

Rapport de Stage fin de DUT - SuperBeeLive

Olivia SERENELLI-PESIN

July 30, 2019

Remerciements

J'adresse mes remerciements aux personnes qui m'ont permis de réaliser ce stage dans l'équipe de SuperBeeLive.

Tout d'abord Matthieu ROUSSET, initiateur du projet SuperBeeLive à l'IBMM (Insitut Biomoléculaire Max Mousseron) qui m'a accueilli au sein de son équipe.

Ensuite, Capucine CARLIER pour son accueil, pour ses nombreuses explications biologiques sur les abeilles ainsi que sa disponibilité afin de comprendre au mieux les enjeux et les besoins des biologistes pour mon projet.

Enfin, Sebastien DRUON pour m'avoir encadré, aidé à m'intégrer dans le milieu de la recherche et aidé sur une multitude de sujets, aussi bien du point de vu universitaire que sur les tâches qui m'ont été confiées.

Contents

1	Introduction : Présentation du projet de recherche	3
1.1	La structure d'accueil	3
1.2	Projet SuperBeeLive	4
1.2.1	Le Global	4
1.2.2	Mon rôle durant le stage	5
1.3	L'équipe	7
2	Développement d'une application : Beeterface	8
2.1	Analyse du besoin et des fonctionnalités exigées	8
2.2	Contraintes	10
2.2.1	Principe de GTK	10
2.2.2	Des boites, dans des boites...	11
2.2.3	Création et Définition	12
2.2.4	Placement, cosmétique et affichage	13
2.2.5	Signaux et fonctions	15
2.3	Les fonctionnalités	17
2.3.1	Structuration du code	17
2.3.2	Manière de coder	17
2.3.3	Traitement de la vidéo	19
2.3.4	Ce qui reste à faire	19
3	Acquis et compétences	21
3.1	Missions annexes	21
3.1.1	Gestion du Réseau du Rucher	21
3.1.2	Tests pour la vitrine Web	21
3.1.3	Aide pour les projets de première année à l'IUT de Béziers	22
3.2	Compétences développées	23
4	Conclusion	25
A	Annexes	26

Chapter 1

Introduction : Présentation du projet de recherche

1.1 La structure d'accueil

Le projet étant réalisé par plusieurs laboratoires de recherches, j'ai dû évoluer au sein de différentes organisations. Tout d'abord il y a mon employeur, l'Université de Montpellier, qui englobe d'autres structures où j'ai pu évoluer. L'université a été, pour moi, une entité administrative.

Avec elle, le CNRS (Centre National de Recherche Scientifique) accueille dans ses locaux le rucher expérimental où l'équipe peut effectuer ses tests d'installation pour le projet. J'ai pu m'y rendre plusieurs fois afin d'observer les abeilles et voir l'installation évoluer au fur et à mesure. C'est également chez eux que nous aurons un serveur d'installé dans leur salle dédiée.

Ensuite, l'IBMM est le laboratoire qui a engagé l'argent lié au projet afin de pouvoir me recruter lors de ce stage. C'est également une structure qui a été seulement administrative de mon point de vue puisque j'ai été affectée dans les bureaux du LIRMM (Laboratoire d'informatique, de robotique et de microélectronique de Montpellier), autre laboratoire de recherche, afin que je puisse être aux côtés de Sébastien DRUON qui m'aura donné la grande majorité de mes tâches à effectuer. J'ai pu y avoir mon bureau en face du siens, me permettant d'être autonome mais aussi de pouvoir faire appel à lui facilement lorsque j'en avais besoin.

C'est dans ce contexte de recherche que j'ai pu découvrir et travailler sur le projet SuperBeeLive.

1.2 Le projet SuperBeeLive

1.2.1 Explication et intentions du projet

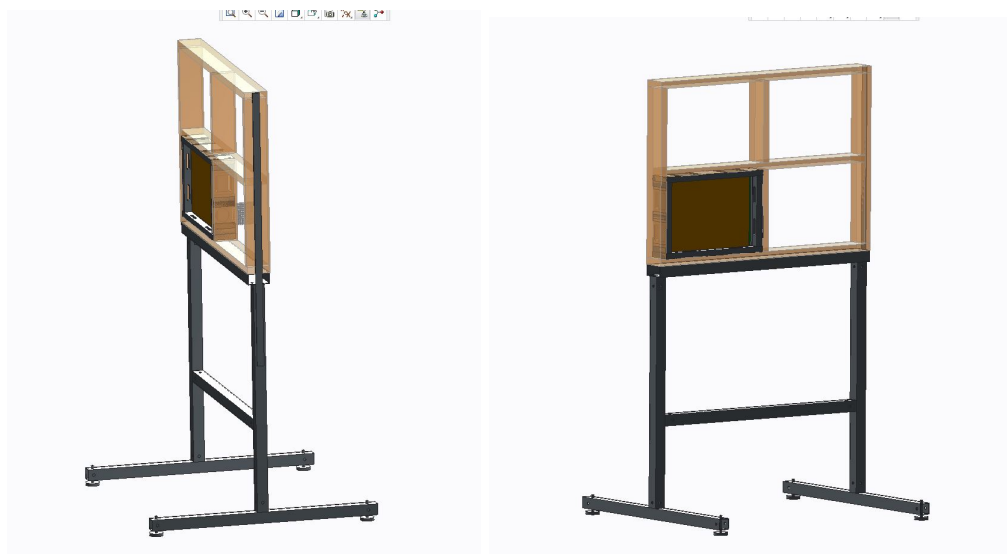
La santé et le développement des abeilles est aujourd’hui une question de plus en plus étudiée. Les bouleversements majeurs de notre planète et de l’activité humaine se traduisant par une augmentation alarmante de la mortalité des colonies et une chute de la production du miel dans nos pays développés, il est urgent de se préoccuper de leur futur. La situation des abeilles domestiques alerte le pouvoir public sur l’accélération de la dégradation de la biodiversité des pollinisateurs domestiques et sauvages, et de la flore qui en dépend. Ces dégâts sont dûs, entre autre, à l’apparition et la prolifération d’espèces invasives pour les abeilles, provoquant maladies et détériorations.

Le projet consiste en la structuration de plusieurs collaborations existantes ou nouvelles autour du développement d’une ruche plate instrumentée destinée au monitoring détaillé de la santé de l’abeille et des écosystèmes. Son but est de pouvoir répondre à des questions clés, notamment autour des mécanismes physiopathologiques et des maladies chroniques dues aux parasites ainsi qu’aux altérations de l’écosystèmes et des qualités nutritives des produits des ruches.

Répondre à ces questions permettra de regrouper différentes solutions technologiques systématiques, automatiques et non invasives à la collection de données usuelles déterminantes dans chacun des thèmes abordés. Les différents travaux déjà effectués autour de ce sujet ne visaient qu’un seul type de problème à la fois, ne permettant pas une vision globale des difficultés rencontrées par les abeilles. Notre but est de réunir les différentes données qui peuvent être utilisées pour étudier l’influence des éléments et événements extérieurs sur leur santé et leur cadre de vie.

Concrètement, l’équipe de SuperBeeLive va concevoir une ruche plate afin d’y mettre en place plusieurs types de capteurs (hygrométrie, vibrations, température interne et externe, etc) ainsi que des caméras qui filmeront l’intérieur et l’extérieur de la ruche. En 2017, une affiche résumant le projet a été présentée lors du salon NUMEV (Solutions, Numériques, Matérielles, et Modélisation pour l’Environnement et le Vivant) (Annexe 1).

De plus, voici quelques schémas représentant à quoi la ruche devrait ressembler.



Et à quoi elle ressemble actuellement :

Dans un premier temps, cette instrumentation nous permettra d'observer en temps réel la ruche et ses habitantes : les caméras nous donnerons une vision globale de ce qu'il s'y passe, aussi bien en intérieur pour observer leur comportement et tenter de repérer des parasites comme le varoa, qu'en extérieur pour y voir les dangers comme le frelon asiatique. Couplée aux données récoltées à l'aide de la carte électronique et ses capteurs installée au centre de la ruche plate, nous pourrons avoir une vision complète et détaillée des événements et leur répercussions ponctuant la vie d'une colonie, de sa naissance à sa mort.

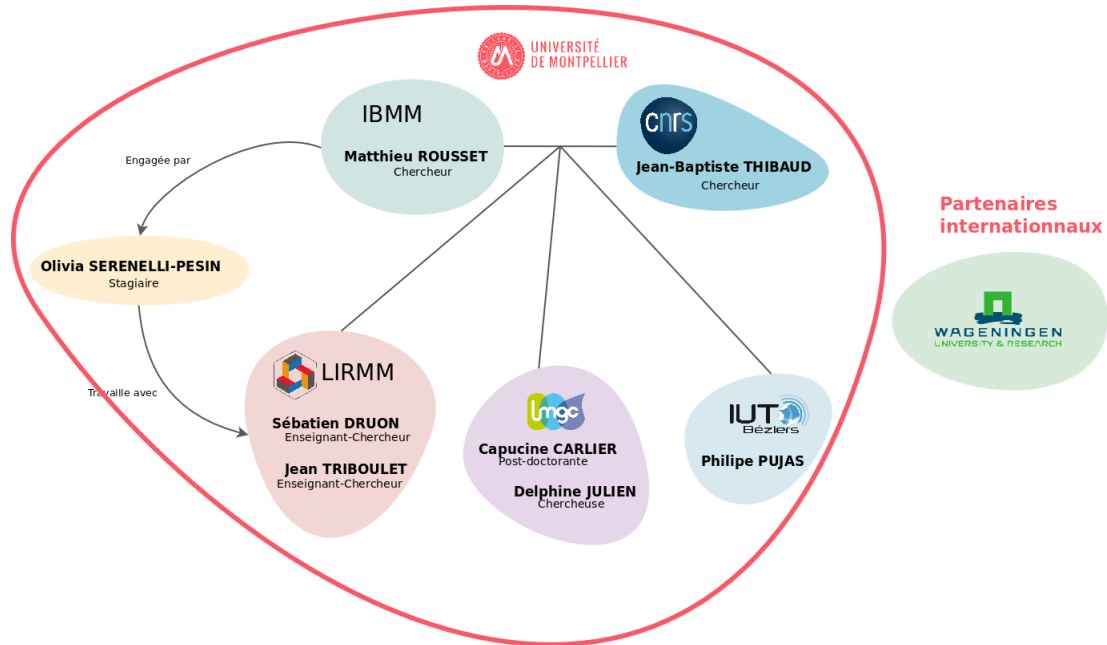
Ces observations ont pour but d'être enregistrées, sauvegardées et commentées par les biologistes afin de construire une base de donnée contenant plusieurs types de comportements comme le refroidissement de la ruche, les danses frétilleuses

Dans un second temps, cette base de donnée pourra être utilisée afin de créer des algorithmes repérant ces différents comportements de manière automatisée. Cela nous permettrait, en plus d'avoir des données complètes et utilisables, d'en avoir leur analyse en temps réel. Ces informations seront diffusées de deux façon. D'abord, elles seront partagées pour être étudiées par d'autres scientifiques, notamment les collaborateurs autour du projet SuperBeeLive. Ensuite, Le projet se veut aussi éducatif : une vitrine Web accessible au public sera créée présentant une ruche et ses données numériques et vidéos commentées en live.

Ainsi, les ruches plates de SuperBeeLive permettront de fournir des données cruciales pour des futures recherches autour des abeilles, tout en éduquant le grand public à l'importance des abeilles et les risques liés à nos activités humaines pour cette espèce et la biodiversité.

1.3 L'équipe

L'équipe de recherche qui constitue le projet SuperBeeLive étant partagée entre plusieurs laboratoires, je n'ai pas eu l'occasion d'en rencontrer tous les acteurs, certains se trouvant même à l'étranger. Voici un schéma représentant globalement la structure de l'équipe ainsi que les membres que j'ai pu rencontrer.



Le projet est englobé par l'Université de Montpellier. Les laboratoires de recherche principaux sont l'IBMM (Institut Biomoléculaire Max Mousseron) et le CNRS (Centre National de la Recherche Française) représentés ici respectivement par Matthieu ROUSSET et Jean-Baptiste THIBAUD, tous deux chercheurs.

Les autres laboratoires présents actifs dans ce projet sont le LIRMM (Laboratoire d'Informatique, de Robotique, et de Microélectronique de Montpellier) et le LMGC (Laboratoire de Mécanique et Génie Civil). En plus de ces structures, des partenaires Universitaires comme l'IUT de Béziers et l'Université de Wageningen, ouvrant à l'international, permettent d'intégrer des étudiants.

Me concernant, j'ai été recrutée par l'IBMM et ai travaillé au LIRMM.

1.3.1 Mon rôle durant le stage

Pour ce stage, plusieurs missions m'ont été affectées, une qui est devenue ma principale et d'autres, plus secondaires.

Comme dit plus haut, le but premier de l'installation des caméras sur la ruche est de pouvoir observer et annoter des vidéos manuellement pour ensuite rendre cette tâche

automatique. Seulement, ces annotations doivent être encadrées afin d'éviter que des données ne se perdent, et que les outils utilisés pour le faire ne soient pas les mêmes d'une personne à une autre nous donnant alors des fichiers non uniformes et plus difficiles et long à traiter une fois réunis.

Ainsi, nous avons entrepris de créer un logiciel d'annotation, permettant de regarder en direct les caméras et de sauvegarder des morceaux de vidéos afin de pouvoir dessiner simplement dessus (encercler, mettre une flèche, encadrer, etc) et écrire quelques mots sur ce qu'on y observe. Ces vidéos seraient sauvegardées dans un fichier contenant la vidéo et les annotations et pourront être visualisés de nouveau dans ledit logiciel mais aussi dans un lecteur plus classique mais sans les annotations.

Au final, celui-ci allégera le travail des biologistes, qui auront un outil sur mesure pour annoter les vidéos, mais aussi de M. Druon, pour qui il sera plus simple de récupérer et traiter les données.

Il est évident que dans un tel projet, beaucoup de données seront transmises et stockées. Ainsi, toute une partie d'administration système est à gérer. Dans notre cas, nous avons deux tâches importantes.

D'abord, la question du stockage des données commençait à se poser lors de mon arrivée en stage. Il fallait choisir, acheter, installer puis configurer un serveur de stockage dans la salle serveur du CNRS.

Ensuite, le rucher du CNRS où notre ruche expérimentale est installée n'a pas de configuration réseau déjà établie. Une connexion par fibre optique est prévue, mais la suite de l'installation devra être gérée par nous-même. Comme pour le serveur, il faudra choisir, installer et configurer un switch dans le rucher.

Pour ces deux tâches, la même problématique est soulevée : il faudra penser au grand nombre de données qui devront transiter sur le réseau et donc prévoir du matériel adapté.

D'autres réalisations auraient pu m'être affectées, comme le dimensionnement des caméras ou la construction des cartes électroniques qui seront installées au centre de la ruche. Seulement, ces sujets s'éloignant de mon DUT Réseaux et Télécommunications et mes compétences et connaissances dans ces deux domaines étant limitées, je n'ai pas eu à travailler dessus.

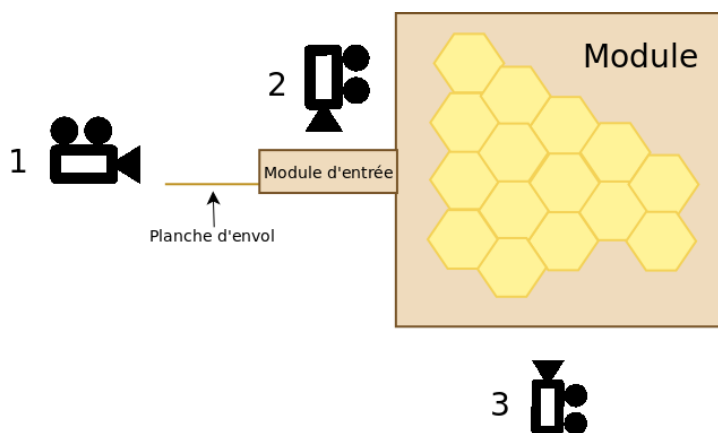
Cependant, la possibilité d'un apprentissage lors d'école d'ingénieurs en systèmes embarqués a été évoquée, ce qui correspondrait plus à ces tâches.

Chapter 2

Développement d'une application : Beeterface

2.1 Analyse du besoin et des fonctionnalités exigées

Outre les différents capteurs installés sur la ruche (Son, vibration, température, hygrométrie, etc.), les biologistes ont également exprimé le besoin de pouvoir capturer des comportements particuliers de la colonie. De là vient la nécessité de pouvoir gérer de nombreuses caméras sur la ruche prototype. On pourra distinguer trois localisations distinctes pour ces caméras, correspondant à trois types de traitement d'image différents.



- Les caméras situées sur la planche d'envol, tout d'abord, servent à surveiller les alentours de la ruche. Elles permettent avant tout de mesurer le flux d'entrée/sortie des butineuses, mais également de détecter certains comportements, comme par exemple la ventilation forcée (une abeille bat des ailes afin de "pousser" de l'air frais vers l'intérieur de la ruche et faire diminuer la température). Ces caméras vont aussi servir à mesurer la "pression" des prédateurs sur le rucher, en mesurant le nombre de frelons asiatiques en embuscade (vol stationnaire) et le nombre d'abeilles capturées. Ces caméras sont au nombre de deux, formant une paire stéréoscopique afin de pouvoir effectuer des mesures

3D.

En annexe, un lien vers une vidéo prise par l'équipe au début du projet est disponible. On peut y voir une planche d'envol filmée et passée au ralenti.

- Les caméras situées sur le module d'entrée, quand à elles, servent à étudier les pelotes de pollen ramenées par les butineuses afin de reconnaître les plantes utilisées par les abeilles. Ces caméras sont caractérisées par de fort grossissement et sont associées à des éclairages pilotés par ordinateur (UV, IR) pour mesurer l'autofluorescence des pollens.

- Enfin, les caméras montés sur chaque module (1 par face du module) servent à détecter et surveiller les événements qui ont lieu sur le couvain et sur les alvéoles. Ces caméras doivent travailler dans des conditions de lumière particulières, car la reine et certaines castes d'abeilles sont sensibles à la lumière visible. Pour ne pas les perturber, le rucher est placé en lumière rouge ou infrarouge, ce qui correspond à des longueurs d'onde que les abeilles ne voient pas. Il est à noter que des caméras supplémentaires, purement infrarouges, seront également utilisées dans le cadre des travaux de l'IES, l'un de nos partenaires.

Les flux d'images générés par ces caméras sont collectés sur un réseau privé, puis transférés à un serveur central. En fonction du besoin, ils pourront être enregistrés, renvoyés vers le site vitrine, renvoyés vers l'application d'annotation ou encore traités par les algorithmes qui sont mis au point par M. Triboulet et M. Druon. Ces derniers se basent sur des réseaux de neurones afin de reconnaître des comportements (danse, ventilation, etc) de façon automatique.

Au vu de la description générale de l'utilisation des vidéos ainsi qu'après discussion avec l'équipe, le logiciel devrait devoir permettre de :

- Visualiser les caméras en direct
- Démarrer la capture vidéo à tout moment
- Ajouter un système de tag par mots clés afin de pouvoir trier facilement les vidéos
- Avoir plusieurs types d'annotations (entourer, marquer, avoir des mouvements etc)
- Retrouver toutes les mesures de la ruche (température, horaires, numéro de caméra, de ruche, de cadre etc)
- Avoir un principe d'auteur
- Pouvoir revisualiser les vidéos
- Pouvoir remodifier les vidéos

Afin de répondre à ces besoins, nous avons imaginé l'application suivante : Bien sûr, celle-ci a connu beaucoup d'évolutions au cours de son développement : au fur et à

mesure de l'avancement, nous nous rendions compte de certaines éventualités que nous n'avions pas imaginé et que nous avons intégré à la volée.

2.2 Contraintes

Le langage de départ pour coder l'interface et ses fonctionnalités, que nous pourrions familièrement nommer partie moteur et partie physique, m'a été imposé.

C'est donc en C que j'ai dû réfléchir à comment préparer et lier ces deux parties. Ce langage a été choisi tout simplement parceque c'est le langage que M. DRUON a pour habitude d'utiliser.

La partie moteur peut être développée en C sans trop d'ajout de bibliothèques annexes autres que celles dites basiques (stdlib, stdio). Cependant, nous avons dû utiliser une bibliothèque pour développer la partie physique. Nous avons le choix entre GTK ou QT. QT devant être utilisé en C++, notre choix s'est naturellement dirigé vers GTK 3.0.

Comme dans tout projets collaboratifs, la convergence des données est importante et peut parfois se révéler difficile à mettre en place. Heureusement pour nous, en programmation l'outil GIT est excellent pour travailler à plusieurs. L'ayant déjà vu en cours cette année, j'ai pu l'utiliser concrètement lors de mon stage. Cependant, avant de commencer à utiliser concrètement l'outil, il a été préférable que je me remette à niveau sur celui-ci et ai donc entamé la lecture du livre Mastering Git qui m'a été d'une grande aide pour avoir des bases solides. Pour héberger notre code, nous avons choisi de le déposer sur GitHub : il est donc accessible au public sous le nom superbeelive.

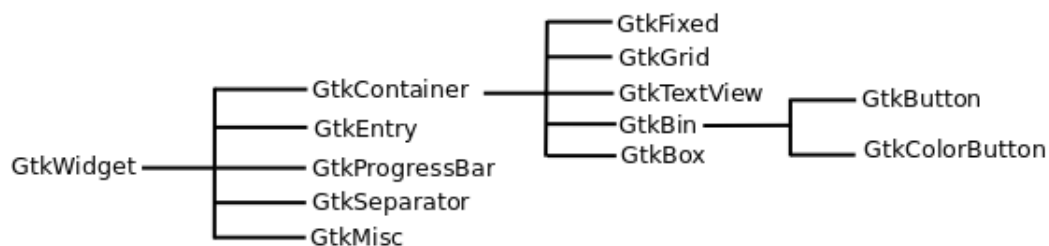
Pour cela, le livre m'a servi de référence de base quant à la manière de manier les éléments. Je me suis également aidée de divers tutoriels sur internet, mais surtout de la documentation officielle de GTK.

Souvent, on a tendance à utiliser Glade, un logiciel permettant de créer une interface GTK avec des outils graphiques. Dans mon cas, je m'en suis surtout servie en tant que bibliothèque pour voir et tester certains Widgets ainsi que leur fonctionnement. Cet utilitaire, certes plus rapide à prendre en mains, est lié au fait qu'il utilise des fichiers XML pour décrire l'interface ce qui, au final, complique la portabilité de l'interface d'une version du logiciel à l'autre. De plus, j'ai préféré apprendre à utiliser GTK en ligne de code "brut". Plus fastidieux au départ, j'ai trouvé cela plus simple à la longue : je maîtrisais vraiment mes outils et apprenais plus rapidement à utiliser un nouvel élément de la bibliothèque.

2.2.1 Principe de GTK

Apprendre à utiliser GTK sera plus long si la programmation objet nous est inconnue. En effet, même si le C n'est pas un langage objet, GTK lui, reprend les principes de la programmation objet. Si vous êtes déjà familier avec ce type de langage, alors l'apprentissage sera bien plus rapide. L'idée principale de GTK est que l'on va ranger tous les éléments en fonction d'un autre élément, pour finir avec des sortes de poupées russes qui s'emboîtent

et se rangent côte à côte pour donner un résultat final. Il existe une multitude d'éléments utilisables, appelés les Widgets. L'élément de base widgets contient des propriétés de base et, pour créer d'autre type d'élément, les développeurs de GTK y ont ajoutés d'autres propriétés à celles déjà existantes. Au fur et à mesure, ces ajouts de propriétés ont permis de créer toute sorte de Widget : des textes, des labels, des tableaux, des séparateur, des listes, des boutons... Ces héritage et cette hierarchie des objets va nous construire un arbre d'éléments, nous permettant de savoir ce que l'on peut faire avec nos Widgets :



En effet, si par exemple je veux changer un paramètre d'un élément "GtkSpinButton", et que je ne trouve pas de fonction affectant directement ce type d'élément, alors je vais regarder si chez ses parents je peux trouver le paramètre voulu, à savoir "GtkEntry", et "GtkWidget".

Chaque paramètre disponible pour les Widgets peut être changé directement à l'aide de fonctions retrouvable dans l'excellente documentation en ligne de GTK 3.0. Il est totalement déconseiller de changer directement la valeur des paramètre à la mains en utilisant, par exemple des pointeurs. Il faut partir du principe que chaque élément a son nombre de fonctions associées et que tout est prévu pour pouvoir faire ce que l'on veut sur notre interface.

2.2.2 Des boites, dans des boites...

Une fois la manière de créer les éléments comprise, il faut ensuite comprendre comment les ranger. D'abord, on va créer une fenêtre, soit une GtkWindows. Dans celle-ci, on ne peut y poser qu'un seul Widget. C'est pour ça que nous avons les éléments "GtkContainers" : c'est avec eux que nous allons pouvoir structurer et placer tous les autres éléments dans notre fenêtre. Le container de base est la box. A sa création, nous devons simplement indiquer si celle-ci va être horizontale ou verticale, c'est à dire si les éléments que nous allons mettre dedans vont être placé de haut en bas ou de droite à gauche. Une fois cette première GtkBox placée, le problème de limitation de place imposée par la GtkWindow n'en est plus un. Maintenant, nous pouvons ranger ce que nous voulons

dans cette boîte. C'est là que le système de poupée russe prend son sens : nous allons devoir jouer avec les différentes boîtes pour créer les espaces que nous désirons. Voici le schéma de construction que j'ai fais pour la première fenêtre de l'application : On peut voir que la GtkBox box_principale prend toute la place de ma fenêtre GtkWindow. Dans cette box_principale, j'y ai rangé verticalement box_up et box_down. Dans box_down j'ai intégré box_left et box_right horizontalement, me permettant d'avoir quatre zones délimitées. Ensuite, j'ai créé des box pour mes éléments plus précis : dans box_left j'ai directement intégré box_video dans laquelle se trouve la vidéo. Dans box_right on va retrouver box_info, box_meta, box_btn_cam, box_btn_video, box_info_time et box_file. Chacune de ces box m'ont permis de ranger à l'intérieur les éléments que je voulais retrouver : les boutons, les textes, les descriptions etc. A noter qu'en plus de ces boîtes j'ai également parfois ranger des séparateur, les barre horizontale et verticale, permettant d'ajouter un peu de structure visuellement.

Une fois que l'on sait comment ranger les éléments sur une fenêtre et quel est le principe de ces éléments dans l'idée, il ne manque plus qu'à voir comment concrètement, dans le code, on applique ces principes.

GTK nécessite une organisation rigoureuse si on veut pouvoir s'y retrouver et imaginer facilement comment est construit la fenêtre décrite dans le code. C'est pourquoi j'ai préféré appliquer une manière de classer les éléments qui me permette de retrouver facilement ce avec quoi je veux travailler dans l'instant.

Ainsi, j'ai voulu identifier les différentes étapes de la création d'un Widget et les séparer en trois grandes parties pour m'y retrouver plus facilement.

2.2.3 Création et Définition

La première partie est la déclaration d'un Widget et sa définition. La création est simplement la déclaration de la variable avec son type. A noter que j'utilise des pointeurs pour toute mon application et que mes exemples viennent directement des fichiers win_main.c et win_main.h. La structure et l'explication de ces pointeurs est décrite dans la partie "Les structures" de "Définition des fonctionnalités".

Créons une fenêtre, une box et un label :

-> Dans win_main.h : GtkWidget* window ; GtkWidget* box ; GtkWidget* label ;
Pour ces trois exemples, ces éléments sont tous du type GtkWidget. Il arrive que, dans de rare cas, il soit nécessaire de déclarer un autre type d'objet.

Ces trois éléments existent désormais, maintenant il faut les définir, c'est à dire expliquer de quel type de Widget il seront et leur donner leur propriétés.

-> Dans win.c : tmp->window = gtk_window_new (GTK_WINDOW_TOPLEVEL) ; Ici, on utilise la fonction "gtk_window_new" pour indiquer que "window" est une fenêtre qui s'ouvre en premier plan avec l'argument "GTK_WINDOW_TOPLEVEL".

tmp->box_principal = gtk_box_new(GTK_ORIENTATION_VERTICAL, 0) ; Comme dit plus haut, à la création d'une box on indique d'abord si on veut que les éléments

Enfin, le label nécessite lui aussi un argument, ici ce sera le texte noté de base. On peut laisser ce texte vide si on ne remplit pas les "".

Ainsi, il existe plein de fonctions différentes permettant de régler ce genre de paramètres sur les widgets, et parfois il est nécessaire de faire appel à elle pour avoir un Widget correct. Il est intéressant d'explorer les fonctions existantes afin de personnaliser au mieux notre interface.

13

Widgets qu'ils contiennent sans déborder sur le reste.

- Expand : peut être TRUE ou FALSE. Permet aux widgets de prendre plus de place si besoin si réglé sur TRUE.
- Fill : peut être TRUE ou FALSE. Ne peut être actif que si Expand est aussi TRUE. Alloue la hauteur ou la largeur totale de la box, selon si la box est une horizontale ou vertical.
- Padding : valeur numérique. Indique l'espacement en pixel (px) entre les widget que contient la box.

Les éléments sont maintenant placés. Afin d'avoir une relecture facile et pour savoir qui se trouve dans quelle box ou container, j'ai appliqué une indentation qui m'est propre mais que je trouve plus lisible, voici l'exemple pour win_main :

Ainsi, à chaque fois que je vais dans une sous box, j'indente avec une tabulation. Au final, le rendu me permet de voir qui est à quel niveau.

Une fois que les éléments sont placés dans les boîtes, ceux-ci ne sont par contre pas arrangés précisément. Il faut maintenant indiquer où il faut appliquer des marges, comment doivent se placer les éléments. Sachant que la première chose à faire pour cette étape est de jouer avec les paramètres EXPAND et FILL des box qui permettent, par exemple, d'autoriser ou non à un élément de s'agrandir en même temps que la fenêtre. Voici un exemple de ce que donne une fenêtre sans la partie cosmétique et arrangement précis puis avec :

Comme pour la création et le placement, nous allons utiliser des fonctions pour indiquer ce que l'on veut faire avec le Widget. Celles-ci sont le plus souvent utilisées sur les éléments considérés en tant que Widget. Donc, comme plus haut, il faut préciser que nous l'appliquons sur un Widget. En voici quelques exemples :

```
gtk_widget_set_margin_top (GTK_WIDGET (tmp_label), 5 ) ;
```

Permet d'appliquer une marge sur le haut. On précise sur quel Widget l'appliquer puis la taille en px de la marge.

Cette fonction existe aussi pour bottom, end et start qui correspondent à la droite et la gauche du Widget.

```
gtk_widget_set_halign ( GTK_WIDGET (tmp_label), GTK_ALIGN_START ) ;
```

Les éléments se mettent par défaut au centre de leur place disponible. Cette fonction permet de forcer un Widget à se placer autrement : ici, on force l'alignement horizontal (halign) à être en début de zone, soit à gauche (START).

On peut aussi retrouver des fonctions pour préciser le comportement de la fenêtre, comme :

```
gtk_window_set_title (GTK_WINDOW (tmp-iwindow), "BEETERFACE") ;  
qui permet de nommer la fenêtre "BEETERFACE".
```

```
gtk_window_set_default_size ( GTK_WINDOW (tmp-iwindow), 30, 30 ) ;
```

Définit la taille minimale de la fenêtre, sachant qu'elle prend en compte la place nécessaire aux éléments pour pouvoir être placés et que si la taille indiquée est trop petite, alors la fenêtre prendra la place minimale possible pour afficher les éléments.

Avec ces outils et un peu de recherches sur la documentation en ligne, on peut maintenant créer n'importe quelle fenêtre comme on le souhaite.

Attention, jusqu'à nous avons juste défini l'interface. Il ne reste plus qu'une étape simple pour que celle-ci puisse être visible : l'affichage. Si on n'indique pas qu'il faut afficher les éléments, alors notre interface sera vide.

Personnellement, j'aime la faire en deux étapes. D'abord l'affichage de la fenêtre avec :

```
gtk_widget_show (tmp-iwindow) ;
```

Puis de la box principale avec tout ce qu'elle contient :

```
gtk_widget_show_all (tmp-ibox_principal) ;
```

Sachant que l'affichage se fera dans l'ordre annoncé, si vous avez peur que le logiciel apparaisse "étape par étape", c'est à dire avec les éléments apparaissant au fur et à mesure et une fenêtre vide restant affichées quelques secondes, préférez mettre l'affichage de la box principale avant l'affichage de la fenêtre : ainsi, la box et ses enfants sera déjà générée et n'aura besoin que de son support.

Il ne reste plus qu'à lier des fonctions aux différents éléments pour que notre application soit fonctionnelle.

2.2.5 Signaux et fonctions

Avoir des boutons, c'est bien. Pouvoir les utiliser, c'est encore mieux. Maintenant que tous éléments sont placés, il ne reste plus qu'à les lier aux fonctions qui permettront de réaliser diverses tâches (mettre en pause la vidéo, se déplacer dans le temps de celle-ci, débiter la sauvegarde etc). C'est ce qui va établir le lien entre le moteur et la carcasse. Pour le moment, peu de fonctions ont été écrites pour le moteur : toute la partie graphique est prête à les accueillir mais le développement des fonctionnalités est ce qui prend le plus de temps. En guise d'entraînement et pour pouvoir être prête le jour où il faudra faire tous les liens, j'ai déjà fait quelques tests pour comprendre les principes. Les liens entre l'interface et les fonctions vont se passer dans le main. Dans notre code, il est présent dans `beeterface.c`.

Avant tout, il faut noter que quelques fonctions de bases sont obligatoires pour pouvoir lancer notre interface, voici le modèle de base :

```
int main(int argc, char *argv[])
```



```

{
    gtk_init(argc, argv);
    votre code

    gtk_main();
    return 0 ;
}

```

Les deux fonctions permettent d'initialiser l'interface et d'indiquer que celle-ci est en attente de signal de la part de l'utilisateur pour réagir.

Maintenant que nous avons la base, commençons à intégrer des événements.

Le but va être d'appeler une fonction qui va lier un élément à une fonction et d'indiquer en quel circonstance la fonction doit réagir. Voici ladite fonction :

```

g_signal_connect( queen-¿interface-¿win_main-¿btn
, "clicked",
G_CALLBACK(callback_btn)
, queen ) ;

```

Le premier argument correspond à l'élément qui est visé. Dans notre cas, beaucoup de pointeur sont en jeu, pour le moment nous allons passer outre ces pointeurs : ils seront expliqués dans la partie structure. Partons simplement du principe qu'il faut appeler le bouton concerné.

Le second argument sert à indiquer à quel événement il faut réagir. Il en existe une liste prédéfinie : ici c'est l'événement "clicked". Lorsqu'on cliquera sur le bouton, la connection sera établie.

Le troisième argument correspond à la "callback" appelée, soit la fonction qui doit se déclencher. Nous allons y revenir.

Le dernier argument indique ce qu'on envoie au callback comme information. Ici, c'est "queen", une sorte de gros paquet. Comme pour les pointeurs, ce sera expliqué plus tard.

Allons voir la callback qui est appelée :

```

void callback_quit_tag(GtkWidget* widget, gpointer data) {
    queen_t* tmp ;
    tmp = data ;
    gtk_window_close (GTK_WINDOW(tmp-¿interface-¿win_main-¿window)) ;
}

```

Cette callback contient le strict minimum pour faire fonctionner simplement un bouton.

En arguments, elle reçoit d'abord le widget qui est à la source de son appel : dans notre cas, c'est "btn".

Ensuite, elle reçoit les data que "g_signal_connect" a envoyé, c'est à dire "queen".

Les deux premières lignes indiquent que la variable tmp reçoit les informations de data. Enfin, la fonction utilisée permet d'indiquer qu'on va fermer une fenêtre, ici celle de win_main, donc là où on se trouve. Cet exemple est basique, on peut évidemment faire bien plus et toucher à l'interface en elle même. A vous de voir ce que vous désirez faire.

Tous les outils principaux pour pouvoir créer une interface GTK ont été présentés. Avec ceux là, beaucoup de recherches dans la documentation et le "catalogue" de GTK, on a en mains une infinité de possibilité. Certaines actions graphiques nécessitent plus de réflexion que d'autre, mais au final ça n'est que de l'algorithmie ; toute la syntaxe est là.

2.3 Les fonctionnalités

2.3.1 Structuration du code

La première chose que j'ai eu à faire pour la création de l'application a été de réfléchir à comment celle-ci allait fonctionner. En étudiant la demande, une chose majeure en ressortait : il y allait avoir beaucoup de données à traiter et sauvegarder.

Si on lit la liste des besoins présentés dans la partie on peut voir qu'il y a une notion d'auteur, de caméra, de vidéo et de ruche qui sont présentées. Afin de pouvoir manipuler de telles informations, j'ai créé une structure pour chacun de ces éléments qui contiendront des informations primordiales : dates, noms, numéro de téléphone, lieu, référence etc.

Pour chacune des structures, j'ai également préparé des fonctions permettant de manipuler les données. En général, on y retrouve une fonction pour créer un élément, une pour le supprimer et un jeu de fonction pour modifier ou lire toutes les données contenues dans l'élément indépendamment. Cette préparation permettra de pouvoir utiliser ces données sans avoir à se soucier des pointeurs : tout est prêt, il n'y a plus qu'à choisir comment on voudra modifier les données lors de l'utilisation du logiciel.

Cette préparation a aussi été faite pour toutes les annotations que nous pourrions intégrer sur les vidéos : les cercles, flèches, crois...

Pour le moment, toutes ces annotations ne sont pas prêtes. Mais les plus basiques, comme la croix, a déjà sa structure de préparée avec un x et un y permettant d'indiquer où elle devra se placer.

Ce travail de préparation m'aura prit environ une semaine. Il a été difficile seulement au début : il fallait réfléchir à comment créer une structure correctement, penser à bien utiliser les pointeurs et gérer leur allocation de mémoire. Une fois un premier modèle fait, les autres se faisaient de plus en plus vite. Utilisant l'outil VIM, j'ai énormément utilisé les "rechercher / remplacer" pour travailler.

Ce travail, bien que fastidieux, m'aura permis d'appliquer concrètement l'utilisation des pointeurs, ce qui me manquait lors de mon arrivée en stage.

2.3.2 Manière de coder

N'ayant pas d'habitudes particulières en code, j'ai été conseillée quant à la structure de mon code, afin que celui ci soit lisible et bien réparti. Ainsi, j'ai utilisé des couples de

fichiers .c et .h me permettant de séparer la déclaration d'une structure et des fonctions ainsi que la définition de celles-ci.

De plus, nous avons rapidement intégré un Makefile afin de nous éviter de compiler manuellement à chaque fois : avec Git, ce sont des outils qui me réserveront régulièrement dans d'autres contextes désormais.

Une fois cette façon de faire mise en place pour la partie moteur, j'ai voulu l'appliquer à la partie graphique. Ainsi, un couple de .c et .h a aussi été créé pour chacune des fenêtres, le .h contenant toutes les déclarations d'éléments sous forme de structure.

Dans le .c on retrouve la fonction de création de l'interface avec au début la définition de "tmp" qui correspond donc au "papier cadeau" contenant toutes les déclarations des éléments. C'est pourquoi nous avons vu sur les exemples plus haut que pour appeler un élément nous devons utiliser un pointeur comme "tmp-&label".

Notre fichier .c contient alors de quoi créer l'interface, l'afficher et la supprimer, la suppression revenant à appliquer les Free nécessaires. C'est pour cela que dans notre main on retrouve ces fonctions et que celui-ci est allégé.

Jusque là, cette technique m'a permis d'avoir une structure de code agréable et ordonnée. Seulement, c'est arrivé au moment de faire les premier liens interface / fonctions qu'un autre problème s'est posé : comment pouvoir accéder à toutes les données dont j'ai besoin lorsque j'utilise une callback ? Comme dit dans la partie 2.2.5, lorsqu'on appelle une callback quand événement est détecté, deux informations sont transmises à la callback : l'adresse du Widget et une data qui aura été définie avec la fonction "g_signal_connect". C'est le choix de cette donnée qui nous a posé problème : quand nous avons commencé à coder les fenêtre permettant la visualisation des données des auteurs, caméras etc, nous avons besoin d'envoyer la structure de la fenêtre auteur par exemples mais aussi les informations de l'auteur, ne se trouvant pas dans les mêmes fichiers.

La solution la plus simple était donc de refaire des "paquets" plus généraux : nous avons créé interface.c/h et projet.c/h, qui seront eux même contenu dans queen.c/h.

Interface contient toutes les fenêtres possibles et a une fonction de créations de toutes celles-ci ainsi qu'une fonction de suppression, permettant de les créer au démarrage de l'application et éviter des chargement. La fonction de suppression nous assure d'éviter toute perte de mémoire.

Même principe pour le Projet : il contient tous les éléments permettant le fonctionnement moteur afin d'avoir la même facilité d'utilisation que décrite pour l'interface.

Queen est le paquet général : il contient Interface et Projet. Son nom est en l'honneur de la reine des abeille : un paquet pour les gouverner tous !

Voici le schéma général, décrivant qui contient qui :

Et voici un bout de code représentant ce qu'on peut faire avec les paquets :

```
callback_auteur(GtkWidget * widget, gpointer data) queen_t* tmp ; tmp = data ;  
// Remplissage de la fenêtre avec le contenu de auteur auteur_win_fill(tmp-&interface-  
-&win_auteur, tmp-&projet-&video-&auteur) ;  
auteur_win_show(tmp-&interface-&win_auteur); void callback_auteur_modify_name(GtkWidget*
```

```

widget, gpointer data) queen_t* tmp ; tmp = data ;
    if ( tmp->interface->win_auteur->button_modif_1 == 0 ) auteur_button_modify_name(tmp-
->interface->win_auteur, tmp->projet->video->auteur ) ; else auteur_button_modify_ok_name(tmp-
->interface->win_auteur, tmp->projet->video->auteur ) ;

```

Dans cet exemple on retrouve la fonction "auteur_win_fill", fonction écrite dans win_auteur_callbacks.c et définie dans win_auteur.h. J'ai séparé les fonctions utilisées dans les callbacks afin de les retrouver facilement.

Voici donc comment le projet a été réfléchi et construit. Normalement avec ces détails, un développeur qui voudrait reprendre le projet pourrait le faire. Dans cette optique, nous avons également prévu d'utiliser l'utilitaire ????? pour documenter le code, quelques exemples sont d'ailleurs déjà présents, mais la documentation complète n'était pas une priorité, c'est pourquoi cette tâche a été laissée en suspens.

2.3.3 Traitement de la vidéo

La partie la plus complexe de ce projet à mon avis est le traitement de la vidéo. Elle s'attaque à des sujets sur lesquels j'ai encore beaucoup à apprendre. C'est pourquoi durant le stage, c'est plus M. DRUON qui s'en est occupé. De mon côté, j'ai surtout pris en compte ce qui allait être fait avec et ce que j'allais devoir prévoir au niveau de l'interface pour que cela fonctionne.

Globalement, l'idée de ce travail est dans un premier temps d'afficher la vidéo sur l'application grâce à la librairie FFMPEG. Afin de me faciliter le travail de lien entre les boutons et la vidéo, M. DRUON a prévu de créer plusieurs fonctions type, comme avancer la vidéo, la mettre en pause, la reculer, pour qu'ensuite elles soient affectées correctement à l'interface.

Dans un second temps, il faut pouvoir enregistrer la vidéo une fois qu'elle est annotée. L'idée est de faire en sorte que les annotations soient des PNG appliqués au dessus de l'image et qu'ils soient transportés dans les mêmes flux que les flux vidéos.

Ce travail, bien qu'il a été commencé, devrait être fini aux alentours de Septembre, c'est pourquoi sa description ici est surtout théorique.

2.3.4 Ce qui reste à faire

Une application prenant du temps à être développée, il est normal que celle-ci n'ait pas été finie en 3 mois. Pour pouvoir se situer dans l'avancement de ce projet, j'ai établi une liste non exhaustive de ce qui, à l'heure actuelle, restera à faire :

- Etablir le système de sauvegarde des données

- Configurer la façon dont les données seront envoyées sur le serveur (fréquence d'envoi, envoi automatique ou manuel etc)
- Coder la façon dont les tags vont être gérés pour le tri des vidéos
- Continuer l'affichage vidéo

De manière plus personnelle, j'aurai également aimé pouvoir retravailler la structure interne de beeterface.c qui est, à mon sens, un peu brouillon.

Pour finir cette présentation de l'application, voici quelques screenshots du travail qui a été effectué. En Annexe, une version plus détaillée avec quelques schéma indiquant quel bouton fait quoi (pour ceux qui sont actif) est présentée.

Le travail fu long et n'a cessé d'évoluer : au fur et à mesure, j'aurai appris de nouvelles techniques, de nouvelles façon de faire et aurais profité de nombreux conseils d'un développeur sénior.

Chapter 3

Acquis et compétences

3.1 Missions annexes

3.1.1 Gestion du Réseau du Rucher

Le projet étant avant tout du traitement et de la récolte de données, beaucoup de gestion de réseau est à prévoir. Pour le moment, nous avons surtout préparé le terrain. Le rucher est l'endroit où la récolte des données va se faire, celle-ci devant être acheminées vers le serveur qui sera installé au CNRS. Seulement à mon arrivée il n'était pas encore raccordé au réseau : tout le long de mon stage, nous avons dû attendre que cette tâche soit réalisée par le techniciens devant le faire.

Sans même encore faire les calculs, nous savions que notre projet allait demander beaucoup de bande passante, pour cause : sur place, dans le rucher, il n'était prévu que la récolte des données, pas le traitement, celui-ci devant se faire sur le serveur dédié. Même si un biologiste voulait visualiser les caméras et les annoter sur place, il récupérerait des données venant du serveur, et donc devra passer par Internet. Un gros flux de données était à prévoir, surtout en envoi. Le technicien devant installer la fibre a donc dû nous demander une approximation de ce qui allait être envoyé. Nous avons donc calculé une prévision.

Dans cette prévision, on retrouve les différentes caméras qui sont prévues d'être installées ainsi que les données numériques qui proviendront des futures cartes électroniques. De plus, une marge de 20% est prévue pour l'intégration des en-tête TCP-IP. Une fois ce calcul donné, nous avons pu avoir une estimation du matériel qui arrivera sur place et nous ce que nous devrions prévoir. En l'occurrence, un Switch POE

3.1.2 Tests pour la vitrine Web

En plus de ce travail en d'administration réseau, l'installation du serveur Web devant héberger la vitrine Web de nos travaux m'a été confié. Ce travail étant bien moins urgent que le développement de l'application puisqu'il devait afficher des résultats et que pour avoir ces résultats les biologistes ont besoin de l'application, j'ai donc passé une

petite journée à voir ce qui allait être nécessaire pour l'installation d'un d'enginX et d'un WordPress, en faisant quelques petits tests sur un serveur de test hébergé chez mis en place par M. DRUON.

3.1.3 Aide pour les projets de première année à l'IUT de Béziers

En plus de mon aide sur les travaux cités si dessus, ma présence en tant que stagiaire a aussi été bénéfique pour aider M. Druon dans une tâche se détachant un peu du monde de la Recherche : l'aide durant les projets des étudiants en Réseaux et Télécommunications de première année. Même si le sujet s'éloigne quelque peu du sujet de base, il reste en lien avec SuperBeeLive puisque l'IUT de Béziers est partenaire du projet et des étudiants ont fait leur projets sur des sujets liés à de la capture de donnée dans une ruche C'est pour cela que durant toute ma durée du stage je me suis déplacée sur l'IUT de Béziers pour travailler les jeudi pour nous rendre disponible, M. Druon et moi, pour les étudiants de RT1. Pendant ces jeudi ci, je travaillais le matin sur mon application et l'après midi je continuais de coder tout en étant disponible en salle projet pour répondre à d'éventuelles question. J'ai également eu à m'occuper des commandes des étudiants : récolter leus liste de demande, préparer les commandes, réceptionner, inventorier et ranger. Ma présence sur l'IUT s'est intensifiée pendant les deux semaines où les étudiants étaient à temps plein sur leur projet, du 18 au 30 juin.

Durant ces deux semaines, j'ai été affectée au bureau se trouvant à côté de l'antenne du LIRMM et où j'avais rangé tous le matériel destiné aux projet. J'ai donc servit de régie, car même après la première distribution du matériel demandé par les étudiants, beaucoup avaient besoin de pièce de rechange, de nouvelles pièces etc. Cela m'a permis de continuer à travailler sur mon code, de manière moins intensive que lorsque je me trouvais au LIRMM, tout en aidant M. Druon en le déchargeant des demandes de matériel. J'ai également aidé à pointer qui était présent ou non, noté quels étudiants me semblaient plus travailler que d'autre et fait un point à la moitié des deux semaines afin d'évaluer où ils en étaient afin de fournir des informations pour leur notation. Etant souvent dans les couloirs où ils travaillaient, j'ai aussi répondu à beaucoup de questions et demandes d'aide : j'essayais de répondre au mieux, de les diriger pour qu'ils trouvent la réponse d'eux même ou de les envoyer voir M. Druon si j'hésitais que la question était plus coriace.

Au moment des soutenances, j'ai participé à un Jury devant normalement se tenir avec deux professeurs mais M. Druon se retrouvant finalement seul dans celui-ci par manque d'effectif, c'est en binome que nous avons écouté le travail des étudiants que nous avons suivi à temps plein pendant deux semaines, d'autres deuxièmes années ou redoublant se trouvant dans les trois autres jury avec d'autres professeurs. L'exercice de notation n'a pas été trop difficile : je savais très bien que la note qui allait être la plus importante serait celle du professeur. Néanmoins, c'était très interessant de se retrouver de l'autre côté et d'évaluer des travaux que, moi même, j'avais dû effectuer il y a un an.

Ces divers travaux m'auront permit d'appliquer concretement des notions vues pen-

dant le DUT : aussi bien théorique avec le calcul de bande passante nécessaire, que pratique avec les recherches pour l'installation d'un WordPress sur un serveur vide. J'ai aussi pu revoir beaucoup de sujets sous un autre angle que lorsque j'étais en cours avec les étudiants de première année : beaucoup de leur question tournaient finalement autour de choses que j'avais déjà fait, en cours ou en projet, mais sur lesquels il me manquait encore quelques connaissances et où, cette fois-ci, j'ai pu apporter un oeil différents et me questionner d'une autre manière qu'auparavant.

3.2 Compétences développées

Lors de stage de fin d'étude, j'ai pu appliquer beaucoup de connaissances que j'ai acquises pendant ces deux dernières années, mais aussi apprendre beaucoup sur différents niveaux.

Mon rôle dans l'équipe n'étant pas de faire de l'administration réseaux ou systèmes tous les jours, j'ai surtout appris à utiliser mes connaissances dans ce domaine d'une autre manière qu'en administrant des infrastructures déjà installées. Là, j'ai pu voir comment se passe une installation d'une fibre optique du point de vu de la personne qui commande et qui prévoit ce dont on va avoir besoin, un travail plutôt orienté ingénieur et que nous avions peu vu.

Mes journées de travail se passant en grande majorité sur un ordinateur, j'ai au quotidien fais de l'administration Unix : ayant utilisé ma machine personnelle le temps qu'une machine professionnelle me soit livrée, j'ai redécouvert beaucoup de choses. Je travaillais déjà chez moi avec mon ordinateur sous Gentoo, mais avais peu exploré certaines installation ou personnalisation puisque je passais peu de temps dessus après les cours. Là, passant mes journée dessus, j'ai voulu rendre plus confortable mon utilisation d'Unix et ai cherché à être plus rapide en apprenant mieux à utiliser mes outils de travail (Git, Vim, Gcc) en découvrant beaucoup de fonctionnalités.

De plus, j'ai eu la chance d'avoir un ordinateur fourni par le LIRMM : sur celui-ci, j'ai eu Ubuntu d'installé. Comme cette machine m'était destinée, j'ai pu passer un peu de temps à la configurer comme je le voulais : installation d'une autre interface graphique (i3), configuration de VIM, d'un terminal personnalisé, personnalisation des couleurs sur mon shell, test d'une alternative à bash (fish) etc. Si je considère cette partie personnalisation, même si elle est, comme son nom l'indique, plutôt personnelle, c'est parceque j'ai eu la chance d'avoir autour de moi une équipe pour qui il était important que je sois à l'aise avec mes outils de travaux, me laissant une journée pour travailler là dessus et surtout me fournissant une machine personnelle pour le travail.

Je pense ainsi avoir aujourd'hui bien plus d'aisance derrière une machine sous Unix qu'il y a 3 mois.

Pour continuer dans les taches sortant un peu du cadre de base, j'ai aussi beaucoup appris pendant les deux semaines d'encadrement d'étudiant. Même si je n'avais pas le

statut de professeur ou de vacataire, ma place en tant que "seconde" de M. Druon auprès des premières années était bien ancrée et m'a permis de voir le nombre de compétences nécessaire pour faire un tel travail : patience, organisation, capacité à expliquer les concepts et surtout endurance ont été de mise. J'ai pu me rendre compte de la difficulté que peut être d'enseigner, surtout dans un tel cadre.

Enfin, les compétences que j'ai le plus développées sont bien entendu celles autour de la programmation. À mon arrivée dans l'équipe, je ne pensais pas que j'allais autant me consacrer à la programmation : je n'étais pas très à l'aise avec ça pendant mes deux années de DUT et avais un peu peur de me lancer dans des projets d'envergure dans ce domaine. Mais une fois sur place et lancée, j'ai appris énormément en peu de temps. Je pense même pouvoir dire que j'ai rattrapé le retard que j'avais pris lors de mon DUT avec ces trois mois presque intensif sur le sujet.

J'ai bien mieux compris comment utiliser les outils de compilations et comment cette étape se déroulait. L'algorithmie m'est bien moins effrayante, le langage C est devenu pour moi une référence et je continue d'en apprendre dessus régulièrement. Il ne me reste d'ailleurs plus qu'un pas avant d'attaquer le langage objet grâce à GTK : cette partie de la programmation, avec les éléments graphiques, une interface utilisateur, me plaît énormément et c'est ce qui, je pense, m'a réconciliée avec la programmation.

Je peux désormais travailler sur un projet de programmation en groupe grâce à Git, mais aussi découvrir des projets disponibles sur GitHub et les utiliser, les tester, aller plus loin et partager les miens.

En soit, j'aurai appris sur beaucoup de sujets différent, plus que ce que je n'aurai pu l'imaginer, comme avec l'administration Unix. Même si je savais que j'allais travailler dessus chaque jour, je ne pensais pas autant m'améliorer là dessus. J'ajoute aussi qu'au moment où j'écris ces lignes, j'apprend à me servir de Latex, un éditeur de pdf automatique, puisque je rédige mon rapport de stage avec cet outils.

Chapter 4

Conclusion

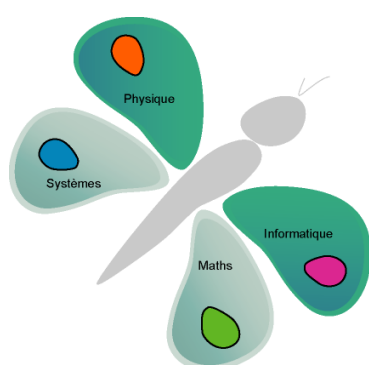
Ces trois mois de stages auront été formateurs pour moi sur plein d’aspects. Ayant déjà connaissance du travail en entreprise depuis un an avec un boulot d’été que j’avais eu dans une entreprise de développement logiciel, j’ai pu découvrir un autre milieu de travail : la recherche.

Dans ce cadre, notre équipe de projet était moins souvent réunies, vu que ce sont plusieurs laboratoires qui travaillent ensemble, mais elle n’en reste pas soudée et très agréable. Les trois personnes avec qui j’ai le plus eu de contact, Sébastien Druon, Capucine Carlier et Matthieu Rousset étaient tous trois présents à leur niveau pour le projet. Capucine étant plus sur les prototypages de la ruche, nous avions régulièrement des informations sur les nouveaux modèles, sur ce qu’ils comptaient ajouter, ce dont ils auraient besoin. Elle et Matthieu étaient aussi les plus présents au rucher, nous donnant des nouvelles sur la colonies d’abeilles actuellement en place.

Appendix A

Annexes

LABEX



NUMEV

**Solutions
Numériques
Matérielles et
Modélisation pour
l'Environnement et
le Vivant**

27

Su

Axe Modélisation

Mots clés : ruche

RESUME : L'objet
colonie d'abeilles e
du miel, est localis
CEFE. L'enjeu majeure
de la ruche, à savoir



DESCRIPTION :

La ruche instrumenté
problématiques biolog