

Filière Systèmes industriels

Orientation Power and Control

Diplôme 2009

Lionel Fontannaz

Hes·so VALAIS WALLIS

Rte du Rawyl 47 - 1950 Sion 2

*Gestion des stores électriques
en fonction de la lumière
et de la présence*

Professeur

Fariba Bützberger

Expert

André Rotzetta

HES-HEVS (Sion)



EM000006112726

Sion, le 6 juillet 2009

PC/2009/35

<input checked="" type="checkbox"/> FSI <input type="checkbox"/> FTV	Année académique / Studienjahr 2008/09	No TD / Nr. DA pc/2009/35
Mandant / Auftraggeber <input checked="" type="checkbox"/> HES—SO Valais <input type="checkbox"/> Industrie <input type="checkbox"/> Etablissement partenaire	Etudiant / Student Lionel Fontannaz	Lieu d'exécution / Ausführungsort <input checked="" type="checkbox"/> HES—SO Valais <input type="checkbox"/> Industrie <input type="checkbox"/> Etablissement partenaire
Professeur / Dozent Fariba Bützberger	Expert / Experte (données complètes)	
Travail confidentiel / vertrauliche Arbeit <input type="checkbox"/> oui / ja <input checked="" type="checkbox"/> non / nein		

Titre / Titel

Gestion des stores électriques en fonction de la lumière et de la présence

Description et Objectifs / Beschreibung und Ziele

Conception et réalisation d'un système intelligent de gestion des stores électriques d'une pièce habitable en fonction du rayonnement solaire et de la présence dans la pièce. Le système est composé de deux cartes électroniques faible consommation transmettant les signaux provenant des capteurs de présence et de rayonnement par la voie sans fil (Radio Frequency) et une carte réceptrice des signaux RF agissant sur le moteur électrique des stores. Le système proposé doit être souple, modulaire (Stand Alone) et simple à mettre en œuvre (Plug & Play).

Les objectifs du projet sont résumés :

- Etude du marché pour des produits existants.
- Choix et conception des équipements (Software et Hardware), avec une attention particulière pour le système de transmission RF des données des différents capteurs, ainsi que les consommations électriques des modules.
- Design et réalisation du prototype respectant les contraintes du cahier des charges.
- Développement et implantation des algorithmes de commande et contrôle.

Signature ou visa / Unterschrift oder Visum Resp. de la filière Leiter des Studieng.: Etudiant / Student:	Délais / Termine Attribution du thème / Ausgabe des Auftrags: 16.02.2009 Remise du rapport / Abgabe des Schlussberichts: 06.07.2009, 12:00 Exposition publique / Ausstellung Diplomarbeiten: 04.09.2009 Défense orale / Mündliche Verfechtung: Semaine / Woche 35
--	---

 2010/DE/NEBIS 5986762
Hes-so VALAIS WALLIS

Rte du Rawyl 47 - 1950 Sion 2

- 6 JUL. 2009

Rapport reçu le / Schlussbericht erhalten am Visa du secrétariat / Visum des Sekretariats

Stores intelligents

Diplômant/e Lionel Fontannaz

Objectif du projet

Conception et réalisation d'un système intelligent, modulaire et adaptable permettant la gestion de stores électriques en fonction du rayonnement solaire et de la présence dans la pièce dans le but de diminuer la consommation d'énergie.

Méthodes | Expériences | Résultats

Dans un premier temps, une étude de protocoles sans fil basse consommation a été réalisée. Une fois le protocole sans fil défini et l'analyse de ce dernier effectuée, le choix des capteurs et des composants permettant de traiter les signaux et de communiquer entre les cartes a été fait. La programmation des microcontrôleurs a ensuite été écrite et le développement de deux cartes émettrices et d'une carte réceptrice a été effectué.

Des tests de communication entre les cartes, de communication série entre les contrôleurs et les modules RF et des tests de consommation ont été faits tout au long du projet afin d'améliorer les codes.

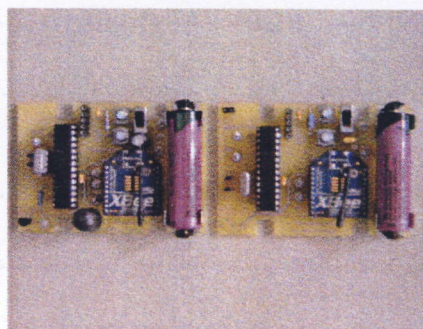
L'autonomie des cartes a été grandement améliorée par rapport aux projets précédents et la communication sans fil fonctionne correctement. Ce projet permet donc d'améliorer la consommation d'énergie de chauffage en hiver en utilisant l'énergie solaire passive et de diminuer la température intérieure d'une pièce en été.

Travail de diplôme
| édition 2009 |

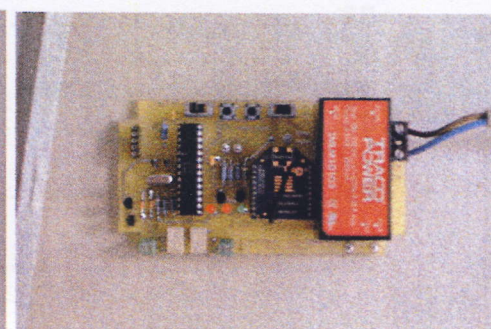
Filière
Systèmes industriels

Domaine d'application
Power & Control

Professeur responsable
Fariba Moghaddam
Fariba.Moghaddam@hevs.ch



Cartes émettrices



Carte réceptrice

Tables des matières

1	Description générale.....	2
1.1	Présentation du projet	2
1.2	But du projet	3
1.3	Stratégie de commande des stores	4
2	Choix d'un protocole sans fil	5
2.1	les différents protocoles adaptés	5
2.2	Comparaison des protocoles	6
3	Les modules Xbee	6
3.1	Caractéristiques générales des modules	6
3.2	Communication via Xbee	7
3.3	Trames API	9
3.4	Tests et programmation des modules	9
4	Choix des capteurs	14
4.1	Capteur de présence	14
4.2	Capteur de rayonnement	15
4.3	Capteur de température	16
5	Programmation des microcontrôleurs	17
5.1	l'UART	18
5.2	Exemple de définition du Baud Rate	22
5.3	Conversion A/D	23
5.4	Utilisation des périphériques numériques	27
5.5	Sleep mode	27
5.6	Interruptions externes	27
5.7	Watchdog	29
6	Design et fonctionnalités des cartes	30
6.1	Carte réceptrice	30
6.2	Cartes émettrices	31
7	Consommation des cartes et durée de vie de la pile	35
7.1	Carte présence	35
7.2	Carte rayonnement	37
8	Conclusions	38
8.1	Tests effectués	38
8.2	Résultats obtenus	38
8.3	Améliorations	38
9	Remerciements	39
10	Sources	39
11	Annexes	39

1 Description générale

1.1 Présentation du projet

L'utilisation et la construction de bâtiment utilisent aujourd'hui environ 40% de l'énergie produite. Une installation de protection solaire automatisée selon des critères énergétiques peut réduire, selon l'orientation d'une pièce, la consommation d'énergie de 10%.

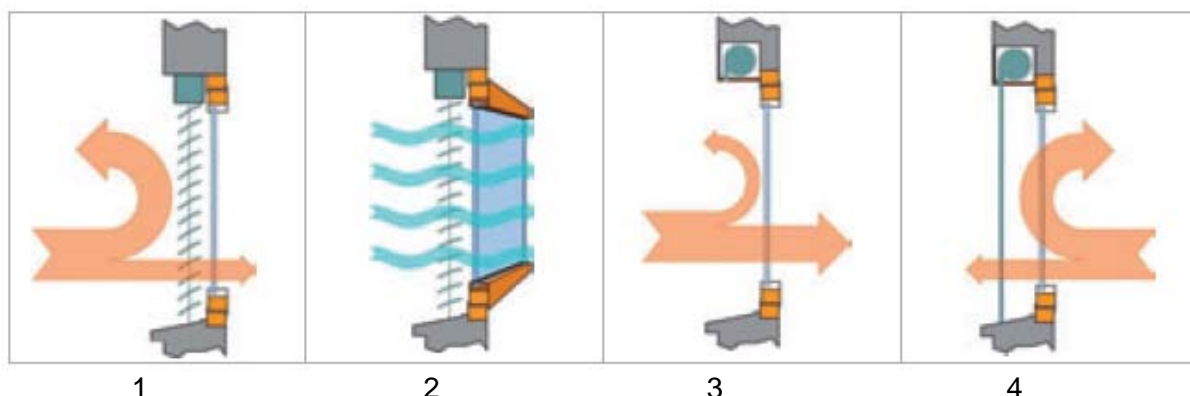


Figure 1 - Illustrations du rayonnement solaire

1. Durant la belle saison un store baissé permet de se protéger contre la surchauffe de la pièce. Ce qui permet de diminuer l'utilisation d'un système de climatisation.
2. L'ouverture du store durant les nuits estivales consent à une éventuelle aération naturelle se qui permet un refroidissement de la pièce.
3. Le rayonnement solaire à disposition l'hiver permet de chauffer naturellement la pièce exposée.
4. Les nuits hivernales, un store baissé permet de mieux conserver la chaleur à l'intérieur.

Un store intelligent rend donc dynamique le rayonnement solaire ce qui diminue l'utilisation de moyens annexes pour le chauffage et la climatisation. De plus, la lumière du jour est utilisée au maximum réduisant la consommation des éclairages artificiels.

1.2 But du projet

L'utilisation de capteurs de rayonnement et de présence permet de développer l'intelligence d'un store tout en permettant aux utilisateurs de la pièce de commander les stores selon leurs besoins. La gestion se fait donc pièce par pièce.

Le but du projet est donc de concevoir et de réaliser un système intelligent de gestion des stores électriques d'une pièce habitable en fonction du rayonnement solaire et d'une présence dans ladite pièce. Deux cartes électroniques de faible consommation doivent transmettre les signaux provenant des capteurs à une carte réceptrice qui commandera les stores. La communication entre les cartes sera réalisée à l'aide de signaux RF, les capteurs étant distants entre eux. L'utilisateur pourra toutefois régler les stores selon ses envies à tout moment à l'aide des interrupteurs en place.

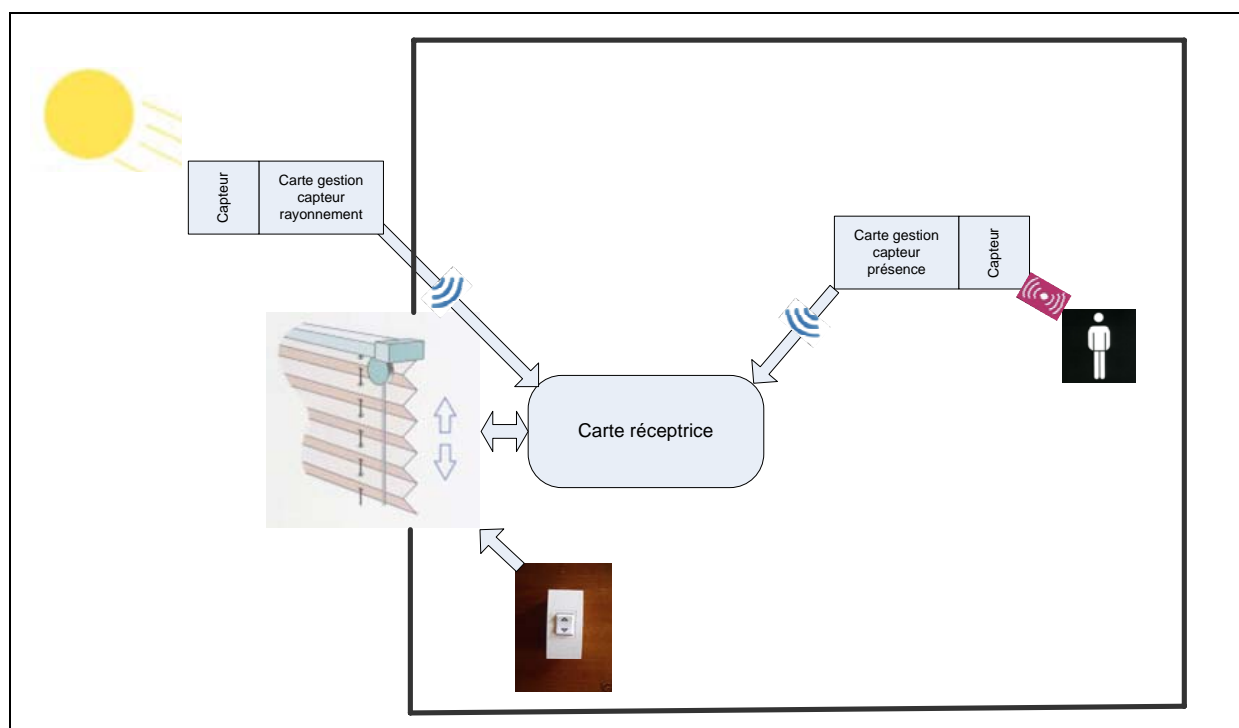


Figure 2 - schéma de principe du projet

Ce système, exploitable toute l'année, peut s'appliquer aussi bien aux maisons bien protégées thermiquement qu'aux vieux bâtiments. Les coûts d'implantation et d'exploitation n'engendrent que peu de frais étant donné que la communication est sans fil.

Ce projet est une suite d'un projet interne à la HES-SO Valais, OpenBat ou optimisation énergétique du bâtiment, financé par la réserve stratégique de la HES-SO.

1.3 Stratégie de commande des stores

En cas d'absence dans la pièce, les stores doivent donc être commandés de manière à optimiser la consommation énergétique. Cette commande dépend de la saison et du rayonnement. La saison est définie à l'aide d'un interrupteur sur la carte réceptrice et le rayonnement grâce à une cellule solaire.

En cas de présence dans la pièce, l'utilisateur doit pouvoir agir sur les stores. La présence est déterminée à l'aide d'un capteur de mouvement. Pour une question de confort, l'utilisateur ne doit pas être dérangé par des mouvements automatiques des stores. C'est pourquoi le capteur de rayonnement ne doit pas influencer la commande durant une présence.

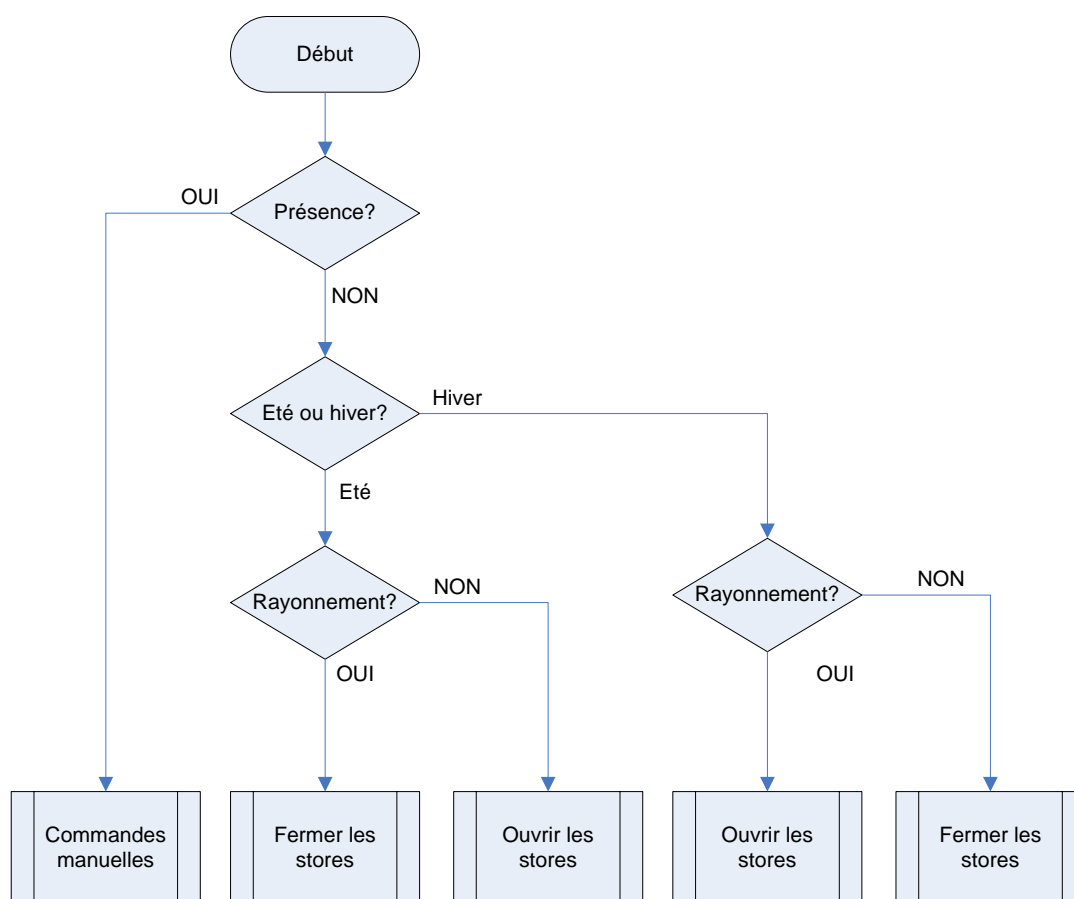


Figure 3 - Structogramme générale de l'application

2 Choix d'un protocole sans fil

Le système devant consommer le moins possible, le choix d'un protocole sans fil basse consommation est indispensable. Les protocoles les plus connus et les plus adaptés pour cette application sont le bluetooth, le Zigbee et l'ANT.

2.1 les différents protocoles adaptés

2.1.1 Le bluetooth



Bluetooth utilise une technologie radio courte distance destinée à simplifier les connexions entre les appareils électroniques. Elle a été conçue dans le but de remplacer les câbles entre les différents périphériques courants dans une habitation. Ce protocole permet une communication sur une distance de 1 à 100m selon la classe du module radio choisit pour une puissance d'émission de 1mW à 100mW. Le système Bluetooth opère dans la bande de fréquence ISM à savoir 2,4MHz et possède une vitesse de transfert de l'ordre du Mb/s.

2.1.2 Le Zigbee



ZigBee est un protocole de haut niveau permettant la communication de petites radios, à consommation réduite. Cette technologie a pour but la communication de courte distance telle que le propose déjà la technologie Bluetooth, tout en étant moins chère et plus simple. La fiabilité est assez élevée, le prix de revient faible et la consommation considérablement réduite. Toutefois la vitesse de transfert de ce protocole est moins importante que pour le bluetooth. On retrouve donc ce protocole, fonctionnant dans la bande de fréquence 2,4Mhz, dans des environnements embarqués où la consommation est un critère de sélection. De plus des modules performants et à faible coûts utilisant ce protocole, les Xbee, permettent de communiquer simplement avec des microcontrôleurs.

2.1.3 L'ANT



Opérant aussi dans la bande de fréquence ISM, le protocole ANT est un protocole de transmission à ultra basse consommation utilisant des modules de communication très compact. Ce protocole a été créé pour simplifier et optimiser les communications sans fil. Malgré d'importantes possibilités de configuration réseau et une vitesse de transmission proche de celle du bluetooth, cette technologie ne permet pas d'utiliser un coordinateur gérant des sous réseaux, alternative qu'offre la communication utilisant les modules Xbee.

2.2 Comparaison des protocoles

La vitesse de transfert n'étant pas un critère important pour cette application, le protocole Zigbee semble le mieux adapté car il entre tout à fait dans la ligne de conduite du projet, l'économie d'énergie. De plus, dans l'optique de laisser le présent projet ouvert à des améliorations futures, la possibilité de travailler en sous réseaux dirigés par un coordinateur permet de pouvoir gérer tout un bâtiment à l'aide d'un réseau commun ce qui est un avantage important.

3 Les modules Xbee

Les modules "Xbee séries 2 OEM RF" sont des transceivers radio spécialement conçus pour la réalisation de systèmes de communication au sein de réseaux de capteurs sans fil utilisant le protocole Zigbee. De petites dimensions, ces modules se distinguent par leur grande simplicité d'utilisation, leur faible consommation et leur coût très compétitif.



Figure 4 - module Xbee séries 2 OEM RF

3.1 Caractéristiques générales des modules

Les modules XBee présentent une puissance de transmission RF de 2 mW. La portée intérieure peut atteindre au maximum 40 mètres suivant la nature des obstacles. Le débit RF est de 250 Kbps alors que le débit à l'interface est au maximum de 230,4 Kbps.

Leurs caractéristiques avancées en matière de gestion de réseaux leur permettent de communiquer en broadcast, multipoints ou point à point sur près de 65'000 adresses différentes. Selon leur place et leur fonction dans le réseau, ils peuvent être paramétrés différemment:

- | | |
|------------------|--|
| En coordinateur: | Sous ce mode, un module peut gérer plusieurs sous-réseaux mais ne peut pas être utilisé en sleep mode, il sera donc utilisé pour le module de la carte réceptrice. |
| En Router: | Ce mode lui permet de gérer un seul sous-réseau et de se mettre en sleep-mode. Il peut donc avoir des modules dans son réseau et communiquer avec d'autres router et le coordinateur du réseau global. |

En End Device: Mode définissant le module comme étant en bout de chaîne. Ce mode est utilisé pour les Xbee se trouvant dans un réseau mais ne devant pas gérer d'autres modules. Cette configuration, utilisée pour les cartes émettrices, accepte également le sleep mode.

Pouvant être alimenté entre 2,1 et 3,6V, ils consomment environ 40mA lors des transmissions RF et moins d' 1uA en sleep mode selon le data sheet qui se trouve sur le cd annexe au rapport.

3.2 Communication via Xbee

Le module Xbee peut être connecté à n'importe quel circuit présentant une liaison UART pour autant que les niveaux de tension ne doivent pas être adaptés.

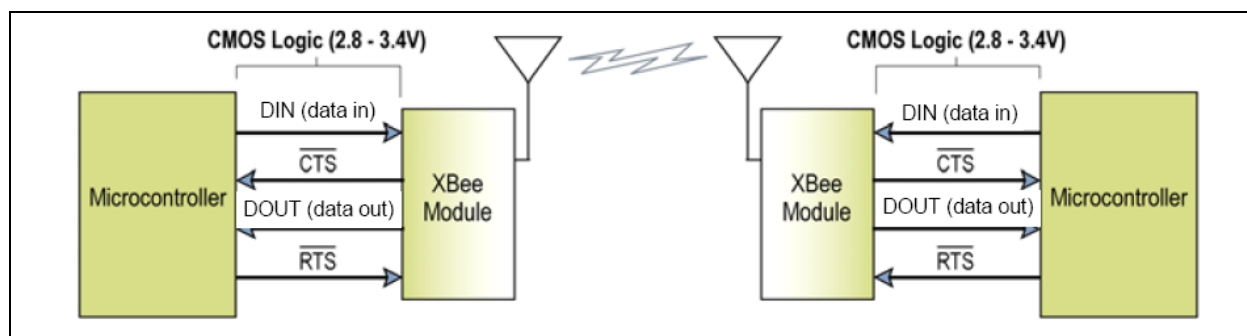


Figure 5 - illustration de la communication via Xbee

La communication est de type asynchrone entre le module et l'UART d'un microcontrôleur et se fait selon la figure 6. Chaque paquet est constitué d'un bit start de niveau bas, suivi de 8 bits de données avec le bit de poids faible en premier, et enfin un bit stop de niveau haut. La synchronisation des données et la vérification de la parité sont assurées par le module UART.

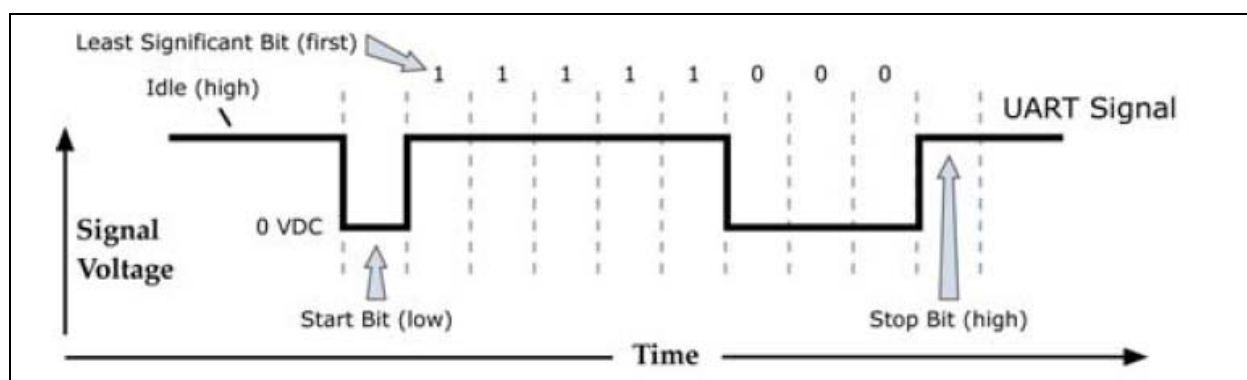


Figure 6 - trame transmise par le module Xbee

Etant connecté à un circuit présentant une liaison série asynchrone, le module utilise un buffer pour stocker les données transmises par l'UART via la pin DIN. Ce flux de données est contrôlé par le signal CTS. Lorsque le buffer ne dispose que d'un espace libre de 138 bits, CTS est mis à 1 afin de signaler au circuit d'arrêter l'envoi de données. Il est remis à 0 lorsque le buffer dispose de 276 bits d'espace mémoire libre.

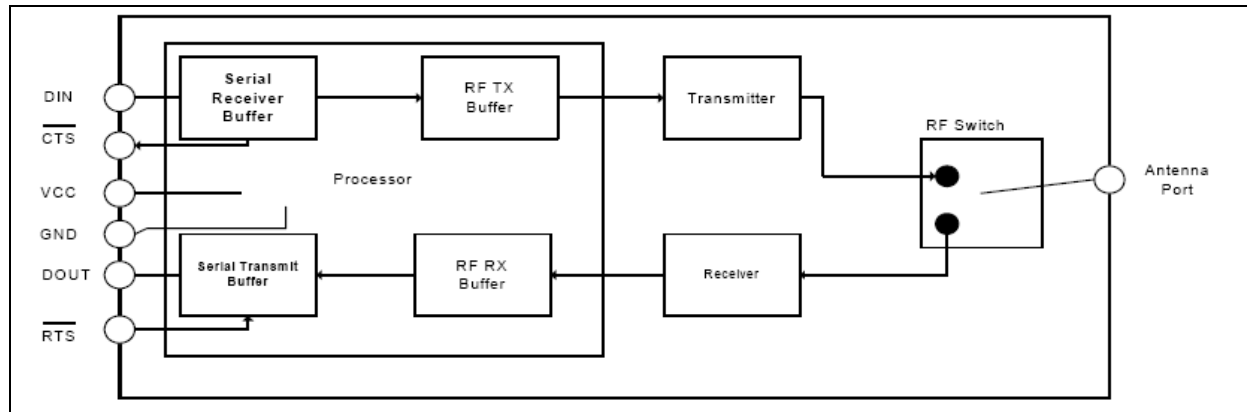


Figure 7 - structure interne des modules

Par ailleurs, un autre buffer est utilisé pour stocker les données reçues via RF. Lorsque ce buffer atteint sa capacité maximale, toute donnée envoyée par voie RF est perdue. Ce flux est contrôlé par le signal RTS. Lorsqu'il est au niveau haut, les données restent stockées dans le buffer. Elles ne sont transmises via la pin DOUT que lorsqu'il est au niveau bas. Il est à noter que lors d'une réception RF, le module Xbee transmet directement la trame reçue au buffer de sortie.

Le débit n'étant pas très important pour cette application, les signaux RTS et CTS ne sont pas gérés par le microcontrôleur.

3.3 Trames API

Les modules Xbee peuvent communiquer soit au travers de commandes AT, soit au travers de trames API (Application Programming Interface). Ces trames permettent de transmettre des données ainsi que des messages permettant de vérifier la réussite de la communication. Ce type de transmission est donc préférable.

Les trames API, transmises en Big Endian, se présentent sous la forme suivante:

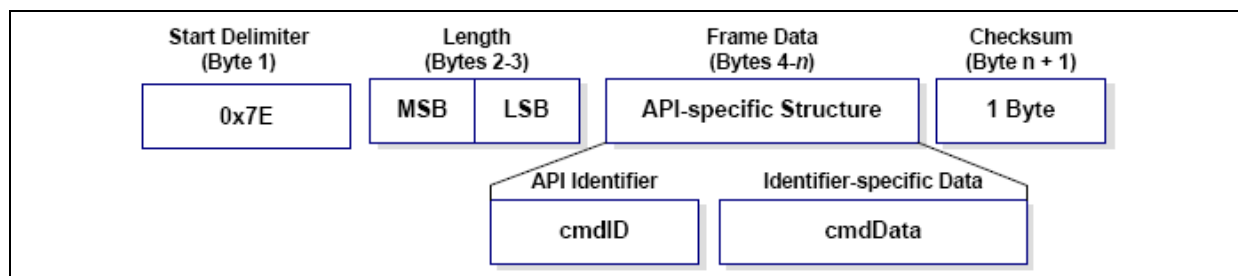


Figure 8 - structure d'une trame API

Start Delimiter :	Byte permettant à l'utilisateur de définir qu'il s'agit d'une trame API
Length :	Bytes définissant la longueur totale de la trame sans le Checksum
API Identifier :	Byte définissant quel type de commande contient la trame
cmdData :	Données spécifiques selon la commande désirée
Checksum :	Byte permettant de contrôler la bonne réception de la trame
	Le Checksum équivaut au dernier byte de la soustraction 0xFF-(somme des bytes compris dans Frame Data)

Les commandes et les types de trames possibles sont détaillées dans le data sheet du module Xbee et se trouvent également en annexe du rapport.

3.4 Tests et programmation des modules

Afin de faire des tests de communication série et de programmer facilement les modules, Digi met à disposition un programme, X-CTU, téléchargeable gratuitement sur leur site. Ce soft permet de transmettre des trames API ou des commandes AT à un module Xbee se trouvant sur une platine de test via le port série ou usb du PC. Il offre également la possibilité de programmer les modules de manière simple.

Les caractéristiques de la platine de test se trouvent en annexe.

3.4.1 Paramétrage à l'aide de X-CTU

Une fois le module Xbee sur la platine de test, le programme peut-être lancé. Il s'ouvre sur la fenêtre suivante:

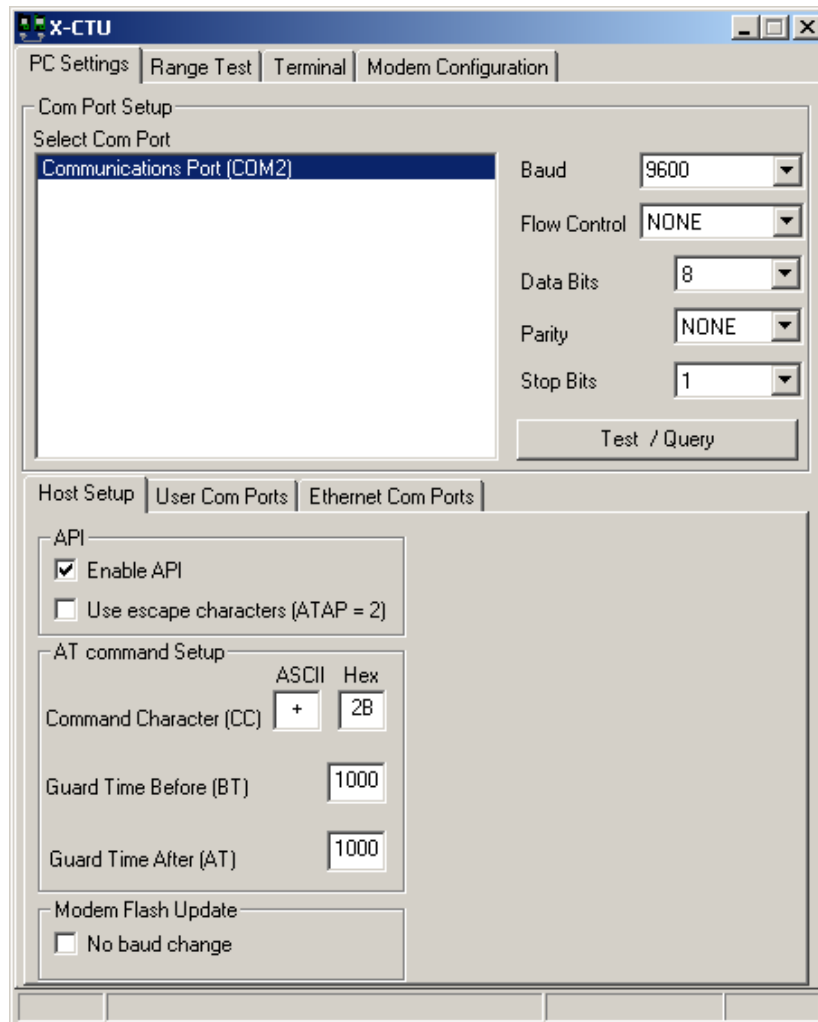


Figure 9 - PC Settings X-CTU

Les paramètres Flow Control, Data Bits, Parity et Stop Bits doivent prendre les valeurs indiquées sur la fenêtre. La vitesse, 9600 bauds pour cette application, et le mode de transmission peuvent être modifiés selon les besoins. Si les informations transmises sont de type API il faut cocher la case "Enable API".

Une fois les paramètres entrés, un test de communication peut-être effectué ce qui ouvre la fenêtre suivante:

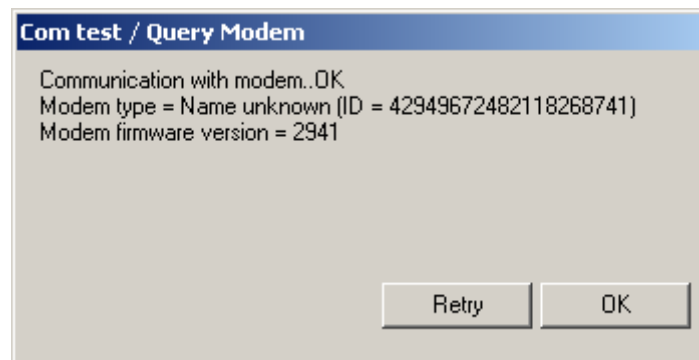


Figure 10 - Fenêtre Test X-CTU

Après avoir cliqué sur ok, l'accès aux paramètres du module se fait en sélectionnant l'onglet Modem Configuration. Un click sur read permet d'afficher la configuration du Xbee se trouvant sur la carte de test.

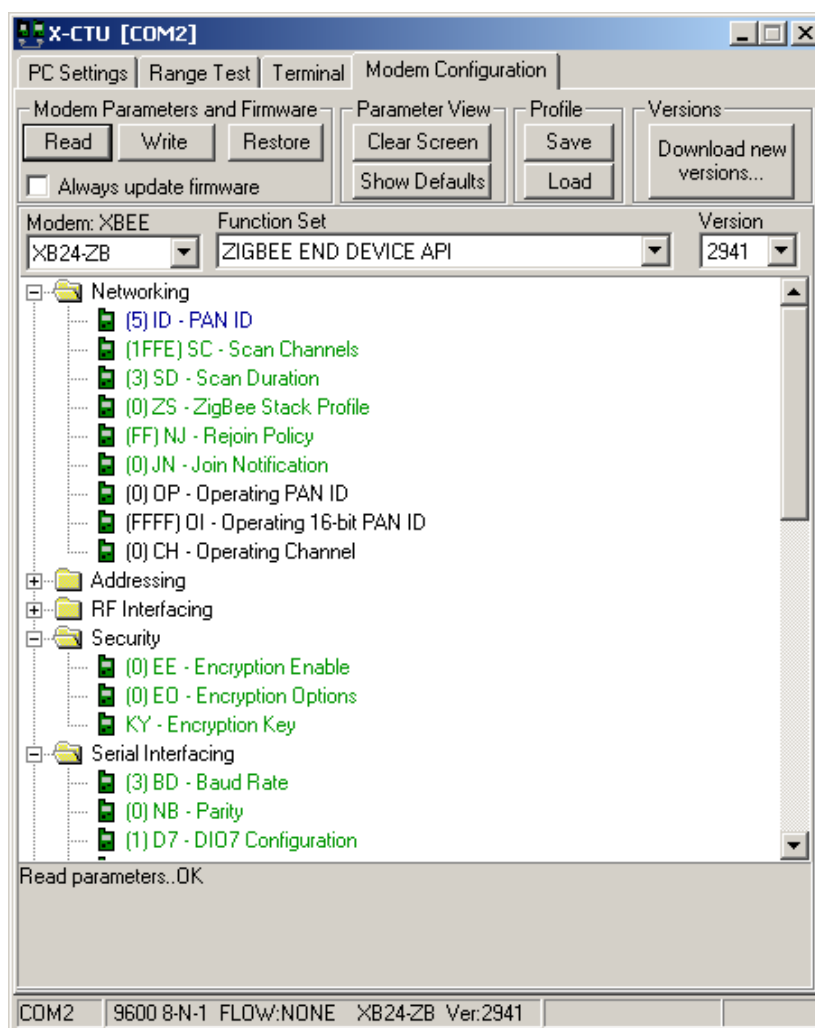


Figure 11 - Configuration du module X-CTU

Pour choisir de paramétrer le module en coordinateur ou en end device, il suffit de sélectionner son choix dans la liste se trouvant dans la barre de recherche Function Set.

Les paramètres importants pour l'application qui nous intéressent sont:

ID - PAN ID	Ce nombre doit être commun à tous les modules se trouvant dans un même réseau.
BD - Baud Rate	Définition de la vitesse de communication série du module.
SM -Sleep Mode	Définition du fonctionnement du sleep mode. Ce paramètre doit être mis à '1' pour les modules End Device. Le coordinateur n'a pas ce paramètre dans sa configuration.

Les autres paramètres n'ont pas besoin d'être changés. Une fois la configuration établie, le module peut-être programmé en cliquant sur write. Le Xbee peut ensuite être retiré de la plaque **après avoir coupé l'alimentation**.

3.4.2 Tests de communication

Afin de tester la communication série avec le module, X-CTU permet d'envoyer des trames entrées manuellement. Sous l'onglet Terminal un click sur Assemble packet permet à l'utilisateur d'entrer une trame au format hexadécimal. Une fois la trame terminée, elle est transmise au module par un click sur Send Data.

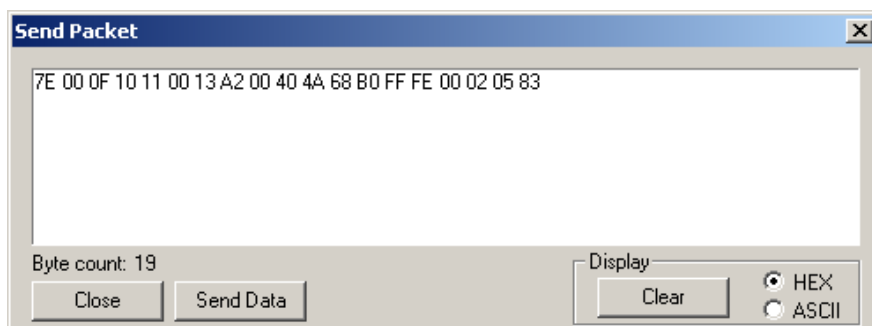


Figure 12 - Exemple de trame envoyée avec X-CTU

Les trames transmises au module s'inscrivent en bleu sur l'écran et les trames reçues en retour en rouge. Ces tests permettent de définir les principes de la communication série des modules. Ils permettent également, si le module sur la carte test est en réseau avec un autre module, de tester la communication sans fil en envoyant des trames du pc au module distant via le Xbee de la plaque de test.

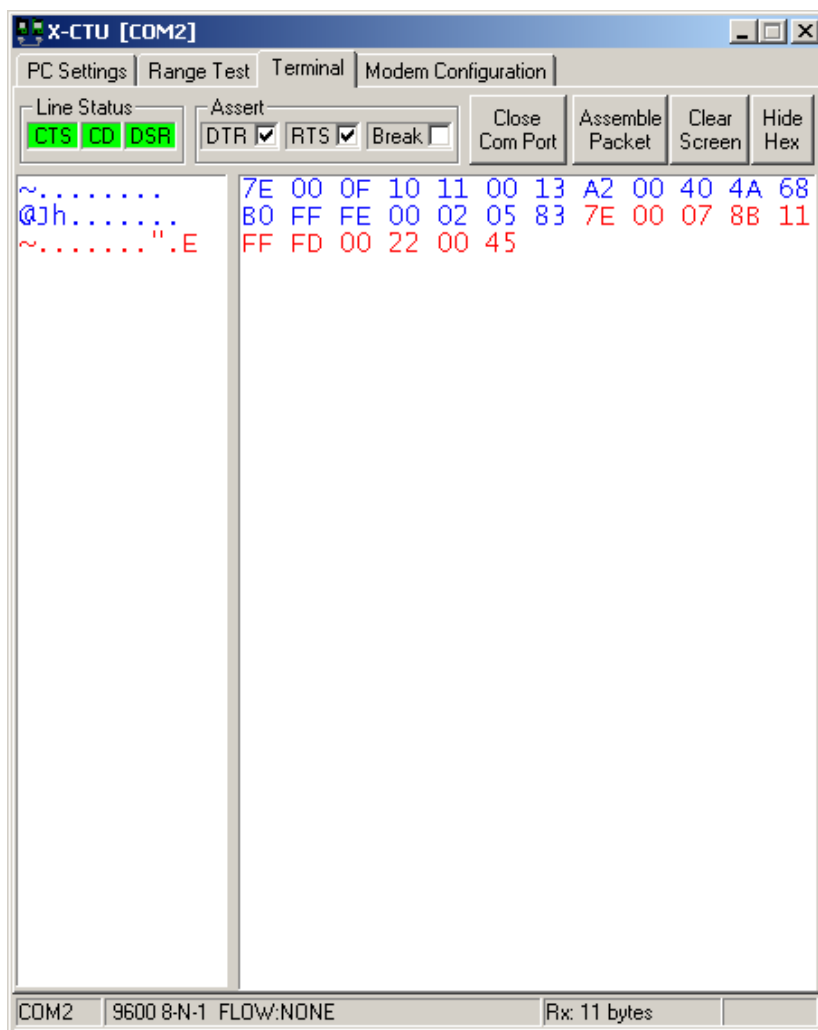


Figure 13 - Exemple de trame envoyée avec X-CTU

Les plaques de test sont disponibles dans l'enceinte de l'école et le data sheet complet du programme X-CTU ainsi que sont fichier d'installation se trouvent sur le cd en annexe du rapport.

4 Choix des capteurs

Le projet étant réalisé dans le but d'économiser de l'énergie, il est important que les capteurs suivent cette ligne de conduite. Une recherche de composants en fonction des exigences imposées par le projet a permis de faire les choix suivants.

4.1 Capteur de présence

Le capteur de présence choisi, le AMN 11111, est un capteur de mouvement infrarouge. Il convient très bien à l'application comme le montrent ses caractéristiques.



Figure 14 - AMN 11111

Température d'utilisation	-20°C à 60°C
Tension d'alimentation	3 à 6V
Tension de sortie	Vdd
Consommation en standby	100uA
Consommation en mode "ON"	270uA
Temps de stabilisation	env. 7 secondes
Portée	5m

Figure 15 - caractéristiques principales du AMN 11111

La consommation étant assez importante une stratégie permettant de couper l'alimentation du capteur lorsque sa sortie n'est pas utilisée a été développée. Cette fonctionnalité est expliquée dans la partie programmation, 7.6.5, du rapport.

L'emplacement du capteur dans la pièce doit être choisi en fonction des angles de détection du AMN 11111.

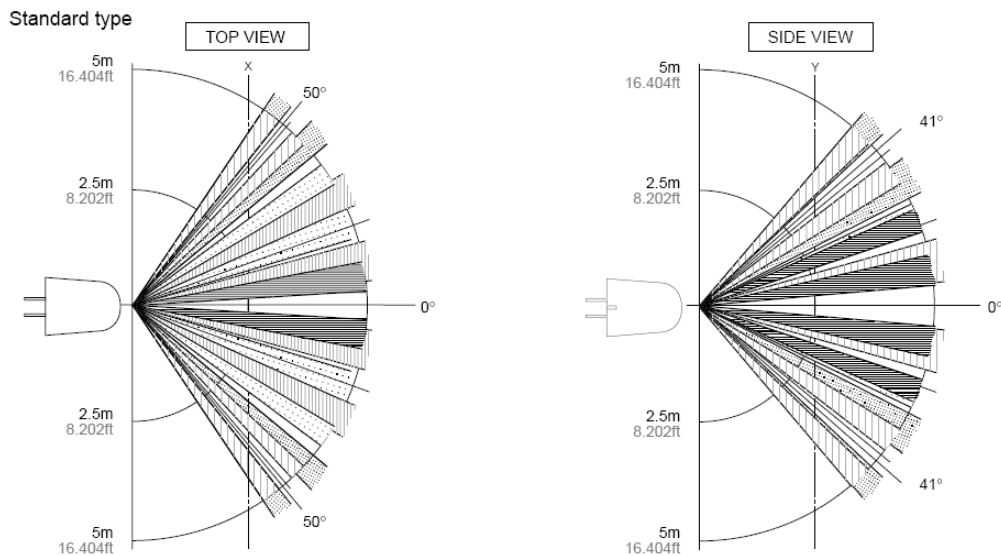


Figure 16 - Angles de détection du capteur de présence

Le data sheet complet du capteur se trouve sur le cd en annexe du rapport.

4.2 Capteur de rayonnement

La plus part des capteurs de rayonnement étant couteux et l'utilisation d'une photorésistance augmentant considérablement la consommation de courant, le choix s'est porté sur une simple cellule photovoltaïque permettant de fournir une tension plus ou moins linéaire en fonction de la lumière.



Figure 17 - cellule utilisée

Ce type de cellule réagit à la lumière diffuse et à la lumière directe alors que pour chauffer une pièce à l'aide de l'énergie solaire passive, seul le rayonnement direct est utilisable. Afin de définir quel niveau de tension correspond à un rayonnement direct suffisant, la cellule a été testée en situation réelle. Des mesures ont été effectuées durant une journée où le ciel été dégagé jusqu'à 13h30 environ et couvert par la suite jusqu'en début de soirée.

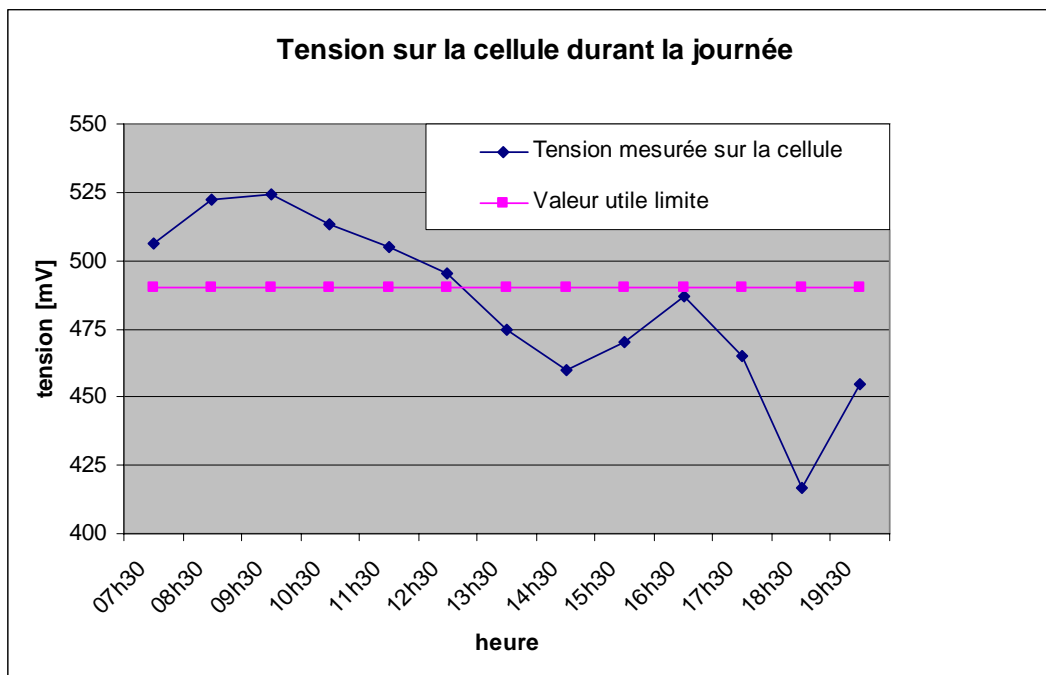


Figure 18 - Mesures de la tension fournie par la cellule

Fixer le niveau de tension correspondant à un rayonnement utile à 490mV semble une approche réaliste.

Ces mesures, ayant été prises l'été, ne prennent pas en compte le rayonnement dû à l'albédo qui peut être provoqué par la réflexion de la lumière sur la neige durant l'hiver. Un étalonnage réalisé durant la saison froide permettrait de déterminer les niveaux de tension à prendre en compte pour chauffer au mieux.

4.3 Capteur de température

Afin de permettre une amélioration du projet, les cartes émettrices sont dimensionnées de manière à pouvoir utiliser un capteur de température du type DS18S20. Le routage permettant l'utilisation du capteur a été réalisé mais les capteurs n'ont pas été commandés. Le data sheet complet du DS18S20 se trouve toutefois sur le cd annexe au rapport.

5 Programmation des microcontrôleurs

Afin de communiquer entre les modules Xbee et les différents périphériques présents, des microcontrôleurs de type PIC sont utilisés. Ce type de contrôleur correspond très bien au cahier des charges du projet; ils peuvent être mis en "sleep mode" afin d'optimiser la consommation, la plus part possède un module UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) et ils peuvent également travailler en 3,3V ce qui évite une adaptation des signaux transmis par les modules Xbee.

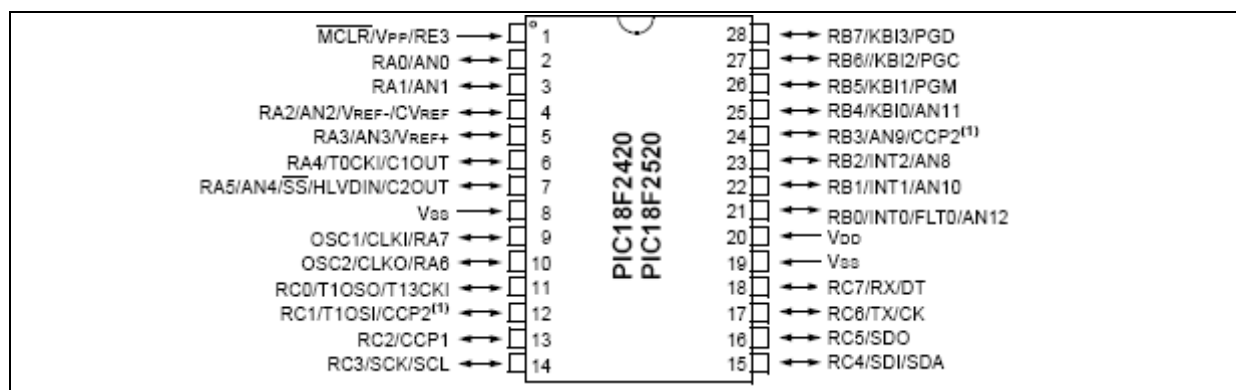


Figure 19 - diagramme des pins du PIC18F2520 (idem que le 18LF2520)

Cette partie du rapport est une approche générale du microcontrôleur utilisé, le PIC18LF2520. Elle permet d'appréhender l'UART, le convertisseur A/D, les interruptions et le mode sleep du contrôleur. Les codes écrits pour les différentes cartes ainsi que les paramètres des différents registres utilisés sont expliqués en détails dans les commentaires des codes qui se trouvent en annexe.

Il est à noter que les microcontrôleurs des trois cartes peuvent être reprogrammés à tout moment à l'aide d'un module MPLAB-ICD2 disponible dans l'enceinte de l'école. Les composants permettant de le faire se trouvent sur les cartes et un fichier d'aide pour MPLAB se trouve en annexe.

Pour une étude plus approfondie du microcontrôleur la lecture du data sheet est nécessaire. Ce document se trouve en intégralité sur le cd annexe au rapport.

Lorsqu'aucune information n'est transmise, l'entrée de l'UART, pin 17 RC6/Tx/CK, reste au niveau haut. Si le module Xbee transmet une trame, le start bit (niveau bas) définit le début de la réception. Les 8 bits de données qui suivent sont enregistrés dans le registre RCREG. Une fois la réception complète, le flag RCIF du registre PIR 1 est mis à '1'. A cet instant la valeur de RCREG correspond au byte transmit par le module Xbee. Une fois ce byte lu, RCIF est automatiquement remis à '0'. Une répétition de la lecture du registre RCREG permet d'enregistrer la trame API complète transmise par le Xbee.

Figure 20 - schéma block de la réception sur l'UART

Lorsque le PIC veut transmettre des informations, les bytes sont chargés dans le registre TXREG. Une fois ce registre plein, le byte à transmettre est transmis automatiquement dans le registre TSR ce qui set le flag TXIF du registre PIR1. Cette opération réalisée, les données sont transmises sur la liaison série et le flag TMRT du registre TXSTA est mis à '1' dès que le registre est vide. La répétition de cette opération permet l'envoi de la trame API complète.

Figure 21 - schéma block de la transmission sur l'UART

la transmission entre le Xbee et le PIC se faisant via l'UART, il est nécessaire de paramétrer les différents registres du microcontrôleur de façon à pouvoir utiliser cette liaison correctement. Trois registres sont nécessaires au paramétrage de la transmission série qui nous intéresse, TXREG, TXSTA et BAUDCON.

5.1.1 Registre TXSTA, Transmit Status and Control Register

Ce registre doit avoir la valeur 0x24. Cela définira une liaison asynchrone sur 8 bits de données. La mise à '1' de BRGH permet une communication à une vitesse "élevée".

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-1	R/W-0
CSRC	TX9	TXEN ⁽¹⁾	SYNC	SEnDB	BRGH	TRMT	TX9D
bit 7							bit 0

Legend:			
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'	
-n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown

bit 7	CSRC: Clock Source Select bit <u>Asynchronous mode:</u> Don't care. <u>Synchronous mode:</u> 1 = Master mode (clock generated internally from BRG) 0 = Slave mode (clock from external source)
bit 6	TX9: 9-Bit Transmit Enable bit 1 = Selects 9-bit transmission 0 = Selects 8-bit transmission
bit 5	TXEN: Transmit Enable bit ⁽¹⁾ 1 = Transmit enabled 0 = Transmit disabled
bit 4	SYNC: EUSART Mode Select bit 1 = Synchronous mode 0 = Asynchronous mode
bit 3	SEnDB: Send Break Character bit <u>Asynchronous mode:</u> 1 = Send Sync Break on next transmission (cleared by hardware upon completion) 0 = Sync Break transmission completed <u>Synchronous mode:</u> Don't care.
bit 2	BRGH: High Baud Rate Select bit <u>Asynchronous mode:</u> 1 = High speed 0 = Low speed <u>Synchronous mode:</u> Unused in this mode.
bit 1	TRMT: Transmit Shift Register Status bit 1 = TSR empty 0 = TSR full
bit 0	TX9D: 9th Bit of Transmit Data Can be address/data bit or a parity bit.

Note 1: SREN/CREN overrides TXEN in Sync mode.

Figure 22 - registre TXSTA du PIC

5.1.2 Registre RCSTA, Receive Status and Control Register

Ce registre qui permet de paramétrer la réception prend la valeur 0x90 ce qui permet d'activer le port série et la réception.

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-0	R-0	R-x
SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D
bit 7							bit 0

Legend:			
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'	
-n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown

bit 7	SPEN: Serial Port Enable bit 1 = Serial port enabled (configures RX/DT and TX/CK pins as serial port pins) 0 = Serial port disabled (held in Reset)
bit 6	RX9: 9-Bit Receive Enable bit 1 = Selects 9-bit reception 0 = Selects 8-bit reception
bit 5	SREN: Single Receive Enable bit <u>Asynchronous mode:</u> Don't care. <u>Synchronous mode – Master:</u> 1 = Enables single receive 0 = Disables single receive This bit is cleared after reception is complete. <u>Synchronous mode – Slave:</u> Don't care.
bit 4	CREN: Continuous Receive Enable bit <u>Asynchronous mode:</u> 1 = Enables receiver 0 = Disables receiver <u>Synchronous mode:</u> 1 = Enables continuous receive until enable bit, CREN, is cleared (CREN overrides SREN) 0 = Disables continuous receive
bit 3	ADDEN: Address Detect Enable bit <u>Asynchronous mode 9-Bit (RX9 = 1):</u> 1 = Enables address detection, enables interrupt and loads the receive buffer when RSR<8> is set 0 = Disables address detection, all bytes are received and ninth bit can be used as parity bit <u>Asynchronous mode 9-Bit (RX9 = 0):</u> Don't care.
bit 2	FERR: Framing Error bit 1 = Framing error (can be cleared by reading RCREG register and receiving next valid byte) 0 = No framing error
bit 1	OERR: Overrun Error bit 1 = Overrun error (can be cleared by clearing bit, CREN) 0 = No overrun error
bit 0	RX9D: 9th Bit of Received Data This can be address/data bit or a parity bit and must be calculated by user firmware.

Figure 23 - registre RCSTA du PIC

5.1.3 Registre BAUDCON, Baud rate Control Register

Ce registre prend la valeur 0x08 de manière à paramétrer le baud rate sur 16 bits. Cette option permet de diminuer l'erreur de baud rate par rapport à un paramétrage sur 8 bits.

R/W-0	R-1	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0
ABDOVF	RCIDL	RXDTP	TXCKP	BRG16	—	WUE	ABDEN
bit 7							bit 0

Legend:			
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'	
-n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown

bit 7	ABDOVF: Auto-Baud Acquisition Rollover Status bit 1 = A BRG rollover has occurred during Auto-Baud Rate Detect mode (must be cleared in software) 0 = No BRG rollover has occurred
bit 6	RCIDL: Receive Operation Idle Status bit 1 = Receive operation is Idle 0 = Receive operation is active
bit 5	RXDTP: Data/Receive Polarity Select bit <u>Asynchronous mode:</u> 1 = Receive data (RX) is inverted (active-low) 0 = Receive data (RX) is not inverted (active-high) <u>Synchronous mode:</u> 1 = Data (DT) is inverted (active-low) 0 = Data (DT) is not inverted (active-high)
bit 4	TXCKP: Clock and Data Polarity Select bit <u>Asynchronous mode:</u> 1 = Idle state for transmit (TX) is a low level 0 = Idle state for transmit (TX) is a high level <u>Synchronous mode:</u> 1 = Idle state for clock (CK) is a high level 0 = Idle state for clock (CK) is a low level
bit 3	BRG16: 16-Bit Baud Rate Register Enable bit 1 = 16-bit Baud Rate Generator – SPBRGH and SPBRG 0 = 8-bit Baud Rate Generator – SPBRG only (Compatible mode), SPBRGH value ignored
bit 2	Unimplemented: Read as '0'
bit 1	WUE: Wake-up Enable bit <u>Asynchronous mode:</u> 1 = EUSART will continue to sample the RX pin – interrupt generated on falling edge; bit cleared in hardware on following rising edge 0 = RX pin not monitored or rising edge detected <u>Synchronous mode:</u> Unused in this mode.
bit 0	ABDEN: Auto-Baud Detect Enable bit <u>Asynchronous mode:</u> 1 = Enable baud rate measurement on the next character. Requires reception of a Sync field (55h); cleared in hardware upon completion. 0 = Baud rate measurement disabled or completed <u>Synchronous mode:</u> Unused in this mode.

Figure 24 - registre RCSTA du PIC

5.2 Exemple de définition du Baud Rate

Une fois les registres correctement paramétrés, le baud rate peut être défini à l'aide des bytes SPBRG et SPBRGH.

Configuration Bits			BRG/EUSART Mode	Baud Rate Formula
SYNC	BRG16	BRGH		
0	0	0	8-Bit/Asynchronous	$F_{osc}/[64 (n + 1)]$
0	0	1	8-Bit/Asynchronous	$F_{osc}/[16 (n + 1)]$
0	1	0	16-Bit/Asynchronous	
0	1	1	16-Bit/Asynchronous	$F_{osc}/[4 (n + 1)]$
1	0	x	8-Bit/Synchronous	
1	1	x	16-Bit/Synchronous	

Legend: x = Don't care, n = value of SPBRGH:SPBRG register pair

Figure 25 - Formules de calcul du baud rate

La communication étant asynchrone sur 8 bits, une transmission rapide étant souhaitée et le paramétrage du baud rate défini sur 16 bits la formule de calcul est:

$$BaudRate = \frac{F_{osc}}{4 \cdot (n + 1)}$$

En fixant le baud rate à 9600 et la fréquence du PIC à 16MHz la valeur de n peut-être calculée.

$$n = \frac{F_{osc}}{4 \cdot BaudRate} - 1 = \frac{16 \cdot 10^6}{4 \cdot 9600} - 1 = 415,667$$

La valeur 415, 0x019F, peut être mise dans les bytes SPBRGH et SPBRG de manière à définir le baud rate.

SPBRGH = 0x01
SPBRG = 0x9F

Ces valeurs sont correctes pour le microcontrôleur de la carte réceptrice. Pour les deux autres cartes, il suffit de remplacer la fréquence par 1,8432MHz, vitesse d'exécution des PIC émetteurs.

5.2.1 Erreur de Baud Rate

La valeur de 'n' n'étant pas un nombre entier, une erreur de baud et à prendre en compte.

$$BaudRateR\acute{e}el = \frac{16 \cdot 10^6}{4 \cdot (415 + 1)} = 9615,38$$

$$Erreur = \frac{9615,38 - 9600}{9600} = 0.0016 \rightarrow 0.16\%$$

Cette erreur très faible est tout à fait acceptable et ne risque pas de compromettre la communication série.

5.3 Conversion A/D

Afin d'utiliser la cellule solaire comme capteur de rayonnement, le module de conversion analogique-digital du PIC est utilisé. Ce module doit être paramétré à l'aide des registres ADCON0, ADCON1, ADCON2 et la valeur du port analogique, le PORTA, peut être lue dans les registres ADRESH et ADRESL.

De plus l'utilisation d'une entrée analogique du PIC permet de faire un test batterie. En mettant la pile sur une entrée du convertisseur A/D un contrôle du niveau minimal est facilement réalisable.

Les registres en relations avec le convertisseur A/D prennent des valeurs différentes pour la carte de rayonnement et la carte de présence, cette dernière n'utilisant pas de capteur analogique.

5.3.1 Registre ADCON0

Ce registre permet à l'utilisateur de choisir qu'elle entrée analogique (Channel) est lue lors de l'acquisition, d'activer le convertisseur et de connaître son statut. Lorsque la conversion est en cours, le flag GO/DONE est à 1. Dès que le convertisseur a terminé, ce flag passe à zéro et la valeur de l'entrée choisie est enregistrée dans les registres ADRESH et ADRESL.

U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	CHS3	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	ADON
bit 7							bit 0

Legend:			
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'	
-n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown

bit 7-6	Unimplemented: Read as '0'
bit 5-2	CHS<3:0>: Analog Channel Select bits
	0000 = Channel 0 (AN0)
	0001 = Channel 1 (AN1)
	0010 = Channel 2 (AN2)
	0011 = Channel 3 (AN3)
	0100 = Channel 4 (AN4)
	0101 = Channel 5 (AN5) ^(1,2)
	0110 = Channel 6 (AN6) ^(1,2)
	0111 = Channel 7 (AN7) ^(1,2)
	1000 = Channel 8 (AN8)
	1001 = Channel 9 (AN9)
	1010 = Channel 10 (AN10)
	1011 = Channel 11 (AN11)
	1100 = Channel 12 (AN12)
	1101 = Unimplemented ⁽²⁾
	1110 = Unimplemented ⁽²⁾
	1111 = Unimplemented ⁽²⁾
bit 1	GO/DONE: A/D Conversion Status bit
	<u>When ADON = 1:</u>
	1 = A/D conversion in progress
	0 = A/D Idle
bit 0	ADON: A/D On bit
	1 = A/D Converter module is enabled
	0 = A/D Converter module is disabled

Note 1: These channels are not implemented on 28-pin devices.

2: Performing a conversion on unimplemented channels will return a floating input measurement.

Figure 26 – registre ADCON0

5.3.2 Registre ADCON1

Dans ce registre, les niveaux de tension de référence du convertisseur sont définis et le PORTA du PIC est paramétré selon les besoins.

U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-q ⁽¹⁾	R/W-q ⁽¹⁾	R/W-q ⁽¹⁾
—	—	VCFG1	VCFG0	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit 7							bit 0

Legend:
R = Readable bit W = Writable bit U = Unimplemented bit, read as '0'
-n = Value at POR '1' = Bit is set '0' = Bit is cleared x = Bit is unknown

bit 7-6 **Unimplemented:** Read as '0'

bit 5 **VCFG1:** Voltage Reference Configuration bit (VREF- source)
1 = VREF- (AN2)
0 = VSS

bit 4 **VCFG0:** Voltage Reference Configuration bit (VREF+ source)
1 = VREF+ (AN3)
0 = VDD

bit 3-0 **PCFG<3:0>:** A/D Port Configuration Control bits:

PCFG3: PCFG0	AN12	AN11	AN10	AN9	AN8	AN7 ⁽²⁾	AN6 ⁽²⁾	AN5 ⁽²⁾	AN4	AN3	AN2	AN1	AN0
0000 ⁽¹⁾	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0001	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0010	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0011	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0100	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0101	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0110	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0111 ⁽¹⁾	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A
1000	D	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A
1001	D	D	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A
1010	D	D	D	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A
1011	D	D	D	D	D	D	D	D	D	A	A	A	A
1100	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	A	A	A
1101	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	A	A
1110	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	A
1111	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D

A = Analog input D = Digital I/O

Note 1: The POR value of the PCFG bits depends on the value of the PBADEN Configuration bit. When PBADEN = 1, PCFG<2:0> = 000; when PBADEN = 0, PCFG<2:0> = 111.
Note 2: AN5 through AN7 are available only on 40/44-pin devices.

Figure 27 – registre ADCON1

5.3.3 Registre ADCON2

Ce registre permet de définir le temps d'acquisition du convertisseur ainsi que la fréquence à laquelle la conversion a lieu.

R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	—	ACQT2	ACQT1	ACQT0	ADCS2	ADCS1	ADCS0
bit 7							bit 0

Legend:			
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'	
-n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown

bit 7	ADFM: A/D Result Format Select bit 1 = Right justified 0 = Left justified
bit 6	Unimplemented: Read as '0'
bit 5-3	ACQT<2:0>: A/D Acquisition Time Select bits 111 = 20 TAD 110 = 16 TAD 101 = 12 TAD 100 = 8 TAD 011 = 6 TAD 010 = 4 TAD 001 = 2 TAD 000 = 0 TAD ⁽¹⁾
bit 2-0	ADCS<2:0>: A/D Conversion Clock Select bits 111 = FRC (clock derived from A/D RC oscillator) ⁽¹⁾ 110 = Fosc/64 101 = Fosc/16 100 = Fosc/4 011 = FRC (clock derived from A/D RC oscillator) ⁽¹⁾ 010 = Fosc/32 001 = Fosc/8 000 = Fosc/2

Note 1: If the A/D FRC clock source is selected, a delay of one Tcy (instruction cycle) is added before the A/D clock starts. This allows the `SLEEP` instruction to be executed before starting a conversion.

Figure 28 - registre ADCON2

5.4 Utilisation des périphériques numériques

Les relais fonctionnent à l'aide de signaux numériques ce qui permet de les commander au travers de transistors NPN du type 2N3904 à l'aide du PIC. Le capteur de présence et les interrupteurs fournissent des signaux tout ou rien. Ils sont donc directement connectés sur le microcontrôleur avec une résistance permettant de limiter le courant pour les interrupteurs.

Le PORTC est utilisé pour les entrées-sorties numériques à l'exception du signal fournit par le capteur de présence qui est connecté sur l'entrée 0 du PORTB afin de pouvoir l'utiliser comme interruption externe.

5.5 Sleep mode

Afin de diminuer la consommation de la carte, le PIC peut être mis en sleep mode lorsque son utilisation n'est pas nécessaire. Cette action est réalisée en mettant le bit 7 du registre OSCCON, IDLEN, au niveau bas et en effectuant la commande assembleur "Sleep". Une fois cette instruction écrite, le PIC est en mode basse consommation. Il peut être réveillé à l'aide d'une interruption externe, du timer1 ou du watchdog.

5.6 Interruptions externes

Les interruptions externes du PIC sont réalisables sur RBO, RB1 ou RB2. Pour la carte émettrice de la présence, une interruption sur RB0 est utilisée afin de réveiller le microcontrôleur à la suite d'une mise en sleep mode. Le registre permettant de paramétrer cette interruption est décrit à la page suivante.

Lors d'une interruption externe, le microcontrôleur ne suit plus séquentiellement les instructions écrites dans le code. Il se rend à l'adresse mémoire 0x08 si la priorité d'interruption n'est pas paramétrée. En langage C ce saut correspond à une routine d'interruption.

5.6.1 Registre INTCON

Les flags GIE/GIEH et PEIE/GIEL permettent d'activer les interruptions externes et le flag INTOIE l'interruption sur RB0. Lorsque le microcontrôleur détecte un flanc montant sur RB0 il met le flag INTOIF à 1.

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-x
GIE/GIEH	PEIE/GIEL	TMR0IE	INT0IE	RBIE	TMR0IF	INT0IF	RBIF ⁽¹⁾
bit 7							bit 0

Legend:			
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'	
-n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown

bit 7	GIE/GIEH: Global Interrupt Enable bit <u>When IPEN = 0:</u> 1 = Enables all unmasked interrupts 0 = Disables all interrupts <u>When IPEN = 1:</u> 1 = Enables all high-priority interrupts 0 = Disables all interrupts
bit 6	PEIE/GIEL: Peripheral Interrupt Enable bit <u>When IPEN = 0:</u> 1 = Enables all unmasked peripheral interrupts 0 = Disables all peripheral interrupts <u>When IPEN = 1:</u> 1 = Enables all low-priority peripheral interrupts 0 = Disables all low-priority peripheral interrupts
bit 5	TMR0IE: TMR0 Overflow Interrupt Enable bit 1 = Enables the TMR0 overflow interrupt 0 = Disables the TMR0 overflow interrupt
bit 4	INT0IE: INT0 External Interrupt Enable bit 1 = Enables the INT0 external interrupt 0 = Disables the INT0 external interrupt
bit 3	RBIE: RB Port Change Interrupt Enable bit 1 = Enables the RB port change interrupt 0 = Disables the RB port change interrupt
bit 2	TMR0IF: TMR0 Overflow Interrupt Flag bit 1 = TMR0 register has overflowed (must be cleared in software) 0 = TMR0 register did not overflow
bit 1	INT0IF: INT0 External Interrupt Flag bit 1 = The INT0 external interrupt occurred (must be cleared in software) 0 = The INT0 external interrupt did not occur
bit 0	RBIF: RB Port Change Interrupt Flag bit ⁽¹⁾ 1 = At least one of the RB<7:4> pins changed state (must be cleared in software) 0 = None of the RB<7:4> pins have changed state

Note 1: A mismatch condition will continue to set this bit. Reading PORTB will end the mismatch condition and allow the bit to be cleared.

Figure 29 – registre INTCON

5.7 Watchdog

Le watchdog permet également de sortir le PIC du mode sleep. Dès que le watchdog est activé à l'aide du flag SWDTEN et du flag WDTEN un compteur est lancé et mis à zéro si la commande sleep est activée.

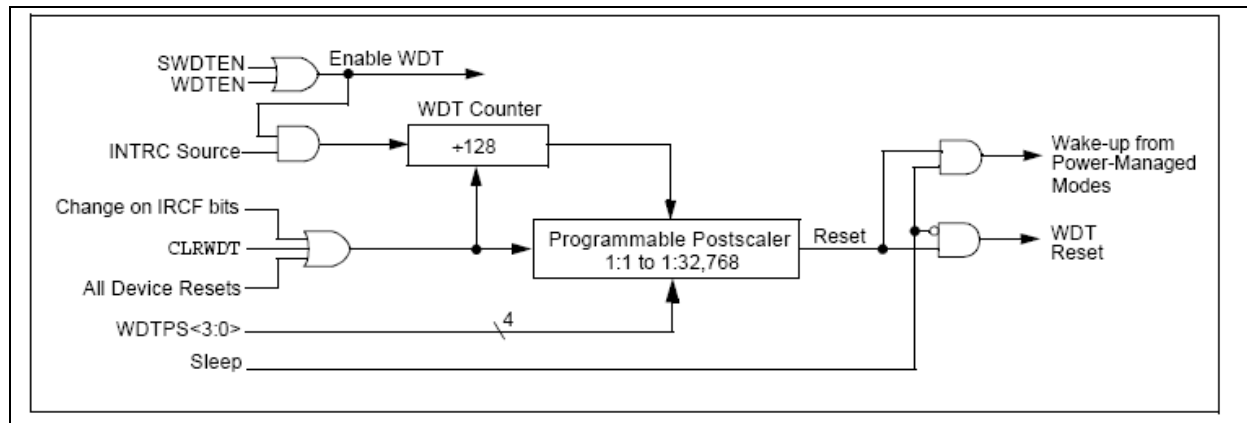


Figure 30 - schéma block du watchdog

Une fois que le compteur passera en overflow, le microcontrôleur sera réveillé. Il faut donc activer le watchdog avant la mise en mode sleep du pic et paramétrer son postscaler qui définit combien de temps le pic restera en sleep mode et le désactiver une fois le pic réveillé.

Le flag SWDTEN doit être mis à 1 dans le soft du microcontrôleur. Par contre, le flag SWTEN et la valeur du prescaler sont paramétrés à l'aide de MPLAB sous l'onglet "configure" en sélectionnant "Watchdog enable" dans les "configurations bits".

Ce mode de réveil du PIC est utilisé pour la carte rayonnement et la valeur du prescaler est fixée à 8192 afin d'obtenir un temps de sleep d'environ 30 secondes.

6 Design et fonctionnalités des cartes

Les structogrammes complets, les codes commentés, les schématiques, les schémas d'implantations, les schémas mécaniques des boîtiers et la liste des composants des trois cartes se trouvent en annexe du rapport.

6.1 Carte réceptrice

La carte réceptrice permet de commander les stores en fonction des trames reçues par les cartes émettrices. Elle est alimentée via un transformateur Traco Power 230V/3,3V. Alimentation qui peut être coupée à l'aide d'un interrupteur. Cette solution évite l'utilisation de régulateur de tension. Les informations sont réceptionnées par un module Xbee et transmises à un PIC.

Le microcontrôleur commande des relais dont les contacts activent le moteur des stores dans un sens ou dans l'autre. Les bobines de ces relais SMD monostables fonctionnent dès 2,25V.

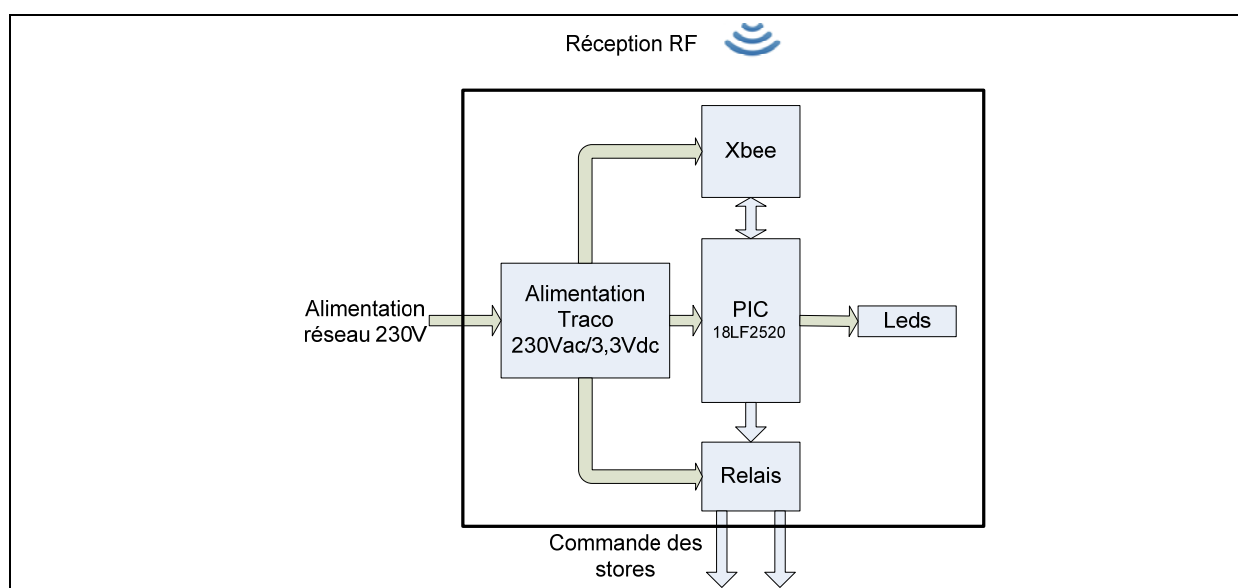


Figure 31 - schéma block de la carte réceptrice

Afin de signaler un niveau de batterie trop bas sur les cartes émettrices, le PIC contrôle également deux leds présentes sur la carte réceptrice au côté d'une troisième led indiquant la présence du 3,3V sur la carte.

Des problèmes de communication pouvant survenir soit entre les modules Xbee, soit entre le module et le PIC, deux boutons poussoir de reset sont aussi présents sur la carte.

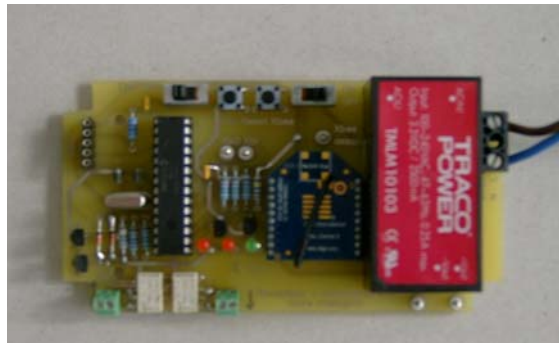


Figure 32 – carte réceptrice

La stratégie de commande des stores étant différente l'été et l'hiver, un interrupteur connecté sur une entrée du microcontrôleur permet de choisir la saison.

La consommation étant moins importante sur cette carte étant donné que l'alimentation provient du réseau, le microcontrôleur fonctionne à une fréquence de 16MHz et il n'entre jamais en sleep mode.

6.2 Cartes émettrices

Les cartes émettrices transmettent à la carte réceptrice l'état de leur capteur respectif via un module Xbee. Toutes deux équipées d'un PIC 18LF2520 elles sont alimentées par une pile 3,6V ayant une capacité de 2,4 Ah. La consommation est optimisée par l'utilisation de composants adaptés au niveau de tension de la pile, par une mise en sleep mode des modules Xbee lorsqu'aucune trame n'est transmise et par une vitesse d'exécution du CPU relativement basse, les oscillateurs fonctionnant à une fréquence de 1MHz.

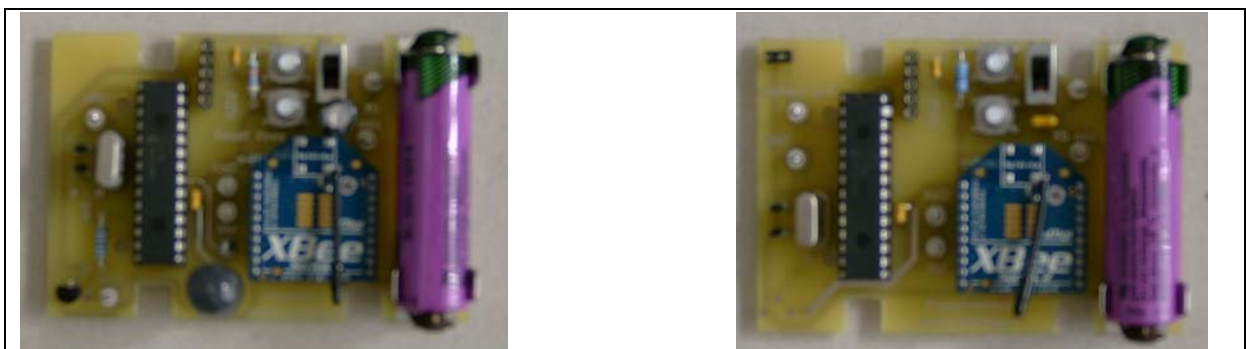


Figure 33 - photos des cartes émettrices

Les deux cartes permettent de transmettre l'état des capteurs ainsi que le niveau de tension de la pile si celui-ci est en dessous du niveau minimal permettant à la carte de fonctionner correctement.

Tout comme la carte réceptrice, elles sont équipées de deux boutons de reset et d'un interrupteur général permettant de couper l'alimentation.

Il est à noter que les deux cartes sont routées de manière à utiliser un capteur de température pour une éventuelle amélioration du projet.

6.2.1 Carte présence

Le capteur de présence consommant en stand by 100uA, la coupure de son alimentation permet une économie de consommation non négligeable. C'est pourquoi la carte est équipée d'un transistor 2N3904. Lorsque le capteur n'est pas utilisé, le microcontrôleur coupe son alimentation via le transistor.

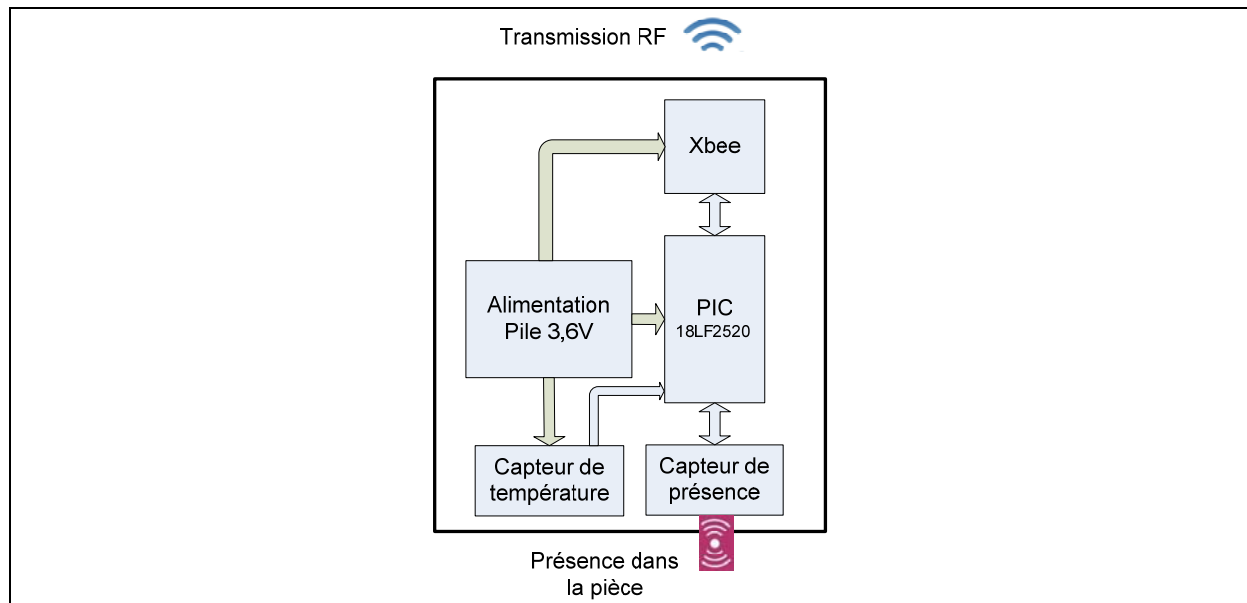


Figure 34 - schéma block de la carte présence

Lorsque la carte est en attente d'une présence, le capteur est alimenté et en mode stand by. Par contre le module Xbee et le PIC sont en sleep mode, attendant une présence faisant office d'interruption externe. Celle-ci réveille le PIC qui lui-même réveille le Xbee durant la transmission de l'information à la carte réceptrice.

6.2.2 Carte rayonnement

Le capteur étant une cellule solaire photovoltaïque, aucune alimentation n'est nécessaire à son fonctionnement. Cet avantage du point de vue de la consommation est un désavantage du point de vue précision. En effet, une cellule solaire permet de mesurer la lumière et non le rayonnement en lui-même.

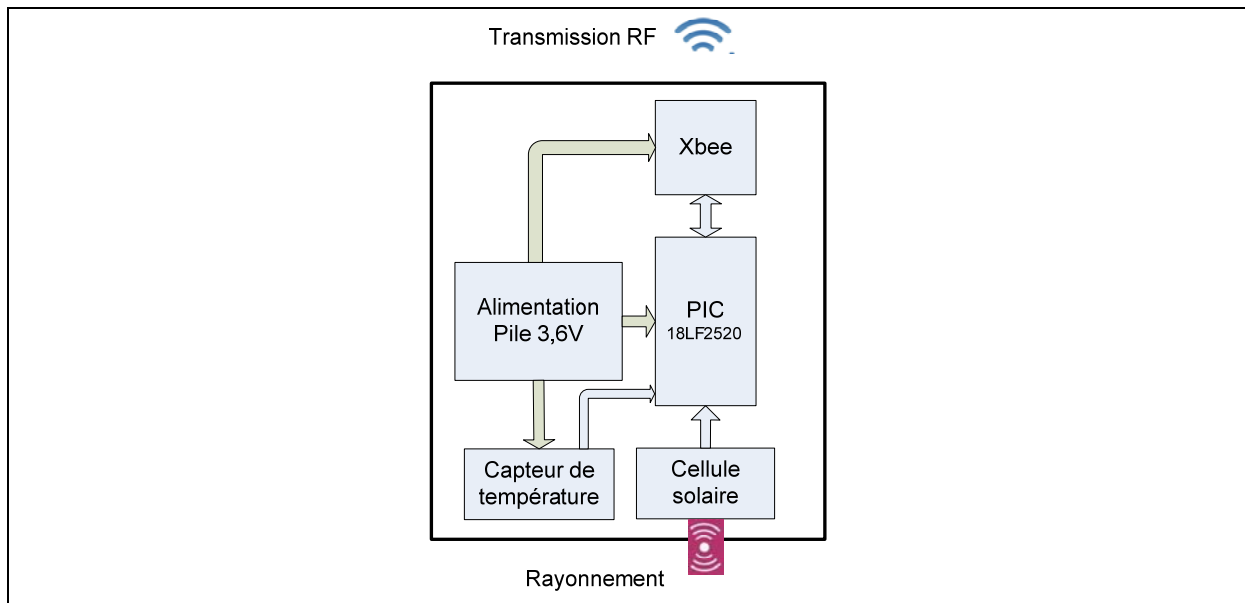


Figure 35 - schéma block de la carte rayonnement

Le microcontrôleur et les Xbee sont en sleep mode lorsqu'aucune trame n'est à envoyer. Le watchdog réveille le pic chaque 30 secondes pour savoir si la valeur du capteur a changé. Si c'est le cas le Xbee est réveillé et la trame est envoyée.

7 Consommation des cartes et durée de vie de la pile

Les cartes des émetteurs étant des systèmes embarqués, l'estimation de leur consommation est importante pour définir la durée de vie des piles.

La consommation dépend des éléments présents sur la carte, de l'utilisation de la salle ainsi que de la stratégie de programmation.

L'estimation d'utilisation a été estimée comme suit:

nombre de semaine totale sur une année	52	semaines	
nombre de semaine de vacances sur une année	12	semaines	
nombre de semaine de cours par année	40	semaines	
heures de présence par jour	9	heures	(8h00-17h00)
heures d'absence par jour	15	heures	(17h00-8h00)
durée week-end	63	heures	(vendredi 17h00 à lundi 08h00)

Figure 36 - consommation de la carte de présence

Les deux cartes sont différentes, une mesure de consommation a donc été réalisée sur chacune d'entre elle.

7.1 Carte présence

La carte de présence passe par quatre phases de consommation. Elle a été testée sur une alimentation de laboratoire à 3,3V et le courant mesuré à l'aide d'un ampèremètre.

Phase de consommation	Consommation[mA]
Consommation lorsque le PIC et le Xbee sont en sleep mode	0.0368
Consommation lors de l'envoi d'une trame	38
Consommation lorsque le Xbee cherche le réseau	9.3
Consommation durant la période d'attente	0.86

Figure 37 - consommation de la carte de présence

En sachant qu'une trame dure environ 25ms et que la pile a une capacité de 2.4 Ah, l'estimation suivante permet de définir la durée de vie de la pile.

consommation durant l'envoi	2.63889E-07	Ah/trame
consommation durant la recherche de réseau après un sleep mode du Xbee (estimée à 1 minute en moyenne durant les essais)	0.000155	Ah/trame
consommation durant l'attente de 10 minutes	0.000143333	Ah/trame
total pour une trame	0.000298597	Ah/trame
nombre d'heure ouvrable sur une année	1800	heures
nombre d'envoi sur une année	9817.809931	trames/an
consommation période ouvrable	2.931570774	Ah/an
nombre d'heure d'absence sur une année	6936	heures/an
consommation en période d'absence	0.2552448	Ah/an
consommation totale sur une année	3.186815574	Ah/an
durée de vie estimée de la pile	275	jours
	9	mois

Il est à noter que cette estimation ne prend pas en compte les variations de consommation des composants en fonction du niveau de leur tension d'alimentation. Ce paramètre peut influencer à la baisse la durée de vie de la pile.

7.2 Carte rayonnement

La carte de rayonnement passe par trois phases de consommation seulement. Elle a été testée sur une alimentation de laboratoire à 3,3V et le courant mesuré à l'aide d'un ampèremètre.

Phase de consommation	Consommation[mA]
Consommation lors de l'envoi d'une trame	38
Consommation lorsque le Xbee cherche le réseau	9.3
Consommation durant la période d'attente	0.026

Figure 38 - consommation de la carte de rayonnement

La capacité de la pile et la durée de la trame étant identiques que pour la carte de présence, l'estimation suivant a été faite.

consommation pour une trame

durée d'une trame	0.183340278	heure
consommation durant l'envoi	2.63889E-07	Ah/trame
consommation durant la recherche de réseau, estimée à 1 minute	0.000155	Ah/trame
total pour une trame	0.000155264	Ah/trame
nombre d'envoi sur une année (trois trames par jour)	1095	trames/an
consommation annuelle en envoi	0.170013958	Ah/an
temps restant	8731.429896	heures
consommation le reste du temps	0.227017177	Ah/an
consommation totale sur une année	0.397031136	Ah/an
durée de vie estimée de la pile	2206	jours
	6	ans

Tout comme pour la carte de présence, Il est à noter que cette estimation ne prend pas en compte les variations de consommation des composants en fonction du niveau de leur tension d'alimentation. Ce paramètre peut influencer à la baisse la durée de vie de la pile.

8 Conclusions

8.1 Tests effectués

La communication sans fil a été testée tout au long du projet afin d'améliorer la consommation des cartes. Elle fonctionne correctement aussi bien pour signaler l'état des capteurs que pour indiquer un niveau trop bas des piles. Toutefois la mise en réseau des modules prend parfois du temps après une mise en sleep mode ce qui diminue la durée de vie des piles.

Les microcontrôleurs communiquent parfaitement avec leurs interfaces respectives. Les vitesses différentes d'exécution des cartes n'influencent pas le fonctionnement.

Enfin, la commande des moteurs réalisée à l'aide des relais fonctionne également selon les signaux transmis par les capteurs.

8.2 Résultats obtenus

Conformément au cahier des charges, le système développé peut s'adapter à n'importe quel store électrique indépendamment de la qualité d'isolement qu'offre la pièce. La consommation a été fortement diminuée par rapport aux projets du même type développés auparavant ce qui rend l'exploitation du produit envisageable.

De plus le système est modulaire, offre un design soigné et est très simple à mettre en service.

8.3 Améliorations

L'amélioration la plus importante à apporter intervient au niveau de la mesure de rayonnement. La solution actuelle, basée sur une cellule solaire, ne permet pas d'utiliser parfaitement l'énergie passive apportée par l'ensoleillement. Pour se faire, la mesure devrait pouvoir permettre de discerner parfaitement un rayonnement diffus d'un rayonnement direct.

En plus des capteurs actuels, il serait intéressant de mettre en service les capteurs de températures prévus sur les cartes émettrices. Cela permettrait de commander les stores en fonction des températures intérieures et extérieures et cela à n'importe quelle période de l'année.

Dans le but d'économiser la consommation de la carte réceptrice, malgré qu'elle soit alimentée par le réseau, une amélioration du code serait à envisager. L'utilisation du sleep mode et une vitesse d'exécution moins élevée permettraient en effet de baisser la consommation.

Des indications supplémentaires seraient également à ajouter sur les cartes émettrices pour une version industrielle du produit. Des leds indiquant si les modules sont en réseau ou si la carte est alimentée par exemple. La consommation de ces composants supplémentaires

serait un désavantage mais un précieux atout pour la mise en service. Quant à l'indication du niveau des piles, il serait judicieux de le faire de manière sonore étant donné que le boîtier de la carte réceptrice devrait prendre place dans le caisson des stores.

Au niveau sécurité, un fusible protégeant les cartes d'un éventuel court-circuit aurait également sa place.

9 Remerciements

Je tiens à remercier les personnes m'ayant aidé à réaliser ce projet. A savoir, monsieur Pascal Sartoretti pour la mise à disposition des outils de développement, messieurs Christophe Bianchi et Thomas Sterren pour leur disponibilités et leurs renseignements, messieurs Olivier Walpen et Steve Gallay pour la réalisation des circuits imprimés et madame Fariba Moghaddam responsable du projet.

Sion, le 6 juillet 2009

Lionel Fontannaz

10 Sources

- "Economiser l'énergie avec des systèmes de protection solaire automatiques"
document mis en ligne par Griesser
- Caractéristiques du protocole sans fil ANT, www.thisisant.com
- "Réalisation d'un réseau de capteurs de température sans fil basé sur le protocole ZigBee"
document mis en ligne par l'école supérieure d'électronique de Bordeaux
- Documentation technique des modules Xbee et du programme X-CTU, www.digi.com
- "Energie propre, solution", www.epsol.fr

11 Annexes

- Annexe 1 : Extraits de data sheet des modules Xbee
- Annexe 2 : Schéma de la platine de test des modules Xbee
- Annexe 3 : Structogramme, code, schématique et implantation de la carte réceptrice
- Annexe 4 : Structogramme, code, schématique et implantation de la carte présence
- Annexe 5 : Structogramme, code, schématique et implantation de la carte rayonnement
- Annexe 6 : Liste des composants spécifiques
- Annexe 7 : Data sheet de la pile et du transformateur
- Annexe 8 : Schémas mécaniques des boîtiers

