



**ubiant™**

Créateur de solutions  
pour bâtiments intelligents

---

**hemis: une plateforme  
de gestion intelligente  
pour l'ajustement diffus.**

**projet «plug».**





**Contacts :**

**Emmanuel Olivier**  
2 place de Francfort, 69444  
Lyon CEDEX 03

Bureau : +33 (0)4 78 18 44 16  
Cellulaire : +33 (0)6 07 11 11 22  
Courriel : [emmanuel.olivier@ubiant.com](mailto:emmanuel.olivier@ubiant.com)

**Saber Mansour**  
2 place de Francfort, 69444  
Lyon CEDEX 03

Bureau : +33 (0)9 53 62 65 73  
Courriel : [saber.mansour@ubiant.com](mailto:saber.mansour@ubiant.com)

# Sommaire

<b>1</b>	Contexte	Page 4
.....		
<b>2</b>	Solutions existantes	Page 8
.....		
<b>3</b>	Solution proposée	Page 12
.....		
<b>4</b>	Technologie utilisée	Page 22
.....		
<b>5</b>	Avantages concurrentiels	Page 26
.....		
<b>6</b>	Partenariat proposé	Page 27
.....		

# 1 Contexte

---

*Le 15 décembre 2010 RTE annonçait un record historique de la consommation électrique en France avec une puissance instantanée appelée de **96.170 MW**, le 2 Février 2012 ce record a été frôlé avec **96.377 MW**. Cinq jours plus tard, le 7 Février 2012 le cap symbolique des **100.000 MW** a été franchi avec **100.655 MW** et cela n'a duré qu'une journée pour atteindre un nouveau pic record de consommation de **102.098 MW** le 8 Février 2012<sup>1</sup>.*



Pic record de consommation de  
102.098 MW le 8 Février 2012

La consommation électrique en France ne cesse d'augmenter, ce phénomène va s'accroître avec l'arrivée massive des voitures électriques, prévue pour les prochaines années (450 000 véhicules d'ici 2015 et 2 millions à l'horizon 2020)<sup>2</sup>. L'impact d'une demande simultanée d'un million de voiture électrique peut avoir un impact non négligeable surtout au moment des pointes de consommation.

Dans ce contexte, les énergies renouvelables, qui sont positives sur le plan du développement durable, apportent cependant plus de complexité aux gestionnaires énergétiques par leur caractère intermittent et imprévisible lié aux facteurs climatiques.

La problématique est accentuée par les contraintes réglementaires au niveau européen (plan climat énergie) et au niveau national (RT 2020). En effet, les pays membres de l'Union européenne ont signé un accord qui met comme objectif d'atteindre les « 20-20-20 » à l'horizon de l'année 2020<sup>3</sup>:

- >> 20% d'émission de gaz à effet de serre en moins par rapport à 1990,
- >> Améliorer l'efficacité énergétique de 20%
- >> Produire au moins 20% d'énergie renouvelable.

---

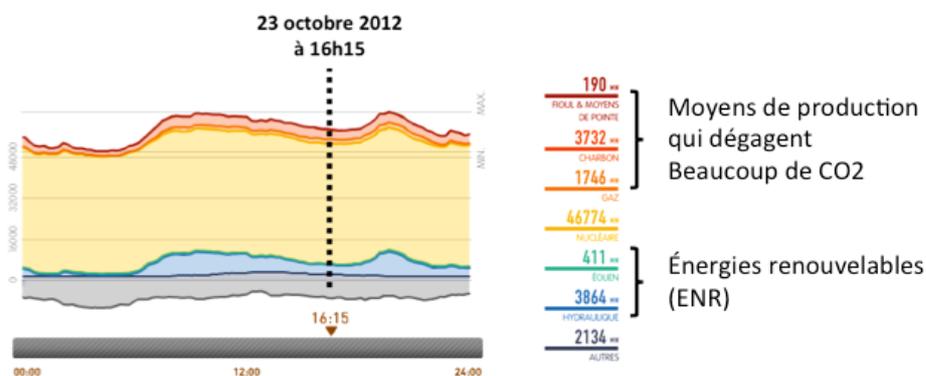
<sup>1</sup> RTE : [http://clients.rte-france.com/lang/fr/visiteurs/vie/vie\\_stats\\_jour\\_rem.jsp](http://clients.rte-france.com/lang/fr/visiteurs/vie/vie_stats_jour_rem.jsp)

<sup>2</sup> [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/0825\\_plan\\_d\\_action\\_national\\_ENRversion\\_finale.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/0825_plan_d_action_national_ENRversion_finale.pdf)

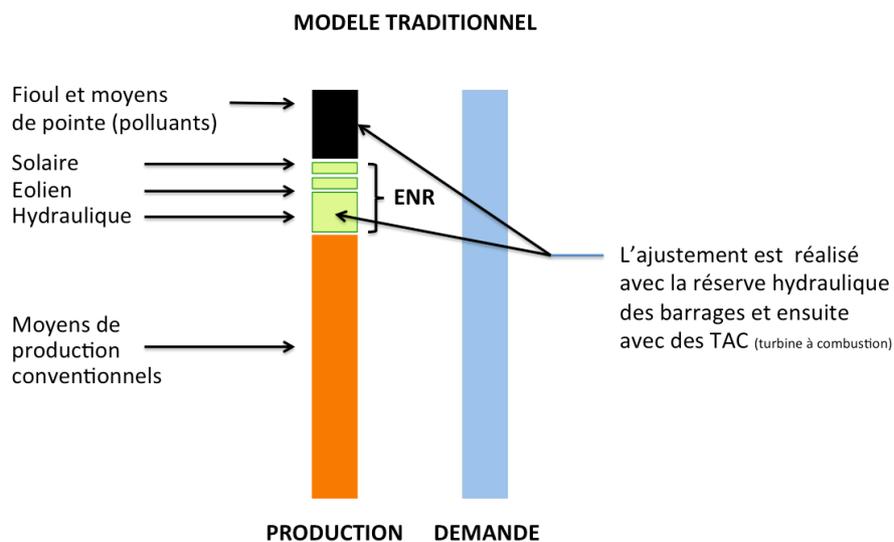
<sup>3</sup> <http://www.europarl.europa.eu/activities/committees/studies/download.do?language=en&file=31611>

L'électricité ne pouvant être massivement stocké, le gestionnaire du réseau fait en sorte de maintenir en permanence un **équilibre entre l'offre et la demande**. Au moment des pics de consommation le gestionnaire active des moyens de production de pointe très polluants ou importe, si possible, de l'électricité avec un coût potentiellement élevé du réseau européen interconnecté.

» En France, RTE garantit en permanence un équilibre entre l'offre et la demande.



### 1 – Modèle traditionnel de « Demande / Réponse ».

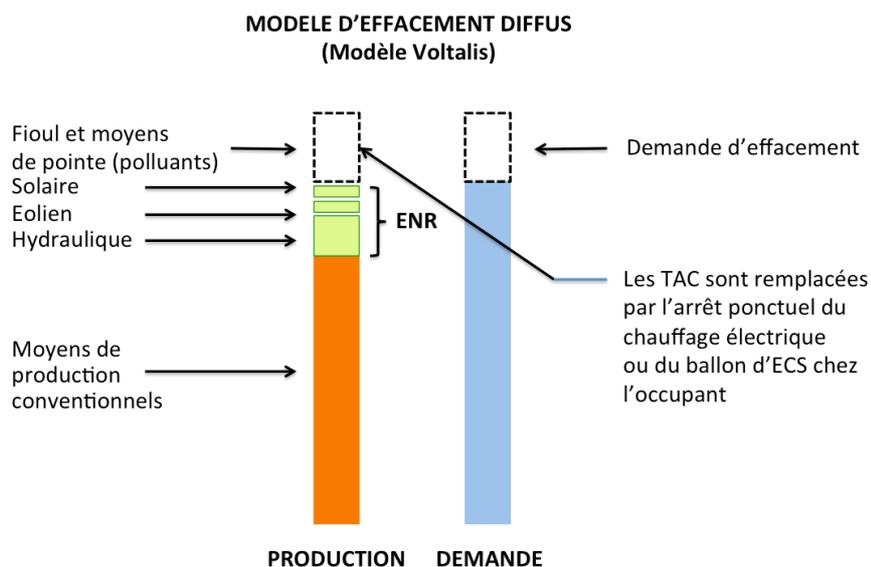




Pour effacer les pics, le gestionnaire peut aussi recourir à « l'effacement diffus ».

La technique de « **l'effacement diffus** » permet de lisser la courbe de charge dans le temps. Actuellement les techniques d'effacement diffus en résidentiel ou tertiaire ciblent les appareils de chauffage et d'eau chaude sanitaire électriques. L'agrégation d'un grand nombre d'appareils permet d'avoir un potentiel d'effacement non négligeable en coupant sur demande de RTE.

## 2 – Effacement diffus



Comme développé dans le chapitre suivant les solutions « **centralisées** » existantes « **d'effacement diffus** » ne supporteront pas le passage à l'échelle (de 30.000 bâtiments actuellement, à 30 millions demain) et contrairement à ce qu'elles avancent impactent considérablement le confort utilisateur. Au delà de l'impact sur le confort, elles posent un problème évident de business model (rémunération des consommateurs).

Enfin, si ces solutions étaient **généralisées**, elles pourraient aboutir à une déstabilisation du réseau. En effet, avec des modulations brutales de 2000W à 6000W par bâtiment, le ré-enclenchement des appareils (impossible à coordonner de manière centralisée), pourraient générer des **pics supérieurs** à ceux que cette modulation était supposée effacer.

Pour s'inscrire pleinement dans les objectifs européens du « **plan climat énergie de 2020** », au delà de l'effacement des pics de consommation, il existe aussi un besoin de régulation « **temps réel** » de la variabilité des énergies renouvelables.



Notre proposition concerne un modèle « d'ajustement diffus » décentralisé...

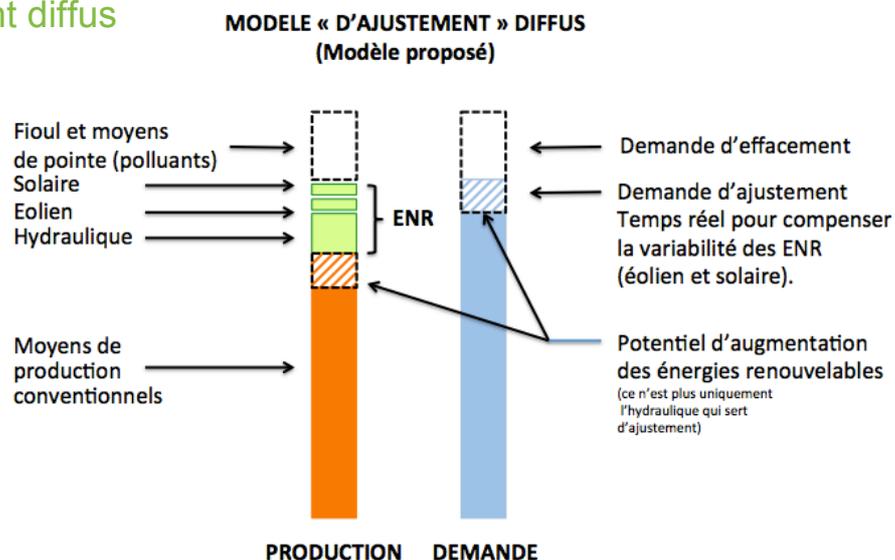


Qui est conçu pour supporter le passage à l'échelle et la gestion temps réel...



Qui favorise l'intégration des énergies renouvelables...

### 3 – Ajustement diffus



À tout moment, RTE peut faire face à **un creux ou une crête** lié aux variations climatiques qui implique une réserve d'ajustement. Pour produire proprement, il serait paradoxal de compenser cette variabilité du solaire et de l'éolien uniquement avec de la production hydroélectrique.

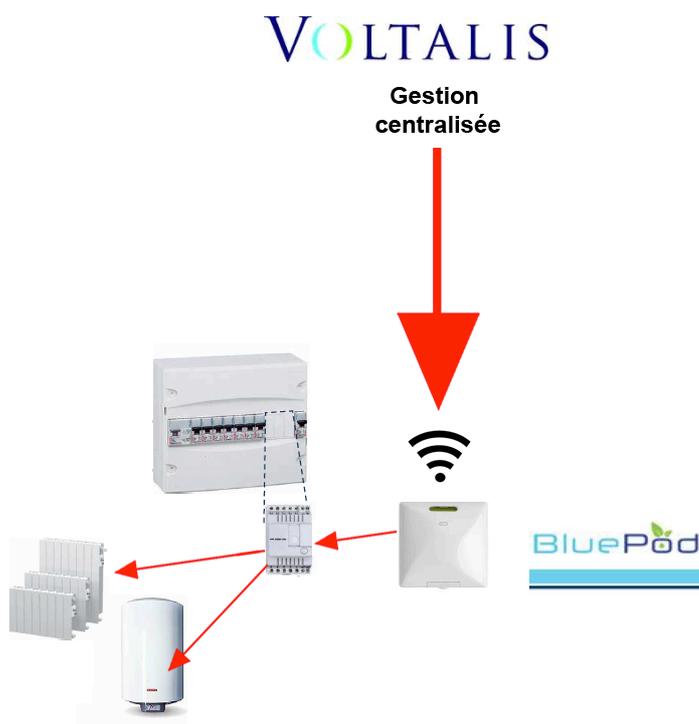
**Le plateforme «Plug** », proposée, répond simultanément aux besoins « **d'effacement diffus** » et « **d'ajustement temps réel** ». Les performances du modèle proposé augmentent proportionnellement au nombre de foyers équipés, **sans affectation du confort usager** et avec une gamme de services connexes résolvant la problématique de business model.

## 2 Solutions existantes

*Nous avons analysé deux approches de l'ajustement diffus : centralisée avec le boîtier **BluePod** de Voltalis, et décentralisée avec **ColorPower** de Zome Energy Networks.*

### 1 - Voltalis

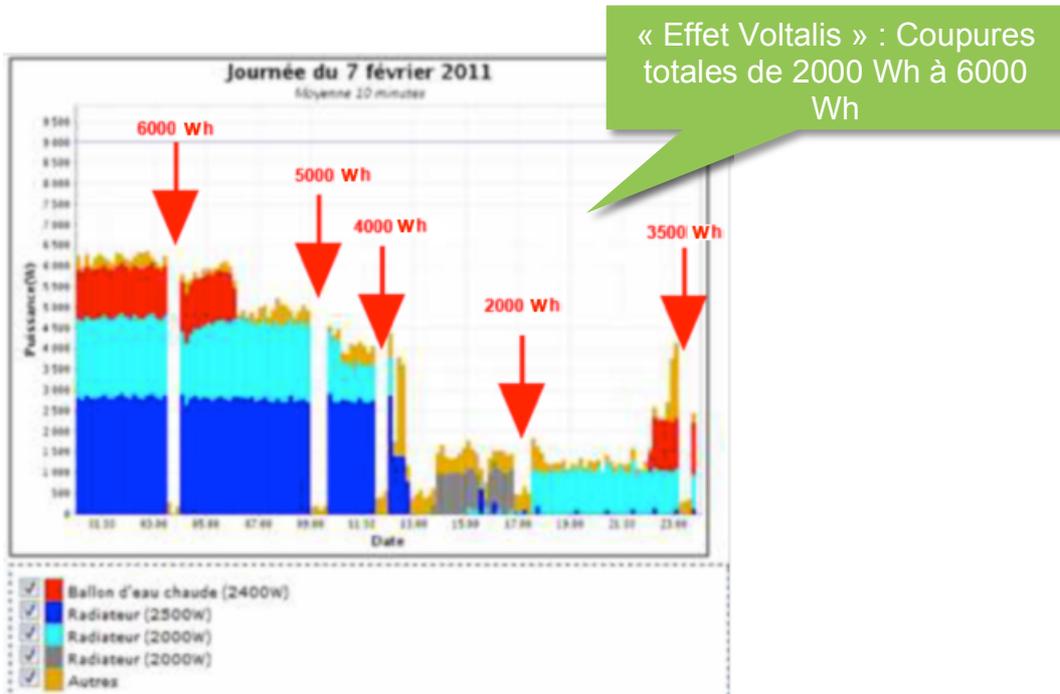
En France Voltalis est la seule société qualifiée à ce jour par RTE comme acteur d'ajustement diffus<sup>4</sup>. La solution se matérialise par l'installation sur le tableau électrique d'un delesteur permettant la mesure et le contrôle des équipements électriques et essentiellement les plus consommateurs (Radiateurs et chauffe-eau). Un deuxième boîtier (BluePod) se charge de communiquer avec un système centralisé pour envoyer les informations de consommation collectées et récupérer les ordres de contrôle.



Source : Voltalis

---

<sup>4</sup> Ademe



Source : Voltalis

## Limites

**Le contrôle centralisé**, sur lequel se base cette solution, implique la remontée en continue des informations relatives à la consommation locale de chaque équipement dans chaque bâtiment contrôlé. **Cela pose des problèmes de vie privée et de gestion de données personnelles qui transitent via le réseau.**

Plus le nombre de logements et d'équipements à contrôler sera grand, plus dure sera la gestion et le traitement des données relatives à ces équipements. Les temps de réponse vont se dégrader et les systèmes informatiques à mettre en place pour résister à la charge seront de plus en plus complexes et coûteux.

Finalement, comme toute solution centralisée, le système d'information global est **vulnérable** et le risque de défaillance ou d'attaque malveillante est non négligeable. Une attaque sur le serveur central aurait pour conséquence la mise hors service de l'ajustement diffus et/ou encore la possibilité d'accès à des informations personnelles, puisque les données de consommation des abonnés sont stockées chez Voltalis.

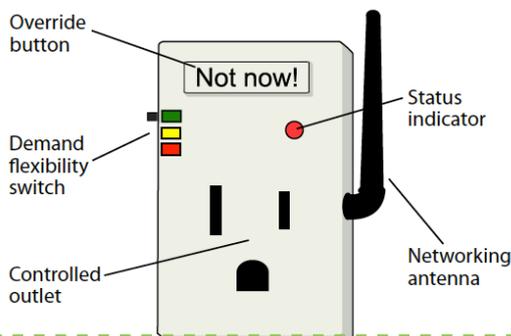
Concernant le modèle économique, il est anormal que l'utilisateur ne soit pas associé à l'avantage économique. En effet, Voltalis vend avec 100% de marge les « négawatts » qui lui ont été fournis gratuitement par ses abonnés. Ce modèle économique, ne pourra perdurer que si Voltalis reverse aux abonnés une partie de ces « négawatts » facturés à RTE **ou un service de valeur équivalente**. Actuellement ce n'est pas le cas puisqu'il s'agit en réalité « d'une interruption de service » par la coupure des appareils connectés au BluePod.

Et enfin, Voltalis ne peut pas prendre en compte la réalité instantanée de la consommation et conditions climatiques et à l'intérieur des bâtiments. **Le confort des usagers n'est en aucun cas pris en compte dans ces décisions.**

## 2 - ColorPower de Zome Energy Networks

La solution conçue par **Zome Energy Networks**<sup>5</sup> et qui se base sur les travaux de Jacob Beal<sup>6</sup>, tente de résoudre les problèmes soulevés chez Voltalis en s'appuyant exclusivement sur une technique décentralisée.

Dans chaque bâtiment participant, les appareils (prioritairement les gros consommateurs) sont équipés d'un boîtier à quatre couleurs. Chaque couleur permet à l'utilisateur de définir le degré de contrôle qu'il délègue au système. Ainsi, la couleur verte indique que le système de contrôle peut éteindre cet équipement, quand il en a besoin. La couleur jaune indique que le système de contrôle peut arrêter moins fréquemment l'équipement en question. La couleur rouge permet à l'utilisateur de limiter l'extinction de l'équipement aux cas d'urgence (risque de blackout). Enfin, la couleur noire interdit au contrôleur d'éteindre l'équipement quelques soient les conditions.



Un **contrôleur** dans le bâtiment (passerelle locale) stocke les informations de disponibilité de chaque équipement et remonte cette information à un coordinateur supérieur. Ce dernier a ainsi une vue globale de l'état général du réseau et sur la flexibilité des équipements contrôlés<sup>7</sup>.

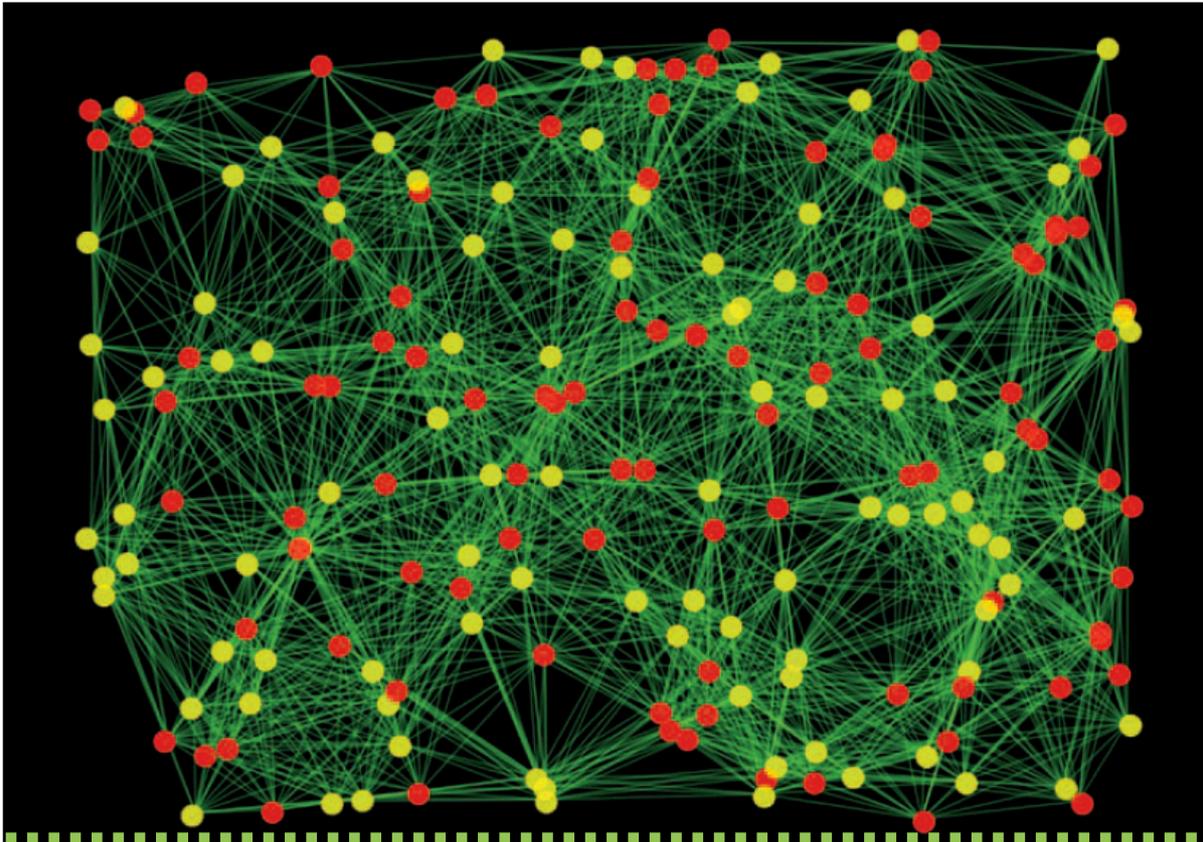
À un niveau supérieur, à la réception d'un appel d'effacement, le coordinateur global relaie l'information à tous les contrôleurs centraux de chaque bâtiment qui le transmettent à chaque équipement. De **façon autonome et complètement aléatoire**, chaque équipement décide de s'effacer ou non en s'appuyant sur les informations disponibles dans le contrôleur central de l'habitat, son historique d'activité et l'état global du réseau. L'algorithme de décision se trouve embarqué dans chaque prise permettant ainsi une décision complètement décentralisée.

L'algorithme en ayant accès à un **historique de décision** évite l'effet de bord d'arrêter et redémarrer plusieurs fois le même équipement au risque d'affecter son fonctionnement. La prise de décision est décentralisée et se fait très rapidement grâce à un algorithme simple. Les données des utilisateurs ne sont jamais remontées en dehors du bâtiment garantissant une meilleure protection de la vie privée des usagers.

<sup>5</sup> [http://mitei.mit.edu/system/files/Energy\\_Futures\\_Spring\\_2012.pdf](http://mitei.mit.edu/system/files/Energy_Futures_Spring_2012.pdf)

<sup>6</sup> Jacob Beal, Jeffrey Berliner and Kevin Hunter: Fast Precise Distributed Control for Energy Demand Management, SASO 2012

<sup>7</sup> [http://www.ferc.gov/eventcalendar/Files/20120626084437-Tuesday\\_SessionA\\_Papalexopoulos.pdf](http://www.ferc.gov/eventcalendar/Files/20120626084437-Tuesday_SessionA_Papalexopoulos.pdf)



In this visualization, the colored dots show what mode individual houses are in after a call for demand reduction. The yellow houses have their green devices turned off but their yellow devices still on. The red houses have both their green and yellow devices turned off, but their red devices are on. The green lines show the communication links from house to house.

## Limites

Dans ce système le confort des usagers n'est en aucun cas pris en compte, ces derniers sont obligés d'intervenir pour ajuster la couleur de décision d'un équipement afin de retrouver un confort perdu.

Comme dans le modèle Voltalis, **cela nécessite un volontarisme des usagers**, ce qui n'est pas évident, surtout avec l'absence de réel bénéfice pour ces derniers. En plus, l'aspect aléatoire des prises de décision, même s'il est prouvé par les études et calculs théoriques, n'est pas encore validé en situation réelle.

Les énergéticiens qui auront déjà du mal à accepter **un contrôle décentralisé** devront en plus accepter **un calcul aléatoire** qui sera de surcroît moins adapté à localiser géographiquement un ajustement. Et enfin, le confort des usagers est affecté par les contraintes que le bouton « **Not Now !** » symbolise.

# 3

## Solution proposée : projet « PLUG »

*Nous partageons les critiques et le scepticisme des concepteurs du système ColorPower vis-à-vis des solutions centralisées. Nous proposons une solution décentralisée, mais qui prend en compte le confort et les préférences des usagers et protège leurs données personnelles. Le cœur de notre technologie s'appelle **HEMIS** (Home Energy Management Intelligent System) et fonctionne sur un système auto adaptatif et temps réel, utilisé pour le projet « **PLUG** ».*

### 1 - Description du matériel chez l'utilisateur :

#### >> HEMIS dans le tableau électrique :

##### Hemis (serveur d'applications) au format DIN

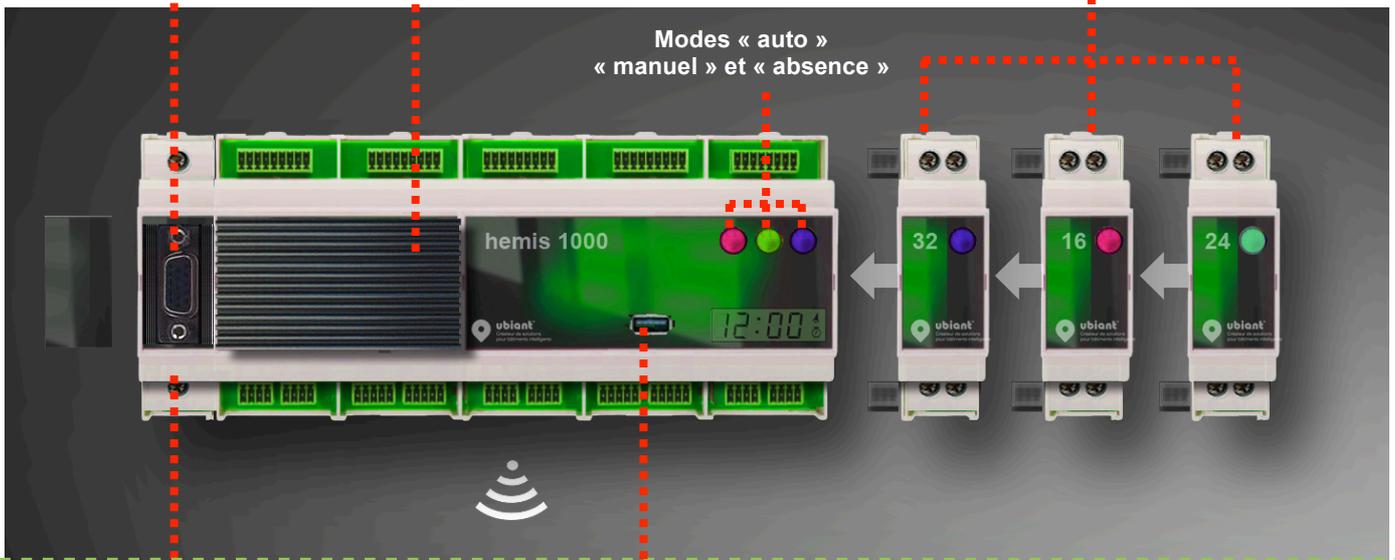
Mini PC sur base Pico ITX  
Bicoeurs 1,8 Ghz – 2Mo de RAM  
HD 160Mo – 2 connecteurs USB  
LAN – RS485 - Wireless : WIFI et ENOCEAN- (option 3G) et NFC  
OS : Linux



**Monitoring et relais pour appareils de puissance**  
Connecté à Hemis via bus de données ou ENOCEAN

Ecran pour Maintenance

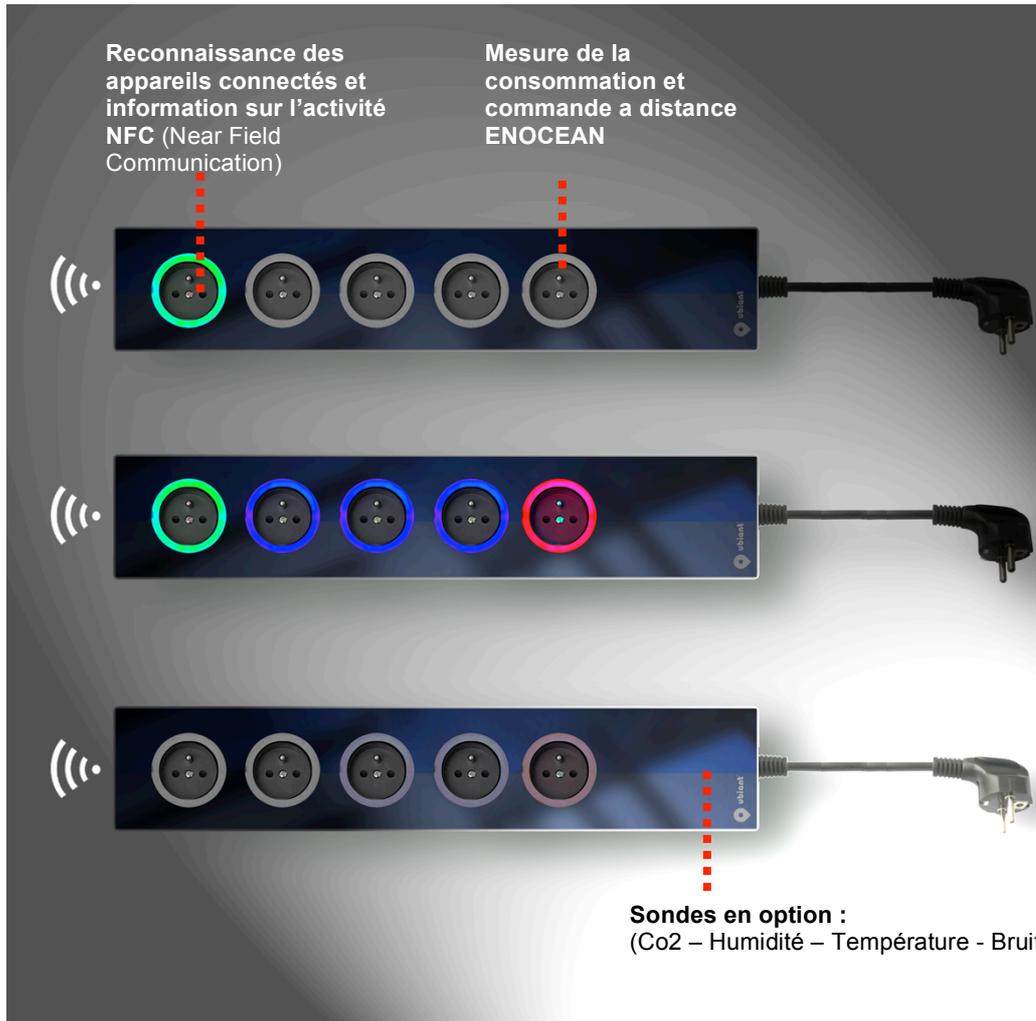
Modes « auto »  
« manuel » et « absence »



Connection à internet via LAN – Wifi (ou option 3G).

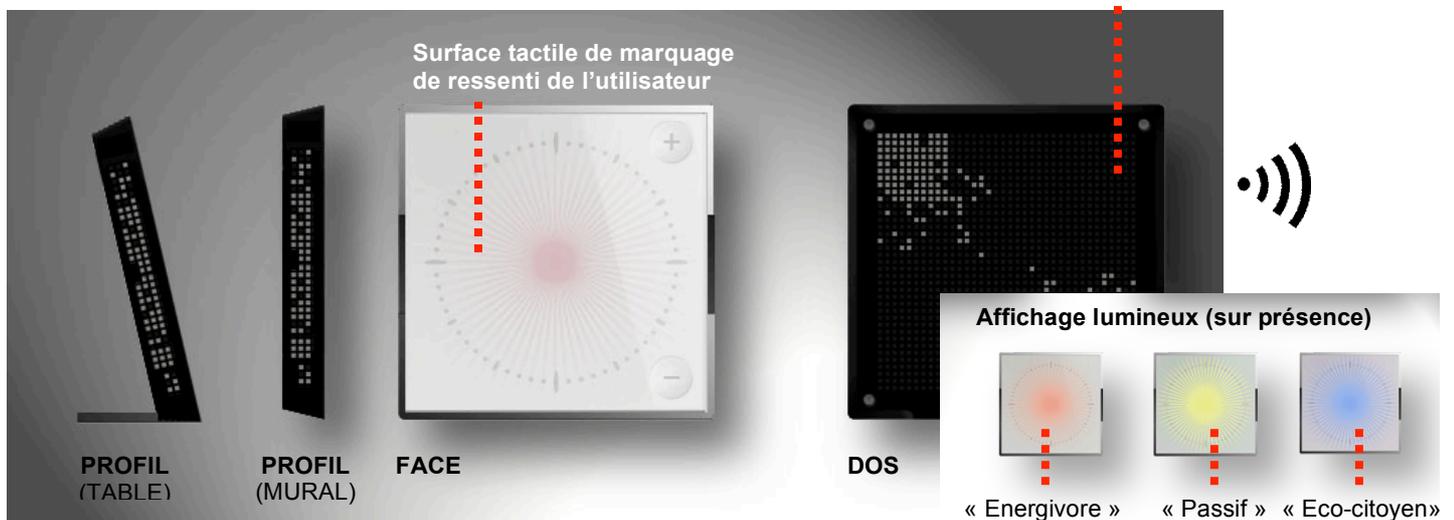
Prise USB

## >> Les multiprises communicantes (NFC) :



## >> Les sondes d'ambiance (contrôleur NFC)

**Sondes internes:**  
Présence, Luminosité, Bruit  
Humidité – Température  
CO<sub>2</sub>, COV

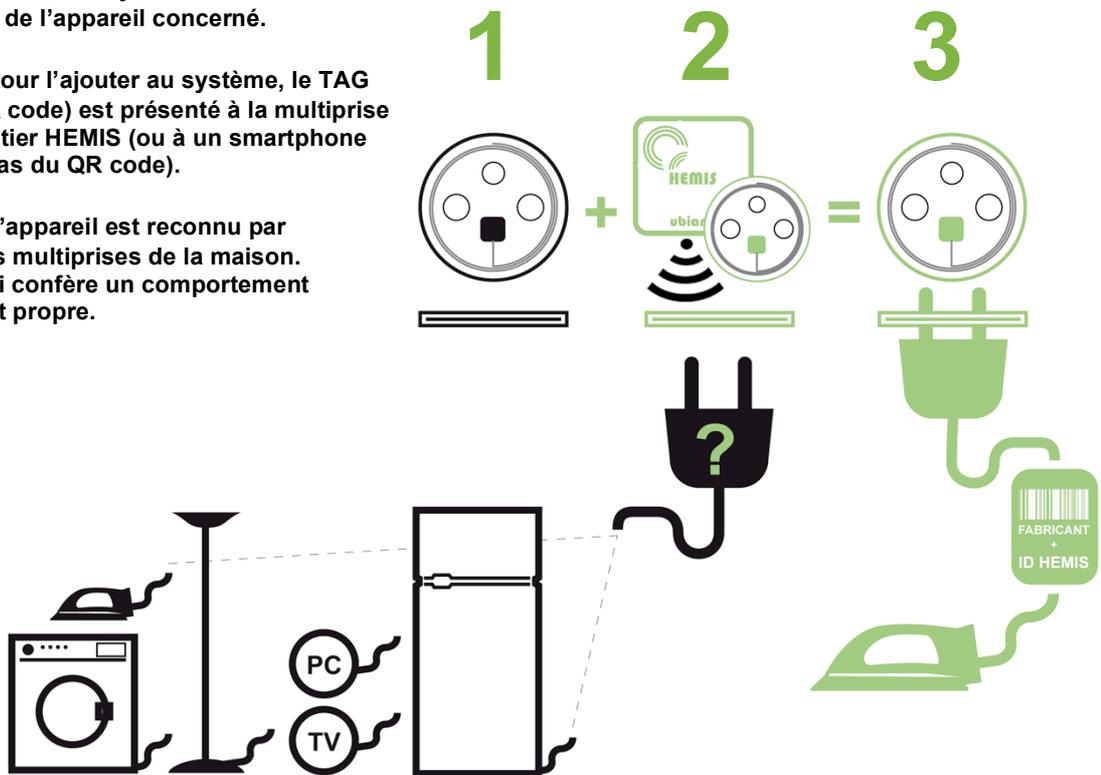


## >> Les TAG (NFC):

>> 1: l'utilisateur ajoute un TAG RFID à la prise de l'appareil concerné.

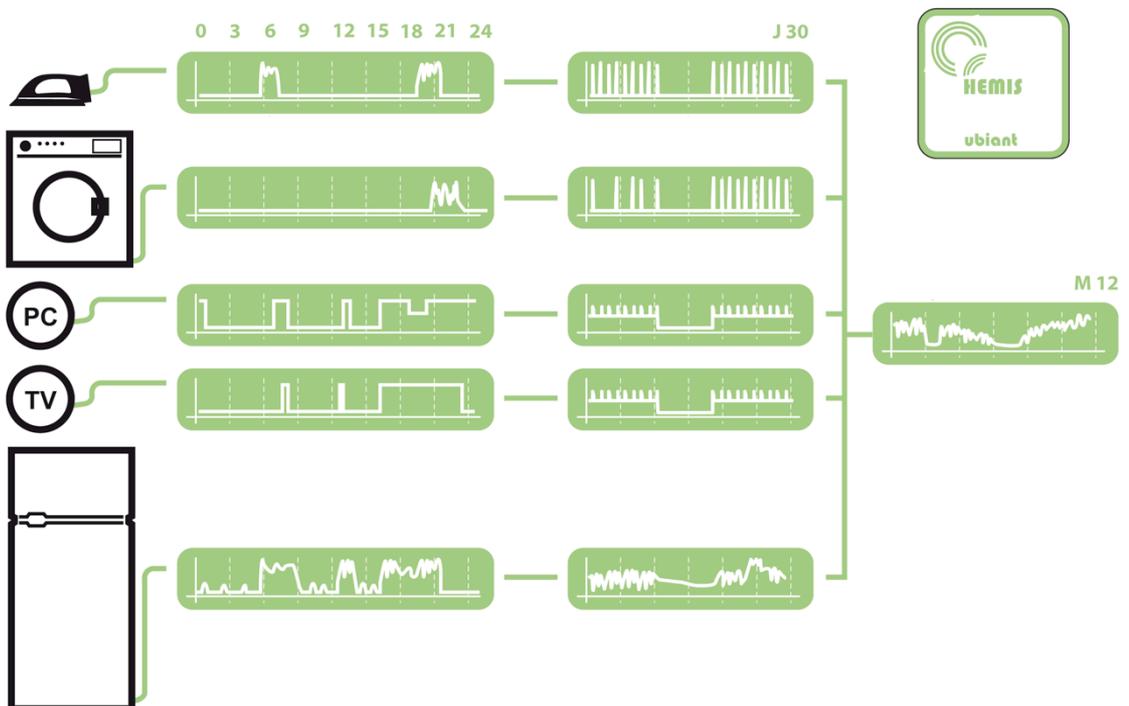
>> 2: Pour l'ajouter au système, le TAG (ou le QR code) est présenté à la multiprise ou au boîtier HEMIS (ou à un smartphone dans le cas du QR code).

>> 3: L'appareil est reconnu par toutes les multiprises de la maison. HEMIS lui confère un comportement qui lui est propre.



>> Pour l'utilisateur l'objet devient intelligent (le fer à repasser envoie un SMS ou un email pour dire qu'il est resté allumé).

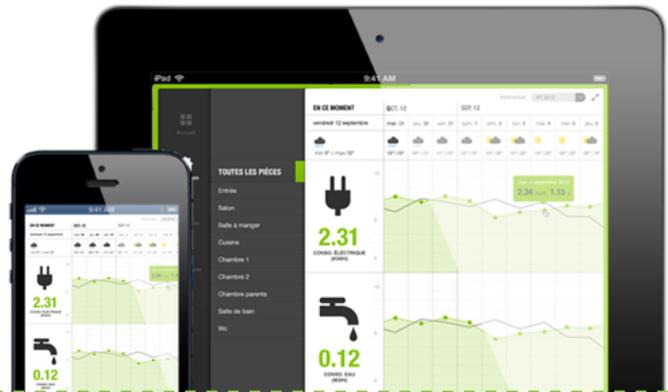
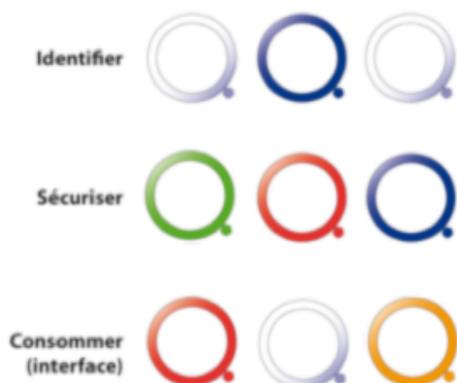
>> Pour l'énergéticien la signature électrique de l'appareil permet de connaître l'historique de l'activité pour faire de la prédiction.



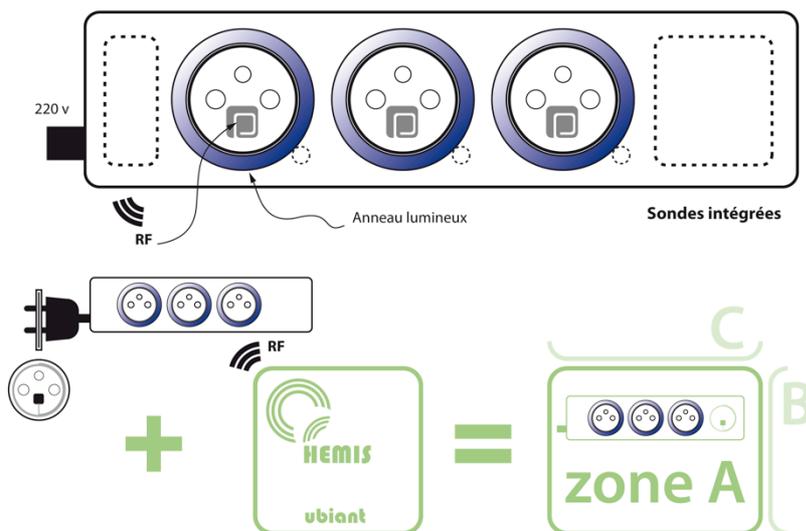
## >> Les messages lumineux (LEDs):



>> Les anneaux lumineux, qui ne s'allument que sur présence de l'utilisateur, informent sur la consommation, sur l'identification et sur la dangerosité (appareil trop puissant pour la prise). Une fois branché, les consommations sont consultables depuis le Web ou en Lan.



## >> Appartenance à une zone:

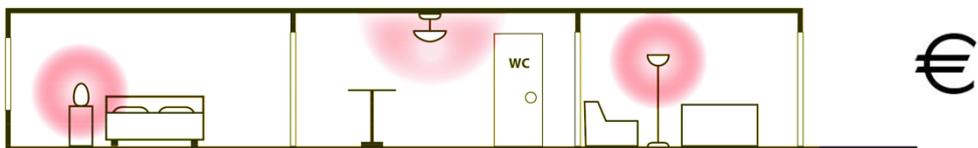


>> Chaque multiprise est associée à une zone. Les appareils qui possèdent un TAG sont reconnus par toutes les multiprises ce qui permet d'identifier la zone d'activité. La température, la ventilation et la lumière sont ajustées au mieux en fonction de l'activité pratiquée (immobile devant la télé ou sur le vélo de chambre).

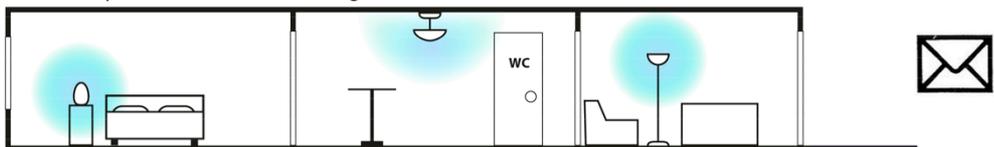
>> Les accessoires (en option toute la gamme ENOCEAN):



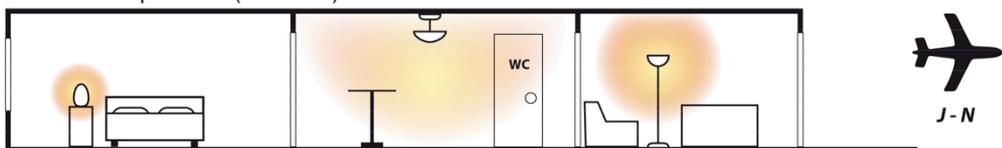
Attention tarif «rouge»



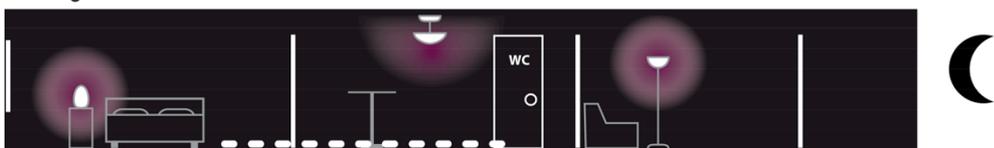
Flash bref pour informer d'un message



Simulation de présence (vacances)



Éclairage de nuit



>> L'utilisateur peut lui même ajouter très simplement, à ses lampes, des douilles pilotables. L'originalité réside dans la couronne de LEDS qui servent de « messagers lumineux » et « d'ambianceur ». Tous les accessoires ENOCEAN sont compatibles.

## 2 – Scénarii d’auto-adaptation du bâtiment:

*Le paramétrage au quotidien du système pour l'utilisateur se résume au choix entre **trois modes**: « **Auto** », « **Manuel** », « **Inoccupé** ». Tout ces modes et réglages sont pilotables à distance via un Smartphone ou un PC connecté au WEB (utilisateurs autorisés).*

### >> Mode « Auto »

Dans l'application « **paramètres** » d'Hemis, l'utilisateur donne des niveaux de priorités entre : Le réglage « **Eco-citoyen** » qui donne la priorité au réseau électrique et au minimum de dégagement de CO<sub>2</sub>, le réglage « **Budget** » qui donne la priorité aux économies en valeur (€) et le réglage « **KWh** » qui donne la priorité aux économies en volume et au respect des normes réglementaires.

**Sur ces contraintes, le système va en permanence (temps réel) rechercher le meilleur équilibre, objet par objet et zone par zone, en fonction des critères suivants :**

- >> **Le mode général** (« Eco-Citoyen », « Budget », « KWh »)
- >> **La météo**
- >> **Les préférences par usager** référencé ou invité (température, luminosité, ect)
- >> **Le taux de présence** dans chaque zone (inutile de chauffer autant des pièces toujours inoccupées – ces pièces deviennent prioritaires sur de l'effacement).
- >> **La température et l'humidité** réelle et ressentie (intérieur et extérieure)
- >> **La luminosité et l'ensoleillement** (automatisation des ambiances et déduction des activités)
- >> **La qualité de l'air** (gestion du renouvellement d'air automatique ou manuel)
- >> **L'activité en cours** (un enchainement d'actions dans la cuisine indique que l'on prépare le repas)
- >> **La prédiction** par apprentissage (recherche de récurrences et corrélations)

### >> Mode « Manuel »

Le mode manuel est en réalité le « mode auto » qui prend comme contrainte les réglages faits manuellement par l'utilisateur, appareil par appareil et zone par zone.

Dans les paramètres, l'utilisateur choisi la durée de validité du mode manuel pour chaque utilisateur référencé et/ou invité (valable « x » mm, « x » heures, « x jours »). Après ce délai le système se remet en mode « auto ».

### >> Mode « Inoccupé »

Ce mode prend comme contraintes les réglages spécifiés par l'utilisateur, appareil par appareil et zone par zone en cas d'inoccupation prolongée. Dans les paramètres, l'utilisateur choisi les règles du mode « Inoccupé » (mise en route de l'alarme, alerte email, chauffage mini ...etc). Ce mode est automatiquement activé en cas de « non présence » pendant plus de 48h (ou autre délai défini par l'utilisateur dans les préférences).

### 3 – Principe de base d’HEMIS:

La conception d’HEMIS part du principe que **chaque bâtiment est unique** de par sa conception, sa localisation géographique, ses équipements et surtout les comportements et usages de ceux qui y résident. Le système doit s’auto-adapter à toutes les évolutions et différents aléas du quotidien.

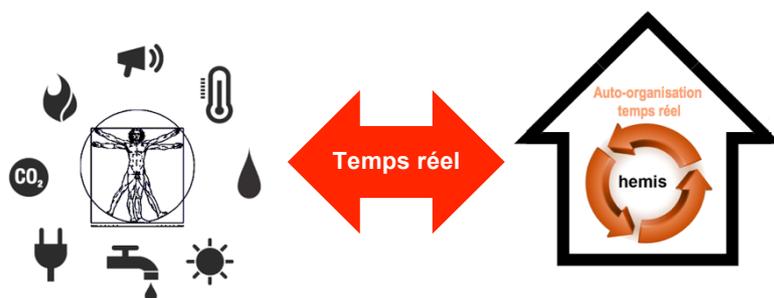


Tout système de gestion énergétique doit s’adapter à l’habitant et non l’inverse !

En fonction du mode choisi, le système intelligent HEMIS maintient en continu un équilibre satisfaisant entre les différents objectifs (qui peuvent être antagonistes). On peut parler d’état stationnaire qu’il convient de maintenir en temps réel.

Pour atteindre cet objectif, HEMIS supervise en continu l’évolution de tous les facteurs énergétiques nécessaires à une meilleure prise de décision. Le contrôleur de chaque pièce permet de collecter les informations relatives à la qualité de l’air, la température ambiante, la luminosité et la présence dans chaque pièce. Ce même contrôleur permet aussi à l’utilisateur d’exprimer son ressenti par rapport au confort.

A la réception d’une demande d’ajustement, chaque HEMIS évalue sa capacité d’ajustement et répond selon la réalité du bâtiment et les préférences de l’utilisateur. Contrairement à Voltalis, notre modèle intègre cette contrainte dans la gestion des équipements. C’est ce qui nous permet **d’être transparent** pour l’usager dans nos mécanismes d’ajustement. **Les calculs nécessaires pour ne pas affecter le confort de l’usager sont infaisables en temps réel de manière centralisée.**



Gestion des facteurs environnementaux

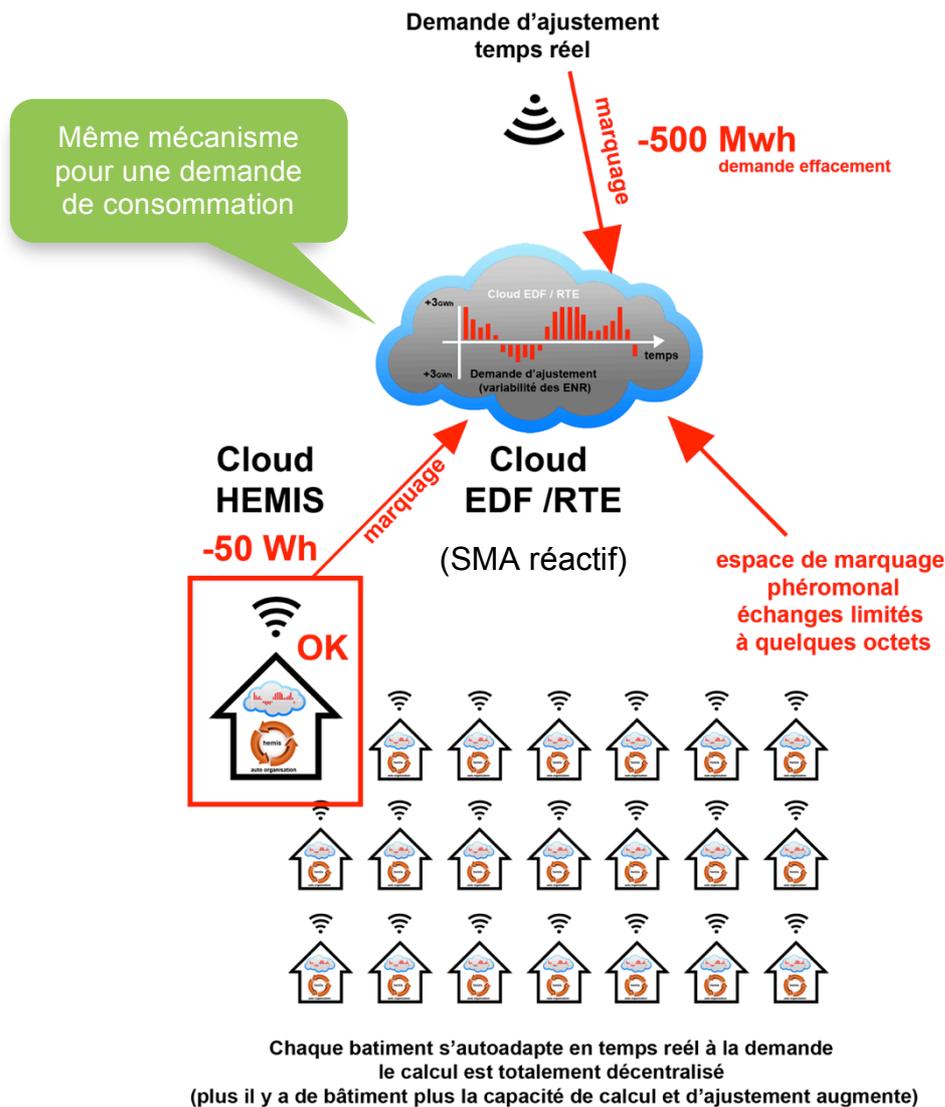
Auto-organisation

---

**En résumé:** HEMIS permet l’optimisation prédictive et temps réel de l’empreinte énergétique des bâtiments (production et consommation) afin d’en améliorer les performances énergétiques dans le respect, du stress du réseau, du confort et des préférences des utilisateurs.

## 4 - Description du mécanisme d'ajustement proposé.

Là où le système ColorPower s'appuie sur l'aléatoire pour prendre des décisions quant à l'effacement de certains équipements, **HEMIS (cloud local)** évalue le potentiel d'ajustement de chaque pièce en fonction de son bilan énergétique, du confort ressenti et des intentions de l'utilisateur. Conscient de l'activité au sein de l'habitat, HEMIS dispose ainsi d'un maximum d'informations permettant de bien estimer la capacité d'ajustement sans affecter le confort des usagers. Le calcul étant réalisé dans le « **cloud local** », il est réalisé quasi instantanément à la réception d'une demande d'ajustement du « **cloud global** ».

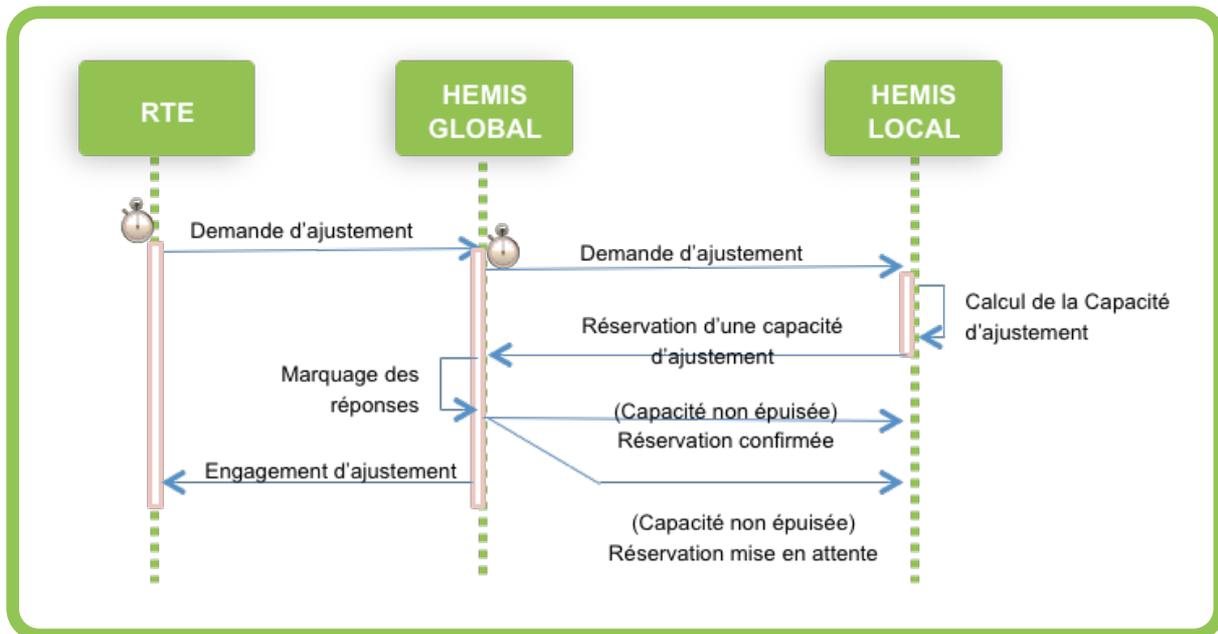


Le « **cloud global EDF / RTE** », agit comme un agrégateur de marquage et reçoit le volume d'ajustement nécessaire de l'autorité de régulation énergétique et invite les différents systèmes HEMIS adhérents à participer à l'effort d'ajustement. Chaque système HEMIS local répond à la demande d'ajustement en réservant sa capacité calculée d'ajustement dans un espace de réservation de l'agrégateur global. **Le principe de réservation se base sur le principe du premier arrivé premier servi (First In First Out).**



200 Watts sur 30 millions de bâtiments donnent un potentiel d'ajustement de 6 GW

À chaque confirmation de réservation la quantité à ajuster décroît de la quantité de l'engagement pris par l'HEMIS local engagé.

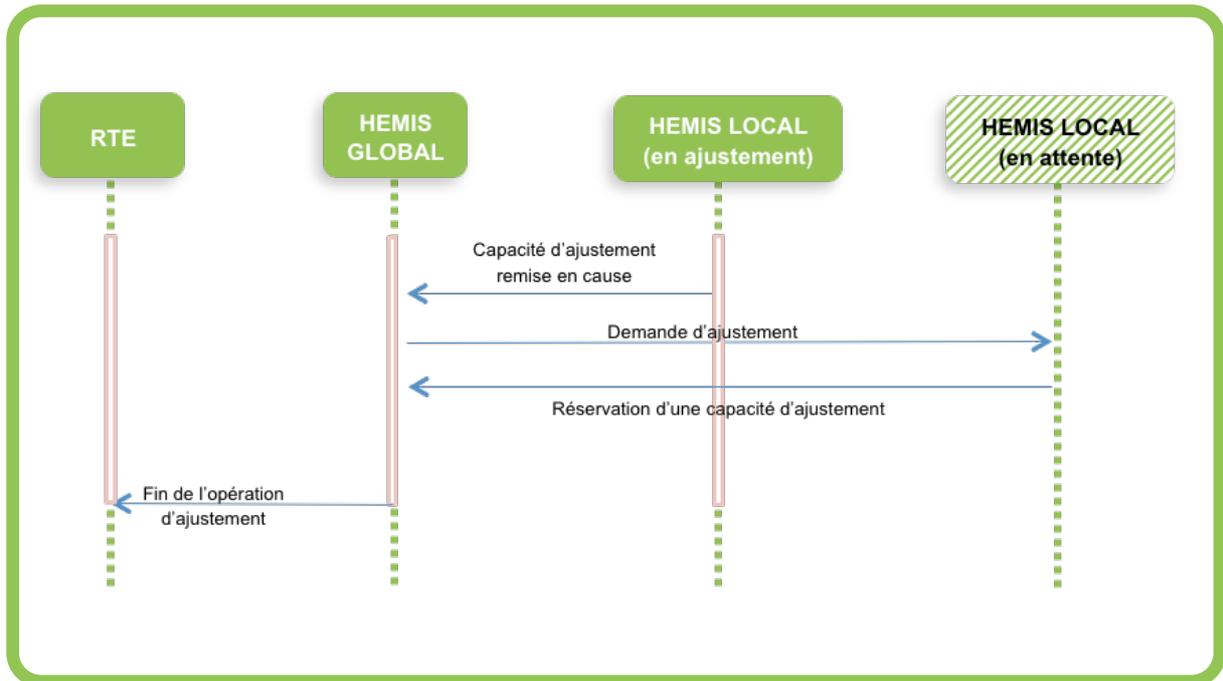


**Figure 1 - Mise en place de l'ajustement**

Durant la période d'ajustement, il est possible que certains HEMIS engagés dans l'ajustement rencontrent des difficultés remettant en cause la valeur de l'ajustement réservé. Le système, se retrouvant dans une telle situation, remet en jeu la valeur d'ajustement qu'il estime ne pas pouvoir honorer dans les délais escomptés.

Pour les demandes de réservation qui arrivent après l'épuisement (en termes d'engagement) de la totalité de l'effort d'ajustement demandé, seront refusées et stockées dans une liste d'attente triée par capacité d'ajustement. Les systèmes HEMIS dont la réservation a été refusée et mise en attente doivent se comporter sans tenir compte de l'ordre d'ajustement jusqu'à nouvel ordre.

Au niveau global, quand la quantité de l'ajustement remise en cause par les systèmes HEMIS défaillants est significative, un nouvel appel à participation est lancé à un nombre bien déterminé de réservants se trouvant sur la liste d'attente établie lors du premier appel. Le même mécanisme que celui du premier appel de réservation se répète mais porte uniquement sur les HEMIS sélectionnés de la liste d'attente. Chacun de ces HEMIS reçoit une demande de participation et répond selon sa nouvelle capacité d'ajustement. Si l'effort des participants sélectionnés ne suffit pas à compenser la défaillance, un nouvel appel est fait à un autre groupe de la liste d'attente jusqu'à compensation du déficit ou l'incapacité de le faire.



**Figure 2 - Compensation des défaillances lors de l'ajustement**

Dans le cas où le premier appel à participation ne permet pas de répondre à l'effort d'ajustement demandé au niveau global, un deuxième appel à participation est renvoyé à tous les systèmes afin de fournir plus d'effort, c'est le cas d'urgence.

Dans ces cas, les systèmes locaux qui ont la permission des utilisateurs de pouvoir impacter le confort en cas d'urgence vont pouvoir augmenter leur capacité d'ajustement originale (mode Eco-Citoyen).

Durant toute la durée de l'ajustement chaque HEMIS local saura qu'il devra éviter tant que possible de remettre en cause l'engagement initial pris étant donné le manque de marge de manœuvre au niveau global.

**En résumé :** nous limitons au strict minimum (quelques octets) les communications entre le système de contrôle à l'intérieur de chaque bâtiment et le réseau externe (simple marquage). Nous contrôlons les gros consommateurs comme Voltalis mais également les petits équipements électriques en les transformant en **objets intelligents** au service de l'occupant grâce à des **multiprises communicantes**. Cette architecture massivement parallèle, permet de calculer un grand nombre de combinaisons instantanément.

## 4 Technologie utilisée pour HEMIS

Le cœur d'HEMIS est un **système multi-agent hybride** composé de deux couches, **une couche d'agents cognitive** où sont modélisés les concepts de haut niveau facilement compréhensibles et manipulables par les utilisateurs (applications, scénarios, contraintes, facteurs environnementaux ...) et **une couche réactive** beaucoup plus proche du monde physique (capteurs et actionneurs).



les agents HEMIS s'auto-organisent et s'adaptent aux changements en temps réel

### Le modèle HEMIS

Le modèle du système HEMIS est basé sur trois concepts majeurs :

- >> Les facteurs environnementaux.
- >> Les scénarios.
- >> Les contraintes.

Il est conçu pour faciliter la manipulation de scénarios interagissant avec des objets intelligents : regroupement d'actionneurs/moniteurs) installés dans des zones et un environnement très évolutif. Les scénarios peuvent être activés et désactivés à tout moment par l'utilisateur, les objets existants peuvent être déplacés d'une zone à une autre ou supprimés du système, de nouveaux objets peuvent apparaître et disparaître à tout moment. Afin de supporter toute cette dynamique et maintenir la stabilité du système, les agents HEMIS s'auto-organisent et s'adaptent aux changements en temps réel.

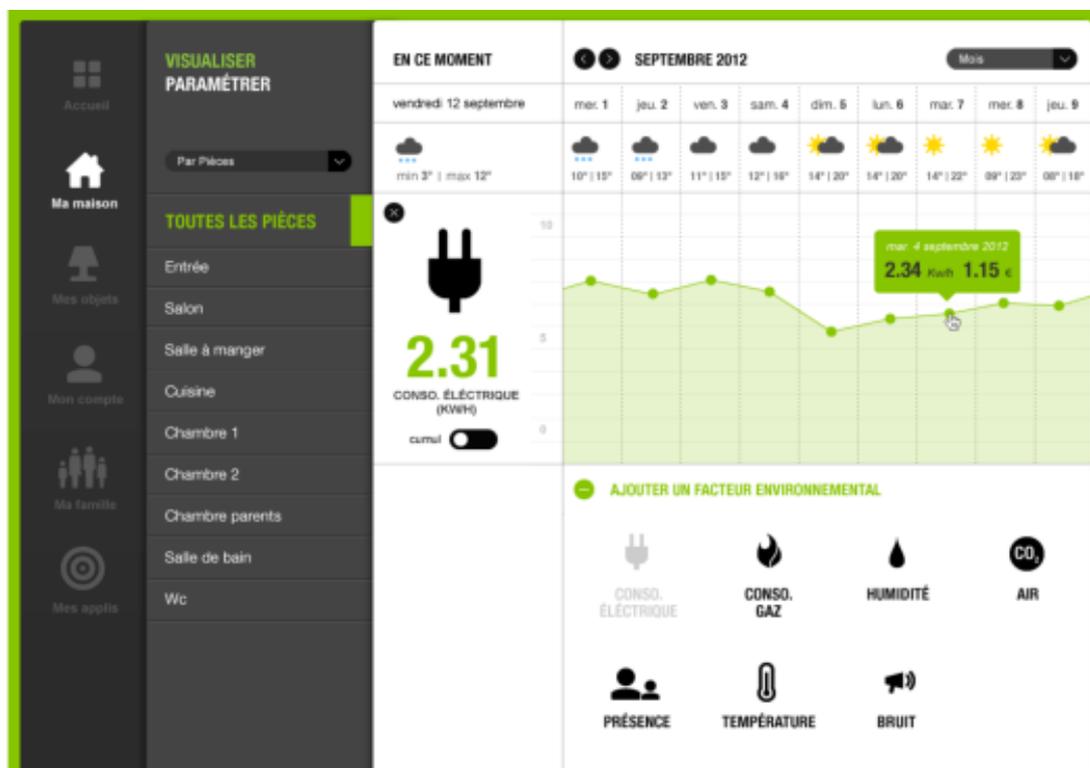


## Les facteurs environnementaux

Contrairement aux techniques existantes (GTC, GTB, domotique), notre modèle ne dépend pas des objets concrets (capteurs et actionneurs), mais se base sur un concept générique qui est le facteur environnemental. Tout capteur relève les valeurs détectées d'un facteur environnemental, et tout actionneur agit sur un ou plusieurs facteurs environnementaux. Les objets physiques que sont les actionneurs et capteurs impactent directement le/les facteurs environnementaux qui lui sont associés.

L'exemple de la température d'une pièce démontre parfaitement la pertinence de cette approche. En effet, la température de la pièce peut être modifiée par les équipements de chauffage ou de climatisation classique mais d'autres sources de variation peuvent participer à cette modification. Ainsi, l'apport calorifique externe des rayons de soleil recueilli en ouvrant les volets d'une fenêtre impacte aussi le facteur environnemental température de la pièce. L'actionneur permettant de contrôler les volets devient ainsi un actionneur pour le facteur température mais aussi de la luminosité.

De même, un appareil spécifique comme le sèche-linge ou le four électrique va impacter la puissance électrique mais aussi la température de la pièce dans laquelle il est situé. Le même mécanisme est reproduit pour tous les facteurs environnementaux du système. Ce n'est pas l'objet physique qui est important mais plutôt les facteurs sur lesquels il influe ou qu'il supervise. Ce mécanisme change radicalement la façon d'appréhender les objectifs à atteindre et les contraintes à respecter.



## Les contraintes

Dans le modèle nous distinguons essentiellement deux types de contraintes, celle qui portent sur les facteurs environnementaux et celles temporelles. Les contraintes sur un facteur environnemental se modélisent par une valeur minimale et une valeur maximale. La contrainte est satisfaite si la valeur réelle de l'environnement mesurée par les capteurs se situe entre les bornes définies dans la contrainte. Les agents réactifs vérifient en continu les contraintes portant sur les scénarios afin de valider leurs exécutabilité.

## Les scenarios

Le scénario est composé essentiellement de deux notions : les contraintes et les objectifs. Un scénario a un ou plusieurs objectifs et un état qui change selon la validité de ses contraintes. Le scénario peut avoir un ou plusieurs groupes de contraintes et il n'est exécutable que si au moins un des groupes de contraintes soit valide. Quand il est exécutable, tous les objectifs composant le scénario sont alors exécutables. Atteindre une température ambiante dans une pièce donnée quand il y a une présence et à partir d'une certaine heure de la journée, ou réduire la consommation générale de la maison quand on reçoit une demande d'ajustement sont des exemples de scénarios facilement réalisés dans le modèle HEMIS.

Plusieurs scénarios sont présents dans le système simultanément. Les scénarios peuvent concerner le confort thermique, lumineux, la gestion énergétique ou encore la sécurité. Un concept de priorité combiné à un mécanisme d'apprentissage permettent de résoudre les conflits entre les différents objectifs concurrents et exécutables en même temps.

Ainsi une demande d'effacement se traduit par un objectif limitant la consommation générale du bâtiment. Tous les consommateurs contrôlés par HEMIS vont prendre en compte l'existence de l'objectif d'effacement. Pour atteindre une température donnée dans une pièce, les contrôleurs de radiateurs vont agir en tenant compte de la consommation globale et en respectant les limites imposés par l'existence de l'objectif d'effacement. Le système privilégiera d'autres actionneurs capables d'agir sur le facteur environnemental (apport externe par exp si c'est disponible) et de compléter avec les radiateurs. C'est les systèmes multi-agents qui ont pour mission de garantir une stabilité et un équilibre permanent entre tous les objectifs du système.



## La couche multi-agents Cognitive

La couche multi-agents cognitive permet la manipulation des concepts de haut niveau facilitant l'expression des besoins utilisateur. Ainsi, chaque scénario créé par l'utilisateur est représenté par un agent cognitif dans HEMIS. Cet agent supervise l'exécution de ses objectifs et reporte de façon continue leur état d'avancement, échec ou succès. Il est aussi responsable d'établir le lien avec le reste des agents cognitifs et de transférer ses objectifs vers la couche d'agents réactive qui les exécutera concrètement.

L'interaction entre les différents agents cognitifs est continue, afin de permettre l'auto-organisation du système. En effet, un scénario peut être irréalisable à cause de l'absence d'actionneurs capables d'exécuter ses objectifs ou de capteurs capables de valider ses contraintes. Dès l'ajout d'un nouvel objet intelligent dans le système, chaque agent facteur environnemental concerné va mettre à jour sa liste de capteurs/actionneur. Il informera les scénarios, qui lui sont liés, de l'existence de nouveaux capteurs ou actionneurs. Le scénario pourra alors devenir réalisable si un hardware manquant vient d'être rajouté grâce au nouvel objet intelligent. Le même principe d'auto-organisation est appliqué quand un objet intelligent est supprimé.



Les scénarios ne sont pas statiques, le système est conçu pour s'auto-adapter

## La couche multi-agents réactive

Les objets physiques manipulés par le système (actionneurs et capteurs) sont représentés par des agents réactifs. Les données collectées et les ordres envoyés passent par cette couche réactive. L'interaction entre les agents réactifs et les objets physiques se fait grâce à une passerelle implémentant différents protocoles de communication.

Les facteurs environnementaux ainsi que les contraintes sont modélisés par le concept d'espace de marquage. Les objectifs sont portés par des agents réactifs qui marquent ces espaces. Les agents actionneurs sont reliés à ces espaces et recherchent continuellement à atteindre ces objectifs. Pour un objectif à atteindre, concernant un facteur environnemental donné, chaque actionneur impactant ce facteur participe à l'accomplissement de l'objectif. L'effort fourni par chaque agent actionneur est proportionnel à sa capacité et à sa disponibilité (par rapport à d'autres objectifs auxquels il peut participer). Les agents actionneurs vont réitérer leur participation à l'exécution de l'objectif, tant que ce dernier n'est pas atteint.



La principale caractéristique est la robustesse aux aléas

## 5 Avantages concurrentiels du modèle HEMIS

---

*Le système a été conçu prioritairement pour un déploiement massif dans le cadre des rénovations à venir pour améliorer les performances énergétiques du secteur résidentiel et tertiaire (en France RT2012 et RT2020).*



**Le point clé : la virtualisation des objets dans un « cloud » local.**

En effet, les capteurs, actionneurs et afficheurs sont virtualisés dans le « cloud local » où aura lieu la négociation entre tous les agents et les applications.

**Les avantages de la virtualisation et des tags sont les suivants :**

- 1** Cela diminue le coût de réalisation des objets physiques en ayant une électronique minimum d'embarquée. (Exemple : la sonde d'ambiance présentée coûte 50€ contre 300€ pour le thermostat NEST et possède pourtant plus de fonctionnalités).
- 2** En possédant une électronique minimum d'embarquée, cela diminue par voie de conséquence, la consommation de ces périphériques, ce qui permet de les rendre facilement autonome en énergie (ENOCÉAN sans fil et sans pile).
- 3** Cela permet de diminuer les communications sur le réseau concernant la négociation entre les agents (seules les informations de base sont échangées).  
Cela évite l'obsolescence trop rapide des périphériques dont l'intelligence de leur double virtuel peut être « updaté » régulièrement, ce qui est impossible pour de l'électronique embarqué (ajout de composant physique). Cela résout ainsi le conflit entre la vision à 20 ou 30 ans du monde du bâtiment, où les choses sont faites pour durer et celui des produits électroniques obsolètes en 18 mois (loi de Moore).
- 5** Se rajoute également, l'avantage des « Tags » qui permettent de réduire considérablement les temps d'installation pour les professionnels et donnent une adresse unique chaque objet (monde de l'internet des objets).
- 6** De même, ces « Tags » permettent à l'utilisateur d'ajouter lui-même des périphériques sans risque de perturbation du système (les agents sont autonomes et peuvent être ajoutés ou retranchés à tout moment sans affecter le fonctionnement du système).

## 6 Partenariat proposé

---

**L'objectif est de réaliser un démonstrateur en trois étapes :**

- La mise au point des prototypes hardwares et softwares nécessaires à la plateforme d'ajustement diffus.
- Un POC (proof of concept) sur un nombre restreint de logements.
- Un démonstrateur sur 1000 à 5000 logements.

**Les prochaines étapes sont les suivantes :**

- Présentation d'une démo HEMIS et du projet chez EDF.
- Définition des lots et de la nature du partenariat (coproduction ou autre).
- Définition d'un budget et d'un plan de financement (incluant les aides et subventions).
- Définition de la structure juridique du partenariat.

**La prochaine étape consiste à détailler les lots en terme de tâches et du budget.**