



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'environnement, des transports,
de l'énergie et de la communication DETEC

Office fédéral de l'énergie OFEN

Rapport final décembre 2011

Stores intelligents

Gestion pièce par pièce des stores électriques

Mandant:

Office fédéral de l'énergie OFEN
Programme de recherche Energie dans les bâtiments
CH-3003 Berne
www.bfe.admin.ch

Cofinancement:

CimArk SA, CH-1950 Sion

Mandataire:

HES-SO Valais
Rte du Rawyl 47
CH-1950 Sion
www.hevs.ch

Auteur:

Fariba Moghaddam Bützberger, HES-SO Valais, fariba.moghaddam@hevs.ch

Responsable de domaine de l'OFEN: Andreas Eckmanns

Chef de programme de l'OFEN: Charles Filleux

Numéro du contrat et du projet de l'OFEN: 154431 / 103361

L'auteur de ce rapport porte seul la responsabilité de son contenu et de ses conclusions.

Table des matières

1. Introduction.....	5
2. Concept	6
3. Prototype.....	7
3.1. Module émetteur avec capteur de rayonnement solaire	8
3.2. Module émetteur avec capteur de présence	8
3.3. Module récepteur avec commande moteur.....	9
3.4. Module central de commande avec affichage.....	10
3.5. Autonomie des modules à pile	10
3.6. Coût du prototype	11
4. Communication RF.....	11
4.1. Module XBee	11
4.2. Mise en réseau des modules	12
5. Commande et gestion.....	12
5.1. Modes de fonctionnement	13
5.1.1. Mode Manuel	13
5.1.2. Mode Save Energy	13
5.1.3. Mode Astro.....	14
5.2. Stratégies de commande	15
6. Interface utilisateur	17
7. Tests et mesures	18
7.1. Maquette de démonstration.....	18
7.2. Présentation des locaux de test	19
7.3. Les outils et instruments de suivi des mesures.....	20
7.4. Les tests de fonctionnalité du prototype.....	21
7.4.1. Les tests pendant la période hivernale	21
7.4.2. Les tests pendant la période estivale	22
7.5. Analyse des mesures	23
7.5.1. Analyse des mesures pendant la période hivernale	23
7.5.2. Analyse des mesures pendant la période estivale	24
8. Conclusion	25
9. Références	26
10. Annexes.....	27
10.1. Annexe 1, Manuel utilisateur	27
10.2. Annexe 2, Calcul de prix des 4 modules de prototype.....	33
10.3. Annexe 3, Relevés des compteurs de chaleur.....	36

Abstract

Le contrôle des stores électriques selon des critères énergétiques permet d'importantes économies d'énergie, en particulier pour les locaux bien orientés. Le but du projet est d'optimiser la consommation d'énergie de chauffage ou de climatisation des bâtiments, en profitant au mieux des apports naturels par un pilotage intelligent des stores électriques.

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 prototype développé est exploitable toute l'année, modulaire et simple à mettre en œuvre « Plug & Play ». La solution proposée est polyvalente car elle s'applique aussi bien aux maisons d'excellente qualité en matière de protection thermique qu'aux anciens bâtiments avec des coefficients d'isolation peu performants. Les différents modules électroniques du système communiquent par la liaison sans fil (ondes radio) et n'engendrent que de faibles coûts à l'investissement et à l'exploitation.

La solution de gestion pièce par pièce des stores électriques permet l'adaptation à l'occupation, l'anticipation de l'apport solaire et l'optimisation du confort. Les différentes mesures et vérifications expérimentales illustrent une réduction du besoin d'énergie d'environ 10% à 15% (25% à 30% pendant les week-ends ou lorsqu'aucune présence est détectée) pour des bâtiments bien orientés.

Stores intelligents

1. Introduction

Plus de 40% de la consommation d'énergie primaire revient à la construction et à l'utilisation de bâtiments. Le contrôle des stores selon des critères énergétiques permet d'importantes économies d'énergie (chauffage et climatisation), en particulier pour les locaux bien orientés.

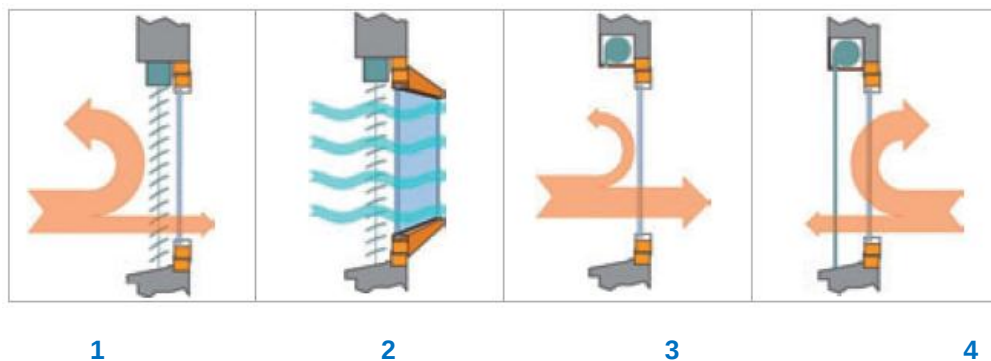


Fig. 1 Gestion intelligente des protections solaires

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 ce 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.

Le but de ce projet est la conception et la réalisation d'un système intelligent de gestion des stores électriques d'une pièce habitable en fonction du rayonnement solaire et de la présence de personnes dans la pièce. Le système proposé est à coût réduit, modulaire, simple à mettre en œuvre (Plug & Play) et polyvalent car il s'applique aussi bien aux maisons d'excellente qualité en matière de protection thermique qu'aux anciens bâtiments avec des coefficients d'isolation peu performants. Il n'engendre que de faibles coûts à l'implantation et à l'exploitation.

2. Concept

Le système proposé est composé de deux modules électroniques de faible consommation émettant par ondes radio, les signaux RF provenant des capteurs de présence à l'intérieur (module Ep) et de l'ensoleillement à l'extérieur (module Es), ainsi que d'un module de réception des signaux RF (module R) agissant directement sur le moteur électrique des stores.

Un dernier module avec affichage LCD et clavier joue le rôle d'interface IHM permettant aux utilisateurs d'introduire leurs besoins et souhaits. Les différents algorithmes de commande sont implantés dans ce module central, s'occupant également de la coordination entre les différents modules RF.

Les figures 2 et 3 illustrent l'emplacement des différents modules à l'intérieur ainsi qu'à l'extérieur des locaux. On constate que le module de l'ensoleillement (Es), peut être partagé pour tous les locaux de même orientation.

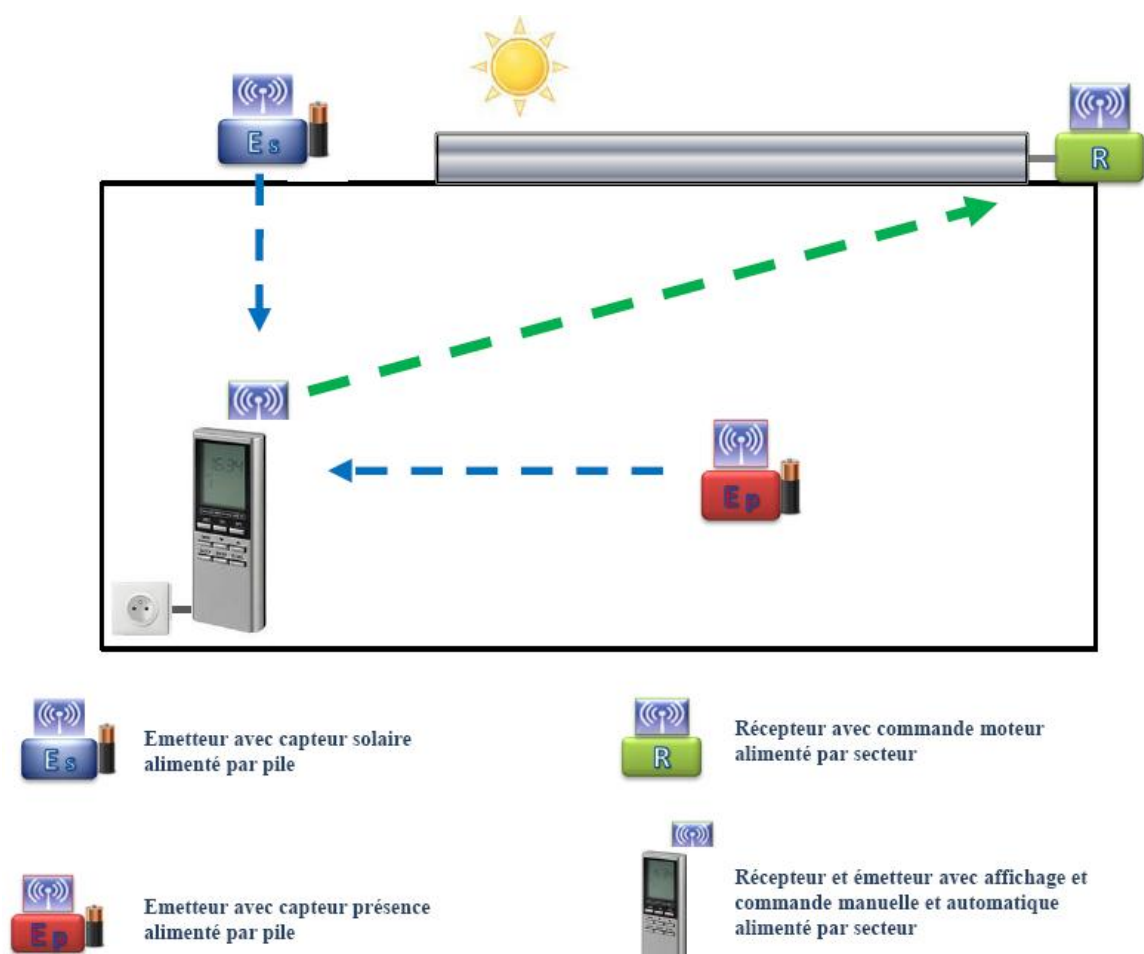


Fig. 2 La structure du système de gestion des stores à l'intérieur de la pièce habitable.



Fig. 3 La structure du système de gestion des stores à l'extérieur.

3. Prototype

Le prototype développé est composé de deux modules émetteur (Ep et Es) installés à l'intérieur et l'extérieur de l'habitation, un module récepteur (R) installé directement sur les stores électriques et un module central (C) de commande avec affichage LCD.

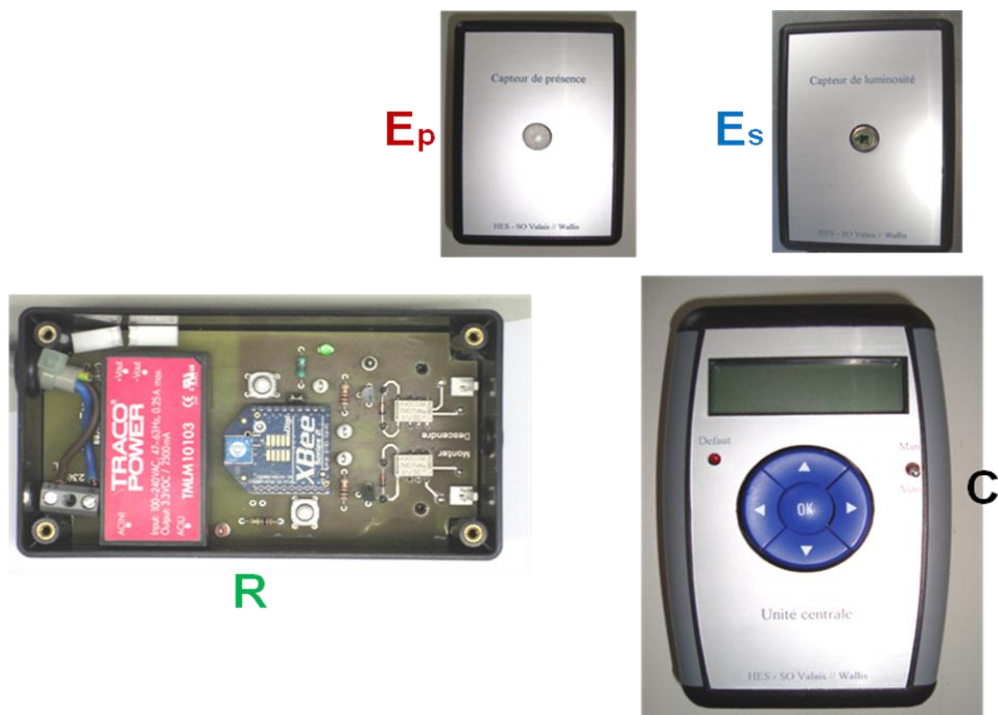


Fig. 4 Prototype 'Stand Alone' pour gestion pièce par pièce des stores électriques.

3.1. Module émetteur avec capteur de rayonnement solaire

Le module émetteur Es installé à l'extérieur du bâtiment est composé d'un élément d'émission Wireless XBee, d'une photodiode et d'une alimentation par pile.

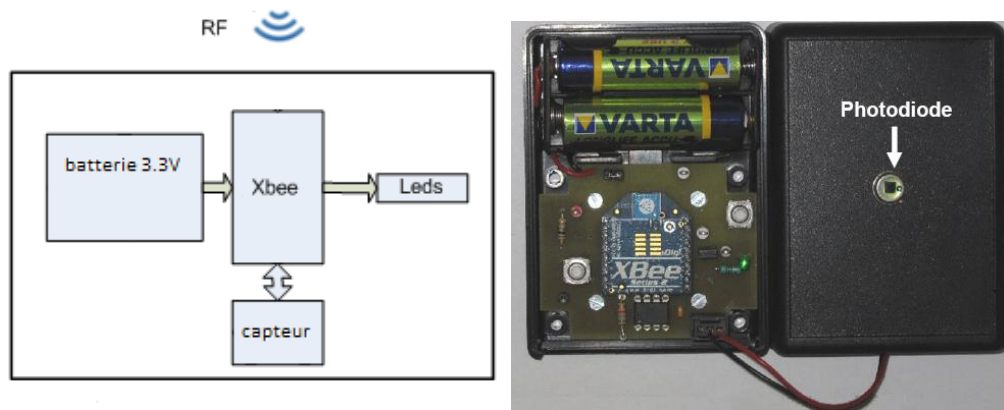


Fig. 5 Module émetteur avec capteur de rayonnement solaire.

La mesure s'effectue par une photodiode qui converti le rayonnement dans le spectre de 350 nm à 820 nm en une tension électrique.

Afin de prolonger la durée de vie des piles, la carte est mise en mode 'Sleep' et elle se réveille chaque 15 minutes pour émettre la mesure du capteur vers le module central via la liaison RF.

3.2. Module émetteur avec capteur de présence

Le module émetteur Ep installé à l'intérieur du bâtiment est composé d'un élément d'émission Wireless XBee, d'un capteur infrarouge de mouvement et d'une alimentation par pile.

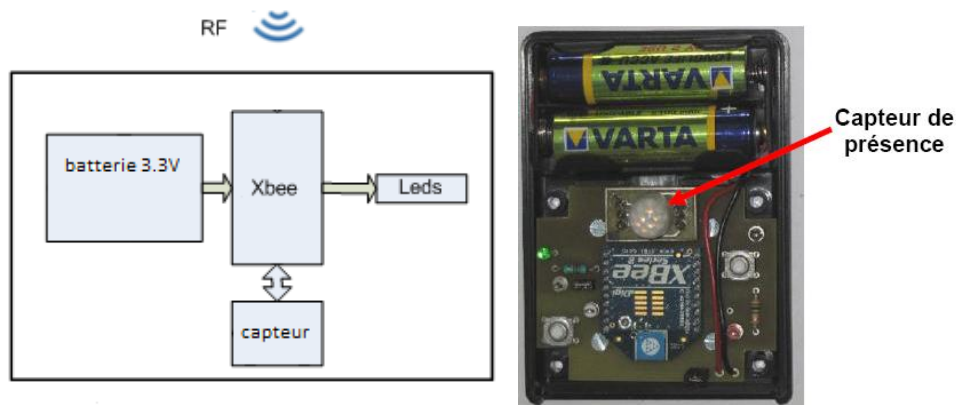


Fig. 6 Module émetteur à capteur avec capteur de présence.

Cette carte est aussi mise en mode 'Sleep' et se réveille toutes les 15 minutes pour envoyer les données du capteur. Comme le capteur infrarouge a besoin de plusieurs secondes pour se chauffer, il faut prévoir ce temps de stabilisation du capteur lorsqu'il est mis sous alimentation.

Les deux cartes possèdent une LED verte pour signaler l'état du module XBee. Elle clignote quand le module est réveillé et reste éteinte en mode 'Sleep'. Ces éléments sont utilisées lors de la mise en service du système ensuite elles peuvent être désactivées à l'aide d'un jumper.

3.3. Module récepteur avec commande moteur

Le module récepteur R installé directement sur les stores est composé de l'élément de réception Wireless XBee et des relais électroniques pour la commande des stores. Ce module est alimenté par le réseau 230 V.

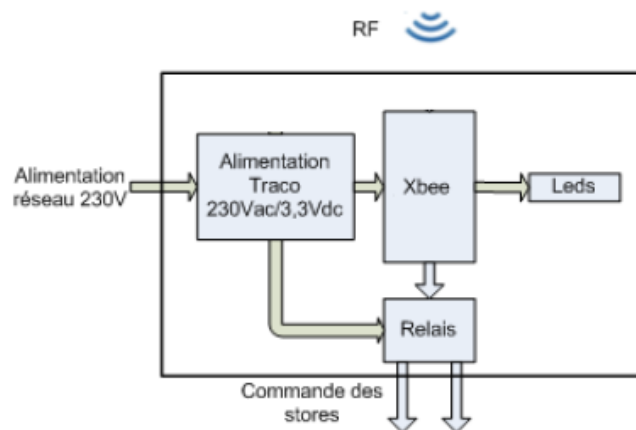


Fig. 7 Le module récepteur avec la commande des stores.

Les informations sont réceptionnées par un module Xbee qui commande un relais dont les contacts activent la commande du moteur des stores dans un sens ou dans l'autre.

La consommation électrique étant moins importante sur cette carte étant donné que l'alimentation provient du réseau, le module XBee n'entre jamais en mode 'Sleep'. Cela permet ainsi d'être réactif à tous les signaux radio et de ne pas charger le réseau RF par les données de réveil de ce module.

Une LED verte permet de connaître l'état du module XBee comme sur les autres cartes.

3.4. Module central de commande avec affichage

Le module central C est composé de l'élément de transmission XBee, d'un microcontrôleur où les algorithmes de commande sont implantés, ainsi qu'une interface utilisateur avec écran LCD et clavier à 5 boutons. Une horloge temps réel (RTC) permet la gestion horaire et saisonnière des stores. Il existe également un capteur de température afin d'afficher la température de la pièce. Ce module est alimenté par le réseau 230 V.

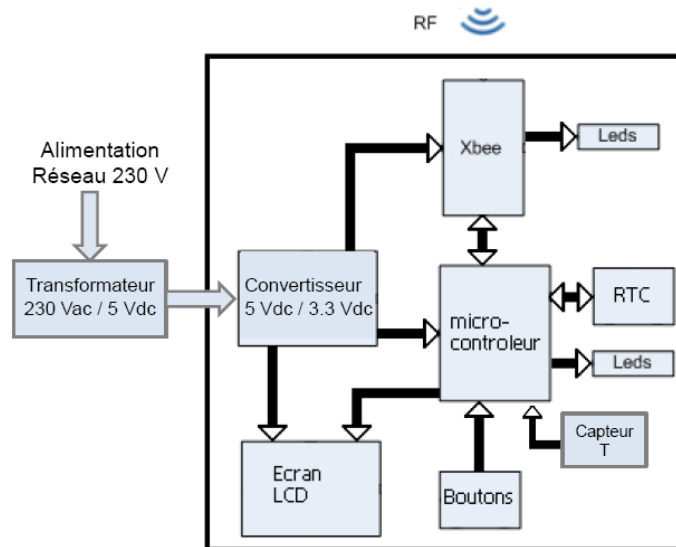


Fig.8 Le module central avec interface IHM.

Le module XBee sur cette carte fonctionne en modes d'émission et de réception. Ici, le module XBee n'entre jamais en mode 'Sleep' et effectue la coordination entre les différents émetteurs et récepteurs.

Comme pour les autres cartes, une LED verte existe pour connaître l'état du module XBee, ainsi qu'une LED rouge pour signaler un problème à l'utilisateur.

Enfin, notons que toutes les cartes sont équipées d'un bouton de reset !

3.5. Autonomie des modules à pile

Pour les deux modules d'émission fonctionnant à piles, un calcul d'autonomie doit être effectué pour estimer le temps d'échange des piles. Le calcul d'autonomie basé sur l'envoi des données toutes les 15 minutes, avec l'estimation de 9 secondes d'écoute et 1 seconde d'envoi de données RF, se fait comme suite :

Carte	consommation	durée	autonomie max
Carte rayonnement	40mA	1 sec	
	10mA	9 sec	
	30uA	890 sec	20.9 mois

Carte	consommation	durée	autonomie max
Carte présence	40mA	1 sec	
	10mA	9 sec	
	100uA	890 sec	15 mois

A noter que la capacité des 2 piles est de 2400mAh avec un rendement de 90%.

3.6. Coût du prototype

Une liste des composants avec le nom des fournisseurs en Suisse et l'estimation du prix de chaque module ainsi que le prix global du prototype est présentée à l'annexe 2.

4. Communication RF

4.1. Module XBee

Les modules XBee 'Séries 2 OEM RF' sont des émetteurs/récepteurs 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 en mode veille et leur coût très compétitif.



Fig.9 Le module XBee.

Les modules XBee permettant une communication 'Radio Frequency' sur la bande de fréquence ISM 2.4 GHz. Ils possèdent une puissance de transmission RF de 2 mW. La portée extérieure est de 100 mètres et la portée intérieure peut atteindre au maximum 40 mètres suivant la nature des obstacles. Le débit RF est de 250 Kbps. Pouvant être alimentés entre 2,1 et 3,6V, ils consomment environ 10mA en étant réveil, un pic de 40mA lors des transmissions RF et moins de 10 uA en mode 'Sleep'.

4.2. Mise en réseau des modules

Les modules XBee peuvent se communiquer en modes broadcast, multipoints ou point à point. 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 mode 'Sleep', il sera donc utilisé pour le module réceptrice R.

En Router: Ce mode lui permet de gérer un seul sous-réseau et de se mettre en mode 'Sleep'. Il peut donc avoir des modules dans son propre réseau et communiquer avec d'autres routers et coordinateurs 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 modules émettrices Ep et Es, accepte également le mode 'Sleep'.

Voici la mise en réseau des différents modules de notre prototype :

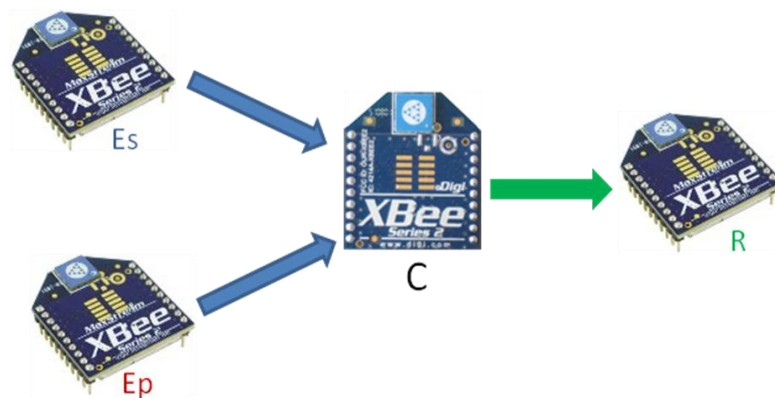


Fig. 10 Mise en réseau des modules de communication RF.

5. Commande et gestion

Les algorithmes de la commande et de gestion des stores électriques avec le choix de mode de fonctionnement ainsi que la gestion des modules XBee sont implantés dans le microcontrôleur du module central.

Il s'agit du microcontrôleur PIC18F2525 relié à une horloge temps réel I2C. Ce type de contrôleur correspond très bien au cahier des charges du projet. Comme les modules XBee, il peut être mis en mode 'Sleep' afin d'optimiser sa consommation électrique.

5.1. Modes de fonctionnement

On propose 3 modes de fonctionnement : **Manuel**, **Save Energy** et **Astro**. Ces derniers peuvent être choisis à l'aide de l'interface utilisateur du module central.

5.1.1. Mode Manuel

Le mode manuel permet à l'utilisateur de monter, de descendre ou d'arrêter les stores à l'aide des touches (▲, ▼, ■). Ce mode ne tient donc pas compte des valeurs des capteurs pour la gestion des stores. Ce mode est activé soit :

- 1) Par l'utilisateur, avec le commutateur sur le module central.
- 2) Dès qu'une présence est détectée dans la pièce en question.

5.1.2. Mode Save Energy

Le mode Save Energy a pour objectif d'optimiser l'apport d'énergie solaire à l'intérieur de l'habitation pendant l'hiver et de préserver la fraîcheur de l'habitation pendant l'été. Grâce à un capteur de présence, cette fonction s'active que si la pièce n'est pas occupée.

Algorithme appliqué pendant l'hiver

IF Soleil AND Pièce non-occupée	→	Monter automatiquement les stores
IF Couvert AND Pièce non-occupée	→	Descendre automatiquement les stores
IF Pièce occupée	→	Commande manuelle des stores

Algorithme appliqué pendant l'été

IF Soleil AND Pièce non-occupée	→	Descendre automatiquement les stores
IF Couvert AND Pièce non-occupée	→	Monter automatiquement les stores
IF Pièce occupée	→	Commande manuelle des stores

Il existe d'autres paramètres configurables permettant par exemple d'éviter l'ouverture et la fermeture automatique des stores, dans un délai trop court ou de manière trop fréquente. L'utilisateur peut introduire cette temporisation à l'aide de l'interface IHM du module central.

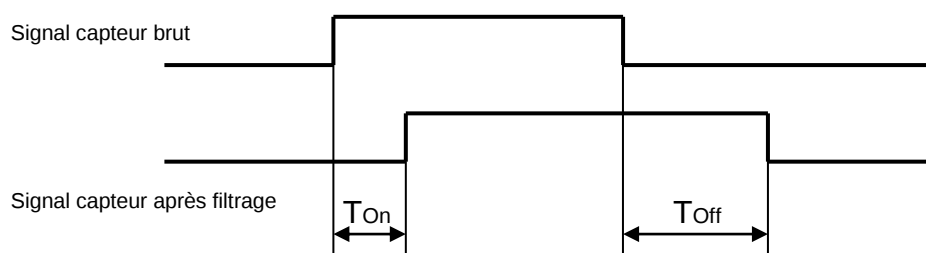


Fig. 11 Principe du filtrage des capteurs de présence et d'ensoleillement.

Le seuil de détection de la luminosité entre 0 et 100% peut également être configuré par l'utilisateur.

5.1.3. Mode Astro

Le mode Astro adapte la montée et la descente des stores aux heures quotidiennes de lever et de coucher du soleil. Les heures de lever et de descente du store sont calculées automatiquement par l'appareil selon l'exemple ci-dessous. A noter que l'utilisateur a la possibilité d'introduire ses propres corrections afin d'avancer et de retarder le temps astronomique.

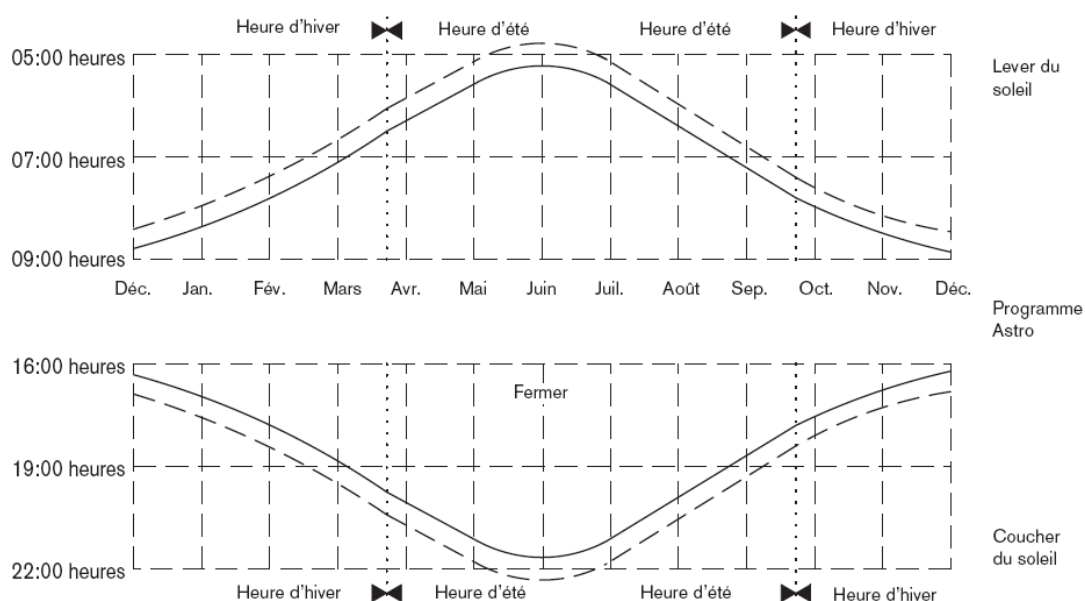


Fig. 12 Principe de la gestion des stores selon le mode Astro.

5.2. Stratégies de commande

Pour une question de confort, l'utilisateur ne doit pas être dérangé par des mouvements automatiques des stores. C'est pourquoi le système passe en mode manuel durant une présence. Sa présence est déterminée à l'aide d'un capteur de mouvement ou une action sur la commande principale.

En cas d'absence dans la pièce, les stores doivent donc être commandés de manière à optimiser la consommation énergétique. Il existe deux modes de fonctionnement automatique. Le mode Save Energy qui ajuste les stores en fonction de la saison et du rayonnement. La saison est définie à l'aide d'une horloge temps réel sur la commande principale et le rayonnement grâce à une photodiode. Et le mode Astro qui agit selon l'heure et la date ainsi que d'un horaire de référence fixe par mois.

La figure suivante représente la Structogramme générale de l'application avec les 3 modes de fonctionnement.

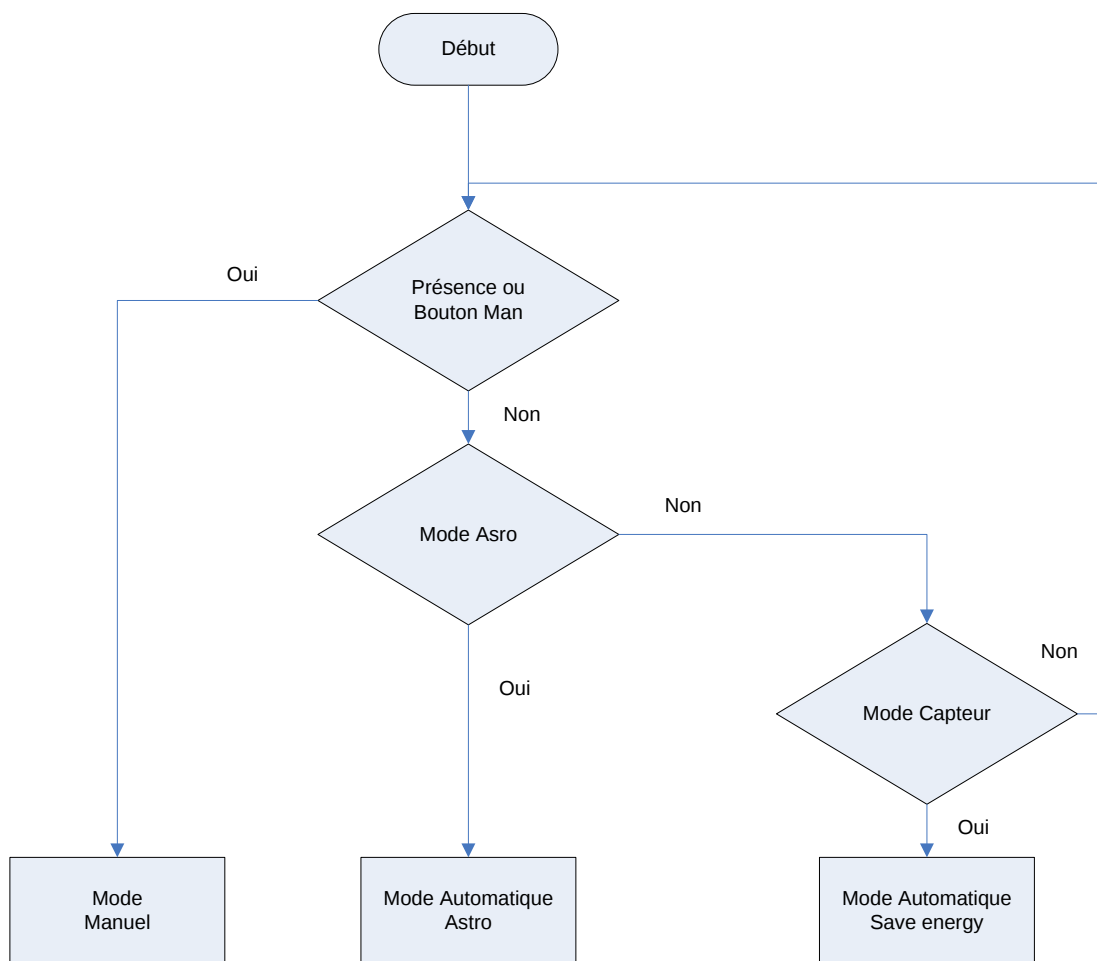


Fig. 13 Structogramme générale de l'application.

Les figures 14 et 15 illustrent la structure des 2 modes de fonctionnement en Save Energy et en Astro.

Le nombre d'échantillons indiqué à la figure 14 représente la temporisation ou le filtrage cité au chapitre 5.1.2 pour éviter l'ouverture et la fermeture automatique des stores, dans un délai trop court ou de manière trop fréquente. Cette temporisation a trois niveaux : 1 correspond à un temps d'attente de 15 minutes, 2 correspond à un temps d'attente de 30 minutes et 3 correspond à un temps d'attente prolongé à 45 minutes.

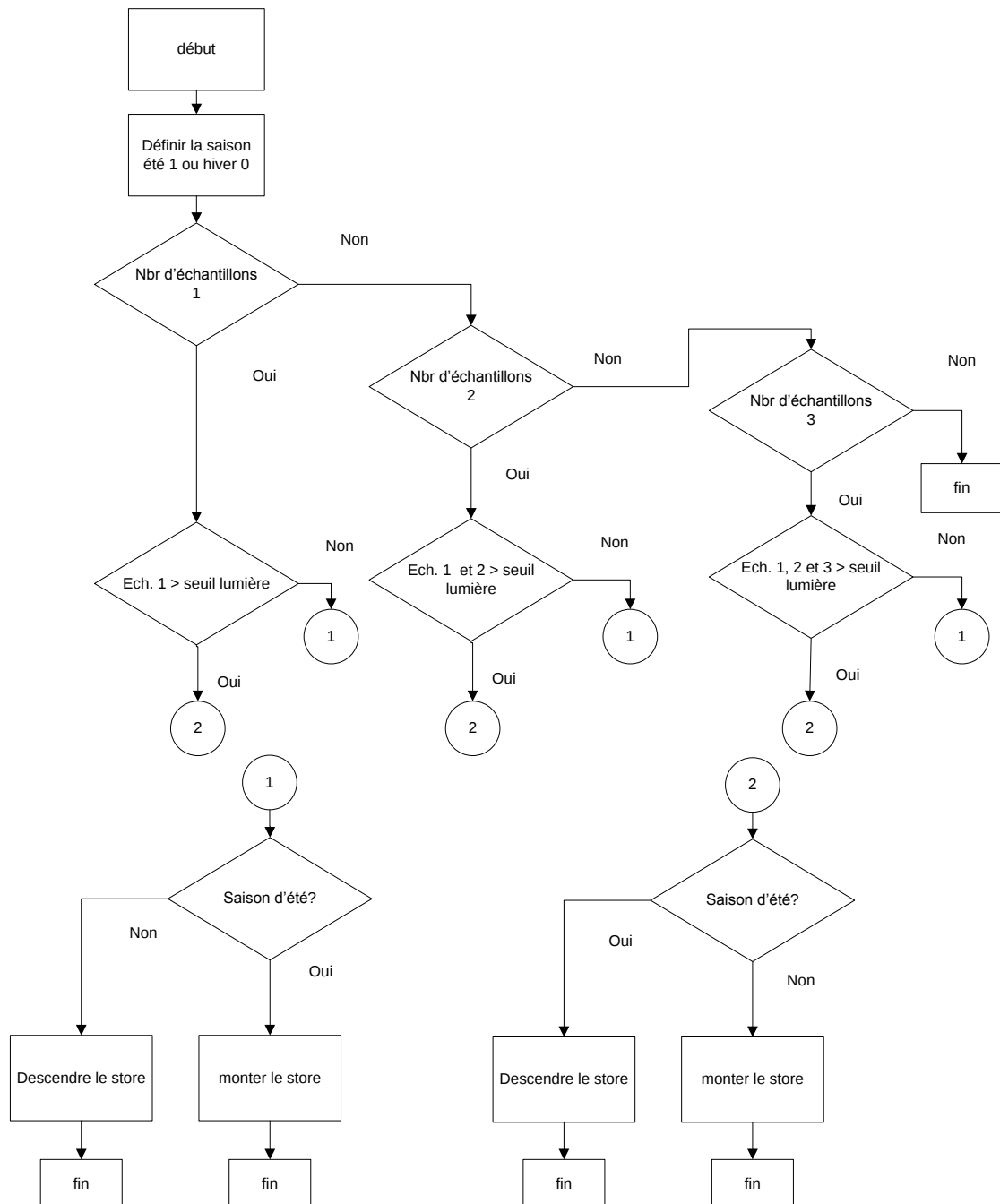
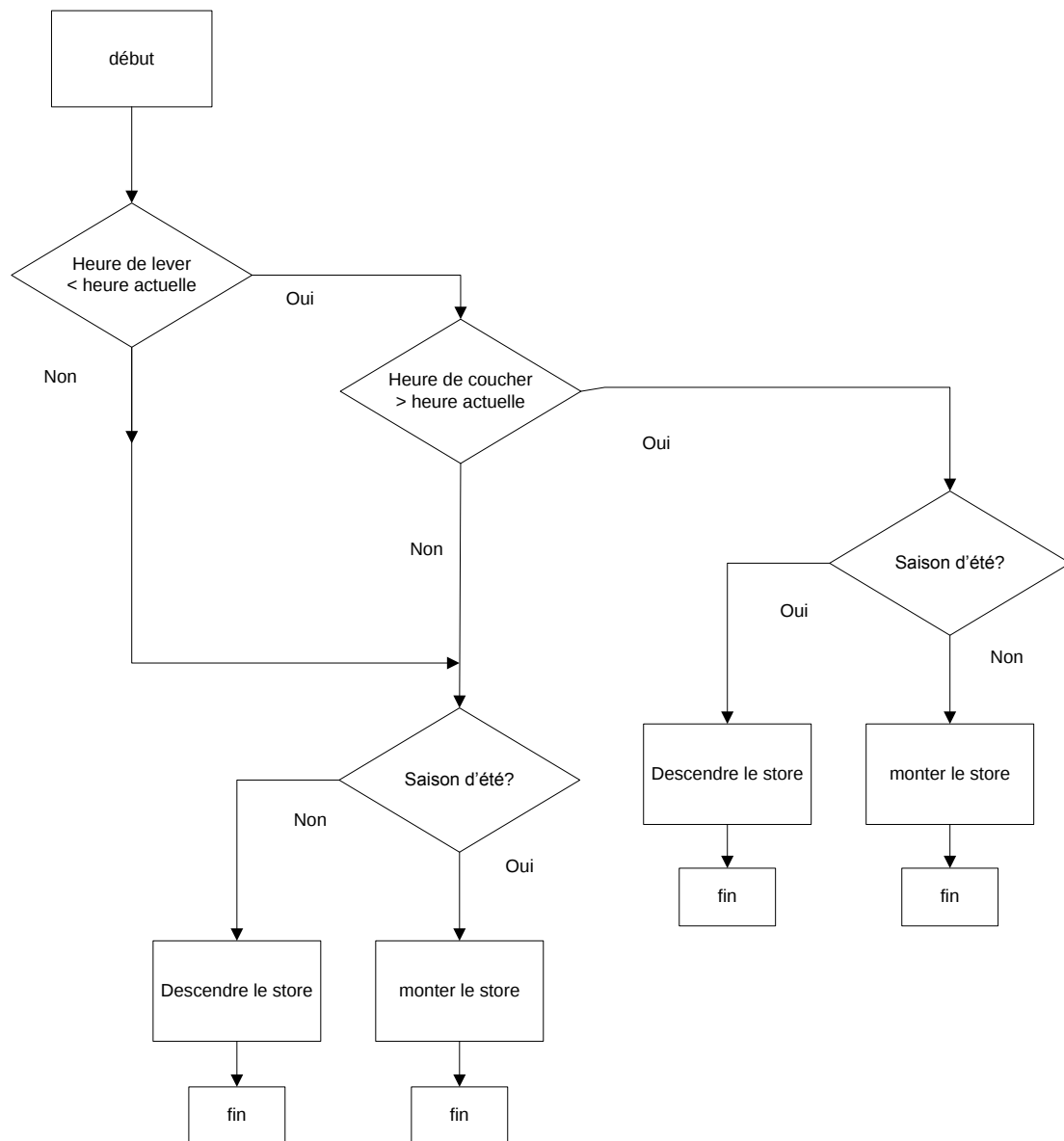


Fig. 14 Structogramme pour le mode Save Energy.



Les différentes fonctionnalités avec explication sont présentées dans un manuel utilisateur à l'annexe 1.



Fig. 16 Module central avec son interface utilisateur.

7. Tests et mesures

7.1. Maquette de démonstration

Une maquette de démonstration a été réalisée afin de tester le bon fonctionnement du prototype en simulant les différentes situations. Cette maquette représentée à la figure suivante est régulièrement utilisée lors des visites et les journées portes ouvertes.



Fig. 17 Maquette de démonstration.

7.2. Présentation des locaux de test

Deux salles de classes de la HES-SO Valais à Sion (au premier étage du bâtiment A : Salle A112, et salle A113) voisines avec pratiquement la même taille, la même orientation 'sud' et la même fréquentation sont équipées pour faire les tests et les vérifications expérimentales. Les salles sont interchangeables, le prototype peut facilement être déplacé d'une salle à l'autre.

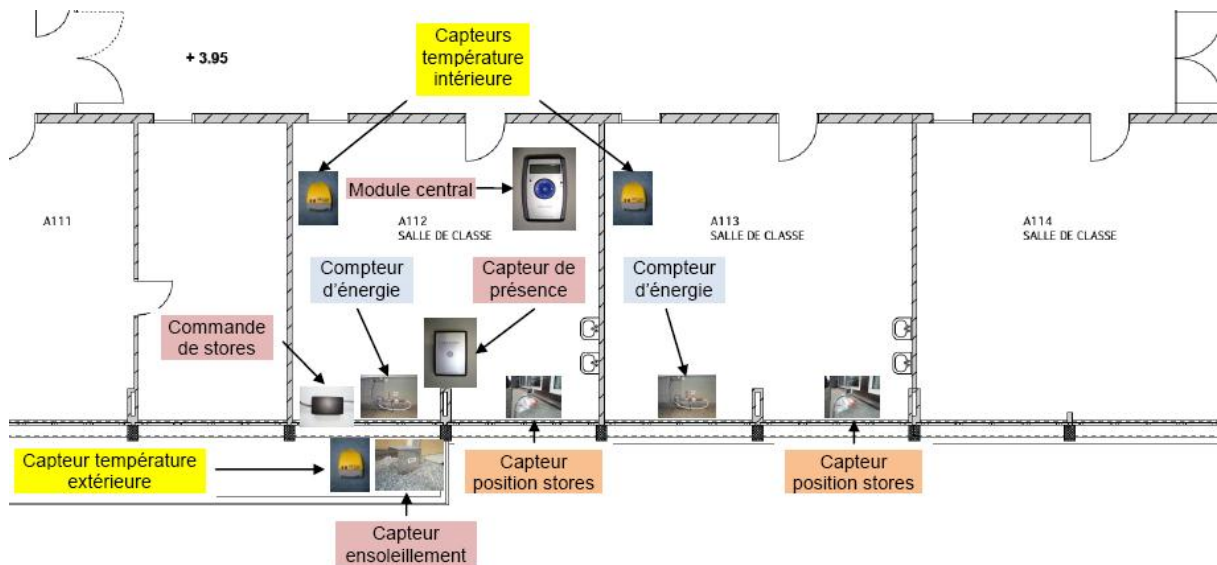


Fig. 18 Salles de test.

A noter que la commande centrale du bâtiment de l'école ferme automatiquement tous les stores du bâtiment vers 17h30. Les stores restent fermés pendant la nuit et même la journée sauf si l'utilisateur décide de les ouvrir manuellement.

7.3. Les outils et instruments de suivi des mesures

Pour le suivi expérimental, des 'Data-loggers' de tension et de température sont utilisés.



Fig. 19 Data-loggers.

Il s'agit des dataloggers de Tinytag avec capteur intégré, couplés avec un software qui permet la configuration de ces instruments et l'analyse des données, ainsi que l'exportation sous Excel.

Les grandeurs mesurées sont :

- Température externe
- Température interne des 2 salles
- Position (Ouverture / Fermeture) des stores

De plus, pour la mesure de l'énergie consommée, sur chaque radiateur (2 radiateurs par salle) un compteur de chaleur est monté : il mesure cette énergie en se basant sur les températures d'aller et de retour du radiateur ainsi que le débit d'eau qu'y circule.

$$Q_{cons} = \int m * c * (T_{aller} - T_{retour}) * dt$$



Fig. 20 Compteur de chaleur avec affichage numérique.

7.4. Les tests de fonctionnalité du prototype

Les différents tests de fonctionnalité en premier lieu sur la maquette de démonstration et ensuite dans une salle de classe se sont montrés concluants. La communication sans fil entre différents modules disposés à l'intérieur et à l'extérieur marche correctement.

En plus, l'autonomie des modules à pile calculée au chapitre 3.5 est bien respectée.

7.4.1. Les tests pendant la période hivernale

La figure 21 représente un de ces tests pendant un week-end au mois de janvier 2011, où les 2 salles de classe A112 et A113 sont non occupées. La salle A112 est la salle gérée par le concept des stores intelligents tandis que la salle A113 est gérée pas la commande centrale du bâtiment.

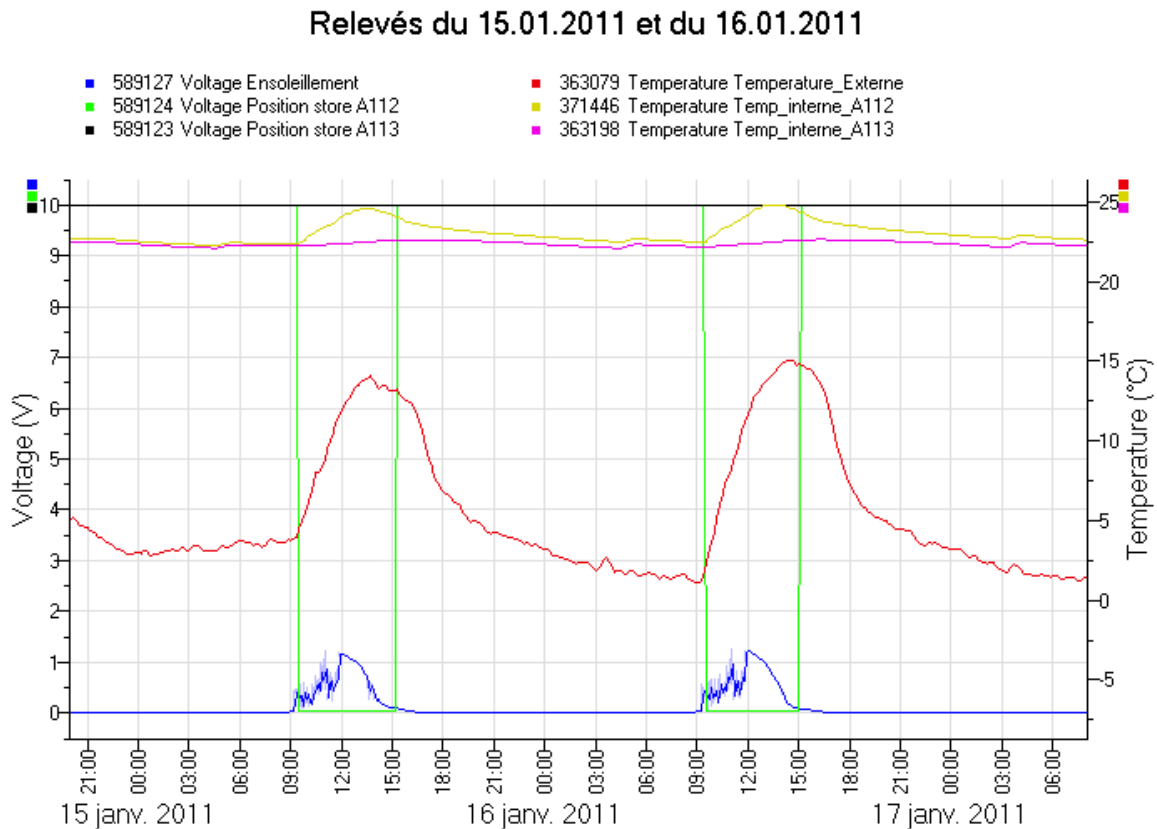


Fig. 21 Test de fonctionnalité du prototype (salle A112) durant un week-end, avec les salles de classe non occupées.

On constate que les stores de la salle A112 s'ouvrent samedi et dimanche de 9 heures du matin jusqu'à 15 heures de l'après-midi lorsque l'ensoleillement s'avère suffisant. Pendant ce temps, les stores de la salle A113 restent fermés et la salle ne profite donc pas de l'apport

gratuit d'énergie solaire. On observe que la température de la salle régulée A112 reste en moyenne 1 à 2 degrés supérieure à celle de la salle A113.

Les tests effectués du 10 février au 15 février confirment le bon fonctionnement du prototype même en présence des personnes. Les stores de la salle régulée A112 s'ouvrent automatiquement lorsque le rayonnement solaire est important sauf si une présence est détectée dans la salle. Dans ce cas, la personne dans la salle peut à n'importe quel moment commander les stores manuellement.

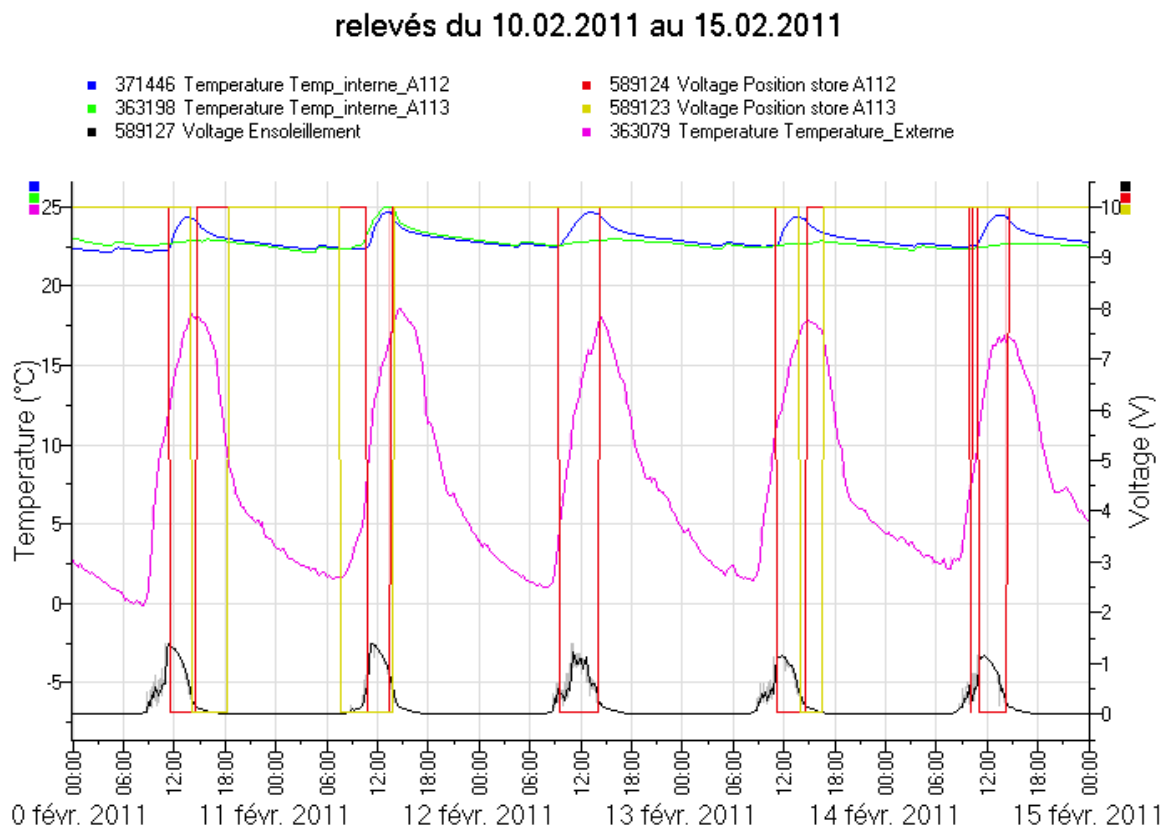


Fig. 22 Tests de fonctionnalité du prototype (salle A112) pendant 5 jours, avec présence et ensoleillement comme facteurs de gestion des stores.

Notons qu'au niveau confort, la température de la salle régulée par le concept intelligent est toujours environ 1 à 2 degrés supérieure à l'autre salle (même pendant la nuit). Des températures d'environ 25 degrés peuvent être atteintes pendant quelques heures au milieu d'une belle journée ensoleillée qui n'est pas désagréable en hiver !

7.4.2. Les tests pendant la période estivale

La figure suivante démontre comment une protection solaire intelligente améliore le confort en saisons chaudes et garantit un climat intérieur agréable, tout en évitant un système de refroidissement artificiel.

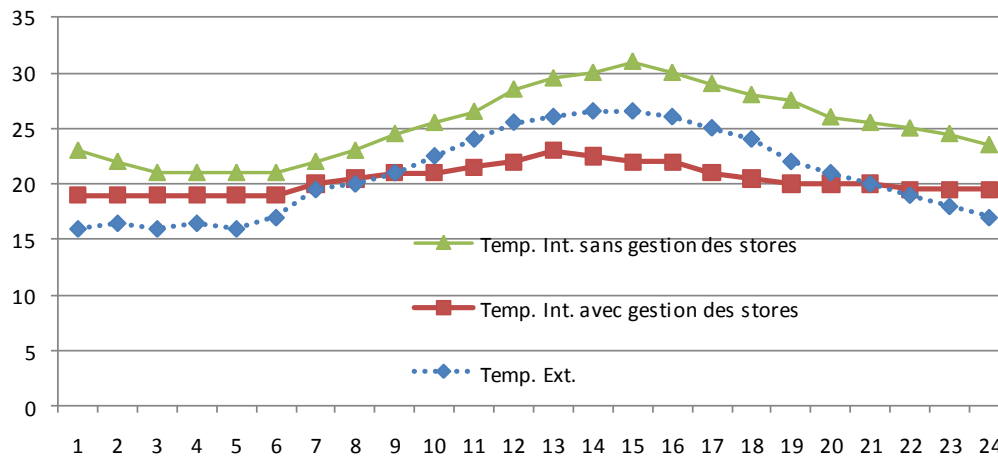


Fig. 23 Evolution de la température d'une pièce exposée au soleil, avec et sans gestion des stores, sur 24 heures en été.

7.5. Analyse des mesures

7.5.1. Analyse des mesures pendant la période hivernale

La consommation énergétique de chaque salle est calculée en additionnant les valeurs des deux compteurs de chaleur qui sont montés sur les deux radiateurs de chaque salle.

La consommation énergétique des salles A112 et A113 ont été comparées sur plusieurs semaines pendant l'hiver 2010-2011. Pour démontrer que ces deux salles sont pratiquement identiques et afin de valider les résultats, les 2 salles de classe sont commutées à deux reprises. Les résultats restent pratiquement identiques même en inter-changeant les deux salles.

A noter que le système central de chauffage impose une consigne de température de 21 degrés pendant la journée et de 16 degrés pendant la nuit.

On a remarqué que les résultats sont plus réguliers et prévisibles pendant les week-ends où les utilisateurs ne perturbent pas les mesures par différentes interventions comme ouverture des fenêtres ou manipulation des modules du prototype.

Voici nos remarques et observations d'après les relevés des compteurs de chaleur :

- Pendant les week-ends ensoleillés, un gain d'environ 25% à 30% peut être obtenu pour la salle gérée avec le concept des stores intelligents.
- Pendant les week-ends nuageux où les stores restent fermés dans les deux salles, un faible gain (inférieur à 5%) dans la salle régulée peut être éventuellement observé grâce à sa température légèrement supérieure par rapport à l'autre salle.

- Les gains obtenus sont beaucoup moins importants pendant la semaine où les utilisateurs interviennent dans la gestion des stores. Dans les meilleurs des cas, avec un temps ensoleillé et lorsque les fenêtres sont restés fermés et les différents modules ne sont pas manipulés ou désactivés, des gains de l'ordre de 10% à 15% peuvent être observés.
- Il est évident que les gains dépendent fortement de la fréquentation des salles. Sachant que la puissance thermique dégagée est environ 100 Watts par personne, on peut facilement observer une augmentation de quelques degrés pendant les heures de cours (avec environ 15 à 20 personnes dans la salle) même avec les vannes thermostatiques complètement arrêtées !

A titre indicatif, quelques relevés représentatifs des compteurs de chaleurs sont exposés à l'annexe 3. Les mesures erronées par mauvaises manipulations des utilisateurs sont représentées en rouge.

Il ne faut pas oublier les erreurs introduites par les différents instruments comme les compteurs de chaleur, ainsi que l'erreur d'ouverture et de fermeture de $\pm 10\%$ pour les vannes thermostatiques.

7.5.2. Analyse des mesures pendant la période estivale

Pendant la belle saison, un store baissé pendant la journée et son ouverture pendant la nuit permettent de se protéger contre la surchauffe de la pièce. Ce système permet donc de diminuer l'utilisation d'un système de climatisation. Les gains en énergie n'ont malheureusement pas pu être chiffrés pendant la période estivale.

8. Conclusion

La solution 'Low Cost' proposée rassemble les technologies de pointe dans les domaines Wireless, instrumentation et régulation afin de viser une économie non négligeable d'énergie dans les bâtiments. Une gestion automatique des protections solaires offre les avantages suivants :

- ✓ Le système est exploitable toute l'année. En saisons froides, l'ouverture des stores en fonction du rayonnement solaire et la fermeture des stores pendant la nuit permettent d'utiliser la pièce habitable en tant que système de stockage d'énergie solaire. En saisons chaudes, l'opération inverse améliore le confort des habitants, tout en évitent un système de refroidissement artificiel.
- ✓ Une gestion 'pièce par pièce' permet de situer correctement les différents capteurs, afin d'effectuer diverses fonctions d'optimisation comme l'adaptation à l'occupation, l'anticipation des apports gratuits (soleil et personnes) et l'optimisation du confort.
- ✓ Les besoins des habitants peuvent être considérés par une interface IHM permettant à l'utilisateur d'introduire ses souhaits et ses besoins. Trois modes de fonctionnement sont programmés : mode Manuel, mode Astro et mode Save Energy.

Le prototype développé dans ce projet a été testé dans une salle de classe à la HES-SO Valais. Des essais comparatifs avec une salle de classe voisine démontrent que pour les locaux bien orientés, on peut affirmer :

- Un gain d'environ 25% à 30% peut être obtenu pendant les week-ends ensoleillés lorsque les salles ne sont pas occupées et le mode Save Energy est activé.
- Lorsque les salles sont fréquentées, une comparaison énergétique des salles s'avère difficile à cause des interventions des utilisateurs sur les stores. Dans les meilleurs des cas, par un temps ensoleillé et lorsque les fenêtres sont restés fermés et les différents modules ne sont pas manipulés ou désactivés, des gains de l'ordre de 10% à 15% sont observés.

Les résultats obtenus démontrent que la solution proposée convient beaucoup mieux aux bureaux et locaux commerciaux avec une fréquentation régulière (fermeture des locaux pendant le week-end) qu'aux villas familiales. Il est évident qu'en privant les utilisateurs de la commande manuelle des stores, des gains énergétiques importants peuvent être obtenus !!!

Enfin, le prototype développé est prêt à être commercialisé. Les fabricants des stores électriques peuvent par exemple l'ajouter à leurs catalogues et le proposer comme une « option » à leurs clients. La phase de marketing sort du cadre de notre projet.

9. Références

- [1] Johan Walthert : Gestion des stores électriques en fonction de l'ensoleillement et de la présence. Travail de diplôme à la HES-SO Valais, 2009-2010.
- [2] Dick Dolmans : Solar shading and energy saving. BBSA Openings. www.es-so.eu , Jan 2009.
- [3] Hervé Lamy : How solar protection devices are considered in thermal regulations. ES-SO Workshop, Oct 2009.
- [4] Andrew Chalk : Energy reduction in buildings through solar shading. R+T Messe Stuttgart, Feb 2009.
- [5] Fariba Bützberger, Christophe Truffer : Smart stores. 16. Status-Seminar «Forschen und Bauen im Kontext von Energie und Umwelt», ETH-Zürich, Sept. 2010.

10. Annexes

10.1. Annexe 1, Manuel utilisateur

Sommaire

1	Description des modes de fonctionnement.....	28
1.1	Mode Manuel.....	28
1.2	Mode Astro	28
1.3	Mode Save Energy	29
2	Affichage principal	29
3	Les commandes	29
4	Menu.....	30
4.1.1	Page Menu.....	30
4.1.2	Page Paramètres	30
4.1.3	Page Réglages.....	30
5	Paramètres et réglages	31
5.1	Choix Astro / Save Energy.....	31
5.2	Position intermédiaire (pas actif dans cette version)	31
5.3	Fonctionnement été	31
5.4	Echantillon lumière	31
5.5	Seuil lumière.....	31
5.6	Date et heure.....	32
5.7	Alarme présente	32
5.8	Paramètres d'origine.....	32

1. Description des modes de fonctionnement

1.1 Mode manuel

Le mode manuel permet au système d'être utilisé comme une simple télécommande avec les options monter descendre et stop. Ce mode est actif lorsqu'une présence est détectée ou que le commutateur « man / auto » est en position manuelle.



1.2 Mode Astro

Le mode Astro est l'un des deux modes automatiques. Une plage horaire fixe est définie pour chaque mois de l'année. Durant la journée les stores sont ouverts et fermés durant la nuit. Le paramètre « fonctionnement été » permet d'inverser l'état des stores durant l'été (juin à aout).

Plages horaires

Mois	Début	Fin
Janvier	9h00	17h00
Février	8h20	18h00
Mars	7h40	19h00
Avril	7h00	20h00
Mai	6h20	21h00
Juin	5h40	22h00
Juillet	5h40	22h00
Aout	6h20	21h00
Septembre	7h00	20h00
Octobre	7h40	19h00
Novembre	8h20	18h00
Décembre	9h00	17h00

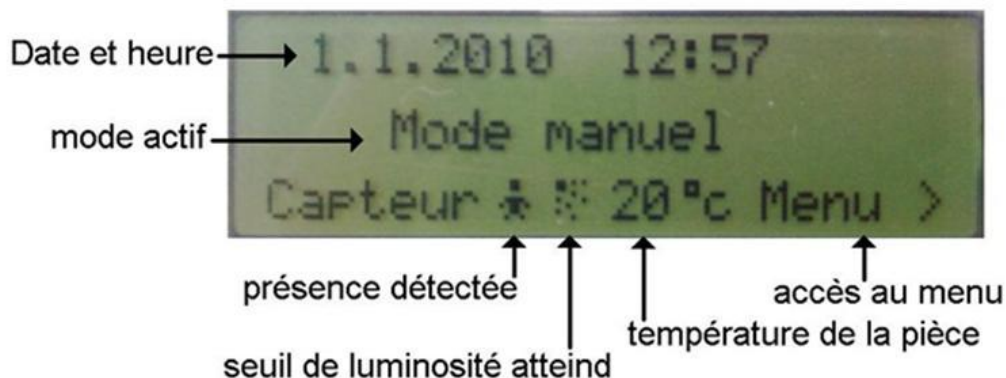
1.3 Mode Save Energy

Le mode Save Energy est le deuxième mode automatique. Chaque 15 minutes une mesure de luminosité est effectuée ainsi qu'une mesure de présence dans la pièce. Le système réagit en fonction de ces mesures afin de laisser entrer la chaleur et de la conserver au mieux pour l'hiver, inversement pour l'été. En cas de présence la commande manuelle est prioritaire.

L'utilisateur peut choisir le seuil de détection de la luminosité entre 0 et 100%. Il peut également choisir un nombre de mesures identiques avant d'agir entre 1 et 3. Cela permet d'introduire une temporisation et éviter des mouvements trop fréquents.

2. Affichage principal

Afin de fournir l'état du système et ses paramètres. La commande est munie d'un écran. Avec les différentes options suivantes.



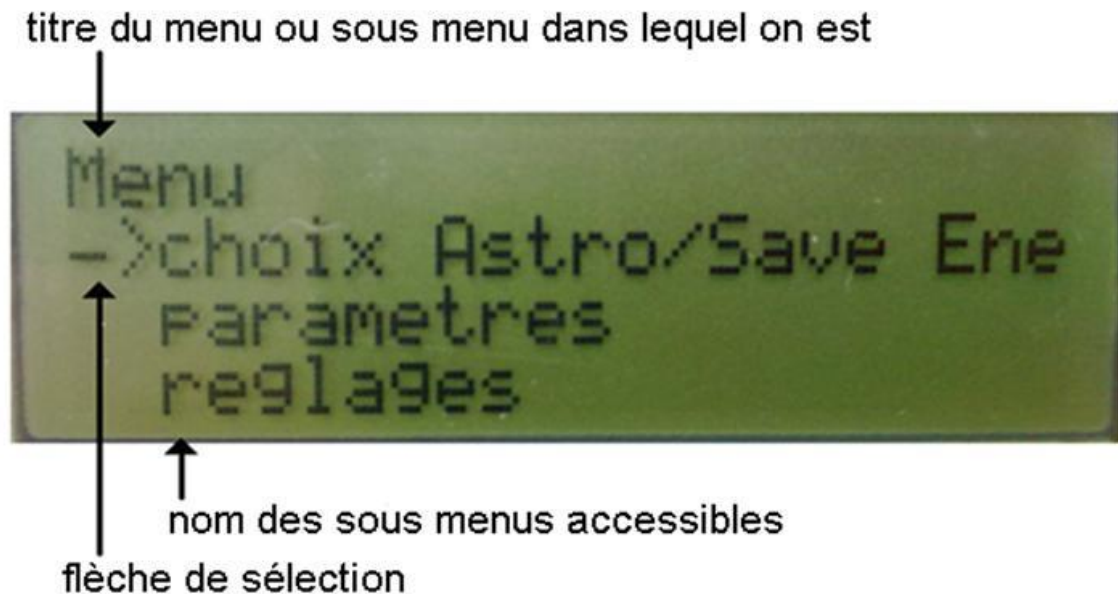
Cet affichage est mis à jour automatiquement.

3. Les commandes

- permet d'accéder au menu, quand le texte menu > est affiché en bas à droite.
- ← permet de revenir en arrière dans le menu ou de mettre à jour l'affichage principal.
- Flèche haut** permet de monter la sélection.
- Flèche bas** permet de descendre la sélection.
- OK** permet de valider le choix du sous menu ou de la valeur du paramètre.

4. Menu

Un menu permet de modifier les paramètres, de régler la date et l'heure, de choisir le mode automatique et d'autres fonctions.



4.1.1 Page Menu

Nous donnons accès aux sous menus suivants :

- Choix Astro / Save Energy
- Paramètres
- Réglages

4.1.2 Page Paramètres

Nous donnons accès aux sous menus suivants :

- Param. Astro
- Param. Save Energy

4.1.3 Page Réglages

Nous donnons accès aux sous menus suivants :

- Date et heure
- Alarme présente
- Param. d'origine

5. Paramètres et réglages

5.1 Choix Astro / Save Energy

Accès	Menu > choix Astro / Save Energy
Description	permet de choisir le type de mode automatique entre Astro et Save Energy.

5.2 Position intermédiaire (pas actif dans cette version)

Accès	Menu > paramètres > param. Astro > pos. Intermédiaire
Description	permet de donner un temps de montée ou de descente au store afin qu'il ne s'ouvre ou ne se ferme pas complètement. Ce temps est défini entre 0 et 60 secondes. Le zéro indiquant que le store s'ouvre et se ferme à 100%.

5.3 Fonctionnement été

Accès	Menu > paramètres > param. Astro > Fonctionnement été
Description	permet de définir le mode normal ou inverse pour la commande du store durant l'été du mois de juin à fin août. Normal : le store s'ouvre la journée et se ferme le soir Inverse : le store se ferme la journée et s'ouvre le soir

5.4 Echantillon lumière

Accès	Menu > paramètres > param. Save Energy > échantillon lumière
Description	permet de choisir le nombre de mesures, entre 1 et 3, consécutives et dépassant le seuil pour permettre l'exécution du mode Save Energy. Cela permet d'éviter des mouvements trop fréquents des stores. 1 : à chaque mesure le système réagit (chaque 15 minutes) 2 : le système optimise la position du store quand 2 mesures consécutives sont supérieures au seuil choisi. (chaque 30 minutes) 3 : le système optimise la position du store quand 3 mesures consécutives sont supérieures au seuil choisi. (chaque 45 minutes)

5.5 Seuil lumière

Accès	Menu > paramètres > param. Save Energy > seuil détection
Description	le seuil de détection varie entre 0 et 100% de la mesure de luminosité. Il permet d'ajuster le seuil en fonction de l'exposition du capteur.

5.6 Date et heure

Accès Menu > réglage > date et heure

Description permet de modifier la date et l'heure du système avec l'ordre chronologique suivant :

Année	année actuelle à partir de 2010
Mois	mois actuelle entre 1 et 12 le 1 étant janvier.
Jour	jour ente 1 et 31
Jour de la semaine	jour de la semaine entre 1 et 7, le 1 étant lundi
Heure	entre 0 et 23 heures
Minute	entre 0 et 59 minutes

5.7 Alarme présente

Accès Menu > réglage > Alarme présente

Description Donne la liste des erreurs présentes afin de les corriger :

Signalisation	Type	Description
Bat. faible lumière	Avertissement	Le niveau des piles du capteur d'ensoleillement est faible. Remplacer les piles.
Bat. faible présence	Avertissement	Le niveau des piles du capteur de présence est faible. Remplacer les piles.
Erreur com.	Erreur	La communication sans fils avec les capteurs ou le module de commande du store a été perdue. 1) Vérifier les piles des capteurs 2)Vérifier que le moteur du store soit bien alimenté (donner une commande manuelle) 3)Débrancher le module central et attendez 10 secondes avant de le rebrancher.
Pas d'alarme		Aucune erreur ou alarme n'est présente.

5.8 Paramètres d'origine

Accès Menu > réglage > param. d'origine

Description permet de rétablir les paramètres d'origine du système.

10.2. Annexe 2, Calcul de prix des 4 modules de prototype

Module émetteur Es avec capteur de rayonnement

quantité	déniomination	fournisseur	prix	sous total
1	photo diode	distrelec	13.56	13.56
1	ampli op CMOS MCP601	distrelec	1.83	1.83
1	module Xbee	reselec	21.6	21.6
2	socle pour Xbee		0.1	0.2
2	jumper	distrelec	0.7	1.4
1	résistance 1M		0.1	0.1
1	résistance 1K		0.1	0.1
1	résistance 5.6K		0.1	0.1
1	condensateur découplage		0.1	0.1
1	led verte	distrelec	2.37	2.37
2	bouton poussoir	distrelec	1.72	3.44
1	support de pile	conrad	2.75	2.75
1	boitier 92X66X28	distrelec	12.91	12.91
			total	61.46

Module émetteur Ep avec capteur de présence

quantité	déniomination	fournisseur	prix	sous total
1	Capteur de mouvement	distrelec	36.85	36.85
1	module Xbee	reselec	21.6	21.6
2	socle pour Xbee		0.1	0.2
2	jumper	distrelec	0.7	1.4
1	résistance 1M		0.1	0.1
1	résistance 1K		0.1	0.1
1	led verte	distrelec	2.37	2.37
2	bouton poussoir	distrelec	1.72	3.44
1	support de pile	conrad	2.75	2.75
1	boitier	distrelec	12.91	12.91
			total	81.72

Module récepteur R avec commande moteur

quantité	déniomination	fournisseur	prix	sous total
2	relais de commande des stores	distrelec	3.77	7.54
1	module Xbee	reselec	21.6	21.6
2	socle pour Xbee		0.1	0.2
1	jumper	distrelec	0.7	0.7
1	resistance 1M		0.1	0.1
2	resistance 10K		0.1	0.2
1	résistance 1K		0.1	0.1
1	borne alimentation à vis	distrelec	1.4	1.4
2	borne enfichable		1	2
2	diodes		0.1	0.2
2	transistor	distrelec	0.48	0.96
1	led verte	distrelec	2.37	2.37
2	bouton poussoir	distrelec	1.72	3.44
1	transformateur 230-3,3V	farnell	49.2	49.2
1	boitier 120X66X40	distrelec	14.63	14.63
			total	104.64

Module central C avec commande et affichage

quantité	déniomination	fournisseur	prix	sous total
1	module Xbee	reselec	21.6	21.6
2	socle pour Xbee		0.1	0.2
1	microcontrôleur	microchip	5	5
1	socle Uc	distrelec	1.18	1.18
10	condensateur 1uF	distrelec	0.41	4.1
2	condensateur 10nF	distrelec	0.1	0.2
1	jumper	distrelec	0.7	0.7
8	résistance 1M		0.1	0.8
1	résistance 47k		0.1	0.1
1	résistance 10K		0.1	0.1
3	résistance 4.7K		0.1	0.3
2	résistance 1K		0.1	0.2
1	transistor	distrelec	0.48	0.48
1	horloge en temps réel	distrelec	8.07	8.07
1	led rouge	distrelec	1.29	1.29
1	led verte	distrelec	2.37	2.37
1	capteur de température	farnell	9.1	9.1
1	affichage lcd graphique	distrelec	23.89	23.89
3	bouton poussoir	distrelec	1.72	5.16
1	bouton poussoir rond (5)	farnell	23.65	23.65
1	connecteur rond 3.3V mal	distrelec	1.9	1.9
1	connecteur rond 3.3V femelle	distrelec	2.3	2.3
1	boitier	distrelec	19.26	19.26
1	transformateur 230-5V	distrelec	36.58	36.58
1	abaisseur de tension max1658esa	distrelec	9.9	9.9
1	rétro éclairage jaune pour DOGM132	distrelec	0 6.67	6.67
			total	185.1

Prix global du prototype

432.92 frs

10.3. Annexe 3, Relevés des compteurs de chaleur

Relevés des compteurs de chaleur (14 janvier 2011 --> 11 février 2011)											
Date	Heure	Salle A 112				Salle A 113				Economie d'énergie	Remarque
		Gestion stores automatique				Gestion stores manuelle					
		Radiateur Est		Radiateur Ouest		Radiateur Est		Radiateur Ouest			
		Somme [Wh]	Consommation [Wh]	Somme [Wh]	Consommation [Wh]	Somme [Wh]	Consommation [Wh]	Somme [Wh]	Consommation [Wh]	[%]	
14.01.2011	17h00	19195740.7		21920934.6		154064907		19200498.7			Relevés des mesures vendredi soir
17.01.2011	10h00	19197155	1414.3	21922519.2		154066558	1650.4	19202190	1691.3	10.3%	Mode automatique pendant 1 week-end (temps ensoleillé, température ext. clémente)
21.01.2011	17h00	19200124.7	2969.7	21926033.6	3514.4	154072036	5478.6	19207362.6	5172.6	39.1%	Relevés des mesures vendredi soir
24.01.2011	10h00	19202703.9	2579.2	21927853.1	1819.5	154074206	2169.9	19209195.8	1833.2	-9.9%	Relevés des mesures lundi matin (-9.9 % ??)
26.01.2011	09h00	19204401.7	1697.8	21929733.3	1880.2	154076203	1997.3	19210742.1	1546.3	-1.0%	Relevés des mesures mercredi matin (-1.0 % ??)
27.01.2011	16h00	19206653.7	2252	21930790.7	1057.4	154076969	765.5	19211478.6	736.5	-120.3%	Lors du relevé, la fenêtre était ouverte dans la salle A112 ! (depuis quand ?)
28.01.2011	17h00	19207205.2	551.5	21931476.2	685.5	154077698	728.7	19212145.3	666.7	11.4%	Relevés des mesures vendredi soir
01.02.2011	17h00	19210390.5	3185.3	21933740.8	2264.6	154081419	3721.9	19215661.3	3516	24.7%	Relevés mardi après 1 week-end + lundi + mardi avec salles peu occupées (pas de cours), temps avec forte brume (pas de soleil) lundi matin et mardi matin.
04.02.2011	17h00	19212752.7	2362.2	21935800.5	2059.7	154083685	2265.3	19218019.1	2357.8	4.4%	Relevés des mesures vendredi soir
07.02.2011	08h00	19214607.7	1855	21937366.5	1566	154086201	2516.6	19220139.7	2120.6	26.2%	Relevés des mesures lundi matin (le store en A113 est resté ouvert tout le week-end !)
08.02.2011	17h00	19215184.2	576.5	21937975.8	609.3	154086772	571.1	19220486.5	346.8	-29.2%	Des étudiants étaient présents dans la salle (qqn a mis le coordinateur en Manuel !) Le système a été désactivé du 8.2.2011 (17h00) à 10.02.2011 (11h00)
10.02.2011	11h00	19216493.3	1309.1	21938985	1009.2	154087951	1078.6	19221446.8	960.3	-13.7%	Relevés des mesures jeudi
11.02.2011	16h00	19216867.6	374.3	21939526.4	541.4	154088530	678.9	19222013.6	566.8	26.5%	Relevés des mesures vendredi soir

Relevés des compteurs de chaleur (16 février 2011 --> 7 mars 2011)											
Date	Heure	Salle A 112				Salle A 113				Economie d'énergie	Remarque
		Gestion stores manuelle				Gestion stores automatique					
		Radiateur Est		Radiateur Ouest		Radiateur Est		Radiateur Ouest			
		Somme [Wh]	Consommation [Wh]	Somme [Wh]	Consommation [Wh]	Somme [Wh]	Consommation [Wh]	Somme [Wh]	Consommation [Wh]	[%]	
16.02.2011	12h00	19219344.5		21941890.2		154091072		19224304.4			
18.02.2011	16h00	19221251.2	1906.7	21943521.5	1631.3	154092407	1335.4	19225660.1	1355.7	23.9%	Relevés le vendredi soir
21.02.2011	08h00	19222849.5	1598.3	21945239.6	1718.1	154093906	1499.1	19227315.8	1655.7	4.9%	Relevés le lundi matin (samedi : un peu de soleil, dimanche : couvert)
25.02.2011	17h00	19228108	5258.5	21949617.6	4378	154098112	4205.8	19230391.7	3075.9	24.4%	Relevés du vendredi soir.
29.02.2011	08h00	19230672.1	2564.1	21951017.4	1399.8	154099672	1559.4	19231860.3	1468.6	23.6%	Relevés le lundi matin (temps ensoleillé pendant le week-end)
04.03.2011	18h00	19234134.3	3462.2	21953816.6	2799.2	154104540	4868.2	19235184.3	3324	-30.8%	Relevés le vendredi soir, l'alimentation du capteur de présence a été coupée !!
07.03.2011	10h00	19235460.9	1326.6	21955432.9	1616.3	154105839	1299.5	19236323.1	1138.8	17.1%	Relevés le lundi matin