Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
SYSTÈMES NUMÉRIQUES

Option A – Informatique et Réseaux

Épreuve : E4 ÉTUDE D'UN SYSTÈME NUMÉRIQUE ET D'INFORMATION

SESSION 2017

_____

Durée : 6 heures
Coefficient : 5

_____

Matériel autorisé :

- Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (Circulaire n°99-186 du 16 novembre 1999, B.O. n° 42 du 25 novembre 1999).

- Tout autre matériel est interdit.

Ce sujet comporte :

A- Présentation du système	PR1 à PR2
B- Sujet	
Questionnaire Partie 1 Informatique	S-Inf1 à S-Inf11
Document réponses à rendre avec la copie	DR-Pro 1 à DR-Pro 6
Questionnaire Partie 2 Physique	SP1 à SP8
Documentation	DOC 1 à DOC 8

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Session 2017	BTS Systèmes Numériques Option A Informatique et Réseaux Épreuve E4	Page de garde
Code : 17SN4SNIR1		

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

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_2.

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 / m² au lieu de 11 kg / m² 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 !

Base Nationale des Sujets d'Examen de l'enseignement professionnel

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

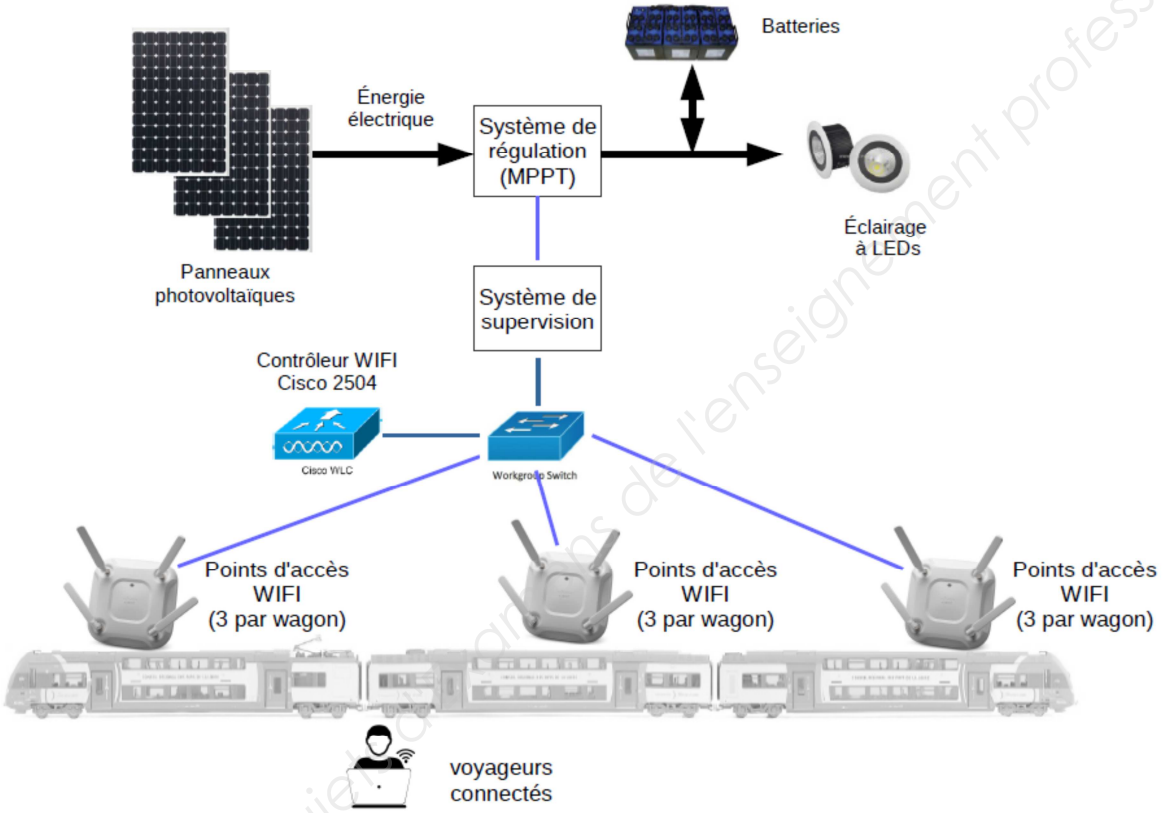


Figure 1 : système de production et de supervision d'énergie photovoltaïque

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.

Base nationale des sujets d'examens de l'enseignement professionnel

SUJET

Option A Informatique et Réseaux

Partie 1 Domaine Professionnel

Durée 4 h coefficient 3

Partie A. Analyse du contexte

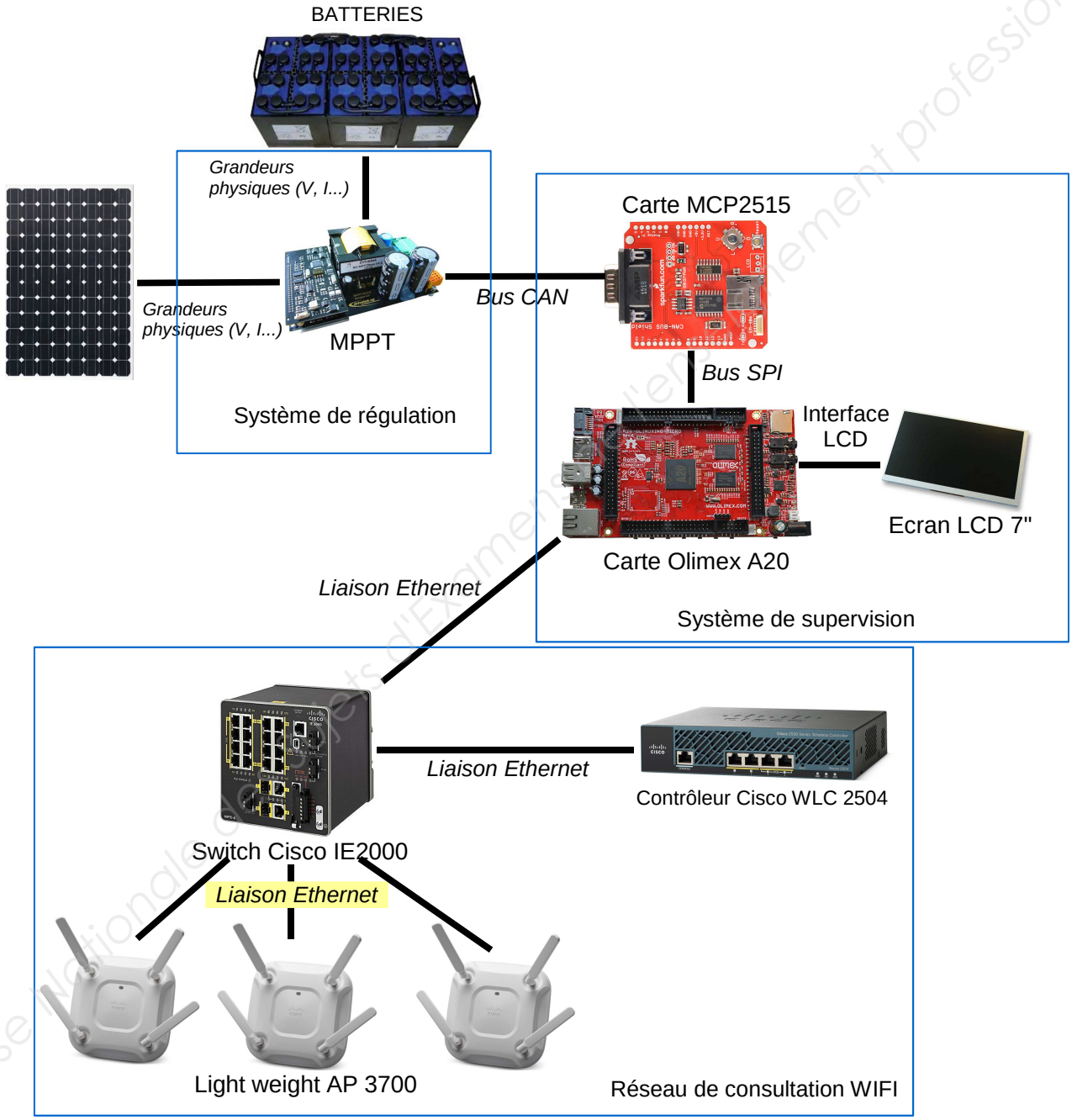


Figure 1 : synoptique du système étudié

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Le *MPPT* permet de récupérer les informations sur l'état de charge des batteries et la production d'énergie électrique. Il communique ces informations au système de supervision par le bus CAN.

Le système de supervision est constitué de la carte MCP2515, qui est un contrôleur CAN, et de la carte Olimex.

La carte *Olimex* offre quatre services :

- récupération des informations en provenance du bus CAN via la carte MCP2515 ;
- stockage des informations dans une base de données locale ;
- affichage des mesures sur un écran LCD ;
- hébergement d'un site Web qui présente aux passagers les informations sur la production électrique des panneaux solaires.

Le réseau WIFI est constitué de neuf points d'accès *Light weight Acces Point 3700* (LAP) : trois par wagon.
Ces points d'accès sont contrôlés par un contrôleur de LAP (WLC 2504). Les passagers peuvent se connecter au réseau WIFI avec leur équipement personnel (smartphone / tablette / PC portable) et ainsi charger la page Web hébergée sur la carte « *Olimex* ».
Lorsqu'un passager est connecté en WIFI, il est lié au point d'accès le plus proche, en accord avec le contrôleur WLC 2504.

LES CAS D'UTILISATION

Les cas présentés ci-dessous ne couvrent que la supervision des mesures énergétiques.

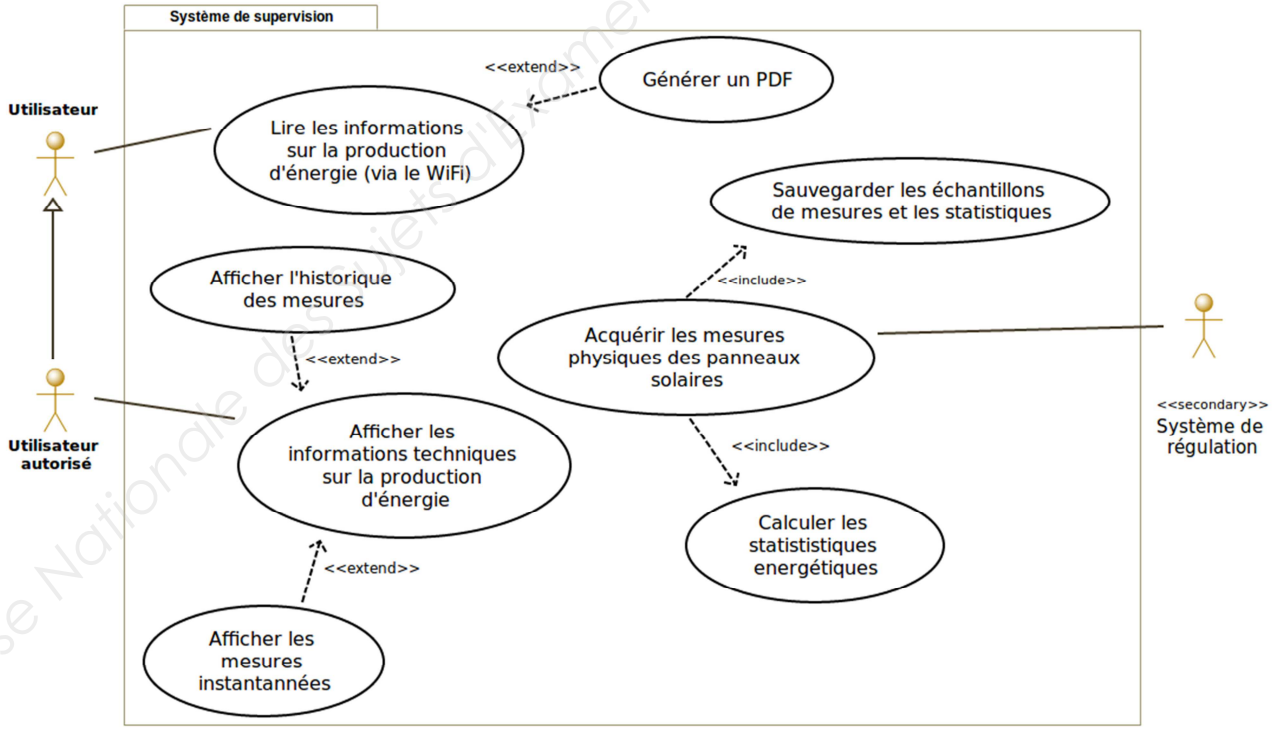


Figure 2 : diagramme de cas d'utilisation

Base Nationale des sujets d'examens de l'enseignement professionnel

Un « Utilisateur » est, par exemple, un passager du train, alors qu'un « Utilisateur autorisé », comme un technicien SNCF, possède plus de droits.

Il existe trois cas d'utilisation principaux :

- « Lire les informations sur la production d'énergie », qui permet de visualiser les informations sur la production d'énergie via une page Web adaptée au grand public ;
- « Afficher les informations techniques sur la production d'énergie », qui permet d'afficher sous une forme plus technique les informations contenues dans la base de données, à destination de l'utilisateur autorisé ;
- « Acquérir les mesures physiques des panneaux solaires », qui permet d'acquérir les informations et de les sauvegarder dans la base de données.
  Le stockage des informations de mesure est réalisé dans une base de données qui est hébergée sur la carte « *Olimex* » ;

Avant l'enregistrement, il est nécessaire de calculer l'énergie produite par les panneaux solaires.

Partie B. Étude du système de supervision de la production d'énergie

L'objectif de cette partie est d'analyser et de compléter la spécification technique du système de supervision, notamment à travers la modélisation UML.

À l'aide du synoptique du système Figure 1 et du diagramme de cas d'utilisation ***Figure 2****, répondre aux questions concernant la topologie du système de supervision.*

Q1. Pour chaque question, cocher la case « VRAI » ou « FAUX » **dans le document réponses.**

Q2. Justifier la présence de la relation « include » entre les cas d'utilisation « Sauvegarder les échantillons de mesures et les statistiques » et « Acquérir les mesures physiques des panneaux solaires ».

Q3. Justifier la relation « extend » entre les cas d'utilisation « Générer un PDF » et « Lire les informations sur la production d'énergie ».

Q4. **Dans le document réponses**, compléter les liaisons, les composants manquants, les cardinalités et les noms des supports transportant l'information dans le diagramme de déploiement.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Partie C. Étude de la communication entre le MPPT et le système de supervision

L'objectif de cette partie est de valider l'architecture de communication sur le bus CAN entre le MPPT et le système de supervision.

Le MPPT mesure les caractéristiques (tension et courant) de l'énergie produite par les panneaux solaires, la tension des batteries et la température du système.

Ces informations sont encapsulées dans une trame CAN à destination du système de supervision.

L'échange d'information entre le MPPT et le système de supervision fonctionne selon un schéma trame de requête / trame de données comme suit :

- *le système de supervision envoie une **trame de requête** ;*
- *le MPPT répond à cette requête en renvoyant une **trame de données** contenant les informations sur la production d'énergie.*

La trame de requête est émise toutes les 30 minutes.

*L'ensemble des informations nécessaires pour répondre à cette partie se trouve dans les **documentations PP1 et PP2**.*

*Le format des trames CAN est présenté en **documentation PP2**.*

Q5. Indiquer le rôle des champs SOF (Start Of Frame), EOF (End Of Frame) et CRC dans une trame CAN.

*Afin d'acquérir les données du MPPT, le système de supervision doit émettre une **trame de requête** CAN avec « MPPT ID » = 0001 et 7 octets de données attendus.*

Q6. **Dans le document réponses**, compléter en binaire le contenu de la trame de requête CAN, tout en faisant apparaître les différents champs.

Le MPPT mesure la tension et le courant en provenance des panneaux solaires (U_{IN} et I_{IN}), la tension en provenance des batteries (U_{OUT}) et la température du système ($T_{AMBIANTE}$).

Q7. À partir de la documentation PP1, relever les tensions typiques de fonctionnement, en entrée et en sortie du MPPT, le courant maximum en entrée du MPPT, les températures maximum et minimum de fonctionnement du MPPT.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

*Les mesures effectuées par le MPPT sont numérisées puis encapsulées dans une **trame de données** CAN.*

On a capturé une trame de données émise par le MPPT. Le contenu du champ DATA de cette trame est le suivant :

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Byte 1	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**1**	**1**
Byte 2	**0**	**1**	**1**	**0**	**1**	**1**	**0**	**1**
Byte 3	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Byte 4	**1**	**0**	**0**	**0**	**1**	**1**	**1**	**1**
Byte 5	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**1**
Byte 6	**0**	**1**	**1**	**0**	**1**	**1**	**0**	**1**
Byte 7	**0**	**0**	**0**	**1**	**1**	**0**	**0**	**1**

Q8. Préciser les valeurs de Uin, Iin, Uout et température ambiante sous forme hexadécimale et décimale, et calculer les grandeurs correspondantes. Utiliser la **documentation PP1** pour la mise à l'échelle des valeurs lues.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Partie D. Étude des services d'acquisition et de stockage des informations

Cette partie concerne le processus d'acquisition des mesures de production par le système de supervision et leur enregistrement dans la base de données.

Elle a pour objectif de contribuer à sa modélisation, de valider son architecture logicielle, et de proposer des améliorations.

Le diagramme de classe permettant de remplir cette tâche est donné ci-dessous.

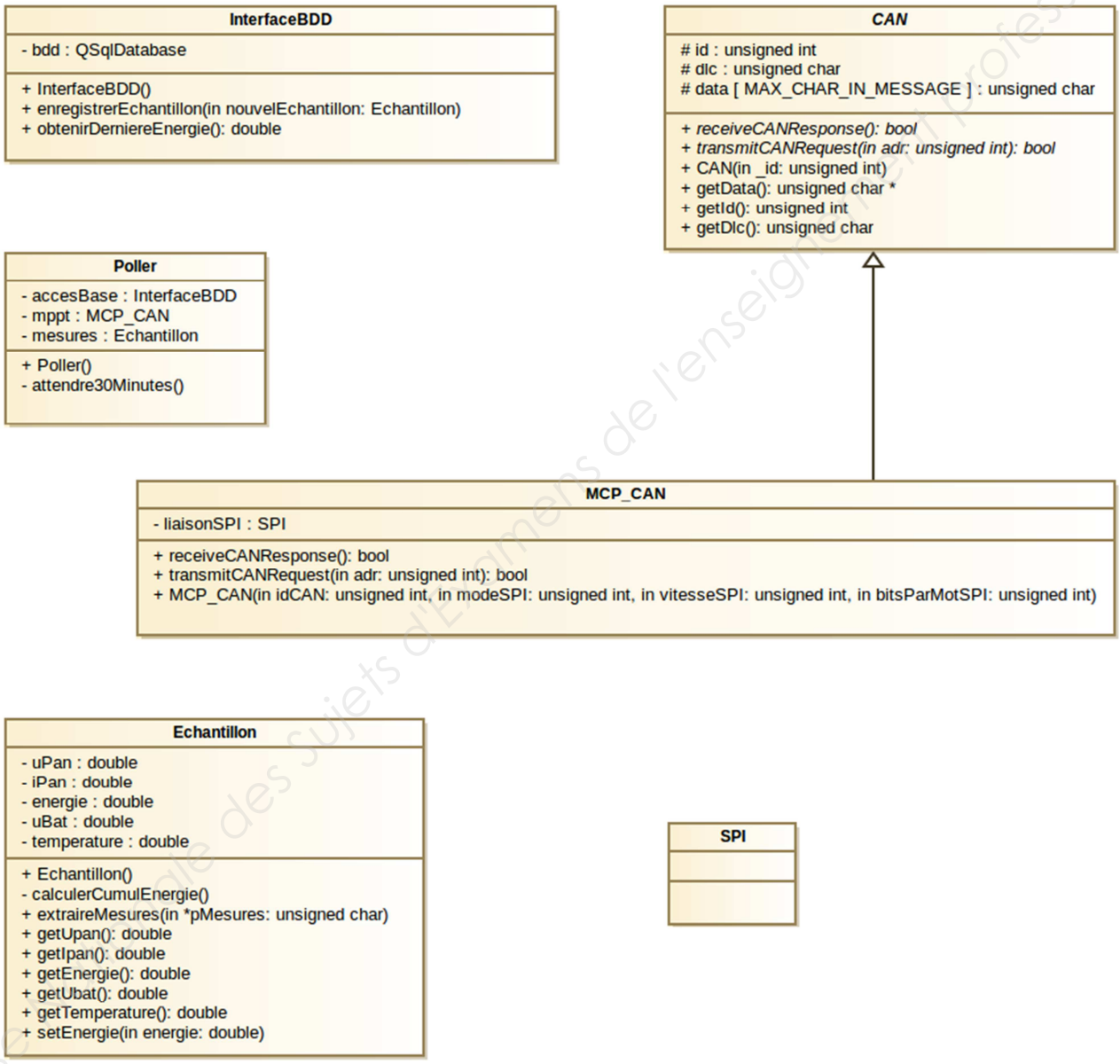


Figure 3 : diagramme de classes

Base nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Au démarrage du processus, un objet de la classe Poller est instancié. La base de données est ouverte et une lecture de la dernière valeur de l'énergie est réalisée.
Ensuite, une requête est envoyée au MPPT toutes les trente minutes. La réponse à cette requête contient les informations sur un échantillon de mesure énergétique.
Ce dernier est mis en forme et enregistré dans la BDD.

La classe « Echantillon » permet de gérer un échantillon de mesures.

Elle contient les attributs suivants :

- *« uPan » et « iPan » qui sont respectivement la tension et l'intensité délivrées par le panneau solaire. Ces attributs correspondent aux valeurs Uin et Iin du MPPT ;*
- *« energie » qui correspond à l'énergie cumulée ;*
- *« uBat » pour la tension de la batterie. Cet attribut correspond à la valeur Uout du MPPT ;*
- *« temperature » qui correspond à la température ambiante.*

Q9. Indiquer et justifier la relation entre la classe CAN et la classe MCP_CAN.

Q10. Indiquer si une instance de MCP_CAN peut (ou ne peut pas) accéder à l'attribut « data » déclaré dans la classe CAN. Justifier votre réponse.

Q11. **Dans le document réponses**, compléter les associations, les noms de rôles et les cardinalités sur le diagramme de classes.

Les questions suivantes concernent la classe « Poller ».

Le constructeur de la classe « Poller » effectue une boucle de scrutation de période 30 minutes.

À chaque tour de boucle, on envoie une requête sur le bus CAN, on attend la réponse du MPPT, on traite les informations dans la classe « Echantillon » puis on stocke ces informations dans la base de données.

Q12. Indiquer la méthode et la classe à appeler pour envoyer une requête au MPPT.

Q13. Indiquer la méthode et la classe à appeler pour enregistrer un échantillon dans la base de données.

Q14. Indiquer la méthode et la classe à appeler pour extraire les mesures issues du MPPT et les stocker dans l'échantillon.

Q15. **Dans le document réponses**, compléter en langage C++, le constructeur de la classe « Poller », en vous aidant du diagramme de séquence en **documentation PP3**.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Les questions suivantes concernent les classes MCP_CAN et Echantillon.

Q16. Écrire en C++ la déclaration de la classe MCP_CAN

La classe « Echantillon » permet d'instancier un objet contenant les valeurs de la dernière mesure récupérée sur le bus CAN.

La méthode « extraireMesures » reçoit en paramètre, les données de l'attribut « data » d'un objet de type « MCP_CAN » hérité de la classe « CAN », et traite les différents éléments de ce tableau pour les placer dans les attributs de la classe « Echantillon » (uPan, iPan…).

Cette méthode appelle la méthode « calculerCumulEnergie » afin de calculer l'énergie à partir des attributs de la classe.

La mesure se fait toutes les 30 minutes.

On fait l'hypothèse que la tension et l'intensité sont continues sur l'intervalle de mesure.

Formule littérale de l'énergie :

Formule littérale	E = P x t
Unités adoptées par EDF/ERDF	E est exprimée en W.h
Puissance	P = Tension x Intensité
Détails	E : énergie en wattheure (Wh) P : puissance en watt (W) t : temps en heure (h)

L'attribut « energie » de la classe Echantillon est calculée en Wh (Watt.heure).

Q17. Donner en C++ l'implémentation de la méthode « calculerCumulEnergie » permettant d'ajouter à l'attribut « energie » l'énergie produite depuis le dernier échantillon.

Q18. **Dans le document réponses**, compléter le code de la méthode « extraireMesures » permettant d'obtenir les mesures transmises par le bus CAN afin de créer un échantillon avant enregistrement dans la BDD. Consulter les **documentations PP1 et PP2**.

Base Nationale des Sujets d'Examen de l'enseignement professionnel

Les questions suivantes concernent la base de données et son évolution.

Consulter les documentations PP4 et PP5

La base de données « solaire » est constituée de deux tables.

La première sert à l'authentification des utilisateurs.

La seconde permet de stocker les différentes mesures.

Q19. Expliquer le rôle de la clé primaire « idMesure » de la table « mesures ».

Une acquisition a donné pour résultats : uPan = 24.0, iPan = 18.8, energie = 321.2, uBat = 23.8, temperature = 34.0.

Le champ horodatage est affecté automatiquement lors de l'enregistrement dans la base de données.

Q20. Écrire en langage SQL la requête permettant d'écrire cette nouvelle acquisition dans la base de données.

Pour une version plus évoluée du système, il est envisagé de pouvoir avoir plusieurs contrôleurs MPPT.

Il est donc proposé d'ajouter une table contenant les informations concernant chaque MPPT.

MPPT
IdMPPT
CAN_ID
nom

Le champ « idMPPT » correspond à la clé primaire de notre nouvelle table nommée « MPPT ».

Le champ « CAN_ID » correspond à l'identifiant associé à chaque MPPT sur le bus CAN.

Le champ « nom » correspond au nom donné pour la carte.

Q21. À l'aide des **documentations PP4 et PP5**, donner la requête SQL permettant de créer la table MPPT dans base de données nommée « solaire ».

Q22. Quel champ doit-on ajouter à la table « mesures » afin de modéliser la relation entre les mesures et la carte MPPT les ayant effectuées.

Q23. Dans le document réponses, compléter le schéma de la base de données en indiquant le nouveau champ de la table « mesures » ainsi que les cardinalités entre la table « mesures » et la table « MPPT ».

Q24. Donner le rôle du champ que vous avez ajouté à la table « mesures ».

Q25. Écrire en langage SQL la requête permettant de récupérer les valeurs de l'énergie liée au MPPT dont le champ « CAN_ID » a pour valeur 3.

Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Partie E. ÉTUDE DU RÉSEAU

L'objectif de cette partie est de valider l'architecture du réseau.

Un logiciel de simulation du déploiement des points d'accès conseille l'implantation de trois points d'accès par wagon. Cette étude portera sur le wagon central.

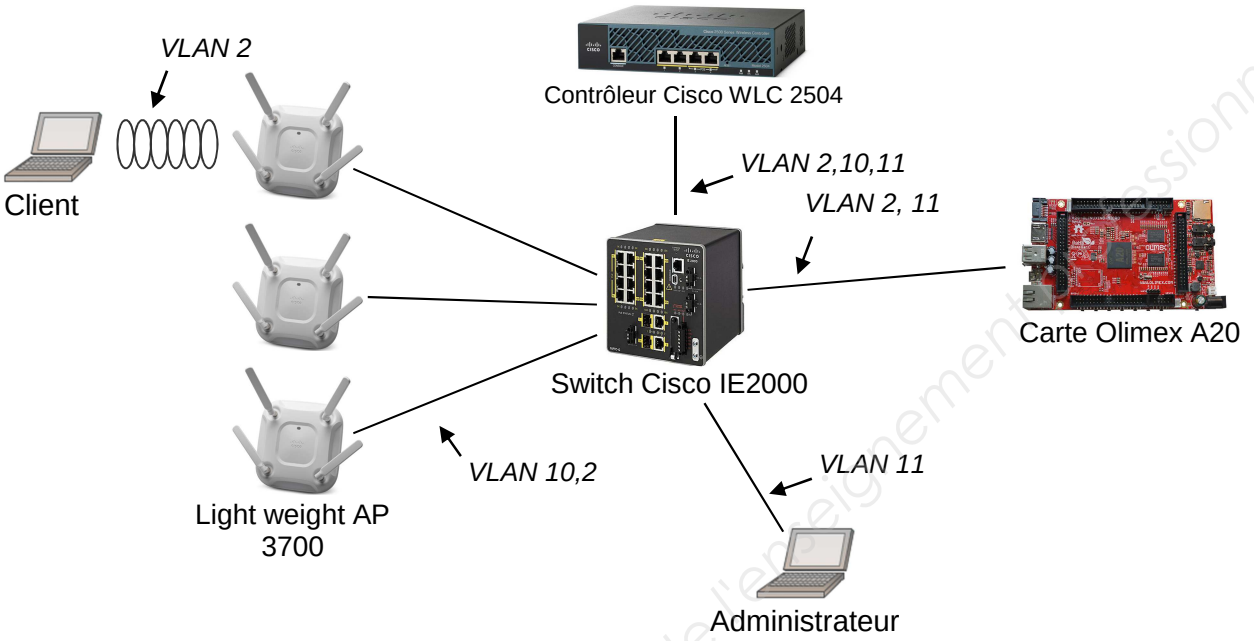


Figure 5 : schéma de câblage du réseau

La carte Olimex héberge le site Web à diffuser.

Les LAP (Lightweight Access Point) diffusent le réseau WIFI. Ils reçoivent leur configuration du contrôleur et diffusent le réseau WIFI.

Le contrôleur de réseau WIFI contrôle les différents LAP installés dans le wagon. Au démarrage du réseau, le contrôleur envoie la configuration aux LAP (puissance du signal, canal d'émission, sécurité, SSID…). Lorsqu'un client est connecté à un LAP, l'ensemble des messages en provenance ou à destination des clients est encapsulé par le LAP dans une trame CAPWAP à destination du contrôleur. Le contrôleur désencapsule ces trames et renvoie lesdites trames au récepteur.

Le VLAN 10 transporte les informations de configuration entre les LAP et le contrôleur WLC (réseau IP 192.168.10.0 /24).

Le VLAN 11 transporte les informations d'administration du réseau entre le PC administrateur et le contrôleur WLC (réseau IP 192.168.11.0 /24). Il est également possible depuis le PC Administrateur d'établir une connexion SSH vers la carte Olimex.

Le VLAN 2 transporte les données entre les clients et le serveur WEB (réseau IP 192.168.2.0 /24).

Remarque : certains équipements sont capables de communiquer sur plusieurs VLANs. Dans ce cas, ils possèdent une adresse IP dans chacun des VLANs auxquels ils sont associés.

Base nationale des sujets d'examens de l'enseignement professionnel

Le site Web a été développé en langage PHP et est hébergé par le service apache sur la carte Olimex.

Q26. **Dans le document réponses**, compléter le schéma en utilisant les mots suivants : HTTP, TCP, IP, Ethernet, Point d'accès et WIFI.

Q27. **Dans le document réponses**, renseigner les adresses IP et la valeur du masque (en décimal pointé) à donner à chaque équipement du réseau.

Afin d'optimiser le câblage réseau dans le train, on souhaite pouvoir acheminer plusieurs réseaux de niveau 2 sur un même support.

Q28. Indiquer la technologie qui permet cela.

Q29. Indiquer comment les équipements connectés peuvent distinguer les trames appartenant à différents réseaux de niveau 2.

Q30. **Dans le document réponses,** en vous aidant de la **documentation PP6**, décomposer la trame 802.1Q présente **dans le document réponse**s en indiquant les adresses MAC source et destination, ainsi que les adresses IP source et destination, le type de protocole et le numéro de VLAN.

Q31. Indiquer entre quels équipements se fait la communication précédente.

Q32. Indiquer si la valeur du champ VLAN ID est cohérente pour cet échange de trame. Justifier votre réponse.

On souhaite que les voyageurs aient un minimum de configuration à faire pour accéder au réseau.

Q33. Indiquer les 2 services nécessaires pour distribuer automatiquement les configurations IP et résoudre les noms de domaine.

Base Nationale des Sujets d'Examen de l'enseignement professionnel

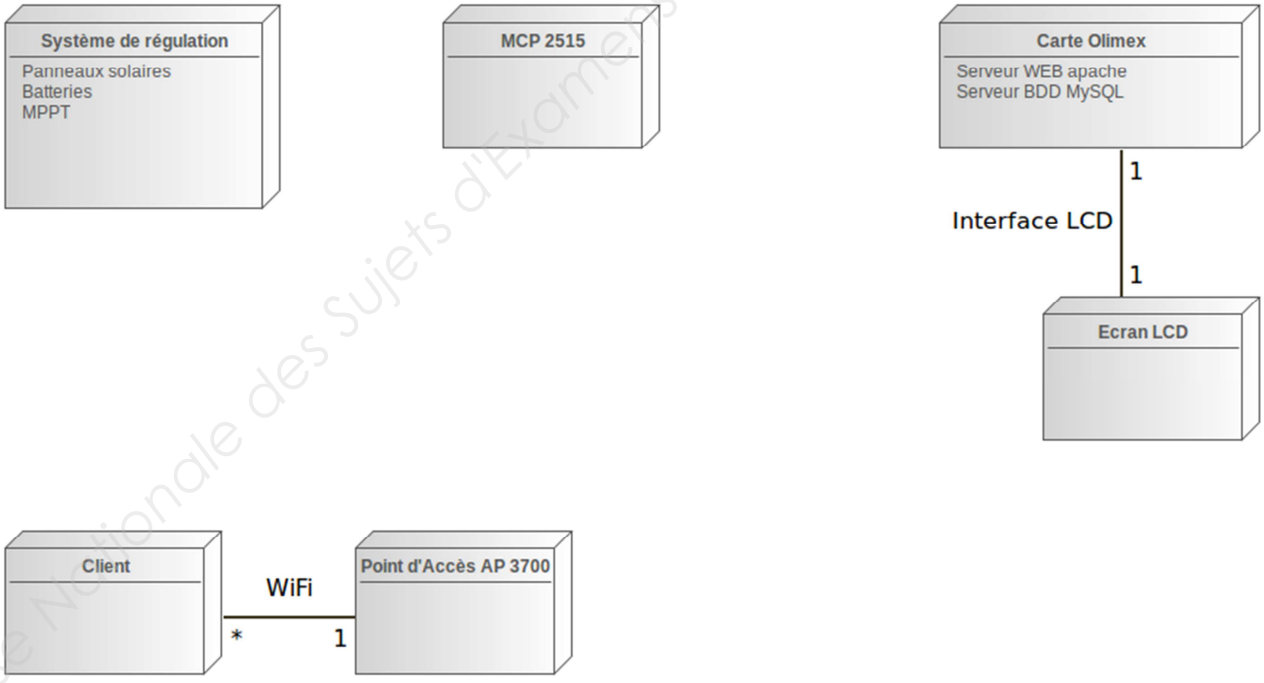
DOCUMENT RÉPONSES – Domaine Professionnel

À RENDRE AVEC LA COPIE

Q1. Pour chaque question, cocher la case « VRAI » ou « FAUX »

Propositions	VRAI	FAUX
Cette représentation est la description du modèle vu par les acteurs du système		
Le technicien SNCF, qui est un utilisateur autorisé, a un contrôle sur la production d'énergie		
D'un point de vue UML l'utilisateur est une spécialisation de l'utilisateur autorisé (technicien)		
Le technicien SNCF, qui est un utilisateur autorisé, peut modifier les informations concernant la production d'énergie à destination des passagers		

Q4. Compléter les liaisons, les composants manquants, les cardinalités et les noms des supports transportant l'information dans le diagramme de déploiement.

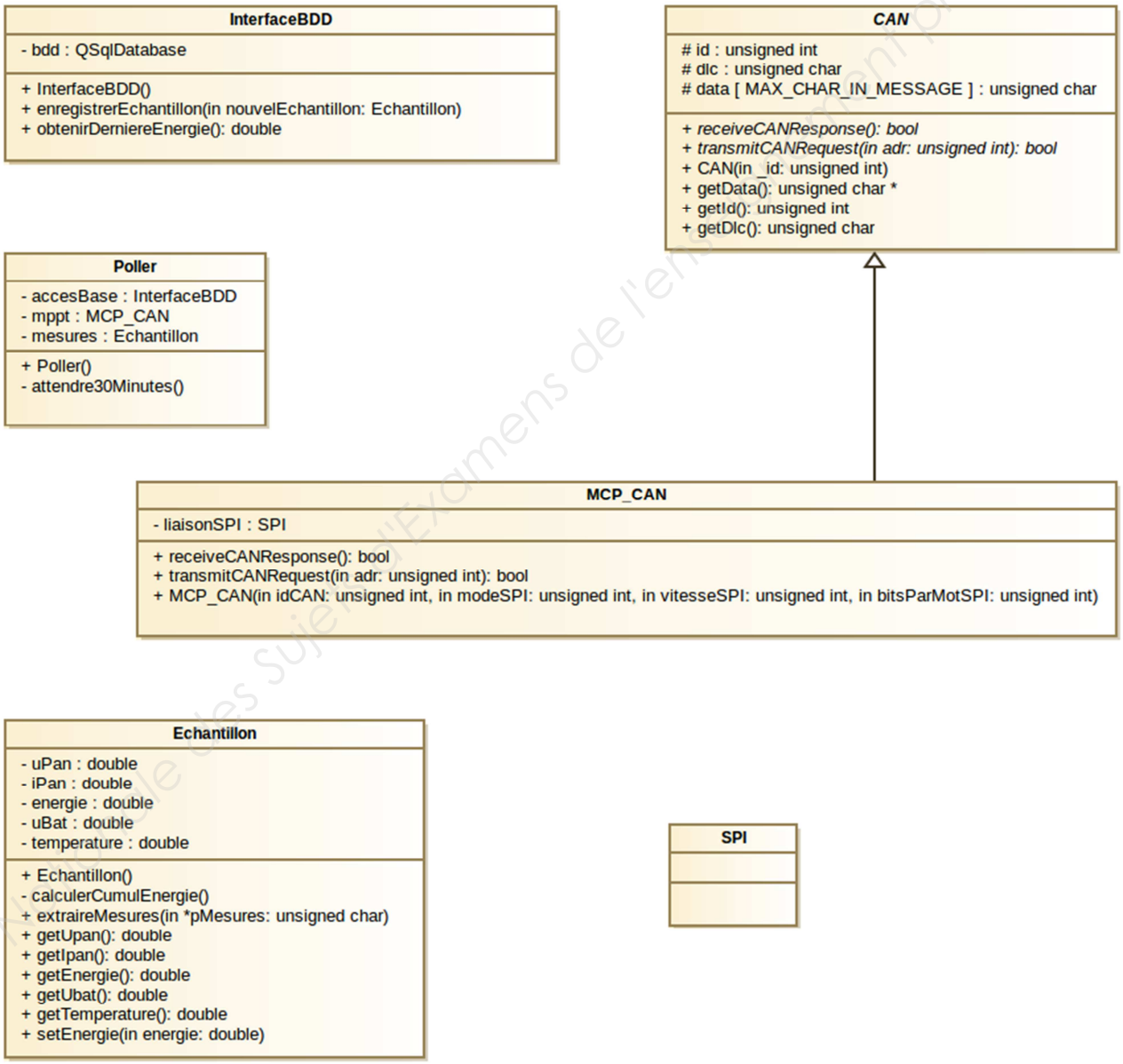


Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Q6. Compléter en binaire le contenu de la trame de requête CAN, tout en faisant apparaître les différents champs

		CRC (16 bits)		

Q11. Compléter les associations, les noms de rôle et les cardinalités sur le diagramme de classes.



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Q15. Compléter en langage C++, le constructeur de la classe « Poller », en vous aidant du diagramme de séquence en **documentation PP3**.

```
Poller::Poller()
{
    double cumulEnergie = accesBase.obtenirDerniereEnergie() ;
    mesures.setEnergie(cumulEnergie) ;
    while(true)
    {
        bool retReceive = false ;
        bool retTransmit = false ;
        unsigned char *pData = NULL ;
        // boucles pour réception









        // récupération des données


        // extraction des mesures


        // enregistrement de l'échantillon dans la bdd


        // attente période de scrutation


    }
}
```

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Q18. Compléter le code de la méthode « extraireMesures » permettant d'obtenir les mesures transmises par le bus CAN afin de créer un échantillon avant enregistrement dans la BDD. Consulter les **documentations PP1 et PP2**.

```
void Echantillon::extraireMesure(unsigned char *pMesures)
{
    // calcul de uPan
    unsigned short uInMSB = pMesures[0] & 0x03 ;
    unsigned short uInLSB = pMesures[1] ;
    unsigned short uIn = uInMSB << 8 | uInLSB ;
    // 1023 est la valeur max possible sur 10 bits
    // 28V  est la tension max
    uPan = ((double)uIn / 1023)*28 ;
    // calcul de iPan




    // calcul du cumul énergétique


    // calcul de uBat




    // calcul de la température


}
```

Q23. Compléter le schéma de la base de données en indiquant le nouveau champ de la table « mesures » ainsi que les cardinalités entre la table « mesures » et la table « MPPT ».

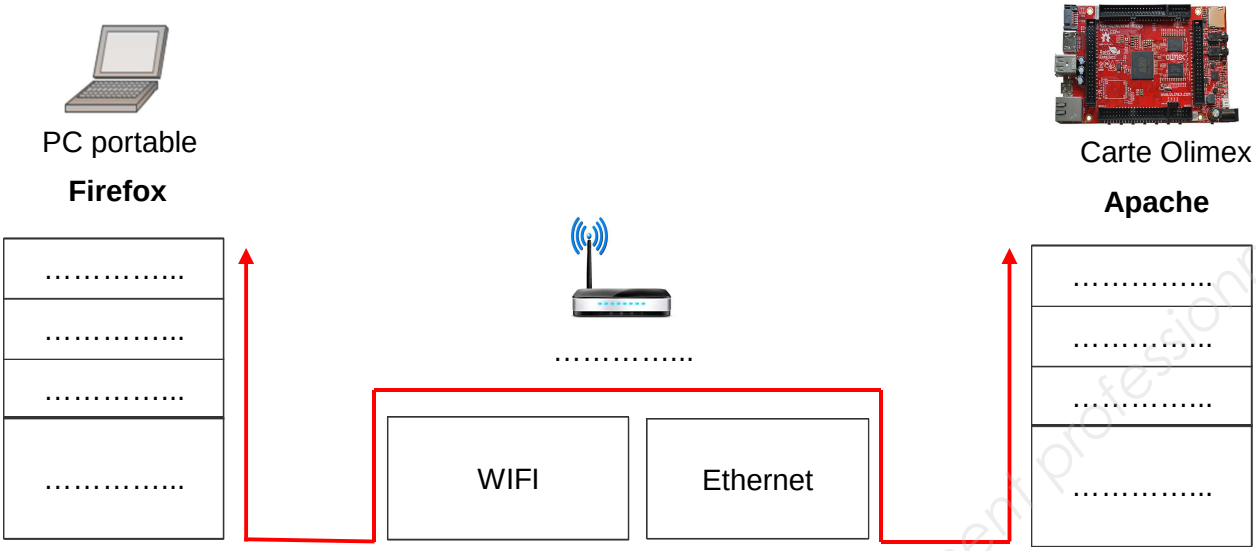
MPPT
idMPPT CAN_ID nom

mesures
idMesure horodatage tension_pan courant_pan energie tension_bat temperature

utilisateurs
idUser login mdp

Base nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Q26. Compléter le schéma en utilisant les mots suivants : HTTP, TCP, IP, Ethernet, Point d'accès et Wi-Fi.



Q27. Renseigner les adresses IP et la valeur du masque (en décimal pointé) à donner à chaque équipement du réseau.

	VLAN 10 WLC 2504 – Com LAP ↔ WLC @MAC: 00 1B 54 93 62 20 @IP: 192.168.10.1 Mask:……		VLAN 10 Access Point LAP1 @MAC: 00 1B 54 B3 97 64 @IP:192.168.10.2 Mask:……
	VLAN 11 WLC 2504 – Com PC admin ↔ WLC @MAC: 00 1B 54 93 62 21 @IP: …… Mask: ……		VLAN 10 Access Point LAP2 @MAC: 00 1B 54 A8 24 41 @IP:…… Mask:……
	VLAN 2 WLC 2504 – Com Serveur ↔ WLC @MAC: 00 1B 54 93 62 22 @IP: …… Mask: ……		VLAN 10 Access Point LAP3 @MAC: 00 1B 54 12 D4 66 @IP:…… Mask:……
	VLAN 2 PC Client @MAC: 00 1B E9 78 96 FA @IP: …… Mask: ……		VLAN 11 PC Administrateur @MAC: 00 1B E9 87 FE 21 @IP:…… Mask:……
	VLAN 2 Serveur Olimex (web) @MAC: 00 1B E9 41 23 65 @IP:…… Mask:……	VLAN 11 Serveur Olimex (ssh) @MAC: 00 1B E9 41 23 65 @IP:…… Mask:……	

Base Nationale des sujets d'examens de l'enseignement professionnel

Q30. En vous aidant de la **documentation PP6**, décomposer la trame 802.1Q présente dans le document réponse en indiquant les adresses MAC source et destination, ainsi que les adresses IP source et destination, le type de protocole et le numéro de VLAN.

Trame 802.1Q (le préambule+SFD et le FCS ne sont pas présents)

```
offset                          data
0000      00 1b 54 93 62 20 00 1b 54 b3 97 64 81 00 00 0a
0010      08 00 45 00 00 ec 01 27 40 00 ff 11 e4 85 c0 a8
0020      0a 02 c0 a8 0a 01 e6 75 14 7f 00 d8 00 00 00 20
0030      03 20 00 00 00 00 01 04 d7 31 00 00 00 00 01 08
0040      2c 00 00 1b 54 b3 67 54 00 1b e9 78 96 fa 00 1b
0050      e9 41 23 65 81 00 00 02 08 00 aa aa 03 00 00 00
0060      08 00 45 00 00 a0 0f 00 40 00 80 06 65 96 c0 a8
0070      02 0a c0 a8 02 73 c3 58 1f 90 9d 1f 84 aa 11 53
0080      01 af 50 18 00 44 27 ca 00 00 47 45 54 20 68 74
0090      2e 6d 73 66 74 6e 63 73 69 2e 63 6f 6d 2f 6e 63
...
00e0      48 6f 73 74 3a 20 77 77 77 2e 6d 73 66 74 6e 63
00f0      73 69 2e 63 6f 6d 0d 0a 0d 0a
```

Champ	Valeur
Adresse MAC destination	
Adresse MAC source	
Numéro de VLAN	
Protocole de transport	
Adresse IP source	
Adresse IP destination	

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

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****.*

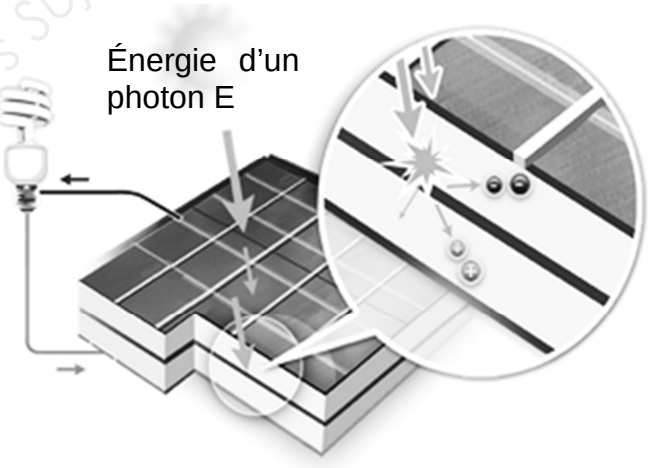


Figure 1

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

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

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

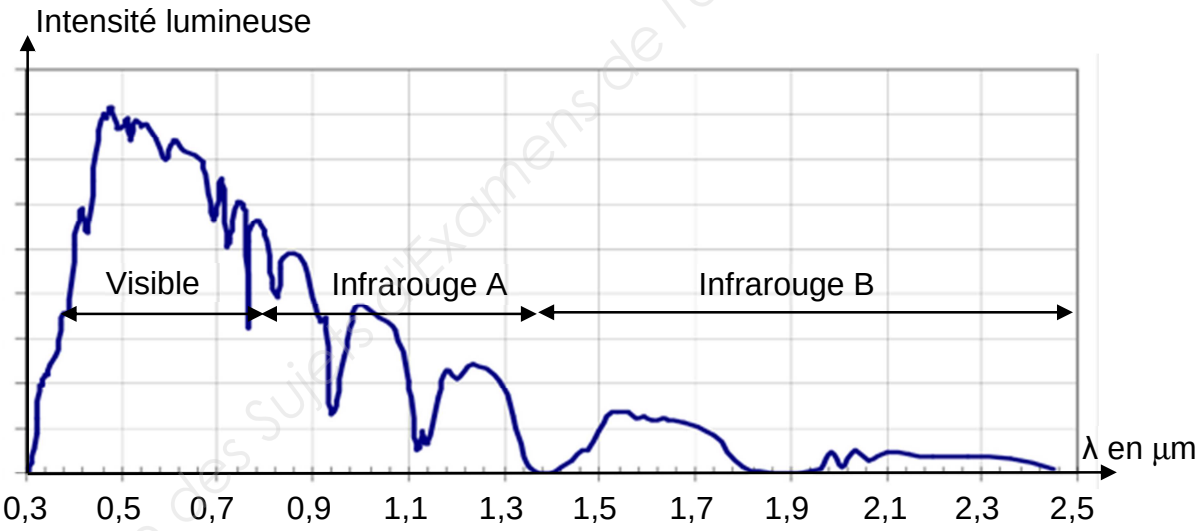


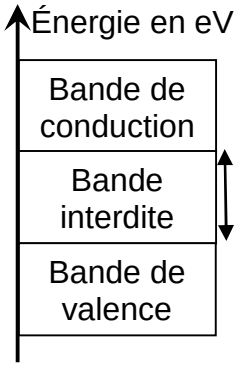
Figure 2 - Constitution du rayonnement solaire -

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 $1{,}60 \cdot 10^{-19}$ J.

Base nationale des sujets d'examens de l'enseignement professionnel

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 Eg correspondant à la largeur de la bande interdite.



Nature du matériau	Énergie Eg en eV
Germanium	0,66 eV
Silicium	1,12 eV
Arséniure de gallium	1,43 eV

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 λ_{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℃ à 80℃.

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.

Base Nationale des Sujets d'Examen de l'enseignement professionnel

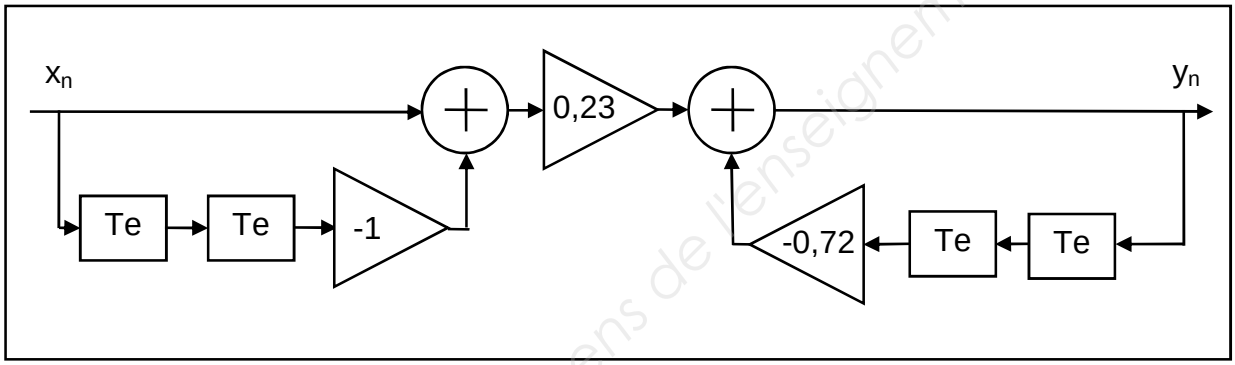
Partie B. Étude des paramètres permettant la sélection du canal Wi-Fi

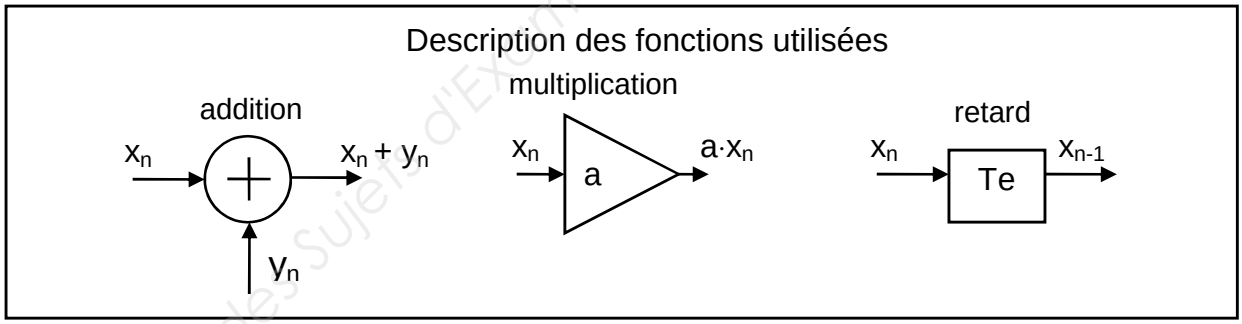
La technologie Wi-Fi européenne découpe sa bande de fréquences en 13 canaux. Ces derniers peuvent être utilisés par différents équipements (téléphone mobile, station météo…). Le contrôleur Cisco 2504 a pour rôle de choisir judicieusement les canaux pour chaque équipement afin d'éviter les interférences.

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.

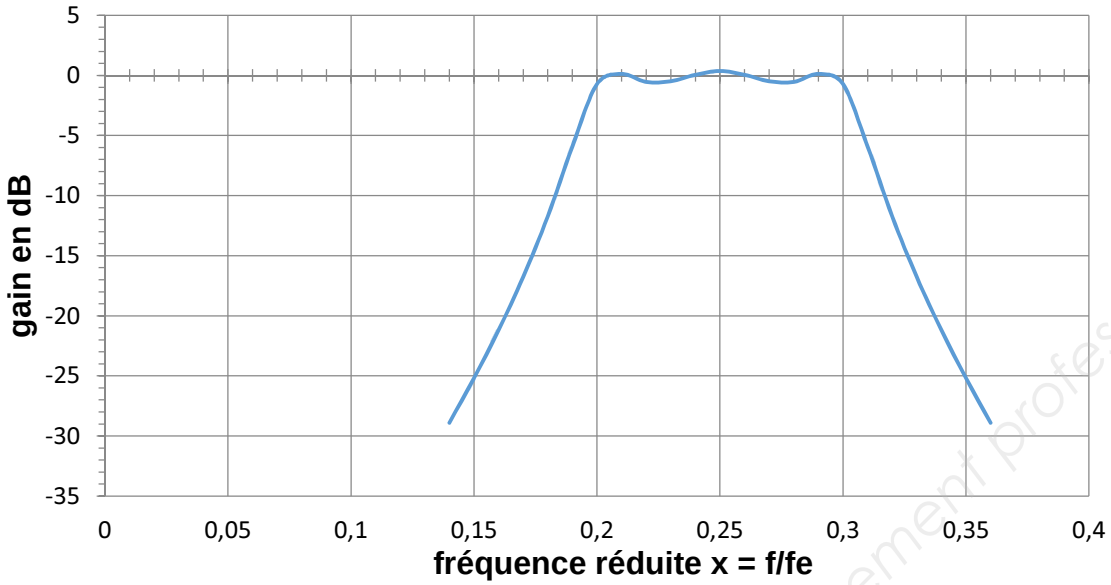
Q45. Montrer que : $\frac{Y(z)}{X(z)} = 0{,}23 \cdot \frac{z^2 - 1}{z^2 + 0{,}72} = \frac{N(z)}{D(z)}$.

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 $x = f / f_e$.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Réponse en fréquence du filtre passe bande de type Chebychev



Q46. Déterminer la valeur Δx 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 :

$BP_{th} = 0{,}10 \cdot f_e$ 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.

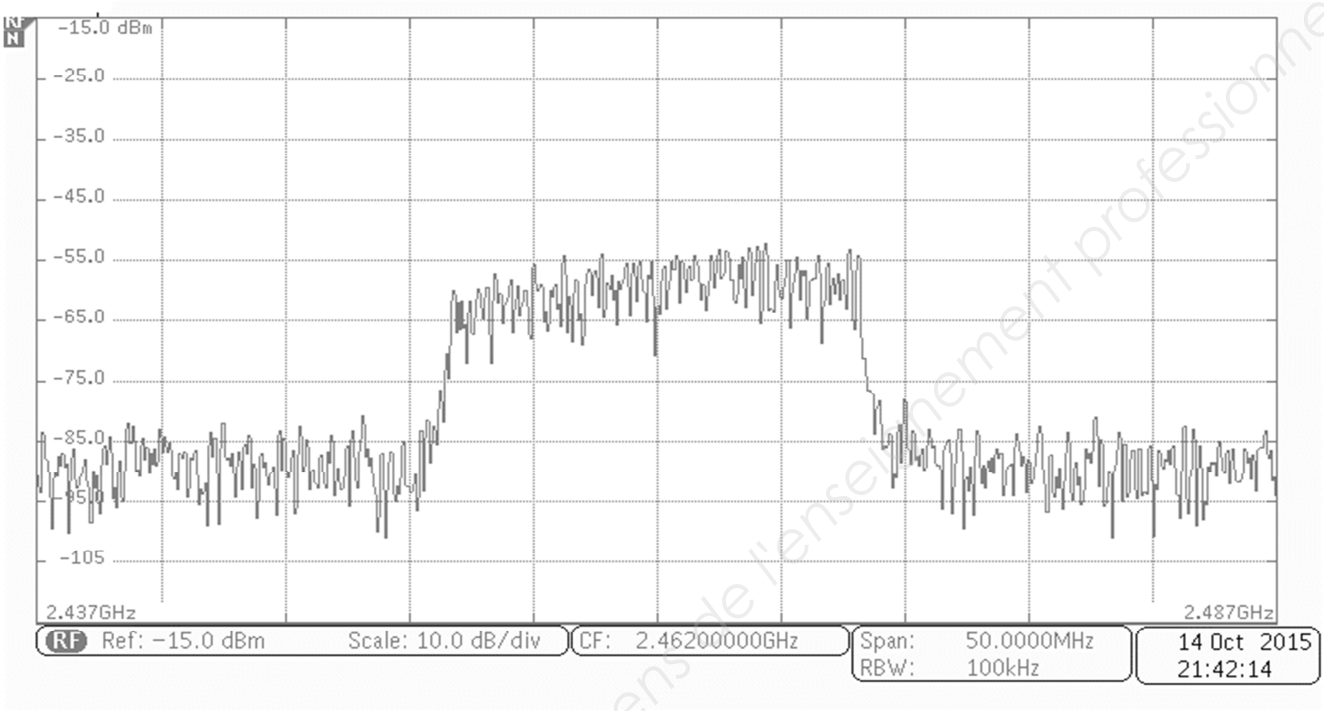
Q49. Indiquer le rôle des fréquences f_e et f_1 dans le paramétrage du canal de transmission.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

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.

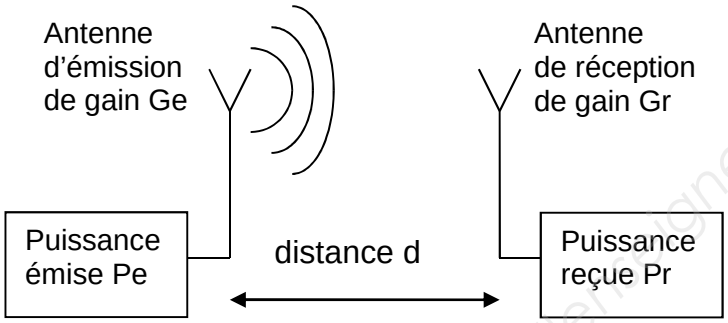
Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

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 Lp.*
- *l'environnement qui engendre une atténuation A.*



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

$$Pr = PIRE + Gr - Lp - A$$

Avec :
- *Pr : puissance reçue en dBm*
- *Gr : gain d'antenne de réception en dBi*
- *PIRE : puissance isotrope rayonnée équivalente en dBm*
- *Lp : atténuation de propagation en champ libre en dB*
- *A : atténuation de propagation due à l'environnement en dB*

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

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 :

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

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

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

$$Lp = 20 \cdot \log d + 20 \cdot \log f - 147{,}5$$

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 Lp en champ libre.

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

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

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

DOCUMENTATION

Documentation PP1 : Caractéristiques techniques du MPPT

MPPT MECHANICAL SPECIFICATIONS

Parameter	Unit	Minimum	Typical	Maximum
Operating Temperature	℃	-30		70
Weight	g		2 650	
Lenght	mm		340	
Width	mm		190	
Height	mm		80	

MPPT ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Parameter	Unit	Minimum	Typical	Maximum
Input Power Continous	W	5		3240
Input Power Peak	W			3600
Input Current	A_{DC}			150
Peak Efficiency	%		97,5	
Input Voltage Range	V_{DC}		24	
Output Voltage Range	V_{DC}		24	

CAN ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Supply Voltage	V_{DC}	6		18
Supply Current Recessive	mA	15		50
Supply Current Dominant	mA	60		100
Transmission Rate	kbits/s		125	
Bus lenght	m			500

ÉCHELLES DE MESURES ET DE CONVERSIONS ANALOGIQUES / NUMERIQUES

	U_{IN}		I_{IN}		U_{OUT}		$T_{AMBIANTE}$	
	Valeur codée sur 10 bits	**Tension correspondante**	**Valeur codée sur 10 bits**	**Intensité correspondante**	**Valeur codée sur 10 bits**	**Tension correspondante**	**Valeur codée sur 8 bits**	**Température correspondante**
min	0	0 V	0	0 A	0	0 V	- 128	-128℃
max	1023	28 V	1023	150 A	1023	28 V	127	127℃

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Documentation PP2 : Documentation bus CAN

Présentation bus CAN

Le bus CAN est un réseau de terrain de type multi-maître dont le débit maximum est de 1 Mbit/s. Le procédé d'attribution du bus est basé sur le principe de l'arbitrage bit à bit, selon lequel les nœuds (ou stations) en compétition émettant simultanément sur le bus comparent bit à bit l'identificateur de leur message avec celui des messages concurrents.

Les stations sont câblées sur le bus par le principe du « ET câblé », et en cas de conflit, c'est à dire émission simultanée, la valeur 0 écrase la valeur 1.

L'état logique **0** est appelé état **dominant**.

L'état logique **1** est appelé état **récessif**.

Dès qu'une station émettant un état récessif détecte qu'une autre émet au même moment un état dominant, elle s'arrête d'émettre. Tous les perdants deviennent automatiquement des récepteurs du message et ne tentent à nouveau d'émettre que lorsque le bus se libère.

Le bus CAN implémente deux types de trames pour la communication entre les stations :

- Les **trames de requête** caractérisées par :
  - La valeur du champ RTR est un bit récessif
  - Champ DLC (Data Length Code) codé sur 4 bits indiquant le nombre d'octets de données attendus.
  - Champ Data vide.
- Les **trames de données** qui sont caractérisées par :
  - La valeur du champ RTR est un bit dominant
  - Champ DLC (Data Length Code) codé sur 4 bits indiquant le nombre d'octets de données du champ Data.

Valeurs pour les autres champs des trames CAN :

- SOF : 1 bit dominant
- Res : 2 bits dominants
- ACK : 2 bits récessifs
- EOF : 7 bits récessifs

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

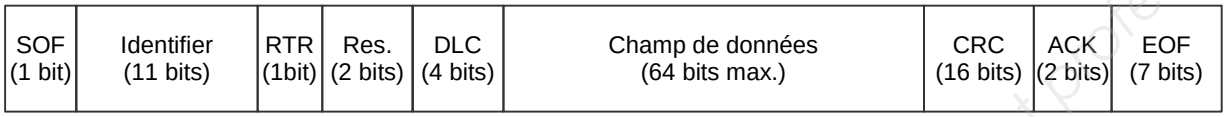
Caractéristiques des trames CAN (MPPT)

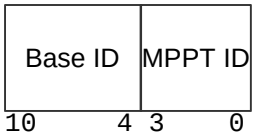
The CAN-driver circuit has to be powered externally.

CAN Communication Features :

- Full CAN V2.0A
- ID standard
- Nominal Bit rate 125 kbit/s
- Bus terminated on MPPT (124 Ohm)

The type of message used in this application is a standard data frame. Data frames consist of Arbitration Fields, Control Fields, Data Fields, CRC Fields, a 2 bit Acknowledge Field and an End of Frame.





Bits 10-4 : Base ID
1110001 for master request frame
1110111 for MPPT answer frame
Bits 3-0 : MPPT ID Available range = 0001 to 1111

Note : All MPPT IDs must be different.
Bits 3 to 0 correspond to the DIP-switch setting on the MPPT.

Bits	7	6	5	4	3	2	1	0
Byte1	BVLR	OVT	NOC	UNDV	X	X	MSB U_{IN}	
Byte2	LSB U_{IN}							
Byte3	X	X	X	X	X	X	MSB I_{IN}	
Byte4	LSB I_{IN}							
Byte5	X	X	X	X	X	X	MSB U_{OUT}	
Byte6	LSB U_{OUT}							
Byte7	$T_{AMBIANTE}$							

BVLR : Battery Voltage Level Reached Flag
0 → UOUT < UOUTMAX1 → UOUT ≥ UOUTMAX

OVT : Over Temperature Flag
0 → TCOOLER < TCOOLMAX1 → TCOOLER ≥ TCOOLMAX

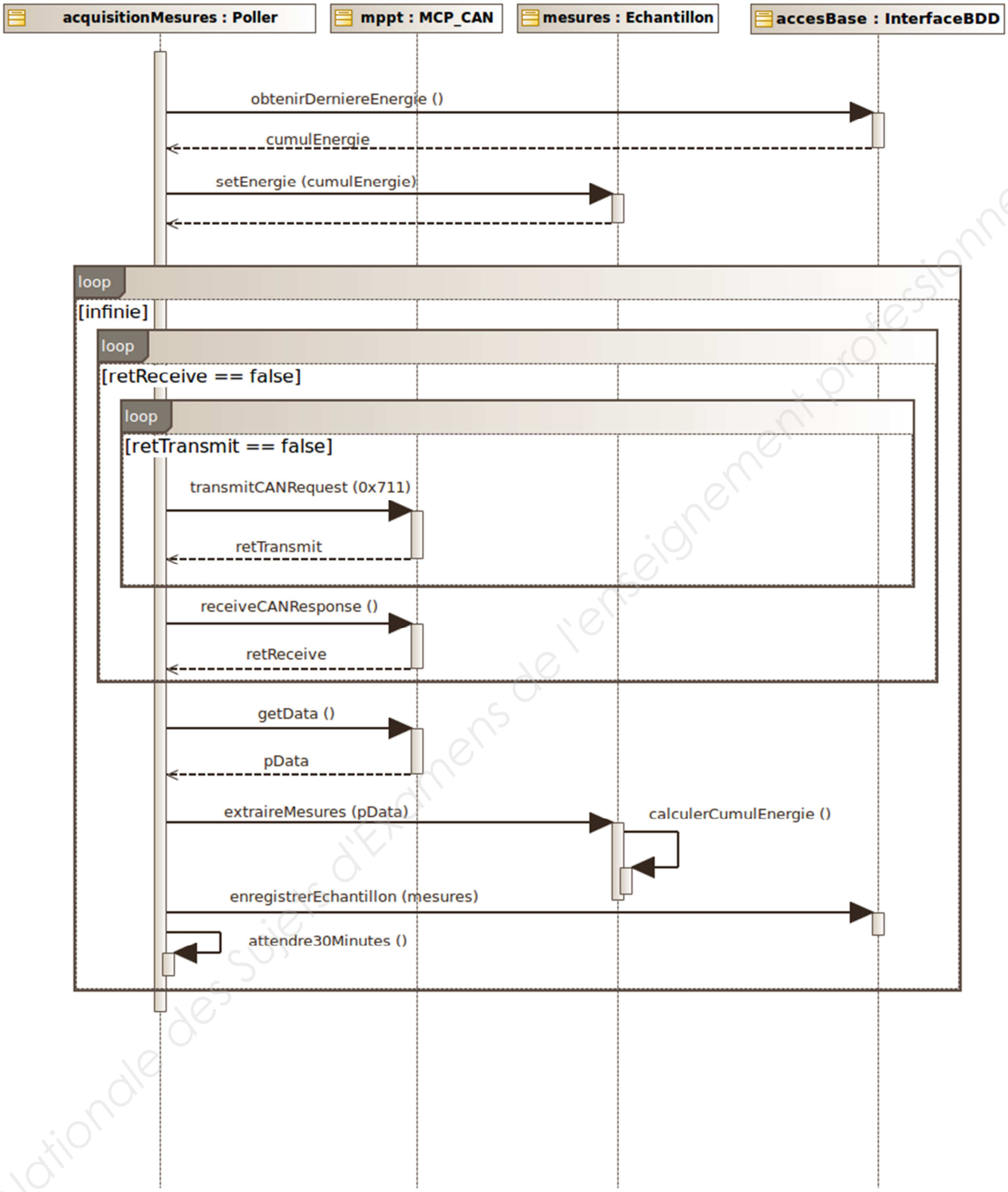
NOC : No Charge Flag
0 → Battery is connected1 → Battery is not connected

UNDV : UnderVoltage Flag
0 → U_{IN} > 26V1 → U_{IN} ≤ 26V

I_{IN}: 0 to 150 A
U_{IN}: 0 to 28 V
U_{OUT}:0 to 28 V
$T_{AMBIANTE}$:Steps of 1℃

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Documentation PP3 : Diagramme de séquence



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Documentation PP4 : Schéma relationnel de la base de données

La base de données est composée d'une table « mesures » et de quatre utilisateurs présents dans la table « utilisateurs ».

mesures
idMesure
horodatage
tension_pan
courant_pan
energie
tension_bat
temperature

utilisateurs
idUser
login
mdp

Documentation PP5 : Rappel des syntaxes SQL de Mysql

Utiliser (rendre active) une base de données existante :	`USE nom_de_la_base;`
Créer une base de données :	`CREATE DATABASE nom_de_la_base;`
Supprimer une base de données	`DROP DATABASE nom_de_la_base;`
Créer une table dans la base de données active:	`CREATE TABLE nomTable (id INT NOT NULL AUTO_INCREMENT, champ1 DOUBLE, champ2 VARCHAR, champ3 TIMESTAMP NOT NULL, …, PRIMARY KEY(id)) ;`
Lister la structure d'une table :	`DESCRIBE nomTable;`
Sélectionner toutes les informations de la table :	`SELECT * FROM nomTable ;`
Sélectionner seulement les informations d'un champ :	`SELECT nomChamp FROM nomTable ;`
Sélectionner tous les champs de la table nomTable correspondant à deux critères.	`SELECT * FROM nomTable WHERE nomChamp1 = 'poste' AND nomChamp3 < 12 ;`

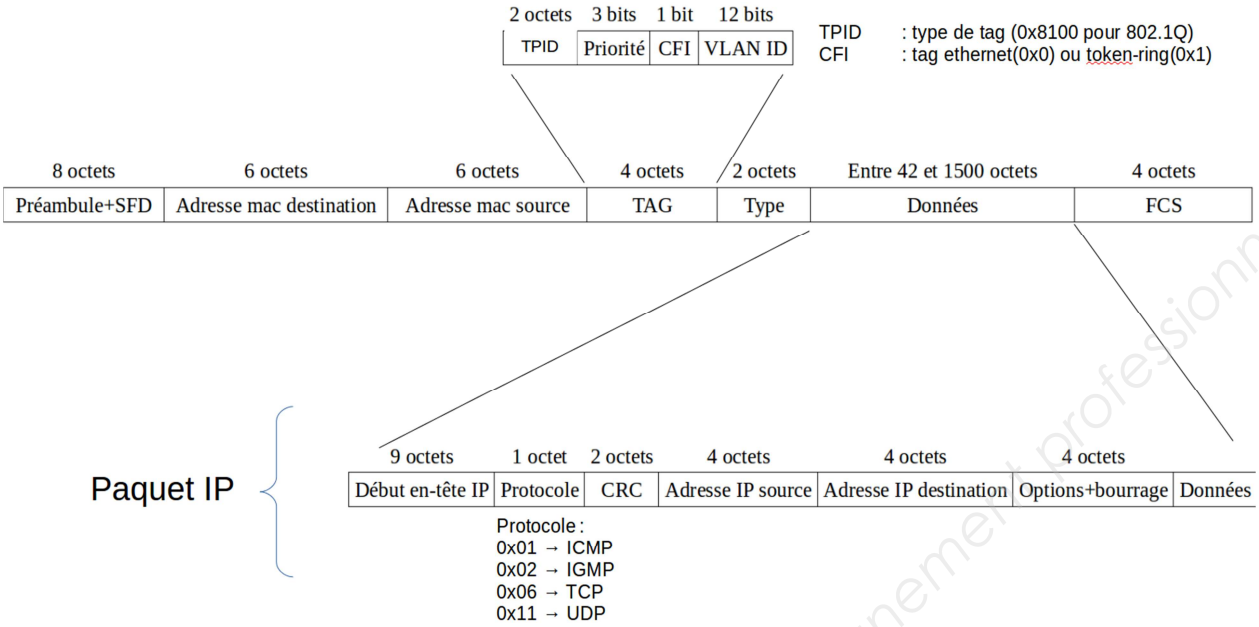
Sélectionner sur plusieurs tables
`nomTable1.nomChamp1 est clé primaire.`
`nomTable2.nomChamp4 est une clé étrangère vers nomTable1.`
	`SELECT * FROM nomTable1, nomTable2 WHERE nom_table1.nomChamp1 = nom_table2.nomChamp4 ;`

Écrire une nouvelle entrée dans une table de BDD :	`INSERT INTO nomTable( champ1, champ2) VALUES( 'valeur1', 'valeur2') ;`
Modifier les informations de l'entrée dont le champ id = 51 :	`UPDATE nomTable SET nomChamp1=10, valeur2=32 WHERE id=51 ;`

Base Nationale des Sujets d'Examen de l'enseignement professionnel

Documentation PP6 : Format de trame 802.1Q et paquet IP

Trame 802.1Q :



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

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[12] (Pnom)	327 W	320 W
Tolérance (module)	+5/–0%	+5/–0%
Rendement moyen (module)[13]	20,4%	19,8%
Tension à puissance maximale (Vmpp)	54,7 V	54,7 V
Courant à puissance maximale (Impp)	5,98 A	5,86 A
Tension en circuit ouvert (Voc)	64,9 V	64,8 V
Courant de court-circuit (Isc)	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 (Pmpp)	–0,38% / °C	
Coef. Temp. Tension (Voc)	–176,6 mV / °C	
Coef. Temp. Courant (Isc)	3,5 mA / °C	

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

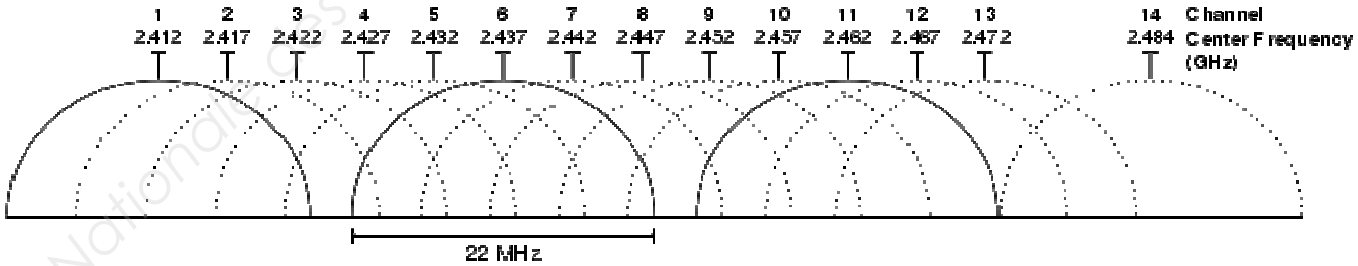
Extrait du site http://www.sunpower.fr/maison/panneau-photovoltaique-e20/

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

Base Nationale des Sujets d'Examen de l'enseignement professionnel

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.