



Projet JASON

(Joint Acoustic Survey for Online biodiversity)

Rapport de stage

Laura HAUC
Juin-Juillet 2014

TABLE DES MATIÈRES

Introduction :.....	4
1) Situation géographique du projet:.....	4
2) Composition du système d'enregistrement autonome (JASONbox) :.....	5
Présentation générale de la JASONbox :.....	5
Présentation des Dodotronic Ultramic 200K/250K :.....	6
Présentation de la Beagle Board	8
Présentation du panneau solaire	9
Présentation du régulateur de charge.....	9
Présentation de la batterie.....	10
Le stockage des données : plusieurs options possibles:	11
3) Tests du matériel :.....	11
Test des antennes wifi :	11
Test d'autonomie de la JASONbox :.....	12
4) Mise en place des installations :.....	13
Site du Barrage de la Solitude :	13
Site du fort de l'EmiNence :.....	14
5) Récoltes des données.....	15
Les données :.....	15
Premier relevé & problèmes rencontrés.....	15
Second relevé.....	15
Exploitations des données :.....	16
Détermination de trajectoires	17
Détermination d'espèce.....	19
Paysage acoustique.....	19
6) Orientations futures du projet JASON :	20
Ajustements envisageables.....	20
Autonomie des JASONbox.....	20
Diminution du poids des installations.....	20
Mise en place du temps réel	20
Automatisation de l'analyse	20
Conclusions :	21
Remerciements :	21
Annexes :.....	22
Annexe 1 :.....	22

Annexe 2 :	23
Annexe 3 :	27
Annexe 4 :	29
REFERENCES :	30

INTRODUCTION :

Dans le cadre de mon stage au laboratoire LSIS (*équipe DYNI*), j'ai rejoint le projet JASON. Ce projet dérive lui-même du projet SABIOD qui mobilise plusieurs équipes de recherche de part le monde dans le but d'affiner l'analyse de signaux biologiques ainsi que leurs traitements en écologie et classification d'espèces.

JASON, quant à lui, consiste en la mise en place de systèmes d'enregistrements acoustiques autonomes sur l'île de Port Cros en collaboration avec le Parc National de Port Cros (PNPC). Il a pour objectif de faire un suivi de l'activité sonore de la faune de l'île (oiseaux, orthoptères...) et en particulier le suivi acoustique des différentes espèces de chiroptères qui y résident. D'après les données récoltées, l'équipe DYNI espère obtenir de multiples informations telles que : l'affinage du recensement des espèces de chiroptères et de leur répartition sur l'île, une étude faiblement invasive concernant leur comportement, la trajectographie des animaux captés et dans un futur plus lointain l'évaluation de l'impact de la pollution sonore humaine sur la faune locale. Mon rôle consistait en la promotion du projet auprès du PNPC et la conception du système d'enregistrement ainsi que sa mise en place sur le terrain. A terme, il s'agirait de fournir un outil de surveillance bioacoustique de la faune. Ceci permettrait par exemple d'étudier des populations animales sur de longues périodes ou dans lieux difficiles d'accès sans avoir à intervenir régulièrement sur le terrain mais également d'entrevoir la pression anthropique sur la faune locale.

Le cahier des charges était de fournir un système d'enregistrement : fiable, robuste, autonome en énergie et, lorsque les conditions du terrain le permettaient, capable de relayer en temps réel des données directement du terrain vers les serveurs de l'équipe DYNI.

Remarque : le film « JASON Project » est disponible sur le site SABIOD dans la section média. Il présente les actions entreprises sur l'île durant l'été 2014 et les perspectives du projet JASON.

1) SITUATION GEOGRAPHIQUE DU PROJET:

L'île de Port Cros est une petite île de Méditerranée située au sud de la ville d'Hyères. En tant que parc naturel il s'agit d'un site exceptionnel pour l'étude acoustique de la faune (chiroptères, oiseaux et insectes). Elle comporte cependant un relief marqué qui fut un défi de taille lors de la mise en place du projet JASON. Enfin, autre point important, l'île est jalonnée de nombreux forts pouvant servir de points d'attaches aux systèmes d'enregistrements bioacoustiques. Dans le dernier rapport effectué sur l'île, sept espèces de chauves souris ont été répertoriées sur l'île plus 2 espèces dont la présence reste encore à confirmer. (voir annexe 1)

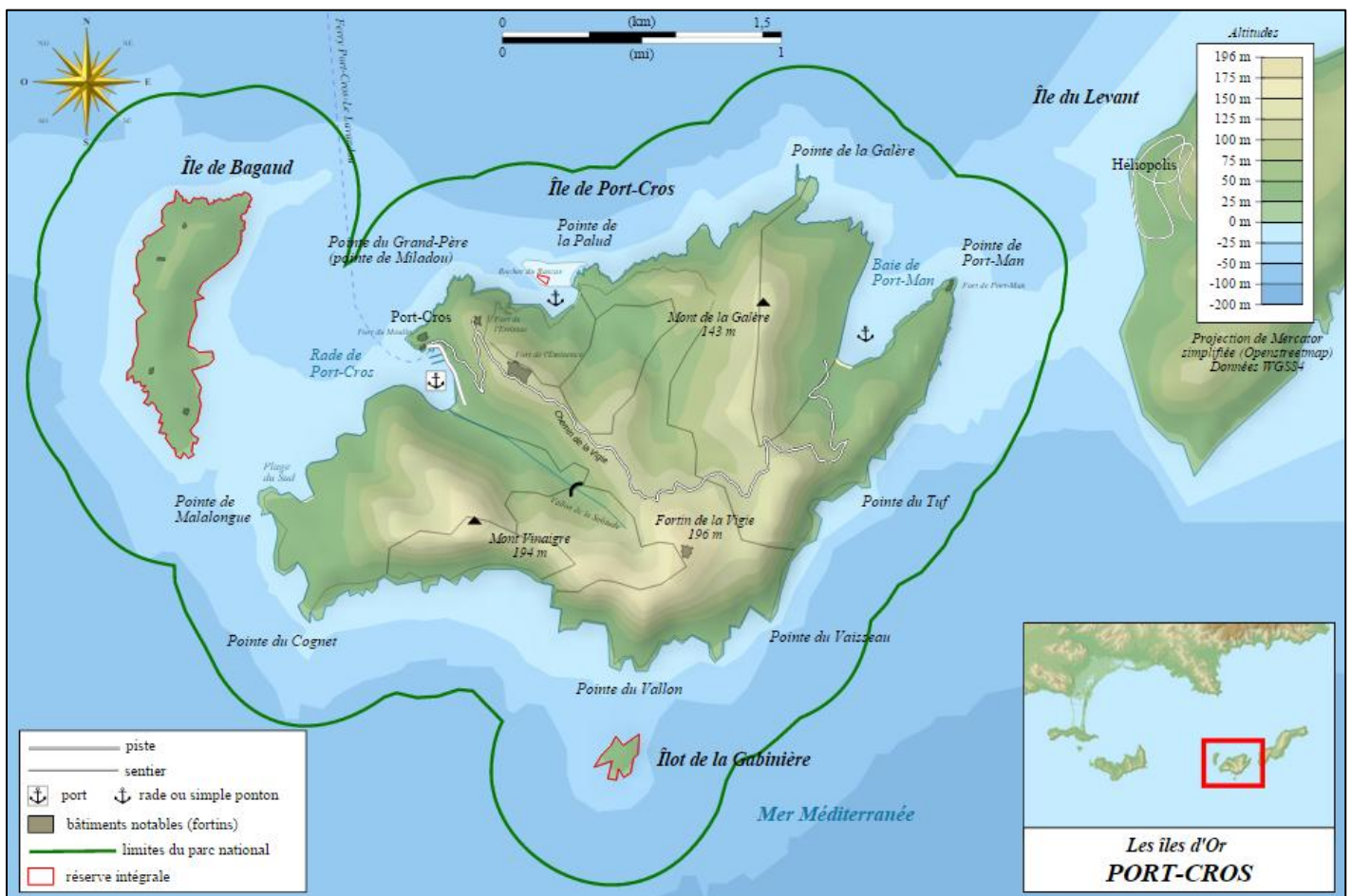


Figure 1 : Carte de Port Cros.

Au cours du projet, plusieurs lieux ont attiré notre attention. Le Mont Vinaigre, le Mont de la Galère et le Fort de Port Man furent écartés du fait de la difficulté d’y acheminer du matériel scientifique jusqu’à ces endroits. De plus, après lectures des précédents rapports, tous portent à croire que peu de chauves souris fréquentent les deux monts. La Vigie fut mise à part à cause de son occupation par l’armée. Le fort du Moulin fut également mis de côté du fait qu’il sert de logement de fonction à des membres du parc. Au final, deux lieux ont été retenus. Il s’agit du Barrage du Vallon de la Solitude et du Fort de l’Eminence. Ces deux endroits présentent des biotopes très différents ce qui laisse à penser que cela se ressentira dans les données acquises par les systèmes d’enregistrements.

2) COMPOSITION DU SYSTEME D’ENREGISTREMENT AUTONOME (JASONBOX) :

PRESENTATION GENERALE DE LA JASONBOX :

Le système d'enregistrement autonome du projet JASON (que nous appellerons « JASONbox » par la suite) a pour but l'enregistrement de fichiers audio de manière autonome. Pour cela, il a fallu concevoir un système autonome d'un point-de-vue énergétique mais également capable d'acquérir des données sans intervention humaine une fois sa mis en route. La JASONbox est constituée de :

- **4 Dodotronic Ultramic 250K** (qui sont des microphones spécialisés dans l'enregistrement des hautes fréquences)

- **1 beagleboard** (il s'agit d'un micro ordinateur permettant la gestion des données)

- **1 panneau solaire** (pour permettre l'alimentation du système)

- **1 Tracer-2210RN / 2215RN** (qui sert à réguler l'alimentation électrique fournie par le panneau solaire de façon à ce qu'elle puisse être utilisée et permette la bonne alimentation du système)

- **1 batterie gel au plomb de 12V** (rechargée par le panneau solaire permettra de continuer à alimenter la JASONbox la nuit et les jours de mauvais temps)

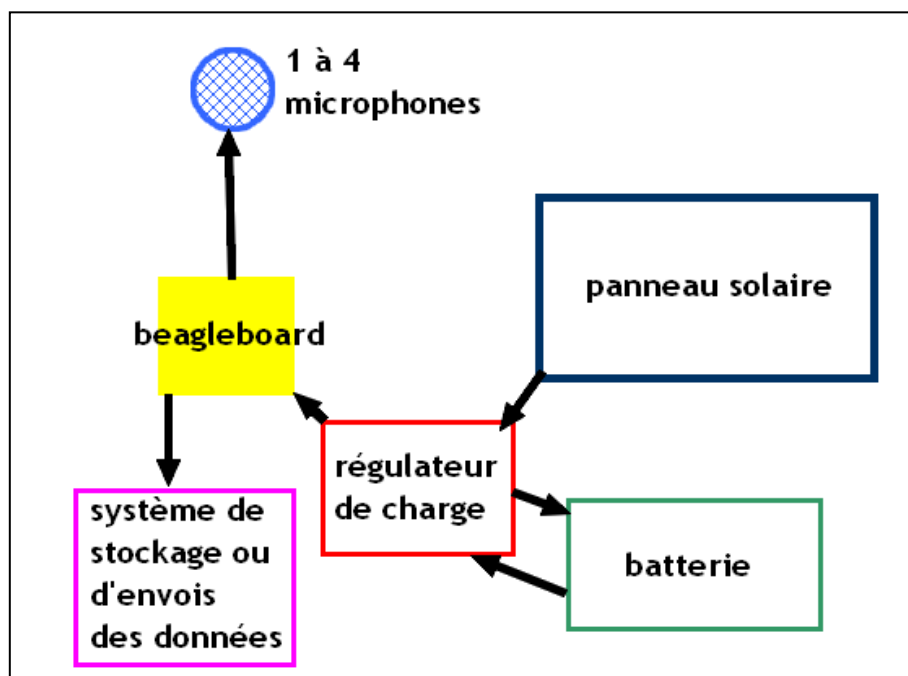


Figure 2 : Représentation schématique de l'agencement d'une JASONbox.

PRESENTATION DES DODOTRONIC ULTRAMIC 200K/250K :

De la taille d'un stylo et pourvus d'un port micro USB, il s'agit de microphones directionnels spécialisés dans l'acquisition de hautes fréquences. Ils sont indiqués dans l'enregistrement de chiroptères mais également pour les techniques de « landscape acoustic » qui permettent de suivre de manière globale l'évolution du paysage acoustique d'une zone donnée (suivit de l'évolution du profil acoustique de la zone au fil de la journée, des saisons, de l'activité humaine...)

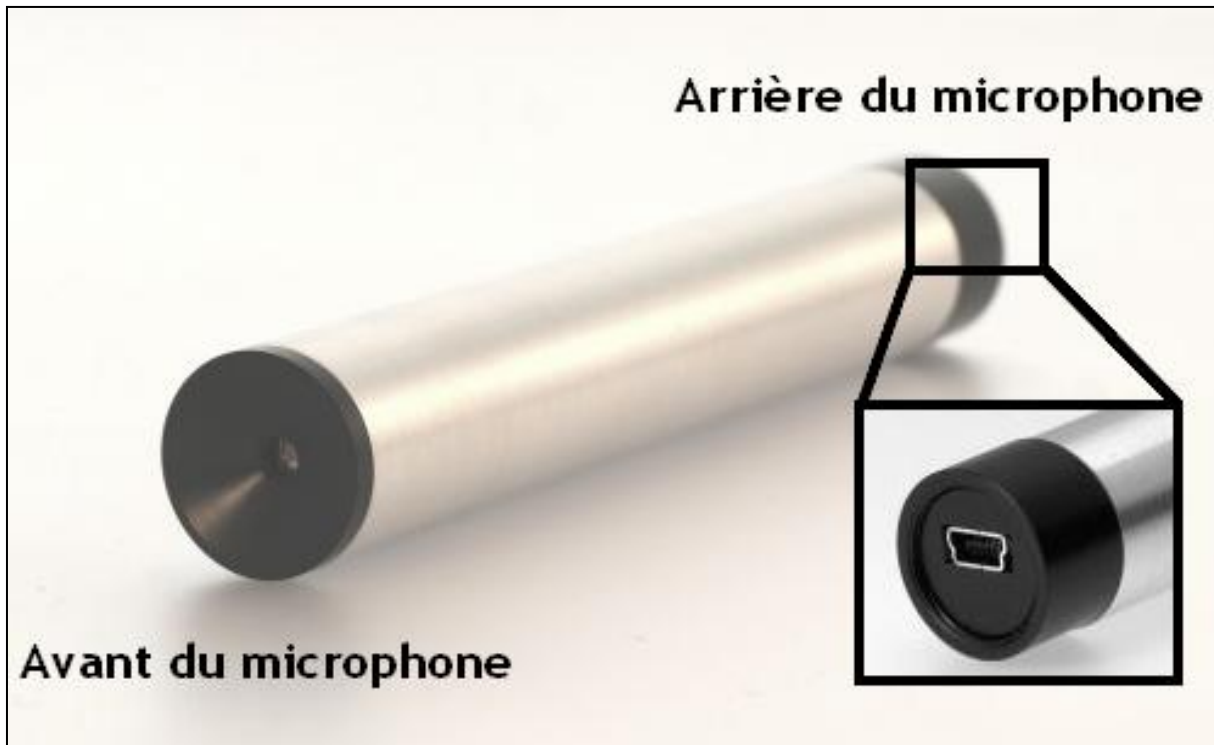


Figure 3 : Photomontage des microphones utilisés (<http://www.dodotronic.com/acoustic-devices/ultramics>)

Cependant, ces microphones ne sont pas conçus pour fonctionner sur de longues périodes en extérieur. Il a donc fallu imaginer un moyen de les isoler de l'humidité et des brutales transitions de températures pouvant être observées en été. Les câbles des micros ont également dû être mis à l'abri dans une gaine afin de prévenir leur sectionnement des câbles USB par les rats noirs qui pullulent sur l'île. Le microphone et les protections dont il est entouré ont été placés à l'intérieur d'un tube PVC pour finir de protéger l'ensemble et assurer sa cohésion.

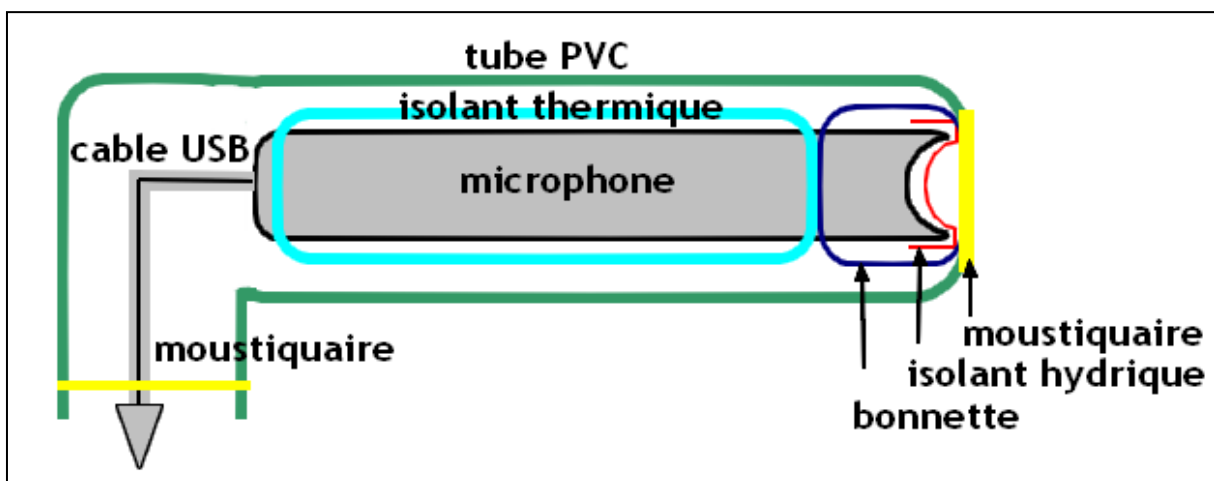


Figure 4 : Systèmes de protection apportés aux microphones.

Les moustiquaires évitent l'entrée d'insectes (guêpes...) dans les tubes. De plus, la moustiquaire située à l'avant du micro permet aussi d'éviter les projections d'eau sur le micro en cas de pluie : les gouttes d'eau viennent alors « ruisseler » sur la moustiquaire au lieu de pénétrer dans l'installation.

La bonnette quant à elle permet de tamponner les bruits causés par le vent mais également à prévenir de l'humidité. De plus, un film disposé devant le microphone permet d'accentuer cette protection.

L'isolant thermique a pour but de tamponner les changements de température et surtout d'isoler le microphone de trop hautes montées en température : certains microphones ayant dû être placés en plein soleil sur le toit d'un fort.

PRESENTATION DE LA BEAGLE BOARD

Les micro-ordinateurs utilisés pour le projet JASON sont des BeagleBoard XM. Ces cartes ont l'avantage d'être de taille assez petites, consomment très peu (cf : <http://beaglebord.org-xm>) et tournent sous un système d'exploitation GNU/Linux qui permettra de s'adapter très précisément à nos attentes. Ils permettent la gestion locale des données, la mise en commun des pistes audio acquises simultanément par les quatre microphones et leur compression.

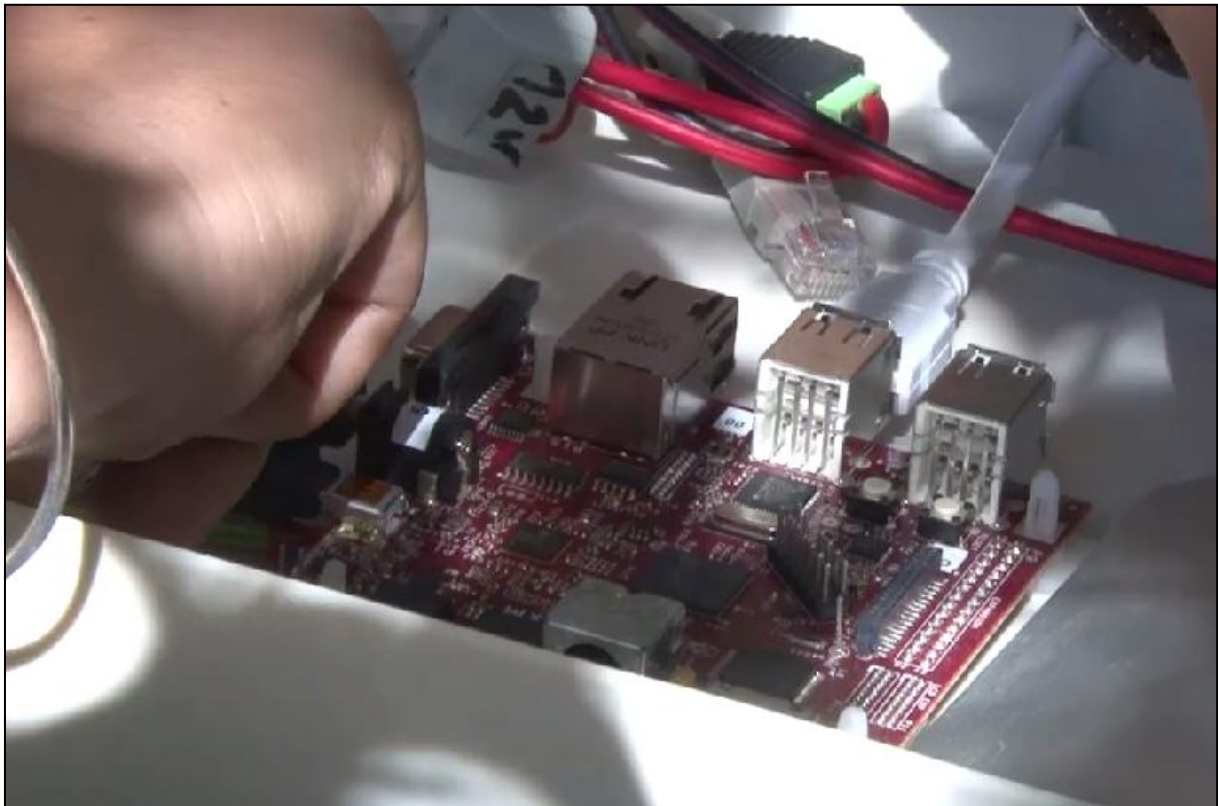


Figure 5 : Beagleboard en cours d'implantation sur le terrain. Les microphones sont en train d'y être raccordés.

PRESENTATION DU PANNEAU SOLAIRE

Les panneaux solaires utilisés (model EUR70P) ont une superficie de 0.52m^2 (soit 78cm par 66,6cm) et production maximale de 72W/h lorsque placés dans des conditions idéales, ce qui est supérieur aux besoins de la JASONbox mais permet ainsi l'alimentation du système en toute circonstance. Fixés à des structures métalliques, ils ont été ici inclinés à 40° dans le but d'optimiser le rendement en énergie produite au cours de la journée. Leur orientation a cependant dû être soumise aux conditions du terrain même si théoriquement une orientation au SUD aurait favorisé une meilleure production.



Figure 6 : Mise en place d'un panneau solaire sur le terrain. L'équipe est en train de fixer le panneau à sa structure.

PRESENTATION DU REGULATEUR DE CHARGE

Le régulateur de charge est un petit boîtier permettant de contrôler le courant produit par le panneau solaire, l'alimentation du système et la charge de la batterie. En outre, il protège la batterie des « décharges profondes » qui lui seraient préjudiciables et risqueraient de la détruire.

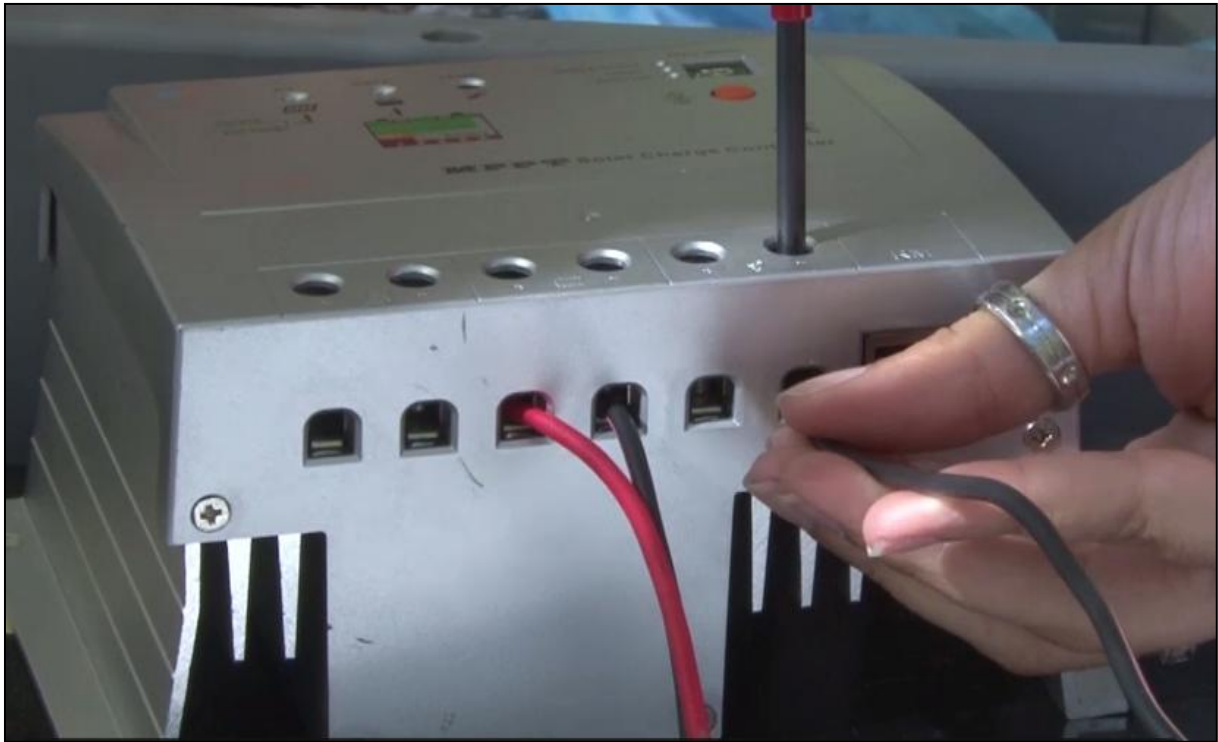


Figure 7 : Le régulateur de charge. Ici, le panneau, la batterie et la beagleboard sont en train d'être branchés sur le régulateur.

PRESENTATION DE LA BATTERIE

Les batteries employées ici sont des batteries à gel (type plomb). Elles sont plus adaptées au solaire car elles acceptent mieux les décharges profondes qui mettraient hors d'usage une batterie classique.

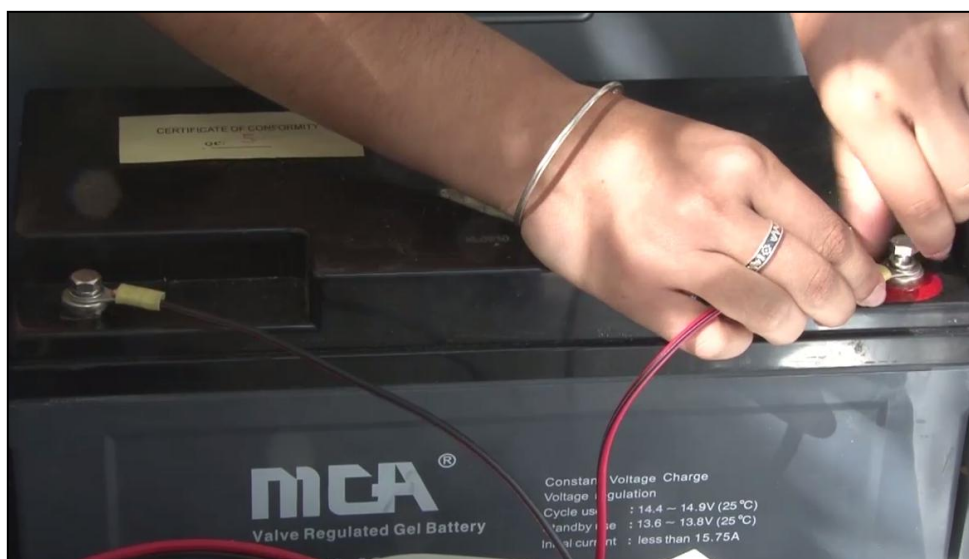


Figure 7 : Batterie qui alimente la JASONbox.

LE STOCKAGE DES DONNEES : PLUSIEURS OPTIONS POSSIBLES:

- Si les conditions le permettent, 2 antennes wifi peuvent servir à établir une liaison entre la JASONbox et un point d'accès haut-débit afin de transmettre les données jusqu'au serveur de l'équipe DYNI.

-Si les conditions ne permettent pas un transfert par réseau de l'information, il est possible d'ajouter un disque dur externe à la JASONbox afin d'enregistrer les données. Ce disque devra alors être relevé à intervalles réguliers pour récupérer les données.

-Même si cela n'a pu être testé durant mon stage, il serait théoriquement possible d'effectuer un rapatriement des données vers les serveurs du LSIS via un opérateur téléphonique si la JASONbox captait la 4G grâce à un matériel ad-hoc. Il peut être intéressant d'avoir un ordre d'idée concernant les volumes à transférer : on dispose de 4 voies échantillonnées à 250kHz sur 16bits, soit environ 350Mo de données une fois compressée pour 5minutes d'enregistrement. En partant sur l'hypothèse qu'une séquence de 5minutes est enregistrée toutes les ½ heures, il nous faudra transférer environ 17Go de données par jour. Pour ce faire il nous faudra, au minimum, un accès à 11,8Mo/s soit pas loin de 100Mbits/s. L'option de transférer l'intégralité des données semble ainsi difficile à mettre en œuvre. Cependant, pour palier à cela, une première analyse locale automatisée pourrait peut être permettre de ne transmettre en temps réel que les données notables.

3) TESTS DU MATERIEL :

TEST DES ANTENNES WIFI :

Qu'il s'agisse d'une étude bioacoustique ou de toute autre étude à visée écologique, le relais en temps réel des informations est un bond en avant. Il permet un suivi en continu des données, une diminution du coût et des contraintes liées au déplacement mais également une diminution du stress causé au sujet d'étude par la présence humaine. Ainsi, il est à espérer que l'étude possède un impact le plus neutre possible sur la faune.

Durant la phase de test, nous avons voulu pousser à ses limites le matériel dont nous disposons. Dans un premier temps, la distance maximale de liaison wifi entre deux points a été testée. Une liaison wifi entre deux points éloignés de plus d'1,4Km fut établie (voir annexe 2). Par la suite, la stabilité de la liaison fut mise à l'épreuve sur des distances moindres. C'est avec succès que plusieurs fichiers audio furent transmis et relayés en direct sur les serveurs du LSIS (voir annexe 3).



Figure 8 : vue aérienne de la liaison établie entre le rocher de la garde (S-Em) et les bureaux du LSIS (S-Re) ; 1,4km séparent ces deux points.

TEST D'AUTONOMIE DE LA JASONBOX :

Dans le but de vérifier que le panneau solaire serait en mesure de recharger la batterie et d'alimenter en continu le système une fois sur le terrain, une mise en « condition terrain » fut effectuée sur le campus. L'intégralité du système fut implantée sur le campus pour y tourner une dizaine de jours. Durant ce laps de temps, la JASONbox a résisté avec succès à son premier orage. Le panneau a suffi à alimenter de manière continue le système. A la fin de l'expérience, la batterie avait atteint une charge supérieure à celle qu'elle possédait en début d'expérience. (Voir annexe 3).



Figure 9 : Installation de la JASONbox sur le campus de l'Université de Toulon.

4) MISE EN PLACE DES INSTALLATIONS :

Au final, le fort de l'Eminence et le Barrage de la Solitude furent tout deux retenus pour accueillir les JASONbox. En comparaison à la station prototype, la structure des deux stations a dû être modifiée afin de pouvoir abriter la caisse contenant le matériel électrique sous le panneau solaire. Cela permet d'une part l'intégration du système et de l'autre une protection contre les intempéries.

Du fait du terrain et de la trop faible connexion internet possédée par le parc, nous avons également dû renoncer à utiliser des antennes wifi pour relayer en temps réel les données. A la place, des disques durs d'une capacité de 1To ont été ajoutés aux installations. Ce point n'est que partie remise : d'autres options peuvent permettre l'acheminement des données en temps réel comme il le sera présenté plus loin.

SITE DU BARRAGE DE LA SOLITUDE :

Le barrage de la Solitude se trouve au fond du vallon de la Solitude. Il s'agit du plus grand point d'eau douce de l'île auquel la faune locale a accès. D'un point-de-vue biologique, il s'agit sans doute d'un des écosystèmes terrestres les plus riches de l'île. La biocénose y est unique à Port Cros. La présence de très nombreux insectes observés durant la mission de repérage (diptères, zygoptères, anisoptères, éphéoptères...) laissent à penser qu'il s'agit d'un excellent terrain de chasse pour les chiroptères. De plus, les précédentes études effectuées sur l'île indiquent que des chauves souris y ont déjà été observées. L'encaissement du barrage et son

faible ensoleillement laissent cependant présager qu'à moyen terme, il sera difficile pour la JASONbox de fonctionner en autonomie.

Ici, les microphones ont été placés de manière à pouvoir recouper leurs enregistrements. Autrement dit, lorsqu'un son est émis, tous les microphones le captent mais avec un délai différent (plus la source est loin du microphone, plus le son mettra de temps à lui parvenir). Ainsi, l'équipe DYNI espère pouvoir calculer la trajectoire empruntée par les chauves souris qui chasseront au dessus de la retenue d'eau.



Figure 10 : Installation de la JASONbox du barrage de la Solitude. Ici Hervé Glotin (à gauche) explique à Charles Le Bozec (à droite) l'importance de l'orientation des microphones afin de pouvoir par la suite trajectographier les chiroptères du barrage.

SITE DU FORT DE L'EMINENCE :

La JASONbox est située sur le toit du fort de l'Eminence. Elle est proche d'un tunnel présentant de potentiels gîtes de repos pour les chauves-souris. La station d'enregistrement a été disposée de manière à pouvoir détecter les chiroptères qui voleraient au niveau du toit du fort ou dans la cour centrale de ce dernier. Les microphones devraient également être en mesure d'enregistrer la présence de chauve souris dans le tunnel qui se trouve en arrière de la station si jamais ces dernières l'empruntent ou s'y reposent. En outre, le fort ensoleillement tout au long de la journée est de bon augure quant à l'alimentation de la JASONbox.

Ici, les microphones sont dirigés de façon à couvrir un champ maximal de détection. Le but est de pouvoir détecter la présence de chiroptère « à 360° » autour de l'installation afin d'essayer de déterminer quelles espèces de chiroptères fréquentent le fort. Selon les détections, il devrait également être possible de déterminer si des chauves souris occupent le tunnel et quelles sont leurs heures d'activités dans les alentours.



Figure 11 : Vue de la JASONbox du fort de l'Eminence.

5) RECOLTES DES DONNEES

Les stations ont été programmées pour effectuer un enregistrement de 5 minutes toutes les 20 minutes.

Chaque récupération des données s'est accompagnée en outre d'un contrôle de l'état du matériel et de son fonctionnement ainsi que de l'état de charge des batteries.

LES DONNEES :

PREMIER RELEVÉ & PROBLEMES RENCONTRES

Lors de la première récolte des données, 20 jours après la mise en services des JASONbox sur l'île de Port Cros, nous avons été confrontés à des soucis techniques. En effet, au barrage de la Solitude, la carte de la beagleboard avait subi un problème lors de son démarrage. De ce fait, aucune donnée n'a pu être enregistrée. Jean-Marc Prévot, présent ce jour là, a néanmoins réussi à résoudre le bug de démarrage. Concernant l'installation du fort de l'Eminence, le disque dur sur lequel devait s'effectuer l'enregistrement des données avait mal été formaté. La JASONbox, ne reconnaissant pas le disque a alors enregistré les données directement sur la carte micro SD de la beagleboard. Nous avons pu ainsi récupérer 3 jours de données avant que la carte ne soit saturée.

SECOND RELEVÉ

Le second relevé des données fut quant à lui un succès. En effet, 847 fichiers (soit 133Go de données) ont pu être récupérés sur le barrage de la Solitude. Ajoutés aux 1376 fichiers (377 Go de données) relevés sur le Fort de l'Eminence, ceci représente au total près de 186 heures d'enregistrements. Une première écoute des bandes prises durant la nuit indiquent que des

chauves souris sont au rendez-vous. Il reste maintenant à déterminer quelles sont les espèces captées et à calculer les trajectoires empruntées par les individus.

Le seul bémol à évoquer est la décharge progressive de la batterie du Barrage de la Solitude dû à un trop faible ensoleillement de l'installation. Ainsi, après 17 jours de fonctionnement continu, la station du Barrage a subi des interruptions dans son fonctionnement et a dû redémarrer à 3 reprises.

EXPLOITATIONS DES DONNEES :

Sous forme brute les données se présentent sous la forme de fichiers audio de 5 minutes chacun. Un fichier audio se compose de 4 voies (une par microphone) qui rendent compte des sons captés par les différents microphones.

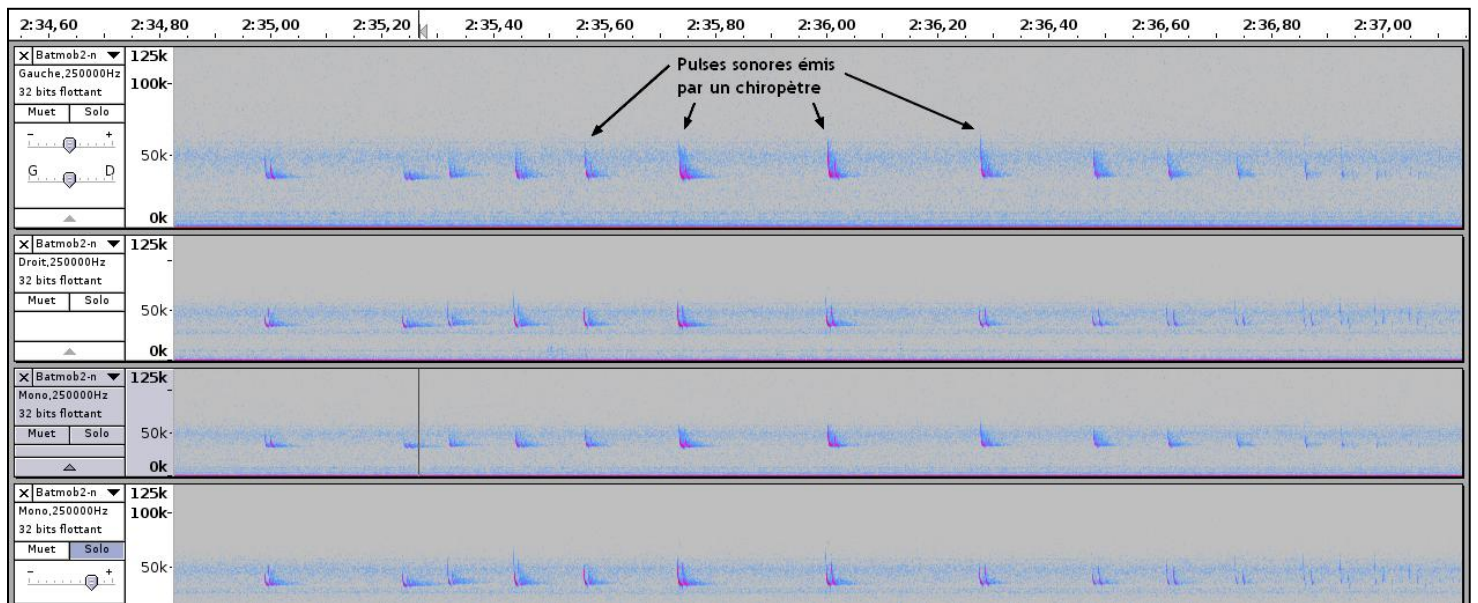


Figure 12 : extrait d'une durée de 3 secondes d'un fichier sonore du barrage de la solitude enregistré par la JASONbox. On peut y voir 4 voies (une par microphone) sur lesquelles on distingue des chirps émis par un chiroptère.

Les données peuvent être exploitées de différentes manières telles que : la détermination d'espèce, le calcul de trajectoire ou encore l'étude de « paysage acoustique ». Chacune de ces techniques ont des visées différentes et offrent un large panel d'observations de l'environnement. Voici un aperçu de l'exploitation que pourra faire l'équipe DYNI des données récupérées via les JASONbox.

DETERMINATION DE TRAJECTOIRES

PRINCIPE

L'équipe DYNI du laboratoire LSIS travaille depuis plusieurs années sur différents projets de bioacoustiques dont la trajectographie de cétacés. Il s'avère que les chiroptères et les cétacés (les cachalots par exemple) s'orientent d'une manière fortement similaire. En effet, les deux utilisent un « bio-radar ». Pour cela ils émettent des chirps sonores qui leur permettent de se repérer dans l'espace, de repérer un congénère, une proie ou encore de communiquer. Lors du Projet JASON, l'équipe DYNI a réussi à appliquer ses méthodes de calcul de trajectoire de cachalot à celui de chiroptère.

L'étude de ces sons via des microphones disposés en une conformation d'antenne permet de calculer les trajectoires empruntées par ces animaux. Pour un milieu et des conditions données (nature du milieu, T°C, pression...) le son a une vitesse de propagation fixe. De ce fait, lorsqu'on place des microphones à différentes distances d'une source sonore, plus le microphone sera éloigné de la source, plus le laps de temps qui s'écoulera avant que le son soit capté par le microphone sera grand. On peut ainsi calculer la position de la source sonore en fonction des différents retards observés avant l'acquisition du son sur les microphones.

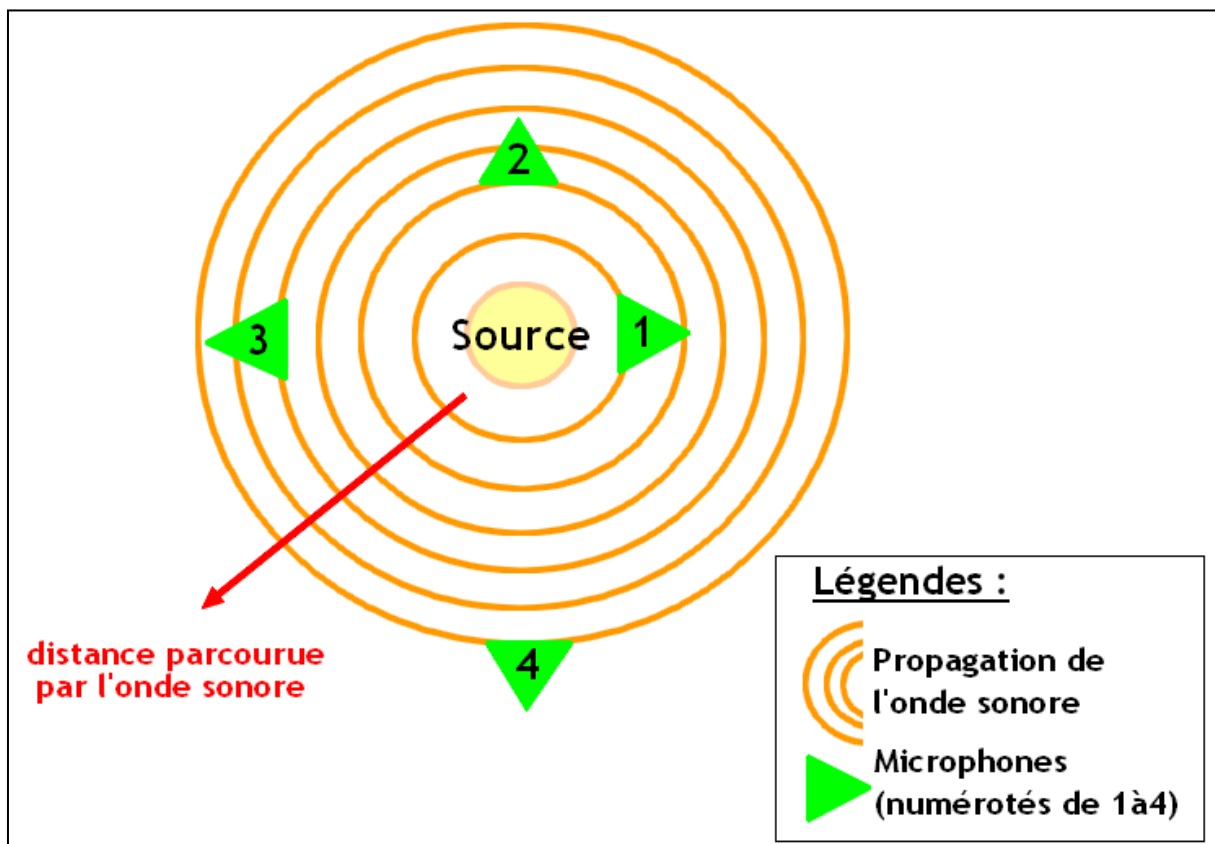


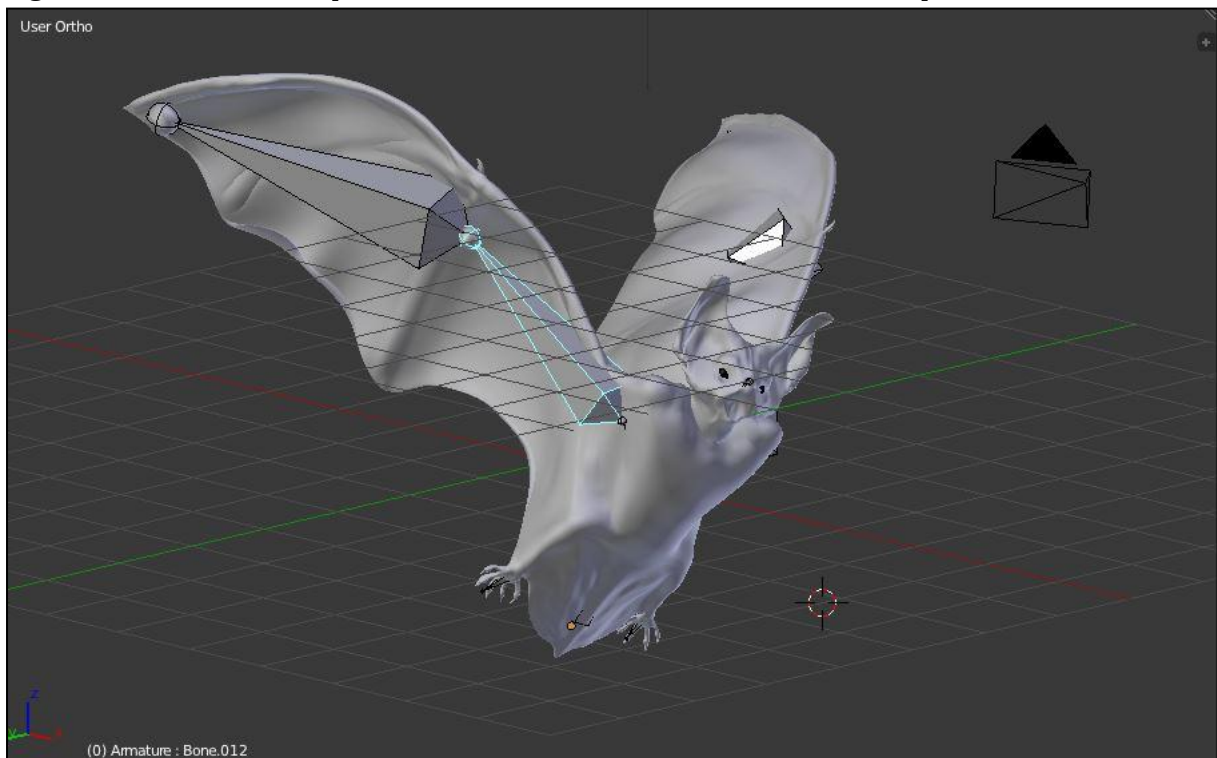
Figure 13 : Schéma représentant des microphones plus ou moins éloignés d'une source sonore fixe. Ici le micro 1 étant proche de la source, il percevra le son émis avant le micro 4 qui en est éloigné. Il en va de même entre les autres microphones.

Si maintenant la source sonore se déplace (comme c'est le cas chez un chiroptère) et que l'on calcule la position de la source à intervalle de temps régulier, il est alors possible de construire une approximation de la trajectoire qu'a empruntée l'animal.

RECONSTRUCTION 3D D'UNE TRAJECTOIRE DE CHIROPTE

J'ai par le passé contribué à la modélisation en 3D de la trajectoire d'un cachalot pour l'équipe DYNI. Dans le cadre du projet JASON j'ai cette fois-ci été amenée à modéliser, via le logiciel blender, une trajectoire de chauve souris calculée par l'équipe DYNI. L'enregistrement a été effectué à Grenoble par Cybério. SA.

Figure 14 : Modélisation puis articulation de la chauve souris utilisée pour l'animation dans



le cadre du projet JASON.

Ce modèle a pour but une meilleure représentation dans l'espace de la trajectoire empruntée par la chauve souris (annexe 4). Il s'agit avant tout de clarifier de manière visuelle la trajectoire obtenue par le calcul à des fins de présentation à un public par exemple. Par la suite des éléments de l'environnement (rochers, arbres...) ou bien des proies pourraient être ajoutées et l'orientation de vol révisée pour augmenter le réalisme de l'animation.

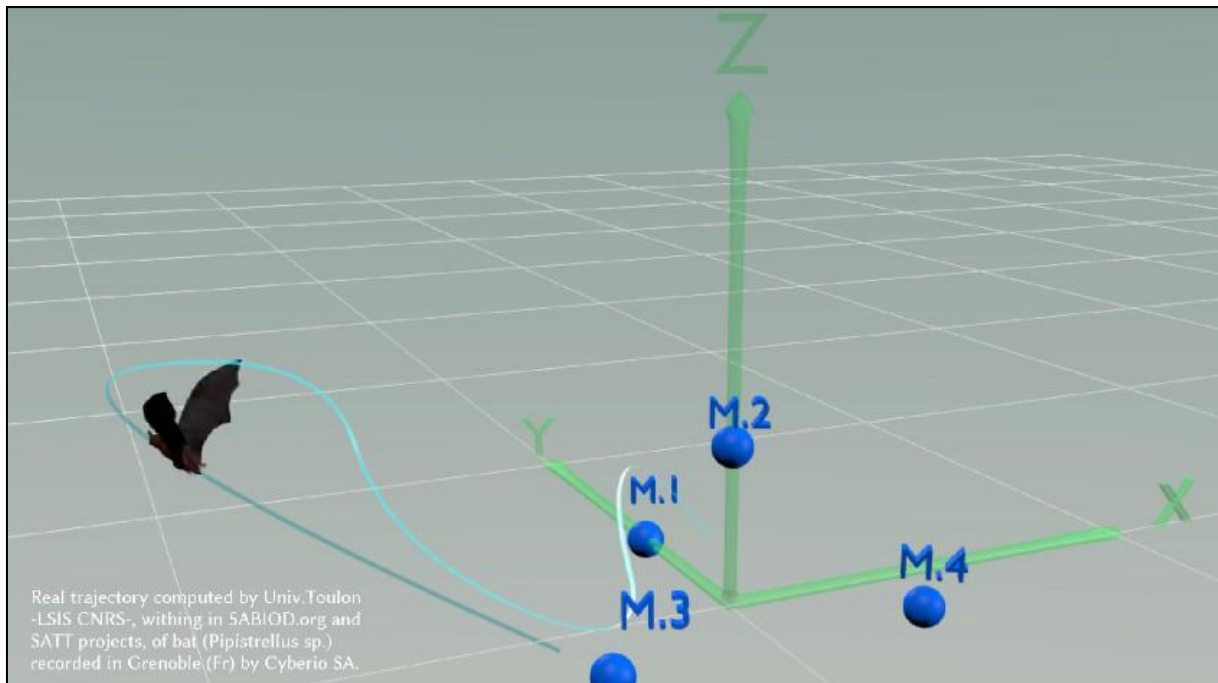


Figure 15 : Image tirée de l'animation représentant une trajectoire calculée de *Pipistrellus sp* à partir d'un enregistrement sonore effectué par Cybério SA.

APPLICATION AVEC LES DONNEES DE PORT CROS

DETERMINATION D'ESPECE

Chaque espèce de chauve souris possède des signatures vocales qui lui sont propres (modulation et durée du chirp, fréquences employées...). Ainsi, en se basant sur des signatures vocales de références d'espèces connues, il est possible d'apprendre à un programme informatique à reconnaître quelle signature appartient à quelle espèce. Théoriquement, on peut ensuite présenter au programme des enregistrements d'espèces à déterminer et il serait alors capable de définir à quelle espèce ou groupe l'animal capté appartient.

Ce type de programme a déjà été mis en place dans la reconnaissance d'espèces d'oiseaux, JASON vise à élargir l'utilisation de ces programmes à d'autres groupes d'animaux tels que les chiroptères dans les mois à venir à partir des données obtenues via les JASONbox.

PAYSAGE ACOUSTIQUE

Un « paysage acoustique » est une prise en compte de toute l'activité sonore d'un milieu pendant un laps de temps donné. L'étude d'un paysage sonore peut permettre de déterminer la présence ou l'absence d'espèces dans le milieu, d'étudier de manière globale les interactions existant entre les différentes parties d'une biocénose au sein d'un écosystème mais également d'essayer d'appréhender la pression anthropique d'une manière nouvelle.

En effet, envisager le stress/déséquilibre provoqué par l'activité humaine sur un écosystème est une notion difficile à cerner. Ceci l'est d'autant plus lorsqu'il s'agit d'un Parc Naturel qui est un

espace protégé de l'urbanisation mais fréquenté par très un grand nombre de personne. La pollution sonore engendrée par l'homme peut devenir un bon critère pour étudier ce stress.

Ainsi, l'étude des paysages sonores de Port Cros pourraient permettre de mieux gérer son ouverture au public tout en minimisant l'impact des visiteurs sur la faune.

6) ORIENTATIONS FUTURES DU PROJET JASON :

AJUSTEMENTS ENVISAGEABLES

AUTONOMIE DES JASONBOX

Il a pu être constaté sur l'installation du barrage de la Solitude qu'il pouvait s'avérer difficile de trouver un espace permettant un bon ensoleillement du panneau en sous-bois. Dans ce genre de situation, l'ajout d'une batterie supplémentaire ne serait qu'une fuite en avant. En revanche, la fixation d'un panneau à un mât via un cadre en aluminium ou sa délocalisation par rapport au lieu d'enregistrement pourraient être envisageables.

DIMINUTION DU POIDS DES INSTALLATIONS

Chaque JASONbox à aujourd'hui une masse de 45kg. Si l'on enlève le poids conséquent des batteries employées, la faute revient au fait que les structures employées pour les panneaux sont en acier. Remplacer les structures en acier par d'autres en aluminium permettrait une plus grande mobilité des JASONbox et leur acheminement vers des lieux reculés et difficiles d'accès.

MISE EN PLACE DU TEMPS REEL

La communication en temps réel des données n'a pu être mise en place sur l'île durant ce stage car les connexions internet possédées par le parc n'étaient pas suffisantes pour permettre le transfert des données. Une solution envisagée serait de transférer des données via un opérateur téléphonique. Ceci pourrait être mis en place dans un premier temps sur le site du Fort de l'Eminence qui dispose de la 3G+. Cependant, il est à noter qu'il serait peu envisageable de transmettre l'intégralité des données de cette manière à cause de la faiblesse du débit à disposition.

AUTOMATISATION DE L'ANALYSE

Une fois passée la mise en place des méthodes de calculs, le projet JASON vise à augmenter l'autonomie des programmes d'analyse des données (calcul de trajectoire, comptage et détermination d'espèces) dans le but de fournir un outil fonctionnel à des organismes de recherches ou des Parcs Nationaux.

CONCLUSIONS :

Au terme de deux mois de stage ont été conçues, testées et installées deux stations d'enregistrement audio autonomes de chiroptères sur l'île de Port Cros. Ces JASONbox implantées au barrage de la Solitude et sur le toit du Fort de l'Eminence sont autonomes en énergie (malgré quelques soucis d'ensoleillement sur le barrage) et capables d'enregistrer des chauves souris sans intervention humaine après leur mise en route. Après mon départ, de nouvelles données ont pu être récoltées sur ces installations qui fonctionnent toujours sur l'île. A ce jour, plus de 2000 enregistrements ont pu être effectués et d'autres devraient pouvoir être récupérés prochainement. Les premières données sont en cours d'analyse et la présence de chauves souris sur les enregistrements est confirmée.

Ainsi, nous pouvons dire que JASON est globalement une réussite. Bien qu'actuellement le temps réel n'aie pu être mis en place mais il y a de bons espoirs pour que ceci ne soit que partie remise et que cette fonctionnalité soit implantée dans un futur proche.

Si JASON est aujourd'hui tourné vers les chiroptères, il pourrait facilement être orienté vers l'étude d'autres espèces animales telles que les oiseaux ou les insectes.

Au final, JASON possède de nombreux atouts qui pourraient faire de lui un outil supplémentaire d'étude mais également de gestion des écosystèmes au sein de Parcs Naturels. Outre ces aspects techniques, JASON pourrait également contribuer à sensibiliser le grand public sur la fragilité des écosystèmes qui nous entoure.

REMERCIEMENTS :

Je tiens tout d'abord à remercier l'équipe DYNI et plus particulièrement Hervé Glotin pour m'avoir permis de faire ce stage, pour la confiance qu'il m'a accordé dans la gestion du projet et les connaissances qu'il m'a apportées. J'aimerais également remercier le PNPC pour sa collaboration et Hervé Bergère ainsi que François Rifflet pour leur accueil sur l'île.

Enfin, je tiens à remercier Jean-Marc Prévot, Christian Martino et Yann Doh pour tous les bons moments et pour leur soutien dans les difficultés que j'ai pu rencontrer durant mon stage.

Mon stage au sein de l'équipe DYNI et du Projet JASON fut une aventure humaine riche en expériences. Suivre et mener ce projet de recherche jusqu'à sa réalisation était vraiment quelque chose d'unique pour moi. Ici, il ne s'agissait plus d'être spectateur de la recherche mais d'en faire partie intégrante. Prendre en main un projet de ses balbutiements puis l'accompagner jusqu'à sa réalisation est quelque chose que j'ai vraiment apprécié. D'autant plus que le Projet JASON, en collaboration avec le Parc National de Port Cros, m'a permis de contribuer au développement d'un outil qui pourrait dans le futur être utilisé dans un but de protection et de gestion des écosystèmes. Il s'agit de sujets qui me tiennent vraiment à cœur et j'espère que nombreux seront les projets futurs de cette ampleur auxquels je pourrai participer !

ANNEXES :

ANNEXE 1 :

Recensement des chiroptères de l'île de Port-Cros de la GCP - Étude Chiroptères Bagaud/Port-Cros 2012 Inventaire des Chiroptères sur les îles de Bagaud et Port-Cros .**Novembre 2012 N° 11-057 . page 19.**

Le tableau ci-dessous présente les espèces identifiées dans le Var, et les îles de Bagaud et Port-Cros.

● = espèce présente ; (●) = espèce potentielle

	83	Port-Cros	Bagaud	LR France IUCN
RHINOLOPHIDAE				
Petit rhinolophe <i>Rhinolophus hipposideros</i>	*			LC
Grand rhinolophe <i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	*			NT
Rhinolophe euryale <i>Rhinolophus euryale</i>				NT
Rhinolophe de Mehely <i>Rhinolophus mehelyi</i>				CR
VESPERTILLONIDAE				
Barbastelle d'Europe <i>Barbastella barbastellus</i>	*			LC
Minioptère de Schreibers <i>Miniopterus schreibersii</i>	*	●	(●)	VU
Murin à oreilles échancrées <i>Myotis emarginatus</i>	*	●	(●)	LC
Murin de Bechstein <i>Myotis bechsteinii</i>	*			NT
Murin de Capaccini <i>Myotis capaccinii</i>	*			VU
Grand murin <i>Myotis myotis</i>	*			LC
Petit murin <i>Myotis blythii</i>	*			NT
Murin de Daubenton <i>Myotis daubentonii</i>	*			LC
Murin de Brandt <i>Myotis brandti</i>				LC
Murin à moustaches <i>Myotis mystacinus</i>	(*)			LC
Murin d'Alcathoe <i>Myotis alcathoe</i>				LC
Murin de Natterer <i>Myotis nattereri</i>	*			LC
Noctule commune <i>Nyctalus noctula</i>	*			NT
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	*	(●)	(●)	NT
Grande noctule <i>Nyctalus lasiopterus</i>	*			DD
Sérotine commune <i>Eptesicus serotinus</i>	*	●	(●)	LC
Sérotine de Nilsson <i>Eptesicus nilssonii</i>				LC
Sérotine bicolore <i>Vespertilio murinus</i>				LC
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	*			LC
Pipistrelle pygmée <i>Pipistrellus pygmaeus</i>	*			LC
Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus nathusii</i>	*	(●)	(●)	NT
Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhli</i>	*	●	(●)	LC
Vespère de Savi <i>Hypsugo savii</i>	*	●	(●)	LC
Oreillard roux <i>Plecotus auritus</i>	*			LC
Oreillard gris <i>Plecotus austriacus</i>	*	●	●	LC
Oreillard montagnard <i>Plecotus macrobullaris</i>	*			DD
MOLOSSIDAE				
Molosse de Cestoni <i>Tadarida teniotis</i>	*	●	(●)	LC
	24(1)	7 (2)	1 (7)	

Compte Rendu du Test des Antennes Wifi et du transfert de fichiers audio entre le Rocher de la Garde et le bureau n°214 du bâtiment R de l'UTLN

Intervenants : Yann Doh, Jules Descude, Laura Hauc

Date du test : 02/06/2014

Lieux : Deux antennes ont été utilisées pour ce test : une sur un « site d'émission » situé au Rocher de la Garde et une seconde jouant le rôle de « récepteur des données » mis en place dans le bureau n°214 du bâtiment R de l'UNTV. **Les deux sites sont disant de 1,4km à vol d'oiseau.**

Objectifs du test :

- Vérifier que l'ensemble du matériel qui sera embarqué sur l'île est en état de fonctionnement.
- Vérifier que le système lui-même est fonctionnel.
- Voir si sur une distance importante (avec de possibles obstacles naturels tels des arbres) il est possible de transmettre des fichiers audio via les antennes wifi dont nous disposons.

Matériel utilisé pour le test :

- 2 antennes de transmission wifi (transfert des données)
- 4 microphones directifs (pour l'acquisition de données audio)
- 1 système d'enregistrement des données portatif (beagleboard)
- 1 batterie 12v (alimentation du système sur le Rocher)
- 1 ordinateur portable (pour la réception des données à l'UTLN)

Mise en place du test :

Sur l'île de Port Cros, la distance séparant les deux sites n'excédera pas les 1km. Afin de parer à toute éventualité, notre test préliminaire à l'implantation du système s'est effectué entre des sites distants de 1,4 km à vol d'oiseau. Ces sites sont : le Rocher de la Garde pour l'acquisition des données audio et leur émission ; le bureau n°214 du bâtiment R de l'UTLN. (Document 1).

Pour être au plus proche des conditions finales, le matériel situé sur le Rocher de la Garde était disposé en extérieur alors que le poste qui au final sera localisé la capitainerie de l'île était placé, vitres fermées, à l'intérieur du bureau n°214 du bâtiment R de l'UTLN duquel nous avons vue sur le Rocher.



Document n°1 : vue aérienne replaçant dans le contexte le site d'acquisition/émission des données (S-Em) disposé sur le Rocher de la Garde et le site de réception des données (S-Re) localisé à l'intérieur du bureau 214 du bâtiment R de l'UTNV.

Site d'acquisition et d'Emission des données (Rocher de la Garde) :

Pour la suite, nous notons « S-Em », le site en extérieur sur Rocher de la Garde permettant l'acquisition et l'émission de fichiers audio.

Yann DOH et Moi-même étions placés au sommet du Rocher de la Garde avec un visuel sur le S-Re. Yann était chargé de permettre l'acquisition de sons sur différentes fréquences via 4 microphones. Pour ma part, en lien téléphonique avec Jules DESCUDE, je tachais d'orienter l'antenne wifi pour permettre la liaison wifi avec le S-Re.

Site de réception des données (bureau n°214 bat R, UNTV) :

Pour la suite, nous notons « S-Re », le site de réception des données situé au bureau n°214.

Jules DESCUDE fut mis en place sur le S-Re. Il avait avec lui un ordinateur portable lui permettant d'enregistrer et lire les fichiers audio (.flac) reçu par wifi ainsi qu'une antenne wifi lui permettant de faire la liaison avec le S-Re.

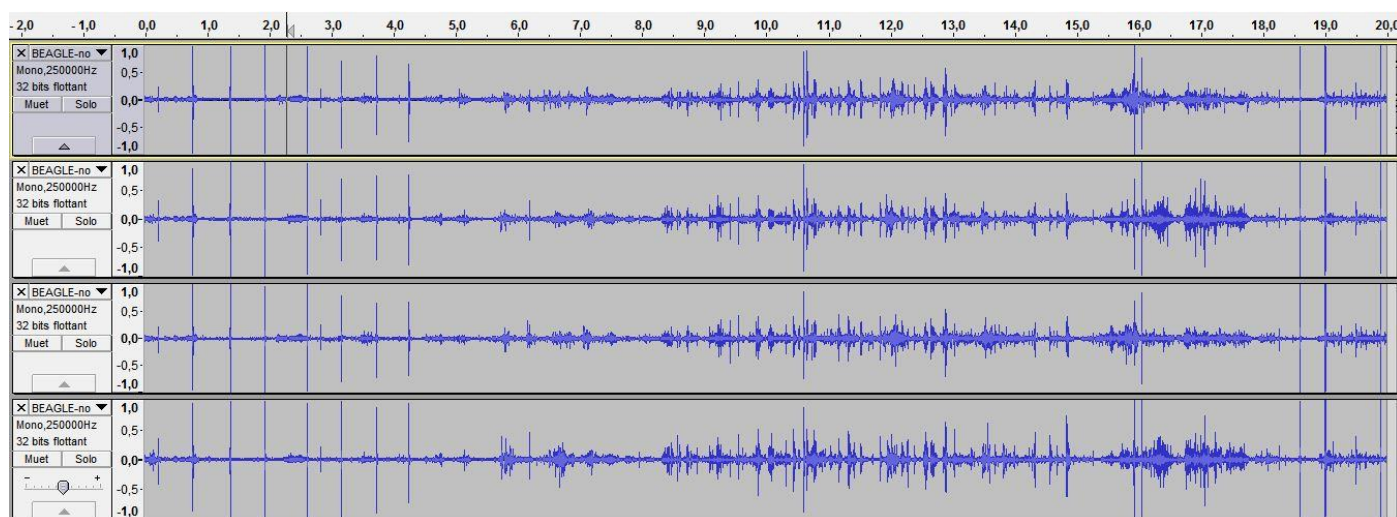
Le S-Re est situé en hauteur dans un bureau au 2eme étage du bâtiment R. L'antenne était disposée derrière une fenêtre close d'où l'on peut voir le S-Em sur le Rocher de la Garde. A priori le seul obstacle est un arbre qui obstrue partiellement la vue (document n°2)



Document n°2 : Vue du S-Em depuis le S-Re.

Résultats du Test :

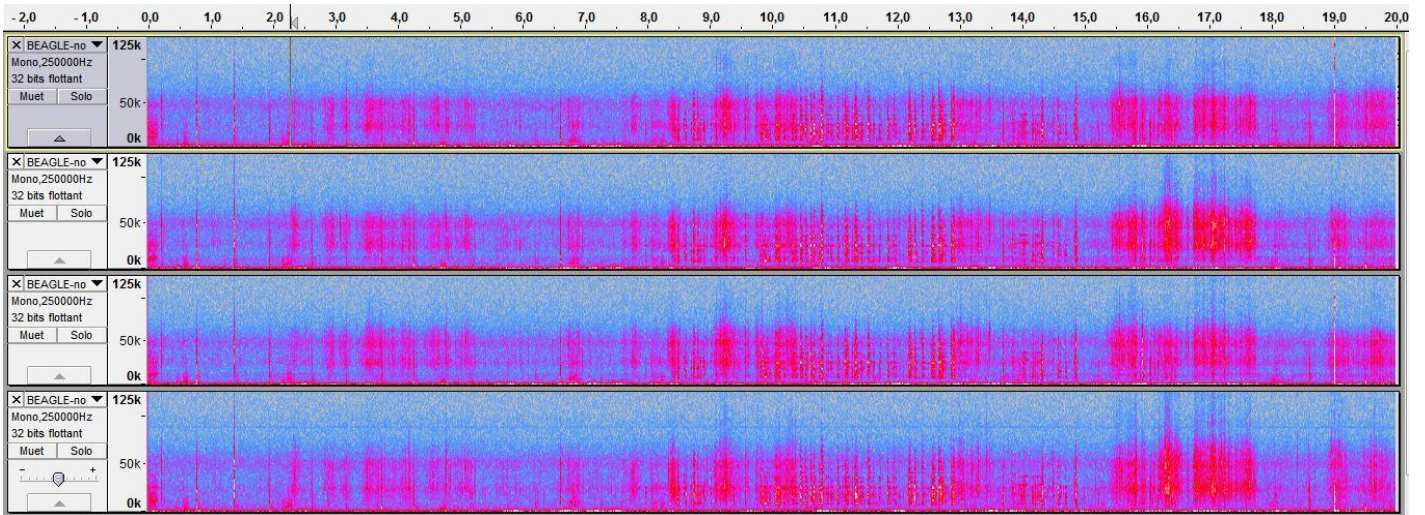
Nous avons rapidement réussi à établir une liaison wifi entre les deux sites. Par la suite nous avons lancé l'acquisition de données qui ont été transférées avec succès. Nous obtenons des fichiers audio d'une durée de 20 secondes au format .flac se découpant en 4 pistes audio par fichier à raison d'une piste audio par micro ce qui permettra, pour exemple, de calculer les trajectoires empruntées par les



chauves souris une fois le système installé sur l'île de Port Cros.

Document N°3 : exemple du profil des pistes audio (1 piste par micro) d'un fichier que nous avons pu transmettre par la liaison wifi entre les deux sites.

Les spectrogrammes des fichiers obtenus mettent en évidence l'enregistrement d'ultrasons. Nous pourrions donc bien utiliser notre système pour enregistrer des chauves souris.



Document n°4 : spectrogrammes issus des pistes audio présentées dans le document N°3 mettant en évidence l'acquisition de données audio de type ultrasons.

Conclusion :

Le test est concluant. Bien qu'il semble que nous nous tenions en limite de signal. Nous avons pu réaliser la liaison Wifi entre un S-Em et un S-Re séparés d'une distance de 1,4km, et ce, malgré la présence d'un arbre qui constitue un obstacle au passage des ondes wifi.

Ainsi, nous sommes confiants quant à la transmission des données wifi en temps réel sur l'île de Port Cros où la distance entre le S-Em et le S-Re sera moindre. L'acquisition d'ultrasons nous a permis de confirmer que nous pourrions enregistrer les ultrasons émis par des chauves souris.

Compte Rendu du Test de mise en autonomie du système sur le campus de l'UTLN.

Intervenants : Laura Hauc, Jean Marc-Prévoit, Jules Descude

Date du test : 13/06/2014 au 18/06/2014

Lieux : Deux antennes ont été utilisées pour ce test : une sur un « site d'émission » situé sur le campus de l'UTLN et une seconde jouant le rôle de « récepteur des données » mise en place dans le bureau n°214 du bâtiment R de l'UTLN.

Objectifs du test :

- Vérifier que le système est stable et qu'il résiste à de mauvaises conditions climatiques (pluie/orage)
- Vérifier que le système fonctionne sur la durée et en autonomie.

Matériel utilisé pour le test :

- 2 antennes de transmission wifi (transfert des données)
- 4 microphones directifs (pour l'acquisition de données audio)
- 1 système d'enregistrement des données portatif (beagleboard-xm)
- 1 batterie 12v (alimentation du système en extérieur)
- 1 ordinateur portable (pour la réception des données à l'UTLN)

Mise en place du test :

Le poste d'acquisition des données et le poste de réception sont distants d'une centaine de mètres mais sans visibilité et avec l'obstacle que constitue le bâtiment où se trouve le bureau R214. Cette fois-ci, nous avons mis en place le système complet avec batterie et panneau solaire et nous l'avons laissé tourner plusieurs jours en autonomie. Durant ce temps le système a subi et résisté sans dommage à un gros orage qui s'est produit le samedi 14/06/2014.



Figure n°1 : mise en place du panneau solaire et de l'antenne wifi en extérieur sur le campus de l'UTLN.



Figure n°2 : Détail de l'installation électrique avec à droite la batterie et à gauche la Beagleboard et le contrôleur de charge.

Résultats du Test :

Nous avons réussi à établir une liaison wifi entre les deux points et à transmettre en temps réel des fichiers audio d'une durée de 5 min chacun durant toute la durée du test. De plus, le système d'alimentation et de recharge de la batterie via le panneau solaire fonctionne correctement. La batterie avec une tension de 12,1V en début de test (charge très moyenne) pour se stabiliser à 13V le 18/06/2014. De plus le système a passé sans dommage l'orage ayant eu lieu pendant le test.

Conclusion :

Notre système d'enregistrement se trouve être stable et autonome. De plus, il a résisté à des conditions extérieures difficiles sans dommage. Il est prêt à être disposé sur le terrain.

ANNEXE 4 :**Vidéos relatives au projet JASON (<http://sabiiod.univ-tln.fr/tv.html>) :**

- Film « JASON Project » qui résume les actions entreprises sur l'île de Port Cros durant l'été 2014 et les perspectives du projet.

[http://sabiiod.univ-](http://sabiiod.univ-tln.fr/media/Univ_Toulon_CNRS_BigDataSABIOD_GLOTIN_JASON_PNPC_Chiro3D.mp4)

[tln.fr/media/Univ_Toulon_CNRS_BigDataSABIOD_GLOTIN_JASON_PNPC_Chiro3D.mp4](http://sabiiod.univ-tln.fr/media/Univ_Toulon_CNRS_BigDataSABIOD_GLOTIN_JASON_PNPC_Chiro3D.mp4)

- Animations 3D représentant la trajectoire empruntée par une chauve-souris d'après l'analyse d'un enregistrement audio où l'animal a été capté. Ces vidéos ont été réalisées par mes soins durant mon stage.

<https://www.youtube.com/playlist?list=PL9c0IyokFVX3-ODxiEHlrci2z7Pc49z5X>

REFERENCES :

- [1] **Sueur J**, Farina A, Gasc A, Pieretti N, Pavoine S, Acoustic Indices for Biodiversity Assessment and Landscape Investigation. *Acta Acustica united with Acustica*, 100: 772-781, 2014
- [2] **Sueur J**, Gasc A, Grandcolas P, Pavoine S, Global estimation of animal diversity using automatic acoustic sensors. In Le Galliard JF, Guarini JM, Gaill F (Eds), *Sensors for ecology: towards integrated knowledge of ecosystems*. CNRS Editions, 101-119, 2012
- [3] **Lellouch L., S. Pavoine, F. Jiguet, H. Glotin, J. Sueur**, Monitoring temporal change of bird communities with dissimilarity acoustic indices, DOI: 10.1111/2041-210X.12178, *Methods in Ecology and Evolution*, V5.6, 495–505, 2014
- [4] **Gasc A, Sueur J, Jiguet F, Devictor V, Grandcolas P, Burrow C, Depraetere M Pavoine S**, Assessing biodiversity with sound: do acoustic diversity indices reflect phylogenetic & functional diversities of bird communities *ECOLOGICAL INDICATORS*, 25,279-287, 2013
- [5] **Barcelo, Sellier & al.** The scientific strategy of the PNPC for 2013-2022 period, Scientific rep. of Port-Cros Nat. Park, V27, 2013
- [6] **Glotin H.**, *Soundscape Semiotics - Localisation and Categorisation*, Intech Ed, Vol. ISBN 980-953-307-687-9, 2013
- [7] **Glotin H., P. Giraudet**, F Bénard, 'Procédé de trajectographie en temps réel de plusieurs cétacés par acoustique passive', INPI, 2007, breveté USA, 2013
- [8] **Glotin H., A. Mishchenko**, Couplage du temps d'arrivée et de l'effet dopler pour le suivi passif de source, applications bioacoustiques, brevet soumis à INPI, 2014
- [9] ICML int. Conf. Proc. 1st workshop on Machine Learning for Bioacoustics – ICML4B,USA, 2013. <http://sabiiod.univ-tln.fr>.
- [10] **Hervé Glotin, Frédéric Bénard, and Pascale Giraudet.** Whales cocktail party : a real-time tracking of multiple whales. *International Journal Canadian Acoustics*, 36(1) :139–145, march 2008. ISSN 0711–6659 Equipe DYNI.
- [11] **Hervé Glotin, Frédéric Bénard, and Pascale Giraudet.** Whales cocktail party : a real-time tracking of multiple whales. *International Journal Canadian Acoustics*, 36(1) :139–145, march 2008. ISSN 0711–6659 Equipe DYNI.
- [12] **Hervé Goëau, Hervé Glotin, Willem-Pier Vellinga, Robert Planqué, Andreas Rauber, and Alexis Joly.** LifeCLEF bird identification task. *CLEF Proceedings*, 2014.
- [13] **Alexis Joly, Henning Müller, Hervé Goëau, Hervé Glotin, Concetto Spampinato, Andrea Rauber, Pierre Bonnet, Willem-Pier Vellinga, Bob Fisher, and Robert Planqué.** LifeCLEF : Multimedia life species identification. In *Workshop on Environmental Multimedia Retrieval at ACM MM*, 2014.

[14] LIFE+ChiroMED les chiroptères en méditerranée :

http://www.lifechiromed.fr/chauves_souris_en_mediterranee.php?lang=fr

[15] **Groupe Chiroptères Provence** 2011 - gcp@gcprovence.org www.gcprovence.org
SYNTHESE CHIROPTERES PACA Liste des 47 espèces européennes et nord-africaines Abrév.
N2000 Répartition PACA GCP 04 05 06 1. http://www.gcprovence.org/liste_especesPACA.pdf

[16] **Alexandre HAQUART, Patrick BAYLE, Emmanuel COSSON, Dominique ROMBAUT**
Groupe Chiroptères de Provence / Espaces Naturels de Provence : CHIROPTÈRES OBSERVÉS
DANS LES DÉPARTEMENTS DES BOUCHES-DU-RHÔNE ET DU VAR Faune de Provence (C.E.E.P.)
1997, 18 : 13-32. <http://www.gcprovence.org/Chir1383.pdf>

[17] **Tanguy STOECKLE**, Groupe Chiroptères de Provence : Guide pour la conservation des
chauves-souris du bâti de Port-Cros. Novembre 2004.

[18] **Médard, P., & Guibert, E.**, Les Chiroptères de Port Cros et Porquerolles, îles d'Hyères (Var,
France)1996. Vie Milieu, 46(3-4) : 225-231.

[19] **Groupe Chiroptères Provence** 2012 - Étude Chiroptères Bagaud/Port-Cros 2012 :
Inventaire des Chiroptères sur les îles de Bagaud et Port-Cros.

[20] **Alexandre HAQUART 2012** : VOLET CHIROPTERES ETAT INITIAL PROJET DE CONDUITE
D'EAU PORQUEROLLES (83)