

Hugo Béchu

[hugo.bechu@imt-atlantique.net](mailto:hugo.bechu@imt-atlantique.net)

Clément Jolivet

[clement.jolivet@imt-atlantique.net](mailto:clement.jolivet@imt-atlantique.net)

Alexandre Epaillard

[alexandre.epaillard@imt-atlantique.net](mailto:alexandre.epaillard@imt-atlantique.net)

## REGULARISATION DE LA CONSOMMATION ELECTRIQUE PILOTEE PAR LE SERVICE ECOWATT

### Projet 40 CODEVSI 2023

Date : 09/0310/03/2023

Version : **version finale**

Formation/année : 2022-2023

Destinataires : Issam Rebaï, comité de pilotage de l'UE CODEVSI

## INTRODUCTION ET PRESENTATION GENERALE DU BESOIN

La consommation d'électricité des particuliers représente une part importante de la consommation totale en France puisqu'environ 40% de l'électricité produite est utilisée par ces derniers (le reste étant pour l'industrie, les entreprises, etc...). Ceci représente donc 40% de 460 TWh d'électricité consommé en 2020 (d'après Réseau de Transport d'Electricité (RTE) - Bilan électrique 2020).

La guerre en Ukraine a conduit la France dans une crise énergétique inédite entraînant une explosion des prix de l'électricité provenant des énergies fossiles. De plus, la production d'électricité en France **à baisser** en 2022 notamment dans le secteur du nucléaire de près de 30% au point qu'avec 279 TWh, le niveau de production de la filière nucléaire est le plus faible depuis 1988. Ceci est dû à la faible disponibilité du parc nucléaire français à cause des nombreuses maintenances. L'hydraulique, la seconde filière de production d'électricité, connaît aussi un recul de 20% par rapport à aux dernières années ceci est dû à la sécheresse de l'été dernier. Elle est au plus bas depuis 1976. La France a donc été contraint d'importer de l'électricité pour essayer de subvenir à la consommation habituelle des Français.

C'est dans ce contexte de crise énergétique qui sévit actuellement sur l'Europe que RTE (le Réseau de Transport d'Électricité en France) a eu l'idée de publier une API nommée EcoWatt. Elle permet de communiquer, à l'image d'un bulletin météorologique, le niveau de consommation électrique des Français estimé sur les trois jours à venir à l'aide d'un code couleur. En effet dans l'idéal, pour éviter les problèmes de distribution, la production d'électricité doit être supérieure à la consommation du pays ; ce scénario correspond au signal vert d'EcoWatt. Cependant, si la consommation prévue sur les trois jours tend à se rapprocher de la production, le signal deviendra orange (niveau tendu) et il est alors préférable d'économiser le plus possible l'électricité. Quant au cas où la situation devient très tendue (consommation supérieure à la production), le signal passe en rouge et il n'est plus possible de répondre à la demande totale d'électricité. Ainsi, cette API permet aux français de prendre les mesures nécessaires à leur niveau pour réduire leur consommation en électricité et ainsi éviter les risques de coupures de courant.

Ainsi, ce projet a pour objectif de développer une application capable d'exploiter les données fournies par l'API EcoWatt pour piloter automatiquement des équipements énergivores (radiateur électrique, ballon d'eau chaude, four, sèche-linge, etc.) dans le but d'ajuster de la meilleur manière sa consommation d'électricité.

A termes, l'application gèrera automatiquement la consommation des différents appareils électroniques grâce aux données d'EcoWatt mais aussi éventuellement en fonction de la consommation d'électricité de l'individu grâce au compteur Linky.

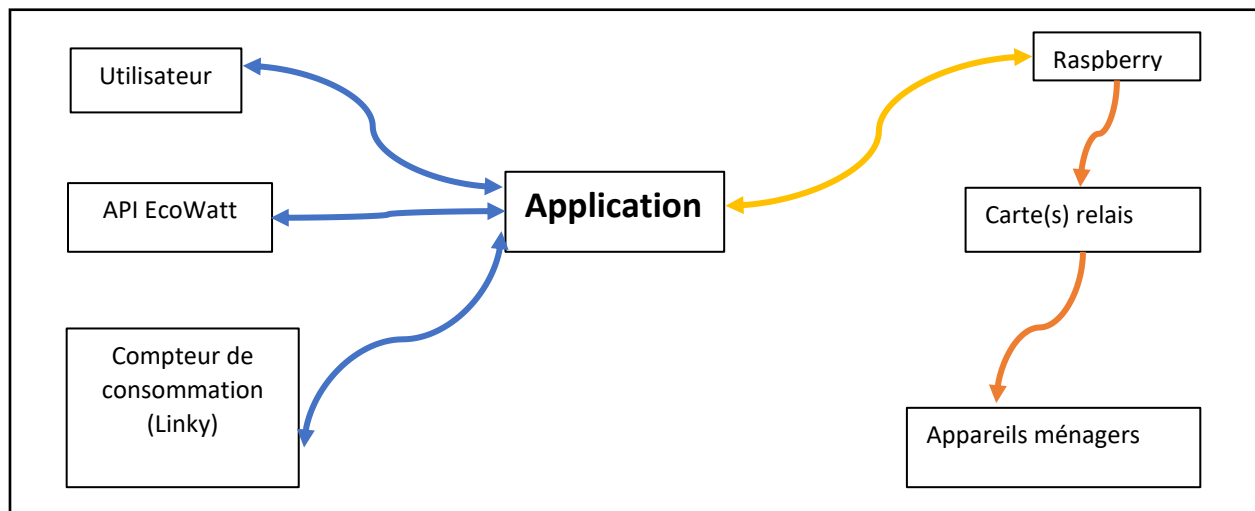
Les équipements seront branchés sur un dispositif pilotable à distance et doté de plusieurs relais électriques. L'application devra aussi fournir trois modes de fonctionnement que l'utilisateur pourra choisir et définir pour chaque relai selon ses préférences et le régime de priorité. Les modes à développer sont :

- Le mode régulation qui consiste à lisser la courbe de consommation en alternant le fonctionnement de plusieurs équipements. Ce mode s'applique par exemple pour piloter plusieurs radiateurs allumés en même temps.
- Le mode verrouillage qui s'applique quand l'utilisateur souhaite s'interdire l'usage d'un équipement quand le système électrique est tendu ou très tendu. C'est le cas par exemple du four ou du sèche-linge.
- Le mode délestage, qui consiste à débrancher automatiquement des équipements secondaires quand la consommation est élevée et dépasse un certain seuil. C'est le cas par exemple de ballon d'eau chaude ou de radiateurs.

## PERIMETRE DU PRODUIT / SYSTEME À CONCEVOIR

L'application développée devra pouvoir piloter les appareils électriques pour leur imposer leur mode de consommation. Pour cela, elle devra prendre en compte les données envoyées par EcoWatt et par le compteur électrique Linky comme le montre la figure 1 avec les flèches bleues. L'application devra communiquer à distance avec des cartes relais (flèches jaunes sur la figure 1) auxquelles seront branchées les appareils électroniques. L'application tournera en permanence. Elle devra différencier les modes de consommation pour chaque type d'appareils. L'application offrira une IHM de pilotage et de configuration pour permettre à l'utilisateur de changer le mode de fonctionnement.

L'application ne devra pas mettre le mauvais mode de fonctionnement aux appareils. Elle ne devra pas non plus mettre en fonctionnement un appareil si la consommation électrique est dépassée et elle ne doit pas changer le mode de fonctionnement d'un appareil qui avait été configuré manuellement par l'utilisateur. L'utilisateur ne pourra pas directement intervenir sur les cartes relais, il devra impérativement passer par l'application développée étant donné qu'il faut prendre aussi en compte les informations envoyées par EcoWatt et le compteur Linky.



Légende : Flèches bleues : acteurs et informateurs décisionnels. Flèche jaune : distributeur d'ordre. Flèches orange : receveurs d'informations

Figure 1 : Le système dans son environnement.

## EXPRESSION FONCTIONNELLE DU BESOIN

### Fonctionnalités du produit :

Le produit devra, dans un premier cas, avoir pour première fonctionnalité de pouvoir appliquer un mode de fonctionnement sur un équipement électronique. Cette fonctionnalité est impérative pour notre produit. Elle pourra être validée lorsque l'équipement fonctionnera dans le mode choisi avec un temps de réponse inférieur à 10 secondes puisque l'application doit contrôler presque en temps réel les équipements en fonction des données d'EcoWatt. L'application d'un mode doit donc être fait de la plus rapide des manières. Il convient qu'elle est alors naturellement impérative pour le fonctionnement du produit.

Il faut alors pouvoir spécifier un mode de fonctionnement par l'utilisateur pour les équipements pour pouvoir les appliquer, c'est la deuxième fonctionnalité. Cette fonctionnalité impérative est caractérisée par la possibilité de spécifier au moins 3 modes de fonctionnement : les modes régulation, verrouillage, et délestage. Il est nécessaire de pouvoir spécifier au moins ces 3 modes car les équipements électriques ne fonctionnent pas du tout de la même manière et n'ont pas les mêmes contraintes

concernant leur arrêt par exemple. Il convient donc de spécifier suivant le type de l'équipement électronique son mode de fonctionnement pour réduire de la meilleur façon la consommation électrique. De plus, cette fonctionnalité est impérative par les raisons précédentes.

Apparaît alors la 3<sup>ème</sup> fonctionnalité impérative : piloter un équipement par l'utilisateur. Elle est évaluée quant à elle par la durée du temps de mise sous tension et d'arrêt des équipements. Nous avons défini comme niveau de validation moins de 2 secondes pour la mise sous tension d'un équipement et de moins de 5 secondes son arrêt. Ces niveaux d'appréciation nous paraissent raisonnables en vue du temps de transmissions des informations par le système et les cartes relais.

Pour que notre produit fonctionne véritablement nous devons utiliser la 4<sup>ème</sup> fonctionnalité. Elle se définit donc le fait de traiter les données d'EcoWatt et se caractérise par la réception et l'analyse des données. Pour que ces critères soient validés, il faut recevoir des données d'EcoWatt toutes les 15 minutes minimums et qu'elles soient conformes à celles envoyées par EcoWatt. 15 minutes est une durée maximale entre 2 requêtes envoyées à EcoWatt, en dessous EcoWatt interdira l'accès à la ressource et renverra un message d'avertissement disant qu'il faut attendre avant de l'appeler à nouveau. 15 minutes est donc le temps le plus précis que l'on peut fournir pour consulter les données d'EcoWatt. De plus, il faut que l'application analyse ces données et détecte les éventuelles alertes. Cette fonctionnalité est impérative pour que le système puisse satisfaire les besoins du client.

Pour pouvoir contrôler l'application et observer son fonctionnement il apparaît la 5<sup>ème</sup> fonctionnalité : développer une IHM. Cette fonctionnalité sera caractérisée par la visualisation des modes de fonctionnement associés à chaque relai, du nombre de cartes et de relais, la liste des équipements branchés avec leur relai et le classement des équipements par priorités de fonctionnement. Il faudra que toutes ces caractéristiques soient visibles par des boutons ou des afficheurs textes. Cette visualisation de tous ces paramètres sera nécessaire pour que l'utilisateur puisse suivre le bon fonctionnement du produit. Son niveau de flexibilité sera impératif car il est impératif que l'utilisateur puisse avoir accès aux informations de l'application pour pouvoir réguler au mieux sa consommation en électricité.

La 6<sup>ème</sup> fonctionnalité est quant à elle le fait d'établir les connexions entre les différents composants du produit. Il s'agit d'établir impérativement une connexion entre le téléphone et la Raspberry et entre la Raspberry et les cartes relais. Les critères d'appréciation seront alors la connexion opérationnelle et la signalisation de la perte de connexion.

Par la suite, il est nécessaire d'avoir comme 7<sup>ème</sup> fonctionnalité de déclarer de la configuration des équipements. Cette fonctionnalité impérative pour le bon fonctionnement de notre produit est caractérisée par les critères de branchement,

débranchement, changement de branchement d'équipements. Cette fonctionnalité sera validée si l'ensemble des équipements ont bien été déclarés à l'application par rapport à la réalité.

La 8<sup>ème</sup> fonctionnalité est le fait de déclarer sur l'application les priorités sur le fonctionnement des équipements électriques. Elle est considérée comme validée lorsque les équipements sont bel et bien classés par ordre de priorité. Elle est aussi impérative pour pouvoir résoudre les cas d'utilisation parfois complexe de plusieurs équipements électriques en même temps.

La 9<sup>ème</sup> fonctionnalité concerne quant à elle le fait de déclarer le nombre de cartes et le nombre de relais. Elle sera validée si au moins une carte et au moins 4 relais sont possibles d'utilisations. Il est impératif qu'au moins une carte avec 4 relais puisse fonctionner car dans la vie de tous les jours de nombreux équipements électriques sont utilisés par l'utilisateur et donc il faut pouvoir tous les contrôler. Elle est aussi impérative.

La dernière, 10<sup>ème</sup>, fonctionnalité consiste à traiter les données du compteur Linky. Elle se caractérise par la réception et l'analyse des données du compteur Linky. Pour que ces critères soient validés, il faut recevoir des données du compteur toutes les secondes et qu'elles soient conformes à celles envoyées par le compteur. La durée de 1 seconde entre la réception des données est justifiée par le fait que le compteur Linky fonctionne en temps réel. De plus, il faut que l'application analyse ces données et détecte le dépassement de la puissance maximale ou de rapprochement à un seuil précédemment défini. Cette fonctionnalité est néanmoins optionnelle puisque le plus important est de réguler la consommation en fonction des données d'EcoWatt.

## **Contraintes :**

### **Partie Software :**

La 1<sup>ère</sup> contrainte est le fait que le produit soit économe en énergie. Il devra impérativement avoir une faible consommation électrique inférieure à 500 mW. En effet, le but du produit est de réduire la consommation en électricité de l'utilisateur, il est donc logiquement nécessaire que le produit ne consomme pas beaucoup.

La 2<sup>ème</sup> contrainte concerne l'interface d'utilisation qui doit être intuitive. En effet, il faut qu'un utilisateur peu aguerri puisse utiliser le produit en toute simplicité sans qu'il ait besoin d'énormément de connaissance sur le produit pour que le produit remplisse son but le plus largement possible. Il faut donc impérativement une prise en main rapide.

La 3<sup>ème</sup> contrainte permet de définir le nombre de personnes ayant accès à l'IHM. Il y aura pour cela impérativement un seul accès. En effet, pour éviter les conflits entre

plusieurs utilisateurs il est préférable de ne prévoir qu'un accès dans un premier cas. D'autres accès pourront être rajouté par la suite mais cela sera optionnelle. Cette contrainte est impérative.

La 4<sup>ème</sup> contrainte est le fait de faciliter les opérations de maintenance. Il faudra que le téléversement de nouveau code se fasse en moins de 5 minutes pour que le système ne perde pas trop de temps, et il faudra que le changement des cartes relais prennent moins de 10 minutes car il est nécessairement d'avoir suffisamment de temps pour démonter la boîte mais aussi que l'opération soit rapide pour que le système puisse rapidement fonctionner. Cette contrainte est donc impérative.

La 5<sup>ème</sup> contrainte concerne le fait d'être plus ou moins esthétique. Le design du produit (sa boîte) doit être le plus agréable possible pour l'utilisateur pour l'attirer à prendre ce produit mais aussi à cacher le matériel sans gêner le fonctionnement du produit pour ne pas effrayer le consommateur. Cette contrainte est donc impérative.

La 6<sup>ème</sup> contrainte qu'il convient de faire face est d'empêcher de dépasser la consommation limite. Cette consommation limite peut être définie comme la limite de l'abonnement en électricité de l'utilisateur ou bien par une limite de consommation d'électricité imposée elle-même par l'utilisateur. Pour valider, il faut limiter la consommation à celle autorisée par l'abonnement ou à la limite imposée par l'utilisateur sachant qu'elle ne doit pas dépasser la limite de l'abonnement dans tous les cas. Comme cette contrainte se repose sur l'utilisation du compteur, elle est optionnelle.

## **Partie Hardware :**

La 1<sup>ère</sup> contrainte de la partie hardware est le fait de respecter les caractéristiques des composants. C'est-à-dire qu'il faut prendre compte des limites physiques des composants en utilisant des tensions adaptées, des intensités adaptées, ... C'est une contrainte impérative à respecter car sinon il est possible que le produit se détériore dans le temps voir ne fonctionne plus du tout.

La 2<sup>ème</sup> contrainte est être fait avec des matériaux adaptées aux fortes tensions c'est-à-dire, le fait d'avoir des matériaux isolants pour ne pas mettre en danger l'utilisateur ni fait brûler l'installation à cause d'une surcharge électrique. La boîte sera donc faite en PVC. Ainsi pour ces raisons la contrainte est impérative.

La 3<sup>ème</sup> contrainte concerne le fait d'avoir un câblage adapté aux puissances électriques des équipements qui seront branchés. Pour cela, il faudra que le câble relié à la boîte puisse résister à une puissance de 6000W. Un câble de type H07VR de 6mm<sup>2</sup> est donc requis pour pouvoir résister à cette puissance. De plus, il devra avoir une longueur d'au moins 1 mètre pour permettre plus de flexibilité pour l'installation du produit. Cette contrainte est donc nécessairement impérative pour ne pas que le

système disfonctionnement en cas de branchement d'équipements avec une grande consommation.

La 4<sup>ème</sup> contrainte est le fait d'éviter les dangers d'électrocution lors des connections aux cartes relais. Pour cela, il faut que le système soit isolé de l'extérieur. Des prises avec un entourage sécurisé empêchant le contact direct sont un bon niveau de satisfaction. La sécurité de l'utilisateur est une contrainte primordiale donc cette contrainte est impérative.

La 5<sup>ème</sup> contrainte consiste à faire un produit aux dimensions optimisées. Pour cela, les largeur, longueur et hauteur seront les critères d'appréciation. La boîte devra avoir des dimensions inférieures à 30 cm x 30 cm x 30 cm. Ce sont ces dimensions plutôt faibles qui conviennent au produit car pour être vendu, l'utilisateur ne doit pas trouver le produit trop contraignant en taille. Le plus petit possible est donc ce qu'il faut viser mais il faut toutefois avoir de la place pour les cartes relais. Cette contrainte par les raisons précédentes est impérative.

Tableau 1. Synthèse de l'expression fonctionnelle du besoin et des contraintes de la partie software

Fonction	Critère(s)	Niveau(x)	Flexibilité
F1 : appliquer un mode de fonctionnement sur un équipement	Modes de fonctionnement	Mode appliqué sur l'équipement Temps < 10s	Impératif
F2 : spécifier un mode de fonctionnement par l'utilisateur	Modes de fonctionnement	Au moins 3 modes de fonctionnement possibles : Mode régulation, mode verrouillage, mode délestage	Impératif
F3 : piloter un équipement par l'utilisateur	Mise sous tension	Temps < 2s	Impératif
	Arrêt	Temps < 5s	Impératif
F4 : traiter les données d'EcoWatt	Recevoir les données	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recevoir des données toutes les 30 minutes minimums</li> <li>- Données reçues conformes : dernière date de modification puis date de dernière génération des données, date du jour, valeur du jour, message du jour, Pas Horaire de 0 à 23, Valeur du Pas Horaire</li> </ul>	Impératif



	Analyser les données	Détection des alertes	Impératif
<b>F5 : Développer une IHM</b>	Visualiser les modes de fonctionnement	Un label par relai qui montre le mode imposé à l'équipement	Impératif
	Visualiser le nombre de cartes et de relais	Nombres visibles de cartes et de relais	Impératif
	Visualiser le classement des priorités de fonctionnement	Un numéro par relai classant les équipements	Impératif
	Visualiser les équipements branchés	Liste visible des équipements et associant chaque équipement au relai auquel il est branché	Impératif
<b>F6 : Établir les connexions</b>	Etablir une connexion entre le téléphone et la Raspberry et entre la Raspberry et les cartes relais	Connexion opérationnelle	Impératif
		Signaler la perte de connexion	Impératif
<b>F7 : déclarer la configuration des équipements</b>	Branchement, débranchement, changement de branchement	Équipements bien déclarés	Impératif
<b>F8 : Déclarer les priorités sur le fonctionnement</b>	Classement des équipements	Equipements classés par priorité	Impératif
<b>F9 : Déclarer le nombre de cartes et de relais</b>	Nombre de cartes et relais	Au moins une carte Au moins 4 relais	Impératif
<b>F10 : traiter les données du compteur Linky</b>	Recevoir les données  Analyser les données	- Recevoir des données toutes les secondes - Données conformes  - Détection de dépassement de la puissance Max ou de rapprochement à un seuil précédemment défini	Optionnel  Optionnel
<b>C1 : être économe</b>	Consommation électrique	<= 500 mW	Impératif
<b>C2 : Interface d'utilisation intuitive</b>	- Facile à utiliser	Prise en main rapide	Impératif
<b>C3 : Définir le nombre de personnes ayant accès à l'IHM</b>	Nombre d'accès	Un accès autorisé	Impératif
<b>C4 : Faciliter les opérations de maintenance</b>	- Téléverser un nouveau code - Changer les cartes relais	- < 5 min - < 10 min	Impératif

<b>C5 : être plus ou moins esthétique</b>	Design de la boîte	Design agréable Cacher le matériel sans gêner la fonction du produit	Impératif Impératif
<b>C6 : empêcher de dépasser la consommation limite</b>	Consommation électrique de l'abonnement	Limite autorisée par l'abonnement	Optionnel
	Consommation limite imposée par l'utilisateur	Bloquer la consommation à la limite imposée par l'utilisateur Inférieur à la limite autorisée par l'abonnement	Optionnel

*Tableau 2. Synthèse des contraintes de la partie hardware*

<b>C1 : Respecter les caractéristiques des composants</b>	Limites physiques des composants	Tensions adaptées, intensités adaptées, ...	Impératif
<b>C2 : être fait avec des matériaux adaptés</b>	Matériaux isolants	Boîte faite en PVC	Impératif
<b>C3 : avoir un câblage adapté aux puissances des équipements</b>	Câble résistant à 6000W Longueur	Câble de type H07VR 6mm <sup>2</sup> => 1m	Impératif
<b>C4 : éviter les dangers d'électrocution lors des connexions à la carte relais</b>	Système isolé de l'extérieur	Prises avec un entourage sécurisé empêchant le contact direct	Impératif
<b>C5 : être de dimensions optimisées</b>	Largeur Hauteur Longueur	<= 30 cm <= 30 cm <= 30 cm	Impératif

## CAS D'UTILISATION DU SYSTEME :

### Cas nominaux d'utilisation :

#### **Scénario 1 : Installation du système**

A l'installation du système de contrôle de consommation, l'utilisateur va tout d'abord connecter les cartes relais à la carte Raspberry puis va connecter son téléphone à la carte Raspberry. Ensuite, l'utilisateur déclare le nombre de cartes et de relais associés qu'il compte utiliser. Un changement de ce nombre de cartes et nombres de relais associés est possible à tout moment en déclarant sur l'interface les changements voulus. Il peut alors brancher ses équipements et les déclarer sur l'application. Le système prend la suite et pilotera les équipements.

#### **Scénario 2 : Mode régulation**

L'utilisateur allume le chauffage par le biais de ses radiateurs sur l'application. L'application va ensuite interroger EcoWatt pour savoir la météo de la consommation électrique en France. EcoWatt indique qu'il y a une consommation élevée sur le moment, l'application va alors décider de passer en mode régulation. Un certain nombre de radiateurs seront allumés puis quand ils auront été mis en marche depuis un certain temps, ils seront coupés et un autre certain nombre de radiateurs seront allumées. La durée de mise en marche sera définie par l'application. L'inertie des premiers radiateurs continueront à chauffer la pièce le temps que les autres se mettent en route. L'opération va être répétée jusqu'à ce que l'utilisateur décide de couper le chauffage en informant l'application le débranchement des radiateurs. Il se passe le même scénario si le compteur Linky averti l'application que le seuil de consommation d'électricité est presque atteint. S'il n'y a pas d'alerte alors tous les radiateurs peuvent fonctionner en même temps.

#### **Scénario 3 : Mode verrouillage**

Le système tourne normalement chez utilisateur qui a au préalable déclaré sur l'IHM le nombre de cartes et de relais, ainsi que les équipements branchés et leurs priorités. Mais, le système électrique est tendu ou très tendu. L'utilisateur choisi alors le mode verrouillage sur l'IHM. L'application va alors interdire l'usage d'un ou plusieurs équipements. Cela peut concerner des appareils énergivores tel qu'un four ou un sèche-linge. Le système coupe alors l'alimentation des appareils voulus. Ces appareils seront remis sous tension lorsque qu'un autre mode de fonctionnement devient actif.

#### **Scénario 4 : Mode délestage**

Le système tourne normalement chez utilisateur qui a au préalable déclaré sur l'IHM le nombre de cartes et de relais, ainsi que les équipements branchés et leurs priorités. Puis EcoWatt indique que la consommation est actuellement élevée et dépasse un certain seuil. Le système coupe l'alimentation des équipements secondaires

configurés en mode délestage qui possèdent par exemple une grande inertie (radiateurs) ou dont l'allumage provoque des forts pics de consommation (ballon d'eau chaude). Ces appareils seront alimentés à nouveau une fois la consommation moins élevée et permettant de ne pas franchir le seuil à l'allumage de ces appareils.

### **Scénario 5 : Changement d'équipements**

L'utilisateur veut changer un équipement branché au préalable sur un des relais. Il débranche l'équipement voulant être changé, il déclare sur l'application quel équipement va être branché à la place (ainsi que la consommation de l'appareil concerné), puis branche le nouvel équipement. Il déclare aussi la priorité du nouvel équipement branché. Le système pourra alors prendre en compte les caractéristiques du nouvel équipement pour faire le fonctionner selon le mode convenant à ses caractéristiques et à la consommation électrique global.

### **Scénario 7 : Priorités des équipements**

L'utilisateur souhaite utiliser plusieurs équipements en même temps comme un four, des radiateurs, une cafetière, ... Il branche ses appareils sur les relais et les indique sur l'application. Il indique en même temps quels sont les équipements prioritaires. Ainsi les équipements sont classés par ordre de priorité. Dans le cas d'une très forte consommation d'électricité en France, qui empêche l'utilisation de tous les équipements en même temps, l'application va alors arrêter les équipements en fonction de leur place dans le classement des priorités pour limiter la consommation électrique mais aussi en fonction du type d'équipements branchés. L'utilisateur peut toutefois maintenir manuellement à sa propre conscience l'utilisation de certains appareils qui allaient être coupés.

### **Scénario 8 : Limite consommation**

Le système tourne normalement et automatiquement chez l'utilisateur. Il reçoit alors les données du compteur Linky lui disant que la consommation en électricité de l'utilisateur est presque atteinte. Sur l'IHM, l'utilisateur va être averti puis ses équipements vont être coupés.

L'ensemble de ces cas d'utilisation couvre les besoins exprimés par le client car ils prennent en compte l'utilisation des 3 modes de consommation primordiaux et prennent en compte l'interaction avec les données d'EcoWatt. De plus, ils couvrent l'ensemble des cas possibles pour un utilisateur voulant utiliser des équipements électroniques.

## **Cas limites/extrêmes :**

### **Scénario 1 : Équipement non déclaré**

L'utilisateur veut utiliser sa cafetière pour son café le matin. Il oublie de déclarer sur l'application sa cafetière. La cafetière ne va alors pas être mise sous tension et ne fonctionnera pas.

### **Scénario 2 : Équipement mal déclaré**

L'utilisateur cette fois débranche un équipement électrique comme un radiateur et y branche son four sans le déclarer sur l'IHM. L'application ne sachant pas que c'est un four qui vient d'être branché, elle va alors continuer à piloter le four comme si c'était un radiateur entraînant le dysfonctionnement du four.

### **Scénario 3 : Équipement enlevé**

L'utilisateur décide de débrancher un de ces équipements électriques un radiateur par exemple mais ne le déclare pas comme débranché sur l'application. L'application ne va donc pas le déclarer comme débranché et va continuer de le prendre en compte lors que son évaluation de la situation de la consommation. Ceci peut entraîner des dysfonctionnements sur les autres appareils notamment dans le cas d'un radiateur ce qui peut fausser le mode régulation.

### **Scénario 4 : Mauvaise réception des données d'EcoWatt ou/et du compteur Linky**

Le système tourne automatiquement et normalement quand il reçoit des données d'EcoWatt ou/et du compteur Linky non conformes. Il ne va alors pas en tenir compte et va continuer de fonctionner comme si les dernières données conformes qu'il avait reçues était les dernières qu'il avait reçues. Puis il attendra les nouvelles données pour éventuellement changer le pilotage des équipements. S'il ne reçoit plus aucunes données, il va alors se passer la même chose jusqu'à ce qu'il en reçoive de nouvelles conformes.

### **Scénario 5 : Cartes et relais non déclarés**

L'utilisateur branche son équipement sur un relai/carte qui n'avait pas été déclaré. L'équipement ne va pas alors fonctionner.

### **Scénario 6 : Autre connexion**

Le système tourne normalement et l'utilisateur est connecté à l'application. Une autre personne tente alors de se connecter à l'application elle aussi mais elle se voit refuser l'accès à l'application car une personne est déjà connectée.

## **Priorisation des fonctionnalités et des contraintes**

Au vu des différents scénarii on peut identifier et de justifier les priorités relatives accordées aux différentes fonctions et contraintes exprimées.

La fonctionnalité avec la priorité 1 est « appliquer un mode de fonctionnement sur un équipement » car elle est la base même de notre produit comme les cas d'utilisation l'on montré il faut qu'un équipement fonctionne sur un mode précis pour pouvoir réduire et ajuster sa consommation électrique. Ensuite viens naturellement la fonctionnalité 2 « spécifier un mode de fonctionnement par l'utilisateur » car il faut savoir quelle mode appliquer à quel équipement. La fonctionnalité « piloter un équipement par l'utilisateur » intervient en 3<sup>ème</sup> position puisqu'il est nécessaire que l'utilisateur puisse mettre sous tension ses appareils pour que le système fonctionne. Comme les différents cas d'utilisation 2, 3 et 4 le montre précédemment la fonctionnalité « traiter les données d'EcoWatt » intervient en 4<sup>ème</sup> position dans la priorisation car c'est une part essentielle du système pour savoir comment agir. Vient ensuite la 5<sup>ème</sup> fonctionnalité « développer une IHM ». En effet, pour pouvoir suivre l'application et bien renseigner les différents équipements cette fonctionnalité est primordiale comme le montre aussi les cas limites 1, 2 et 3. Pour que l'application fonctionne il faut aussi que les différents composants se connectent bien entre eux d'où la 6<sup>ème</sup> place pour la fonctionnalité « Établir les connexions ». Par la suite, il vient en 7<sup>ème</sup> la fonctionnalité « déclarer la configuration des équipements » puis en 8<sup>ème</sup> la fonctionnalité « déclarer les priorités sur le fonctionnement » et en 9<sup>ème</sup> la fonctionnalité « déclarer le nombre de cartes et de relais ». En effet, ce sont des fonctionnalités dépendant de la création au préalable de l'IHM et sont importantes pour que le système fonctionne de la meilleur des façons comme l'ont souligné les différents cas limites. Pour finir, la fonctionnalité « traiter les données du compteur Linky » intervient en dernière position car cette fonctionnalité est optionnelle et n'est pas forcément essentiel pour que l'application fonctionne correctement.

La contrainte sur la partie software avec la priorité 1 est « être économe », en effet le but de l'application est de réduire la consommation donc il est naturel que l'application ne soit pas énergivore. Par la suite, la contrainte « interface d'utilisation intuitive » apparaît en 2<sup>ème</sup> position car l'utilisateur ne doit pas se tromper dans le renseignement des équipements au risque que l'application ne fonctionne pas comme il le souhaite et donc il est impératif que l'interface soit facilement compréhensible. La 3<sup>ème</sup> contrainte est « définir le nombre de personnes ayant accès à l'IHM » puisqu'il ne faut pas entrainer des conflits entre les différents utilisateurs. La contrainte « faciliter les opérations de maintenance » est à la 4<sup>ème</sup> place car il est toujours important de pouvoir réparer un système en cas de dysfonctionnement. La contrainte « être plus ou moins esthétique » est à la 5<sup>ème</sup> place car elle est importante dans le choix de l'achat du produit par l'utilisateur. Pour finir, la contrainte « empêcher de dépasser la

consommation limite » étant optionnelle et non primordiale pour le fonctionnement de l'application elle apparaît à la 6<sup>ème</sup> place.

La contrainte de la partie hardware qui apparaît en 1<sup>ère</sup> position est « Respecter les caractéristiques des composants » puisque sans cela le système ne pourrait jamais fonctionner. Pour la compléter la contrainte « être fait avec des matériaux adaptées » arrive à la 2<sup>ème</sup> place car il convient de ne pas faire brûler le dispositif et d'assurer la sécurité de l'utilisateur. Vient ensuite en 3<sup>ème</sup> place la contrainte « avoir un câblage adapté aux puissances des équipements » car il faut que le système puisse supporter des équipements énergivores. La contrainte « éviter les dangers d'électrocution lors des connections à la carte relais » se place en 4<sup>ème</sup> place car la sécurité de l'utilisateur est impérative. Pour finir, la contrainte « être de dimensions optimisées » apparaît en dernière place (5<sup>ème</sup>) puisque c'est une contrainte qui pour définir la boîte de manière pratique mais n'est pas impérative pour le bon fonctionnement du produit.

## VALIDATION DU BESOIN

Des tests sur le produit devront être effectués afin de valider chaque fonction et chaque contrainte listée précédemment dans ce cahier des charges. En effet, à chaque fonction et à chaque contrainte sont associés des critères de validation. Nous aurons à vérifier des critères temporels, d'affichage, de dimension, et de consommation électrique.

Afin de tester notre système en fonction des données reçues par l'API EcoWatt, nous ne pouvons attendre une variation de la consommation en direct, celle-ci étant stable depuis plusieurs mois en France. Ce test pourra alors être effectué par la mise en place d'un système supplémentaire permettant de simuler le fonctionnement de l'API EcoWatt. Il devra simuler les différentes alertes envoyées par le véritable API, en respectant les mêmes formats de données que cette dernière. La batterie de test devra couvrir tout type d'alerte pouvant être envoyées par l'API afin de vérifier une bonne analyse des données reçues. Concernant les données potentiellement reçues par le compteur Linky, il faudra procéder de même en s'adaptant aux types de données envoyées par ce dernier ainsi qu'à leur format.

Les fonctionnalités étant caractérisées par un niveau temporel seront soumises à des répétitions de chaque test afin de pouvoir établir une moyenne des résultats validant le niveau d'exigence lié à la fonctionnalité. En fonction du niveau de flexibilité, cette répétition de tests servira aussi d'indicateur de validation si un résultat limite tend à dépasser le niveau défini. L'établissement de ces tests pourra être couteux en temps, une vérification après chaque établissement d'une de ces fonctionnalités ou d'une étape de celle-ci fera certes augmenter le temps de réalisation mais permettra de détecter plus rapidement le moment où le niveau n'est plus respecté et fera ainsi réduire le temps de test final.

Pour les fonctionnalités qui concernent des déclarations de données, il faut envisager les cas de figures où les données sont saisies correctement et celles où elles ne le sont pas. Ces tests permettront de valider le fonctionnement du système dans les cas non nominaux et dans certains cas limites.

La validation de l'activation des modes de fonctionnement pourrait se faire automatiquement avec une mémorisation de l'état de chaque relais en fonction du mode enclenché, ce en prenant en compte tous les scénarii possibles et en répétant chacun d'eux afin de confirmer le comportement du système.

Les fonctionnalités liées à des visualisations de données sont testables en vérifiant visuellement le bon fonctionnement de l'affichage dans les différents scénarii donnés.

## CONCLUSION

Ce projet a donc pour but de développer une application capable d'exploiter les données fournies par l'API EcoWatt afin de piloter automatiquement des équipements énergivores. Le présent cahier des charges permet de cerner les besoins de l'utilisateur, et résume les différents acteurs mis en relation par le système et les différentes fonctionnalités et contraintes auxquelles devra répondre le système, ces dernières prenant en compte le plus de cas possibles d'utilisation du système. La validation du besoin est finalement décrite afin de vérifier le fonctionnement du système quant aux fonctionnalités et contraintes déduite du besoin.

## GLOSSAIRE :

API : interface de programmation d'application. Une API est une interface logicielle qui permet de « connecter » un logiciel ou un service à un autre logiciel ou service afin d'échanger des données et des fonctionnalités.

Carte IoT Relai : Carte à laquelle on branche les différents appareils que l'on souhaite contrôler. Cette carte est connectée via wifi à une carte Raspberry.

Raspberry : Le Raspberry Pi est un nano-ordinateur monocarte à processeur ARM de la taille d'une carte de crédit.