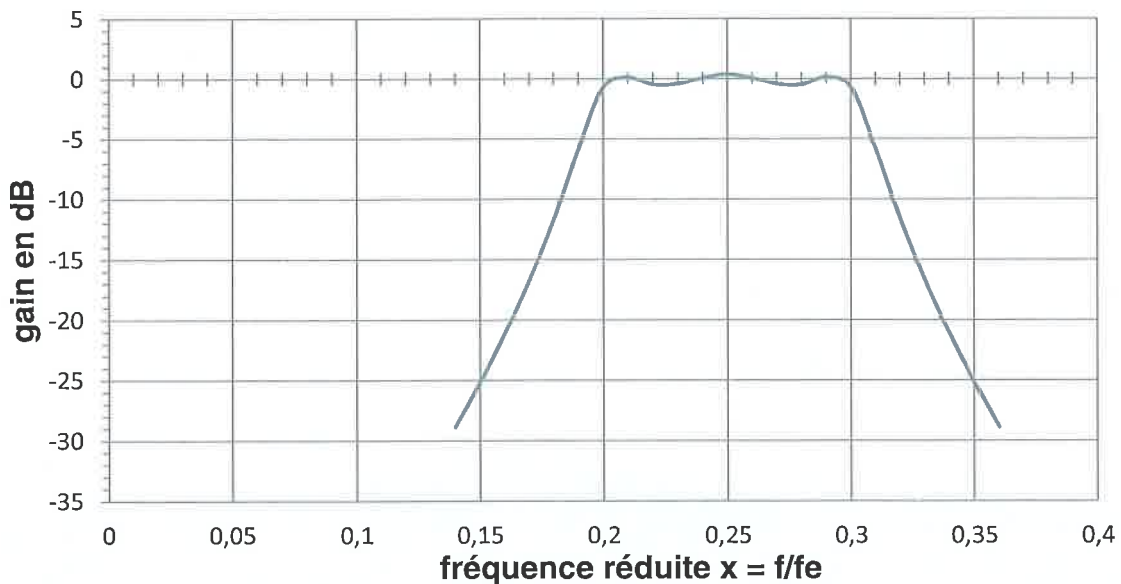
**Q45.** Montrer que : 
$$\frac{Y(z)}{X(z)} = 0,23 \cdot \frac{z^2 - 1}{z^2 + 0,72} = \frac{N(z)}{D(z)}$$

La transmittance en  $z$  complète a permis d'obtenir par une simulation la réponse en gain du filtre passe bande numérique.

Cette réponse est tracée ci-dessous en fonction de la fréquence réduite  $x = f / f_e$ .

Session 2017	BTS Systèmes Numériques Option A Électronique et Communication Épreuve E4	Page S-SP 4 sur 8
Code : 17SN4SNIR1	Sciences physiques - Sujet	

### Réponse en fréquence du filtre passe bande de type Chebychev



**Q46.** Déterminer la valeur  $\Delta x$  correspondant à la bande passante BP à -3 dB ainsi que la valeur  $x_0$  associée à la fréquence centrale.

*On montre que la bande passante théorique  $BP_{th}$  et la fréquence centrale  $f_{0th}$  sont données par les expressions suivantes :*

$$BP_{th} = 0,10 \cdot f_e \text{ et la fréquence centrale } f_{0th} = 0,25 \cdot f_e$$

**Q47.** Déterminer la fréquence d'échantillonnage  $f_e$  pour un canal de bande passante de 22 MHz.

*On souhaite utiliser le canal 7 de fréquence centrale  $f_p$  égale à 2,442 GHz. Pour cela on transpose la fréquence centrale  $f_{0th}$  vers la fréquence  $f_p$  à l'aide d'un signal de fréquence  $f_1$ . La relation entre ces fréquences est  $f_p = f_{0th} + f_1$ .*

**Q48.** Déterminer la fréquence  $f_1$  permettant cette transposition vers le canal 7.

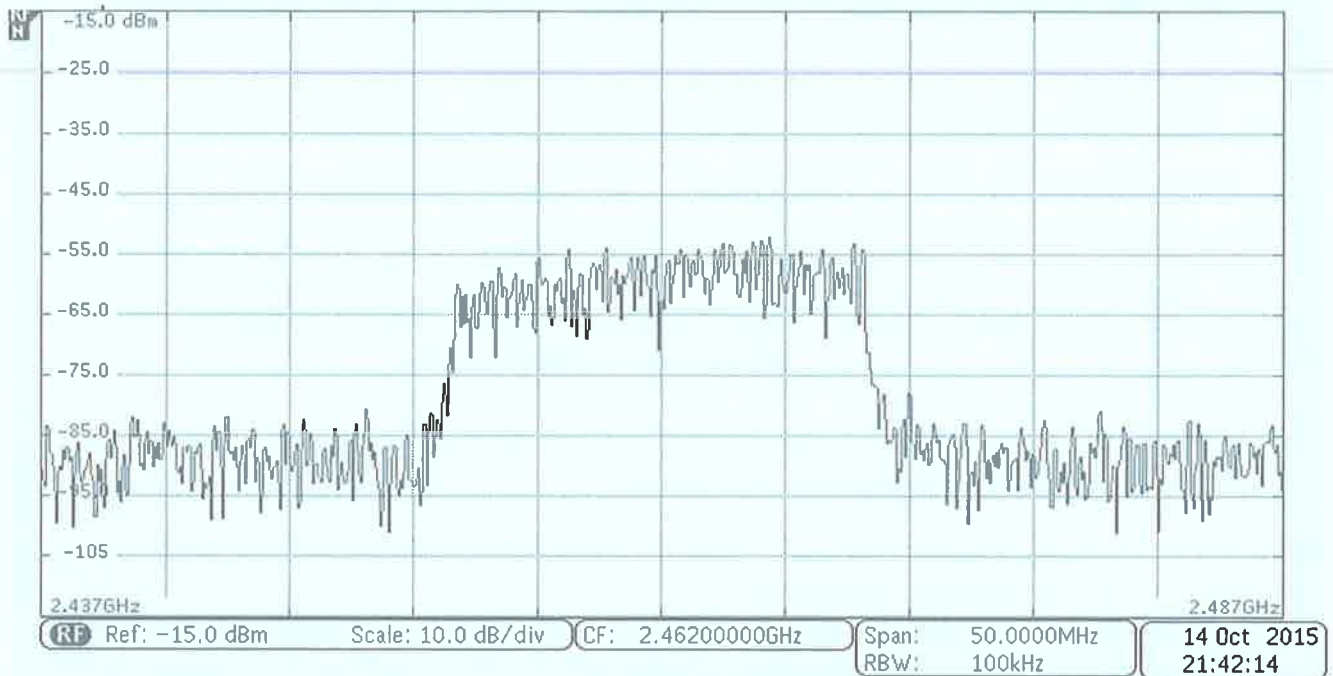
**Q49.** Indiquer le rôle des fréquences  $f_e$  et  $f_1$  dans le paramétrage du canal de transmission.

Session 2017	BTS Systèmes Numériques Option A Électronique et Communication Épreuve E4	Page S-SP 5 sur 8
Code : 17SN4SNIR1	Sciences physiques - Sujet	

## Partie C. Caractérisation d'une liaison Wi-Fi

L'objectif de cette partie est de vérifier que le signal reçu correspond à la norme d'une liaison Wi-Fi.

Le relevé de la puissance du signal reçu d'une transmission Wi-Fi est donné ci-dessous :



- Q50.** Relever la fréquence centrale  $f_p$  du signal reçu. En déduire le canal correspondant en vous référant à la **documentation SP2**.
- Q51.** Relever approximativement la bande passante BP du signal reçu. Justifier sa compatibilité avec la norme Wi-fi précisée dans la **documentation SP2**.
- Q52.** Donner une approximation de la valeur de la puissance de chacune des composantes du signal reçu dans la bande passante. Conclure, sachant que la puissance minimale pour établir la transmission vaut - 70 dBm.

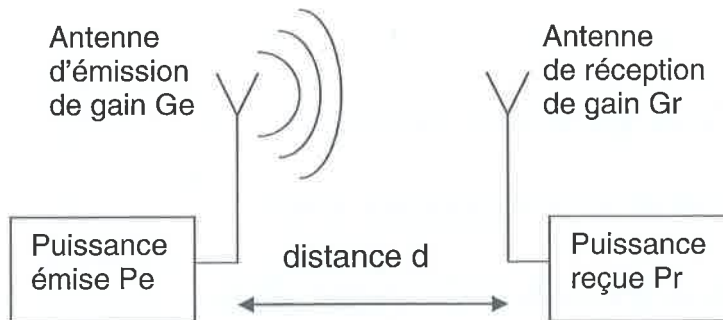
Session 2017	BTS Systèmes Numériques Option A Électronique et Communication Épreuve E4	Page S-SP 6 sur 8
Code : 17SN4SNIR1	Sciences physiques - Sujet	

## Mesure de l'atténuation due à l'environnement.

Le technicien effectue un test de communication à une distance  $d$ . Il place l'analyseur de spectre à 50 m de l'émetteur et relève une puissance des composantes dans la bande passante de -60 dBm.

L'atténuation de propagation a deux origines :

- la distance  $d$  qui engendre une atténuation de champ libre  $L_p$ .
- l'environnement qui engendre une atténuation  $A$ .



L'équation de Friis suivante est utilisée pour effectuer un bilan de liaison radio :

$$P_r = PIRE + G_r - L_p - A$$

Avec : •  $P_r$  : puissance reçue en dBm

- $G_r$  : gain d'antenne de réception en dBi
- $PIRE$  : puissance isotrope rayonnée équivalente en dBm
- $L_p$  : atténuation de propagation en champ libre en dB
- $A$  : atténuation de propagation due à l'environnement en dB

Session 2017	BTS Systèmes Numériques Option A Électronique et Communication Épreuve E4	Page S-SP 7 sur 8
Code : 17SN4SNIR1	Sciences physiques - Sujet	

Lors du test, l'émetteur est réglé à une PIRE de 100 mW, puissance maximale autorisée en France, dans la bande des 2,4 GHz.

Rappel : La puissance exprimée en dBm a pour expression :

$$P_{dBm} = 10 \cdot \log \frac{P}{10^{-3}} \quad \text{avec } P \text{ en watt}$$

**Q53.** Montrer que la PIRE de l'antenne d'émission est de 20 dBm.

L'atténuation de propagation  $L_p$  en champ libre, exprimée en dB, dépend de la distance  $d$  et de la fréquence  $f$  utilisée pour la communication :

$$L_p = 20 \cdot \log d + 20 \cdot \log f - 147,5$$

Avec : •  $d$  : distance entre l'émetteur et le récepteur en m,

•  $f$  : fréquence porteuse de la communication en Hz.

**Q54.** Calculer l'atténuation de propagation  $L_p$  en champ libre.

L'antenne réceptrice possède un gain  $G_r = 2,20$  dBi.

**Q55.** Calculer la valeur A de l'atténuation de propagation due à l'environnement.

Session 2017	BTS Systèmes Numériques Option A Électronique et Communication Épreuve E4	Page S-SP 8 sur 8
Code : 17SN4SNIR1	Sciences physiques - Sujet	



# PRÉSENTATION DU SYSTÈME

## 1. CONTEXTE

L'objectif d'une fondation des Pays de la Loire est de développer des applications innovantes, issues de technologies qui optimisent l'utilisation des énergies renouvelables et décarbonées, pour protéger les océans et la planète des pollutions et émissions massives de CO<sub>2</sub>.

Cette fondation bénéficie d'un soutien engagé de ses nombreux partenaires, qu'ils soient des collectivités, des grands groupes industriels, des instituts de recherche ou des entreprises locales.

Le panneau solaire de la fondation est un concept breveté d'encapsulation de cellules solaires dans des matériaux composites, permettant de fabriquer des modules semi-souples dont la masse est extrêmement faible 1,6 kg / m<sup>2</sup> au lieu de 11 kg / m<sup>2</sup> pour du verre.

Ces innovations permettent l'optimisation de l'énergie solaire dans les transports ferroviaire, routier, l'aviation verte et dans l'habitat. Leur faible masse offre également un débouché d'application sur les bâtiments industriels.

## 2. EXPÉRIMENTATION À BORD D'UN TRAIN RÉGIONAL



Cette étude porte sur la supervision d'une production d'énergie électrique photovoltaïque, produite sur le toit d'un train régional. Le train est mis en service par une grande compagnie ferroviaire nationale, associée à la région « Pays de la Loire ».

Cette production d'électricité permet d'alimenter le système d'éclairage à bord du train et le réseau électrique utilisés par les voyageurs (ordinateur portable, tablette, téléphone...), via les prises électriques à bord du train.

L'objectif de ce système est de minimiser la consommation d'énergie en provenance du réseau d'alimentation ferroviaire standard. Attention, il ne s'agit pas ici d'alimenter la propulsion du train avec l'énergie produite par les panneaux solaires. Ceci est tout à fait impossible !

Session 2017	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page PR1 sur 2
Code : 17SN4SNIR1	Présentation	

Le système contribue au développement durable, notamment en diversifiant les sources d'approvisionnement énergétique et en expérimentant l'utilisation d'énergies alternatives.

Il permet de mettre au point une technologie photovoltaïque adaptée aux contraintes ferroviaires et de capitaliser les connaissances et le savoir-faire dans le domaine du photovoltaïque pour se préparer à répondre aux sollicitations futures concernant cette technologie.

### 3. DESCRIPTION DU SYSTÈME DE PRODUCTION ET DE SUPERVISION D'ÉNERGIE PHOTOVOLTAÏQUE

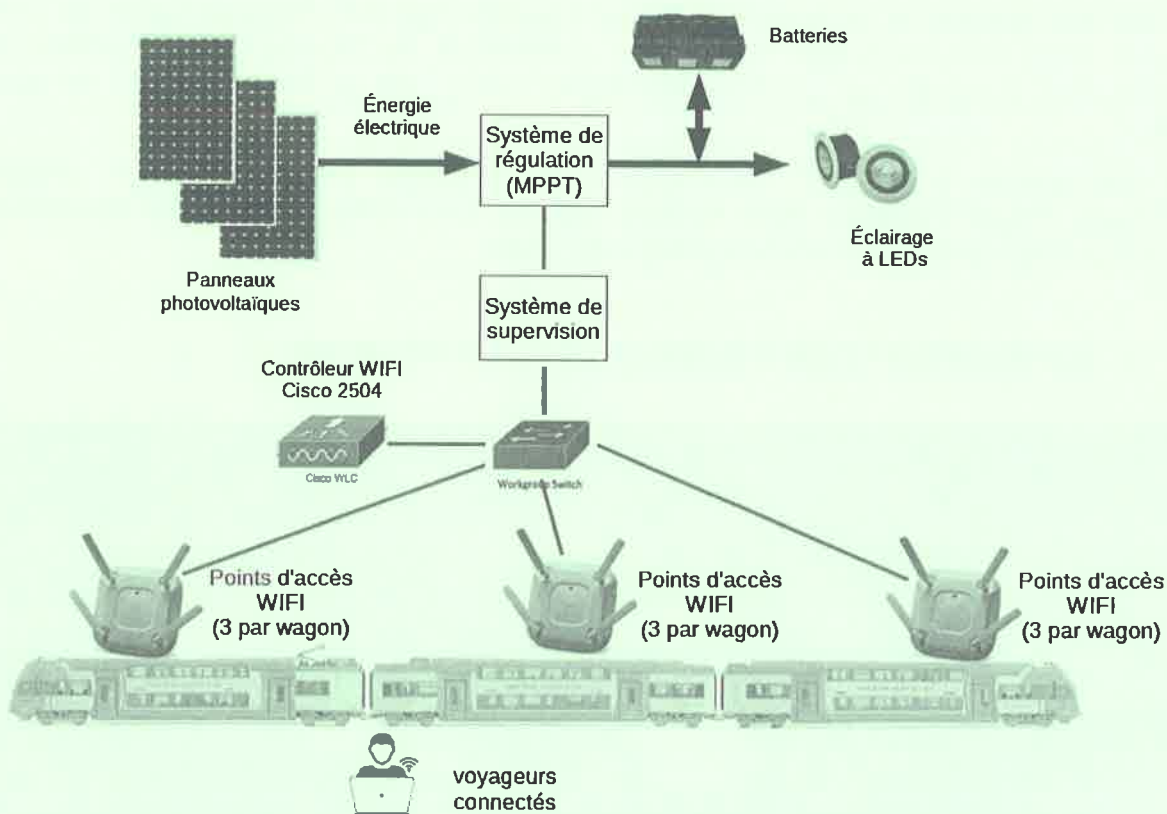


Figure 1 : système de production et de supervision d'énergie photovoltaïque

Le système de production d'énergie est constitué de panneaux photovoltaïques, d'un système de régulation de l'énergie produite (MPPT), de batteries et du système d'éclairage.

Le MPPT (Maximum Power Point Tracker) contrôle la production d'énergie en provenance des panneaux solaires et gère le stockage de l'énergie électrique dans les batteries. Le système d'éclairage est alimenté par l'énergie stockée dans les batteries.

L'énergie consommée par l'éclairage est totalement produite par les panneaux solaires.

Le système de supervision récupère les informations sur la production d'énergie électrique fournies par le système de régulation.

Ces informations sont enregistrées dans une base de données locale, et présentées sur un site web consultable par les voyageurs connectés en WIFI.

Le réseau WIFI comporte un ensemble de points d'accès WIFI répartis dans les wagons. Ces points d'accès sont coordonnés par un contrôleur WIFI Cisco 2504.

Session 2017	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page PR2 sur 2
Code : 17SN4SNIR1	Présentation	

# Documentation SP1 - Panneau solaire back contact SunPower E20-327



## Panneau E20-327 : Cellules SunPower Américaines à base de silicium

Fabriqué en France

Garantie de production : 87% à 25 ans

Garantie produit : 10 ans

Caractéristiques Électriques		
	E20-327	E19-320
Puissance nominale <sup>12</sup> (P <sub>nom</sub> )	327 W	320 W
Tolérance (module)	+5/-0%	+5/-0%
Rendement moyen (module) <sup>13</sup>	20,4%	19,8%
Tension à puissance maximale (V <sub>mpp</sub> )	54,7 V	54,7 V
Courant à puissance maximale (I <sub>mpp</sub> )	5,98 A	5,86 A
Tension en circuit ouvert (V <sub>oc</sub> )	64,9 V	64,8 V
Courant de court-circuit (I <sub>sc</sub> )	6,46 A	6,24 A
Tension maximale du système	1000 V IEC & 600 V UL	
Calibre des fusibles série	20 A	
Coef. Temp. Puissance (P <sub>mpp</sub> )	-0,38% / °C	
Coef. Temp. Tension (V <sub>oc</sub> )	-176,6 mV / °C	
Coef. Temp. Courant (I <sub>sc</sub> )	3,5 mA / °C	

Extrait du site <http://www.sunpower.fr/maison/panneau-photovoltaïque-e20/>

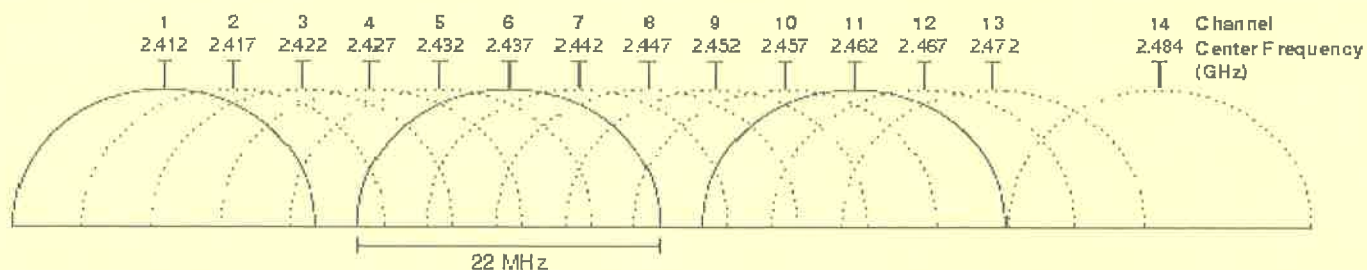
Session 2017	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page DOC 7 sur 8
Code : 17SN4SNIR1	Documentation	

## Documentation SP2 - Listes des canaux Wi-Fi

Pour avoir un bon débit, il est fortement conseillé d'utiliser le canal 1, 6 ou 11.

Les "box" récentes de différents fournisseurs d'accès à internet en France utilisent automatiquement un des 3 canaux recommandés (1, 6 et 11).

Canal	Fréquence (Mhz)	Autre utilisation de cette plage de fréquence
1	2401 => 2423	Radio amateurs + canaux Wi-Fi 2, 3, 4 et 5
2	2406 => 2428	Radio amateurs + canaux Wi-Fi 1, 3, 4, 5 et 6
3	2411 => 2433	Radio amateurs + canaux Wi-Fi 1, 2, 4, 5, 6 et 7
4	2416 => 2438	Radio amateurs + canaux Wi-Fi 1, 2, 3, 5, 6, 7 et 8
5	2421 => 2443	Radio amateurs + canaux Wi-Fi 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8 et 9
6	2426 => 2448	Radio amateurs + canaux Wi-Fi 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 et 10
7	2431 => 2453	Radio amateurs + micro-ondes + canaux Wi-Fi 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10 et 11
8	2436 => 2458	Radio amateurs + micro-ondes + canaux Wi-Fi 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11 et 12
9	2441 => 2463	Radio amateurs + micro-ondes + canaux Wi-Fi 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12 et 13
10	2446 => 2468	Radio amateurs + micro-ondes + canaux Wi-Fi 6, 7, 8, 9, 11, 12 et 13
11	2451 => 2473	canaux Wi-Fi 7, 8, 9, 10, 12 et 13
12	2456 => 2478	canaux Wi-Fi 8, 9, 10, 11 et 13 (Attention, le canal 12 est non supporté par certains équipements)
13	2461 => 2483	canaux Wi-Fi 9, 10, 11 et 12 (Attention, le canal 13 est non supporté par certains équipements)
14		Canal 14 interdit en France (réservé au Japon)



Représentation graphique des canaux wifi dans la bande des 2,4 GHz

Session 2017	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page DOC 8 sur 8
Code : 17SN4SNIR1	Documentation	