

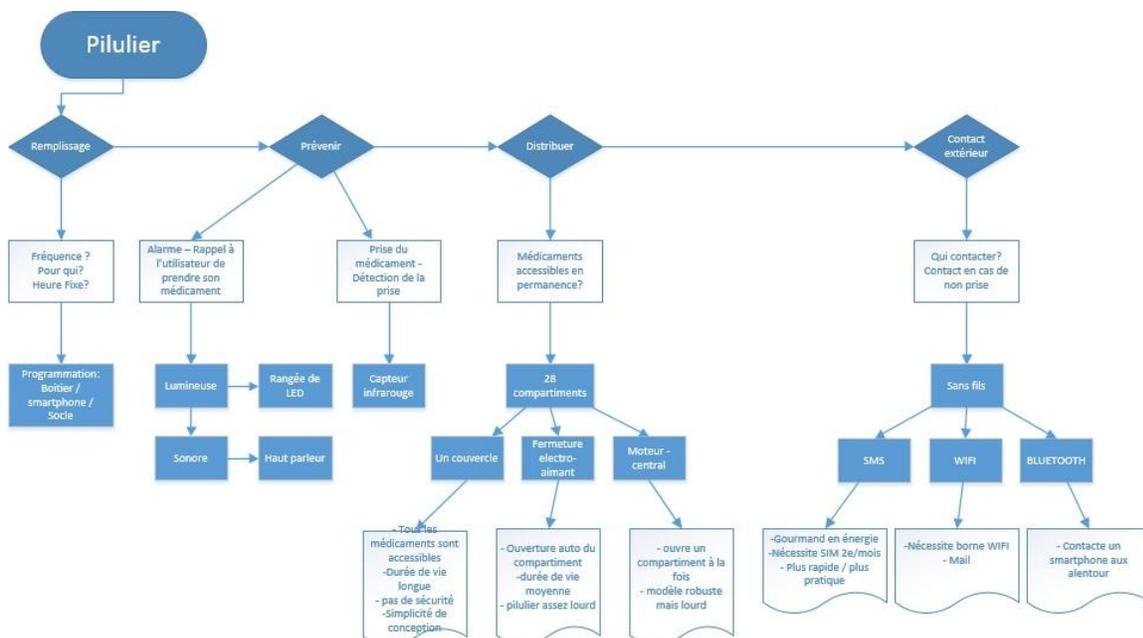
Compte rendu de décembre : Pilulier automatique

Les systèmes embarqués appliqués au domaine médical permettent d'améliorer le quotidien des patients et représentent un enjeu économique. Beaucoup de recherche est effectuée dans ce domaine. C'est dans ce contexte que l'association GAPAS, qui prend notamment soin de personnes handicapées dans la vie de tous les jours, a fait appel aux élèves ingénieurs de l'école Polytech Lille pour réaliser un pilulier automatique facilitant la prise des médicaments par leurs résidents.

I - Élaboration du cahier des charges

1) Spécification de la demande

Un des intérêts de ce projet est qu'il comporte toutes les étapes d'élaboration d'un produit, allant de la création d'un cahier des charges au prototypage du système. Nous avons d'abord cherché à bien comprendre la demande de GAPAS, pour y répondre au mieux. Pour cela, nous avons utilisé la technique des use cases, qui permet de couvrir l'ensemble des fonctionnalités du pilulier dans un schéma synthétique. Chaque fonctionnalité est développée jusqu'à en arriver aux différentes solutions techniques et aux avantages/inconvénients qu'elles représentent.



Suite à la présentation de ce schéma en réunion, nous avons assez d'informations pour élaborer un cahier des charges.

2) Validation d'un cahier des charges

Pour résumer la demande, le pilulier doit faciliter la prise des médicaments par les résidents, tout en les empêchant de prendre les pilules en dehors des heures prévues. En cas de non prise, les encadrants doivent être prévenus.

- Le mot clef est "faciliter". En effet, le pilulier doit rendre la prise du médicament plus simple, puisque le malade n'a plus besoin de se rappeler de les prendre, c'est le pilulier qui s'en charge. Il doit pouvoir prendre les médicaments facilement, et ce malgré son handicap moteur. Le pilulier ne doit pas compliquer la vie des aides soignants, dans sa programmation comme dans son chargement hebdomadaire.
- Le pilulier présente une sécurité, il doit empêcher le malade d'avoir accès à l'intégralité des médicaments en dehors des heures prévues.
- La fonction secondaire est de vérifier que les médicaments sont bien pris et d'alerter si besoin est.

Ce sont ces points qui nous ont permis d'élaborer le diagramme pieuvre suivant, et le cahier des charges qui en découle :

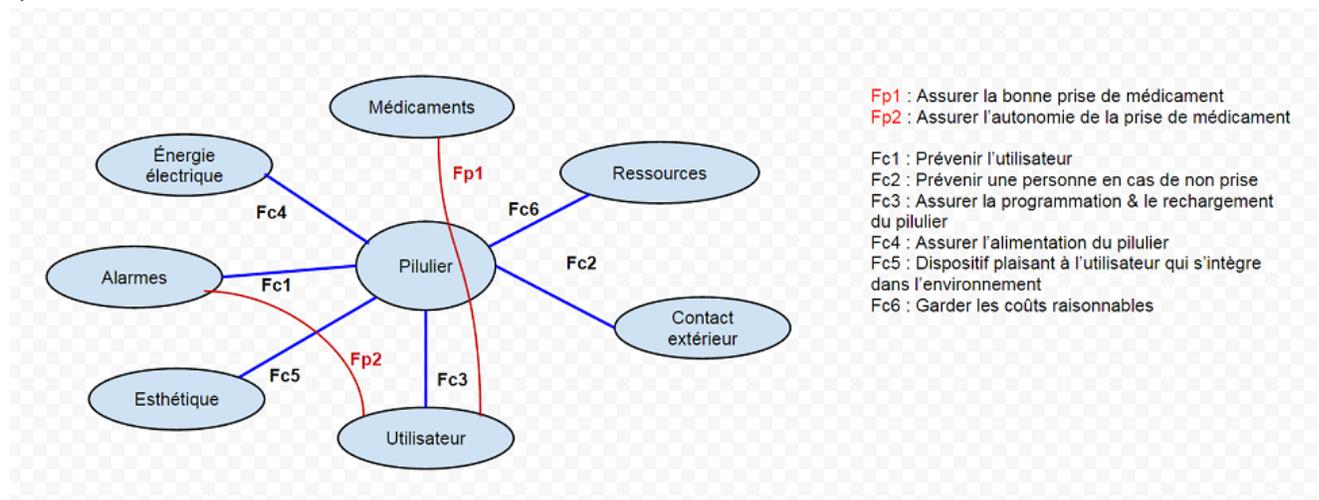


TABLEAU DE DEFINITION DES FONCTIONS			
Fonctions	Critère d'appréciation	Niveau d'exigence	Flexibilité
FP1 Assurer la bonne prise du médicament	- Médicament délivré en temps voulu - Accès aux pilules impossible en dehors des heures prévues	- A quelques minutes près de l'heure prescrite - Verrous résistant au forçage du pilulier	- F0 - F1
FP2 Assurer l'autonomie de la prise de médicament	- Facilité d'utilisation - Ergonomie adaptée au handicap moteur	- Aucune action à réaliser par l'utilisateur en dehors de la prise du médicament - Cases assez grandes, présentant une large ouverture	- F0 - F0
FC1 Prévenir l'utilisateur	- Indication de disponibilité du médicament - Rappels réguliers jusqu'à la prise	- Alarmes sonores audibles même par un malentendant & alarmes visuelles assez lumineuses - Assez réguliers pour ne pas être ignorés	- F2 - F3
FC2 Prévenir une personne en cas de non prise du médicament	- Vérifier la bonne prise du médicament - Alerter personne responsable par mail	- Pas de faux positif autorisé, fausses alertes à limiter - Le mail doit être envoyé correctement	- F1 - F1
FC3 Assurer la programmation & rechargement du pilulier	- Rechargement aisé - Programmation des heures de distribution des pilules simple	- Accès à l'ensemble du pilulier par le pharmacien - Programmation simple et rapide des heures par GAPAS, Pas de formation, pas plus de 5 min de prog à la semaine	- F0 - F1
FC4 Assurer l'alimentation du pilulier	- Alimentation	- Alimentation permanente et infaillible	- F0
FC5 Dispositif plaisant à l'utilisateur et s'intégrant dans l'environnement	- Robustesse - Couleur, aspect - Encombrement	- Résiste aux chutes d'1m - Sobre, qui s'intègre dans la pièce - Dimensions maximales : L = 300mm ; l = 300mm ; H =150mm	- F3 - F4 - F2
FC6 Garder les coûts raisonnables	- Prix des composants - Consommation	- Inférieur au budget de l'école - Quelques Watts maximum	- F3 - F4

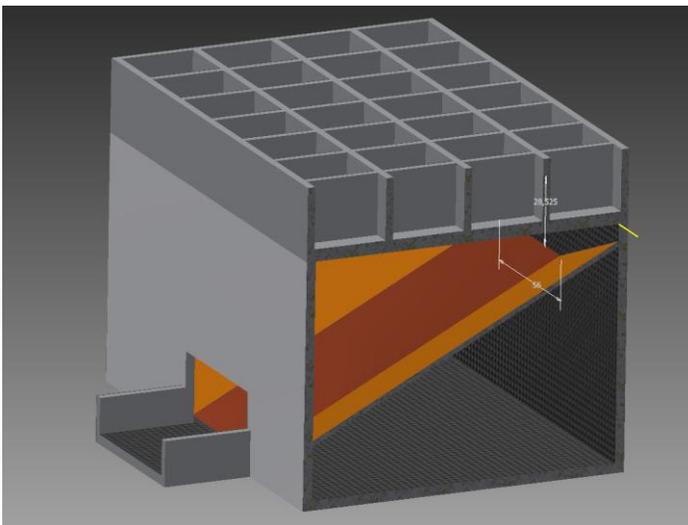
Légende : F0 : non négociable F1 : très peu négociable F2 : légèrement négociable
F3 : négociable F4 : assez négociable

II - Élaboration de différents prototypes

Suite aux exigences imposées par les membres du personnel de GAPAS et les différentes contraintes dues au bâtiment, nous avons élaboré plusieurs prototypes susceptibles de répondre au cahier des charges. A savoir les médicaments ne doivent jamais être accessibles au patient en dehors des heures de prise, leur mobilité réduite au niveau des gestes les empêche de saisir précisément des médicaments dans de petits casiers et enfin le pilulier doit être très facile à utiliser. c'est pour cela que chacun de nos prototypes contient 28 cases correspondant à 4 prises par jour pendant une semaine.

1) Le pilulier à trappes

Ce pilulier se compose de 28 trappes commandables via des électro-aimants.



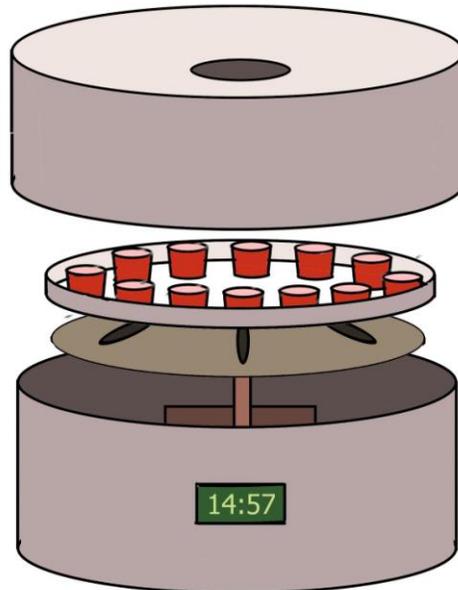
Les médicaments parviennent jusqu'à la plate forme de prise via un "entonnoir". Chaque électro-aimant permet d'ouvrir une trappe.

Ce pilulier comporte de nombreux désavantages:

- 28 électro - aimants = 28 sources de pannes
- Consommation d'énergie importante.
- Si coupure de courant alors les trappes peuvent s'ouvrir ce qui entraîne la prise non-voulu de médicaments
- Ce système est consommateur d'IO , nombreux fils.

2) Pilulier à gobelets

Ce pilulier a pour but de simplifier la prise de médicaments en utilisant 28 gobelets détachables du système.



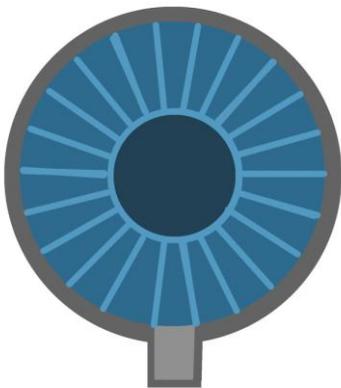
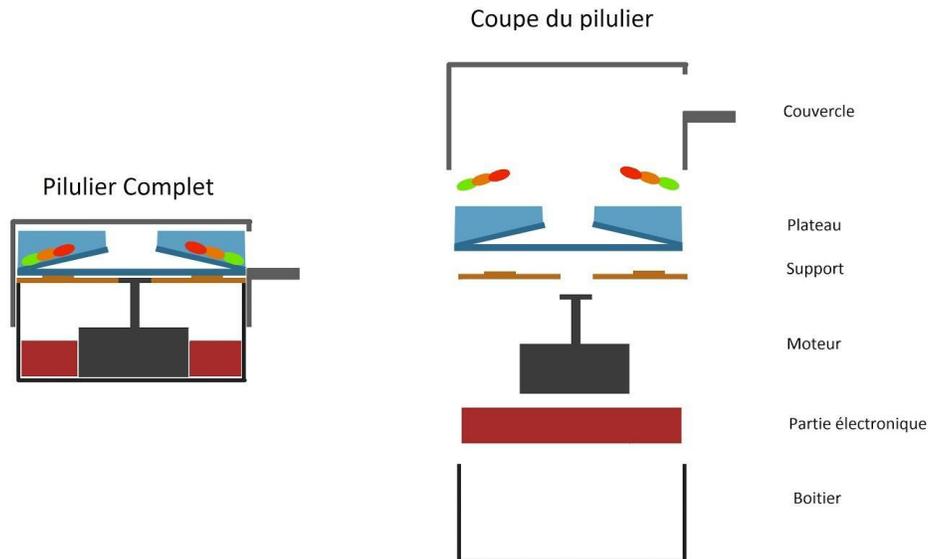
Nombreux avantages par rapport au système d'électro-aimants:

- Bloc moteur séparé du plateau de médicament
- Plateau démontable / gobelets lavables
- Plus de place dans le bloc moteur pour l'électronique/fils ...

Ce prototype est correct mais ne convient pas aux patients pour lesquels ce pilulier est destiné, en effet on peut facilement perdre les gobelets, ou mal les replacer dans leur empreinte respective et bloquer la rotation du moteur voir endommager le système.

3) Choix du prototype final

Notre choix final s'est porté sur un modèle dérivé du prototype précédent. En effet il comporte toujours un bloc moteur séparé du plateau contenant les médicaments. Mais nous avons remplacé les gobelets par des casiers inclinés.



Vue de dessus - en considérant l'absence du couvercle

Ce modèle répond entièrement à toutes les contraintes imposées. Le couvercle peut être verrouillé simplement à l'aide d'un verrou par clef sur le dessus du pilulier. Le plateau est détachable pour permettre le remplissage en médicament, le lavage ou encore une intervention quelconque au niveau du bloc moteur.

Nous avons validé ce modèle avec les membres GAPAS responsables du projet. Celui-ci leur convient parfaitement.

III - Choix des technologies

1) Moteur et positionnement

Pour notre application, le positionnement est primordial comparé à la vitesse, c'est pour cela que nous privilégions un moteur pas-à-pas par rapport au moteur DC qui se contrôle en vitesse.

Il a l'avantage d'être très précis et d'avoir un assez bon couple. Le seul inconvénient pour notre application est qu'il nécessite une carte électronique pour le contrôle du moteur et qu'il est assez lourd. C'est aussi pour cela que nous avons voulu séparer le bloc moteur du plateau amovible.

Malgré la précision du moteur, nous voulons tout de même contrôler la position du plateau après rotation afin de ne pas accumuler de décalage au fil des tours. Notre première idée fut d'utiliser un capteur inductif en plaçant des "autocollant" métallique au centre de chaque compartiment pour les centrer au mieux en face de l'ouverture de prise. Les capteurs inductifs étant assez cher, nous modifierons le dessous du plateau en insérant un "ergot" au centre des compartiments associé à un fin de course.

2) Gestion des IO et connexion au réseau

Si on veut embarquer un site web assez lourd dans le pilulier ou encore gérer de nombreuses stats du style : "il a pris sa pilule une heure avant par rapport au mois dernier" alors le raspberry pi est définitivement le choix à faire. Sinon si pilulier se limite à envoyer des mails alors l'arduino méga est plus simple et l'on a le compte au niveau de des IO, de plus il y a toujours moyen de stocker des stats comme le pilulier est relié au réseau.

Dans notre cas, nous choisissons l'arduino MEGA accompagné d'un shield ethernet afin de connecter le pilulier au réseau par câble.

Liste des principales IO :

- moteur / fin de course
- LED / écran LCD
- capteur infrarouge (passage d'un main pour valider la prise)

3) Indicateurs et alarmes

Un écran LCD 16*2 sera installé à l'avant du pilulier , indiquant différent message : heure, date, message divers pour prise de médicament.

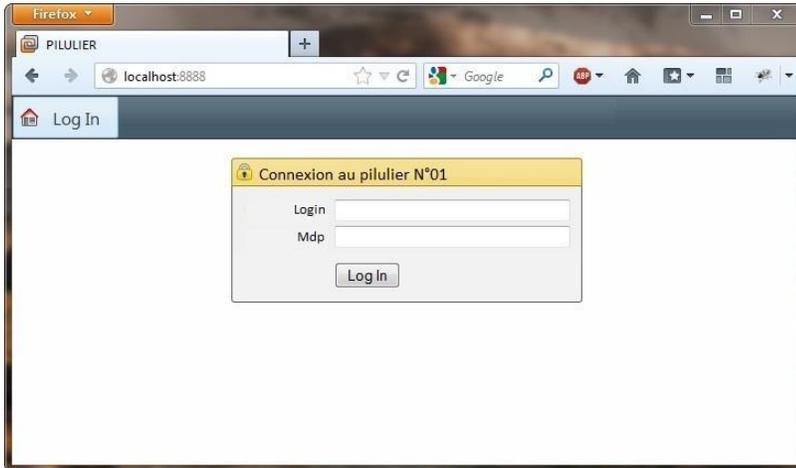
Différentes alarmes seront présentes afin de prévenir le patient :

- alarme lumineuse : LED
- alarme sonore : haut - parleur

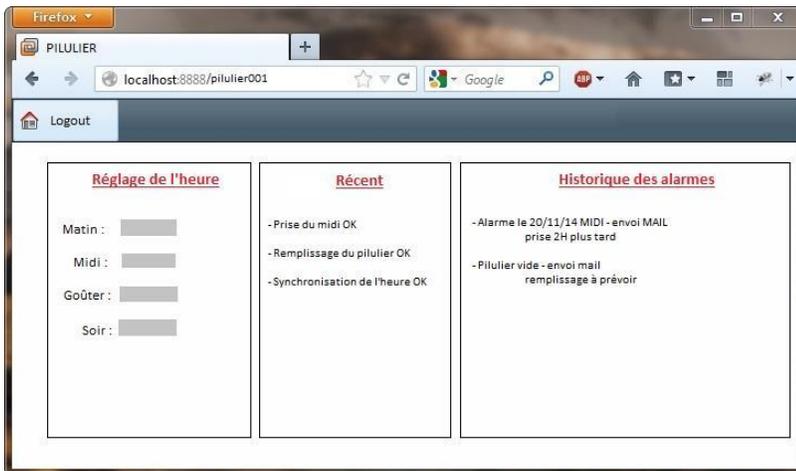
4) Programmation du pilulier par le personnel soignant

Nous avons décidé de ne pas faire une programmation du pilulier complexe de type "montre" avec différents boutons directement présent sur le pilulier.

Pour cela nous avons choisi de faire la programmation directement via un pc, comme le pilulier est connecté au réseau il sera assez simple d'envoyer et de recevoir des variables de l'arduino.



Accueil - Login vers le pilulier



Prototype de la page web de gestion du pilulier

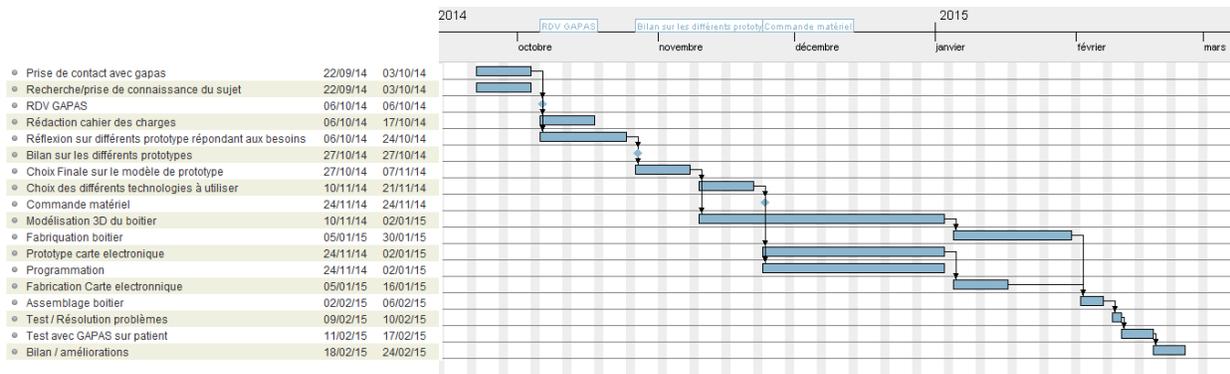
5) Gestion de l'heure

Utilisation d'un module RTC pour ne pas perdre la date. Une instruction comme millis() retourne le temps écoulé depuis le dernier démarrage de l'Arduino, mais sera réinitialisée dès le prochain démarrage, donc s'il y a une coupure de courant ou un débranchement/rebranchement du pilulier alors le système ne sera plus fiable. De plus, millis() atteint sa limite maximale (et retourne à zéro) au bout d'une cinquantaine de jours.

IV - Planning

Actuellement nous estimons l'état d'avancement à environ 45%. Nous avons été surpris par la complexité de modéliser un système 3D dans son intégralité. Mais nous gérons au mieux notre temps en travaillant sur plusieurs flans en même temps. De ce fait, nous utiliserons au mieux le matériel des sa réception.

Sur le diagramme de gantt suivant , on peut voir le planning prévisionnel pour la 2ème partie du projet.



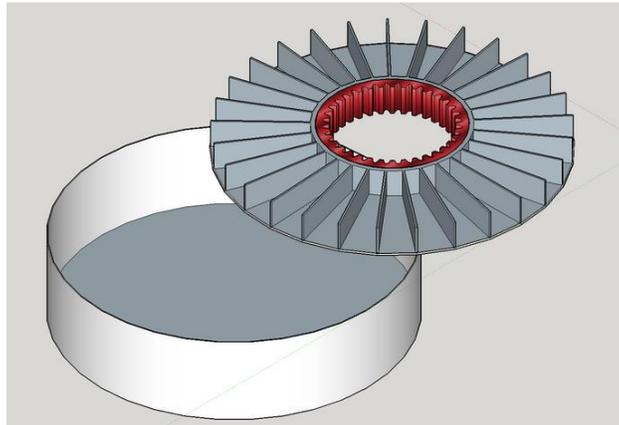
Arrivé à la moitié du projet, le planning a été à peu près respecté. Comme prévu, nous avons déjà pensé à différents systèmes et avons fait le choix de celui qui semble convenir le mieux. Les choix technologiques ont été effectués et le matériel commandé. Nous sommes encore en phase de modélisation 3D, pour laquelle le délai sera sûrement dépassé, sans nuire au bon déroulement du projet. Restera à réaliser la partie électronique, à programmer et faire l'assemblage et les tests, pour ensuite chercher les améliorations à effectuer.

V - État d'avancement et bilan de mi-projet

A l'heure actuelle, le projet est défini dans son intégralité, les besoins et attentes de notre client (GAPAS) sont listés et compris. Après avoir réfléchi à différents types de pilulier, nous avons fait le choix du modèle qui répond au mieux à la demande.

Nous sommes actuellement en pleine modélisation 3D du pilulier, ce qui prend énormément de temps. Au fur et à mesure de l'avancement de la modélisation nous rencontrons divers problèmes. Par exemple la fermeture, ou encore les rebords du plateau pour pas que les médicaments tombent lors du retrait du plateau. Au fur et à mesure de cette modélisation se posent nombre de problèmes qui nécessitent réflexion.

Voici une ébauche 3D du pilulier:



Une autre partie importante du projet, qui elle aussi est en cours, est la partie programmation. Quelques fonctionnalités du programme ont déjà été testées, par exemple la partie de l'écran LCD, des LEDs ou encore l'alarme par haut parleur. Mais nous attendons le reste du matériel afin de tester et modifier tout ce qui a déjà été pré-codé.

Dans l'attente du matériel, nous travaillons actuellement sur la page web de gestion du pilulier ainsi que sur la modélisation 3D.

Le projet suit son cours et devrait aboutir à un prototype et une phase de test qui permettra de lister les améliorations à effectuer.