

Introduction Générale

De plus en plus d'entreprises font appel aux drones notamment pour l'apport d'informations innovantes générées par le traitement des données aériennes. Ces informations sont utilisées par les clients pour optimiser la gestion de leur production, améliorer la sécurité, ou encore pour étudier l'évolution environnementale de leurs activités. S'il existe aujourd'hui une dizaine d'applications, nous pouvons imaginer ensemble les centaines d'applications de demain.

Pour mieux intégrer l'étudiant dans la vie professionnelle, l'ISET à choisi comme toutes les écoles supérieures, les stages pour compléter les connaissances techniques de ce dernier et lui permette d'initier à la réalisation de quelques tâches a fin de tester ses facultés d'analyse et découvrir le milieu professionnel et le marché de travail.

On a effectué un stage de projet de fin d'étude ; c'est un stage d'approfondissement des acquis théoriques et pratiques qui dure du 31/01/2018 à 12/06/2018 au sein de la société l'ISET.

Fasciné par le domaine des drones, dans ce projet on s'intéresse à la conception et la réalisation d'un drone. Nous avons recherché sur les différents composants d'un quadricopter qui nous étaient alors inconnus, au principe de régulation par la méthode PID, puis à nos expériences dont le but était d'améliorer l'équilibre de notre drone.

Ce projet s'est décomposé en plusieurs phases : tout d'abord une phase de documentation, notamment sur le fonctionnement de la carte Arduino et de l'interface xbee, puis une importante phase de programmation.

Pour atteindre notre objectif, les détails de notre approche seront présentés dans les chapitres de ce rapport. Le premier chapitre sera une introduction aux drones. La description du matériel utilisé fera l'objet du deuxième chapitre. Le dernier chapitre sera consacré aux étapes de réalisation de notre drone.

Chapitre 1 : Généralité sur les drones

Introduction :

« Avec le drone armé, entre la gâchette sur laquelle on a le doigt et le canon d'où va sortir le projectile, ce sont des milliers de kilomètres qui s'intercalent ». Cette citation tirée du livre de Bruno Marzloff intitulé La Théorie Du Drone, illustre bien la nouvelle ère qui commence pour l'homme vis-à-vis de la technologie. En effet, comme ce fut le cas avec l'invention du téléviseur, ou celui du téléphone portable, le drone est en train de connaître une phase de croissance exponentielle au sein des sociétés du 21eme siècle.

I. Définition :

Le terme « drone » est issu de la langue anglaise et signifie « faux bourdon ». Il désigne un système pilotable à distance, capable d'emporter une charge utile, présentant différentes formes selon les besoins et ayant un niveau d'IA (Intelligence Artificielle) plus ou moins évolué suivant les modèles et les applications auxquelles ils sont destinés. Ce niveau d'IA lui permet d'être partiellement ou totalement indépendant d'actions humaines afin de remplir ses tâches.

II. Historique :

C'est durant la première guerre mondiale que les premiers drones firent leur apparition. Ces drones étaient en réalité des avions équipés d'un système de guidage TSF (Transmission Sans Fil) et ayant pour mission de s'écraser sur les troupes ennemis. Ce système de pilotage a été développé à l'époque par un aviateur Français nommé Max Boucher. En septembre 1918, il permit le premier vol d'un drone sur un circuit fermé d'une centaine de kilomètres. Cependant, un mois après, la guerre prit fin, et son idée tomba dans l'oubli avant même d'avoir été testé sur le terrain. Outre Atlantique, les Américains aussi se mirent à expérimenter des vols d'avions sans pilote à bord grâce au Kettering Bug, un petit Biplan d'environ 4 mètres d'envergure et destiné lui aussi à s'écraser sur les troupes ennemis. Cet avion est une invention de Charles Franklin Kettering et le premier vol eu lieu le 2 octobre 1918. Cependant, le projet fut abandonné, l'état-major jugeant que l'appareil faisait courir beaucoup de risques pour les troupes alliées. Le Kettering Bug Finalement, c'est en Angleterre que les drones firent leur entrée en service. Ces derniers étaient utilisés par la Royal Air Force à des fins d'entrainements. En effet, cela permettait à leurs pilotes de simuler des combats aériens contre des avions, leur permettant ainsi d'utiliser des vraies

munitions. Par ailleurs, cette pratique est toujours utilisée de nos jours par l'armée de l'air Américaine, qui transforme en drone leurs avions de combat retirés du service actif. Ces drones jouent alors le rôle de cible pour entraîner les pilotes à l'utilisation de munitions réelles.

Le QF-16, avion retiré du service, transformé en cible volante. Durant la seconde guerre mondiale le développement des drones repris dans les deux camps, cependant cela n'aboutit pas. Il faut attendre la guerre froide pour voir l'apparition de drones de surveillances sophistiqués du côté des Américains. On peut citer en exemple le Lockheed D-21, un drone conçu pour effectuer des missions de surveillances jugées trop dangereuses pour un véhicule habité. Celui-ci étant lancé depuis un avion porteur, et était capable d'atteindre des vitesses supérieur à Mach 3, soit 3672 kilomètres par heures. Le Lockheed D-21, un des principaux projets issus de la course aux armements ayant opposée les Etats-Unis et l'URSS.



Figure 1: Le Kettering Bug

Finalement, c'est en Angleterre que les drones firent leur entrée en service. Ces derniers étaient utilisés par la Royal Air Force à des fins d'entrainements. En effet, cela permettait à leurs pilotes de simuler des combats aériens contre des avions, leur permettant ainsi d'utiliser des vraies munitions. Par ailleurs, cette pratique est toujours utilisée de nos jours par l'armée de l'air Américaine, qui transforme en drone leurs avions de combat retirés du service actif.

Ces drones jouent alors le rôle de cible pour entraîner les pilotes à l'utilisation de munitions réelles.

III. Utilisation :

1. Domaine militaire :

Les drones militaires sont aujourd'hui une composante indispensable de très nombreuses opérations, en particulier celles menées contre des groupes terroristes en dehors du territoire national. Dans la bande sahélo-saharienne, grâce à leurs performances en matière de renseignement, les drones « moyenne altitude longue endurance » (MALE) sont même désormais le nœud opérationnel autour duquel s'organisent la plupart des missions des forces françaises. De même, les drones tactiques sont devenus indispensables aux troupes au sol.

Actuellement, dans le cas français, les armées de terre et de l'air ainsi que les forces spéciales mettent en œuvre plusieurs types de drones. À terme, la marine nationale pourrait également en être dotée. Pourtant, la France et l'Europe sont en retard. En 2013, ce sont des drones américains qui ont été achetés en urgence après plusieurs années d'atermoiements. Absence d'indépendance et de constitution d'une filière européenne de drones sont les conséquences inévitables de ce choix.

2. Domaine agriculture :

Les nouvelles technologies font partie de plus en plus de la vie de tous les jours, ces derniers s'immiscent même dans le domaine agricole afin de faciliter le travail des agriculteurs.

Avec un poids de 700 grammes, 96 cm d'envergure, une autonomie d'une bonne trentaine de minutes et une technologie embarquée qui capte les lumières réfléchies par la végétation, ce sont les caractéristiques des drones utilisés par les agriculteurs en France. Assurant un vol entre 130 et 150 mètres d'altitude, les techniciens n'interviennent que lors des décollages et des atterrissages, le reste du temps, le drone est en pilotage automatique. Équipé par un GPS, afin d'établir une cartographie du champ survolé, le drone enregistre les données de la parcelle et une cartographie est réalisé à un 1 m² près qui représente fidèlement votre parcelle.



Figure 2 : utilisation de drone dans le domaine agriculture



Figure 3: drone agriculture

Une fois les données récupérées l'agriculteur peut moduler d'une manière fine, les doses d'engrais à apporter à leur parcelle, mais aussi les éventuels traitements de désherbages, afin d'apporter la juste dose au bon endroit.

Mais aussi, pour les traitements phytosanitaires, en effet, sur les photos délivrées par le drone, on peut détecter les zones infestées par les insectes ou parasites, et donc de réagir directement en les contrôlant par un traitement localisé et assurer le suivie de leurs progressions.

Ce système enregistre aussi le degré d'humidité du sol et en fonction de ces résultats on peut agir directement en drainant le sol.

Un magnifique atout supplémentaire pour une agriculture de précision, vu qu'aujourd'hui 'hui les tracteurs, les pulvérisateurs et les épandeurs d'engrais sont reliés en informatique et peuvent utiliser les données GPS fournies par les drones, c'est ce concept global qui constitue l'avenir de l'agriculture raisonné.

3. Domaine d' l'urbanisme et l'aménagement :

A la suite des intempéries et catastrophes naturelles récentes nous observons une recrudescence des demandes de prise de vue aérienne en support aux expertises post-sinistre. Les drones civils, qui sont en plein essor et fleurissent même auprès des centrales nucléaires (au grand plaisir de leur détracteur soit dit en passant) permettent de réaliser de manière simple et rapide des photos ou vidéo aériennes avec une excellente réactivité. Les clichés ou films horodatés et géo localisés obtenus à l'aide des équipements embarqués sur les drones civils sont utilisés en support aux expertises.

C'est ainsi que peu à peu les drones civils prennent leur place dans la vie quotidienne.

On constate, que dans le même esprit, pour les projets d'urbanisme et d'aménagement de zone urbaine touristique ou résidentielle, les lotisseurs et société d'aménagement extérieur ont recourt au drone civil.

En effet à différentes altitudes, d'1m à 150m, pour respecter la législation, les drones civils équipés d'appareil photo HD (haute définition), ou de caméra 4K, permettent des prises de vues inédites et peu onéreuses.

Ces photos ou vidéos facilitent ensuite les études de faisabilité technique, les études d'implantation par rapport au relief, au zones humides ou encore ils contribuent à la promotion de projet immobilier.

Les drones civils n'ont pas fini de nous étonner, ils contribuent à améliorer le quotidien et seront, n'en doutons plus, des outils incontournables dans les années à venir.

4. Domaine santé / Urgence :

Les drones vont être de plus en plus présents au fil des prochaines années, notamment dans la sécurité civile. Ces petits aéronefs pourront bientôt permettre de sauver de nombreuses vies. En effet, de nombreux prototypes de drones sont en cours de développement pour cette finalité.

Ils seront capables d'apporter les premiers soins aux personnes dans le besoin, ce qui est primordial puisque plutôt les soins sont réalisés, plus les chances de survie et de non complications augmentent pour la victime. Dans ce cadre, un « drone-ambulance » a été imaginé par un étudiant Belge de 23 ans, à l'université de Belfort aux Pays-Bas. Il permettra un accès aux premiers soins plus rapide puisque, contrairement à une ambulance, le drone se déjoue des problèmes de circulation.

Les drones apportent un soutien non négligeable aux secours lors de catastrophes telles que des inondations, des incendies ou même des catastrophes nucléaires. Après de fortes inondations, un drone équipé d'une caméra permet d'effectuer plusieurs vols de quelques minutes chacun pour mesurer l'ampleur des dégâts. Champs et jardins inondés, routes submergées, les images filmées par le drone apportent une aide précieuse aux secouristes sur le terrain. Les secouristes peuvent donc savoir quels bâtiments sont touchés afin de contacter les propriétaires. Les images les aident aussi pour localiser et sauver des victimes de noyades ou en milieu périlleux. De plus, la location d'un drone à la journée coûte environ 2500€, soit le tarif horaire d'un hélicoptère. Ces drones sont aussi très robustes puisqu'ils peuvent supporter des vents jusqu'à 70 km/h et voler sous la pluie grâce à un traitement hydrofuge appliqué sur les parties électroniques de l'appareil.

Toujours dans la sécurité civile, les drones sont aussi capables de suppléer les pompiers lors d'incendies. Même s'ils ne sont encore que très peu utilisés dans ce genre de circonstances, les drones permettent de repérer facilement des victimes bloquées par les flammes en s'approchant au plus près de l'incendie. De plus, ils permettent aussi aux pompiers de déterminer le chemin le moins risqué pour secourir les victimes.



Figure 4 : drone ambulance

5. Domaine surveillance :

Le domaine de la surveillance sera également un enjeu majeur pour les drones ces prochaines années. En effet, la surveillance et la maintenance de grands sites sont souvent très onéreuses et compliquées pour les entreprises. Désormais, les drones pourront les aider dans ces tâches. La SNCF commence à étudier et à tester cela afin de lutter contre le vol des câbles en cuivre qui représente une perte d'environ 70 millions d'euros par an. Ces drones de surveillance parcourront le long des chemins de fer et fourniront une image en direct des voies ferrées. Les agents SNCF scrutent alors la moindre activité suspecte sur les écrans de contrôle. S'ils repèrent des voleurs de câbles, un hélicoptère de la gendarmerie est alors envoyé sur place pour préparer une interpellation en flagrant délit.

ERDF et l'entreprise Flying Eye ont travaillé ensemble pour inspecter les lignes à haute tension grâce à un drone. Les drones permettent de réaliser l'inspection visuelle des câbles, des isolateurs, des pylônes et de détecter toutes défaillances grâce à des photos de haute qualité et une caméra possédant un zoom puissant. Ils ont l'avantage d'être plus rapides que les visites à pied qui peuvent parfois être très compliquées à cause du dénivelé ou de la végétation. De plus, ils évitent de recourir systématiquement à des cordistes et permettent donc de gagner en sécurité.

GRTgaz, qui gère et surveille plus de 32 000 kilomètres de gazoducs à l'aide d'avions, d'hélicoptères, de voitures ou à pieds, s'intéresse également à l'utilisation de ces appareils.

Des drones équipés de capteurs, de la vision infrarouge et se dirigeant grâce à une cartographie du réseau mise en mémoire pourrait alors réaliser ces opérations de surveillance. Ils doivent permettre de détecter les risques (végétation trop envahissante, actes de malveillance, fuites...). Même si l'autonomie et le traitement des images faites par le drone ne sont pas encore assez avancés : « l'objectif à terme est d'automatiser toute la chaîne d'acquisition des données, leur traitement et leur restitution au central », comme le précise Benjamin Hugonnet, directeur commercial et marketing de l'entreprise de drones RedBird.

La France ne compte pas moins de 30 000 ouvrages d'art. Encore un domaine où les drones vont jouer un rôle important à travers l'inspection de ces sites. Les ponts, les viaducs, les tunnels, les barrages nécessitent des contrôles fréquents pour repérer des défauts de constructions, limiter leur vieillissement et atténuer les risques d'accidents. Ces ouvrages sont souvent difficiles d'accès, et il nécessite parfois de couper des axes de circulations et de mettre en place de lourds dispositifs pour les examiner (échafaudages, nacelles). Les drones permettent de palier à ces difficultés. En 2011 par exemple, le drone U130 de la société Novadem a analysé les 24 000 mètres carrés du viaduc de Millau, en divisant le temps d'inspection par quatre.

6. Domaine audiovisuel :

Le domaine de l'audiovisuel (médias, communications) représentant à l'heure actuelle plus de 90% des applications civils des drones, nous les retrouvons lors de grands événements comme le Tour de France. Ce grand rendez-vous cycliste est filmé en partie par drones grâce à la société de production Freeway Prod. De plus en plus d'événements seront retransmis par des drones. La prestation fournit par les entreprises est intéressante puisqu'elle fournit l'appareil, un pilote agréé et s'occupe des modalités administratives concernant les autorisations de vol. De plus, les images filmées par drones sont impressionnantes et permettent de donner une réalité du terrain plus intense. C'est pour cela que certaines universités des Etats-Unis forment leurs étudiants en journalisme au pilotage de drones pour des reportages.



Figure 5: drone pictures

7. Domaine de transports :

Le secteur du transport quant à lui est un domaine très porteur mais encore au stade de projet. Lors de la fin 2013, Amazon annonçait déjà un système de livraisons de colis par drones. Aujourd’hui, de nombreux projets ont continués de voir le jour. La Poste en France a même testé les conditions d’utilisation d’un drone. Ils ont effectués une séquence complète et totalement automatisée d’un transport de colis de 2kg sur 1200m. Cependant de nombreux facteurs freinent l’avancé de ce nouveau moyen de transport. La sécurité en cas de chute du colis ou du drone, le vol du colis ou du drone, l’affection de couloirs aériens, la faible autonomie des drones sont des problèmes qu’il faut encore résoudre dans les prochaines années.



Figure 6: drone transporteur de collier

IV. Un quadricoptère : comment ça vole ?

Ce chapitre est consacré au mode de déplacement d'un quadricoptère dans les airs. En tournant, les hélices vont créer une force de sustentation (voir définition ci-dessous) qui vont compenser le poids de l'engin. Lorsque cette force est supérieure au poids du quadricoptère, il s'élève dans les airs.

Définition sustentation : « la sustentation est l'effet d'une force qui maintient un corps à faible distance au dessus d'une surface et sans contact avec elle » (source wikipedia).

Le sens de rotation des hélices est très important, sur le schéma ci-dessous, on constate que les hélices situées sur le même axe tournent dans le même sens. En d'autres termes, M1 et M3 tournent dans le sens horaire et M2 et M4 dans le sens antihoraire. Pourquoi ? Cela annule le couple induit par l'effort sur chaque moteur pour faire tourner les hélices.

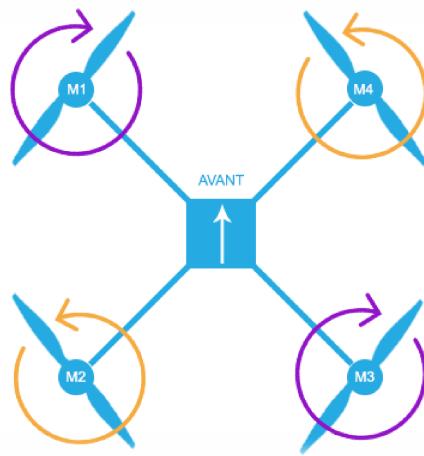


Figure 7: sens des moteurs

1. Monter / Descendre :

Pour monter, on augmente la vitesse des moteurs simultanément, tous les moteurs tournent au même régime et inversement pour descendre, c'est la commande des gaz.

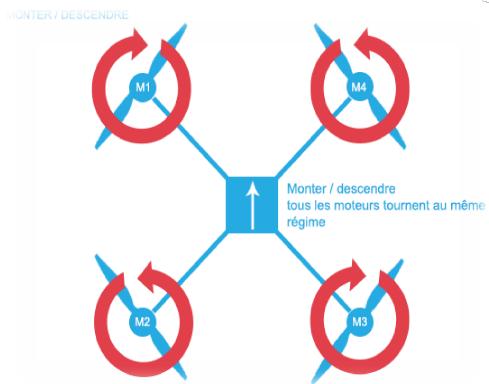


Figure 8: sens des moteur monter/descente

2. Le Tangage : Avancer / Reculer

Pour avancer, on va diminuer la vitesse des moteurs avant et augmenter la vitesse des moteurs arrière et inversement pour reculer. On appelle cette action le « **Tangage** » ou « **Pitch** »

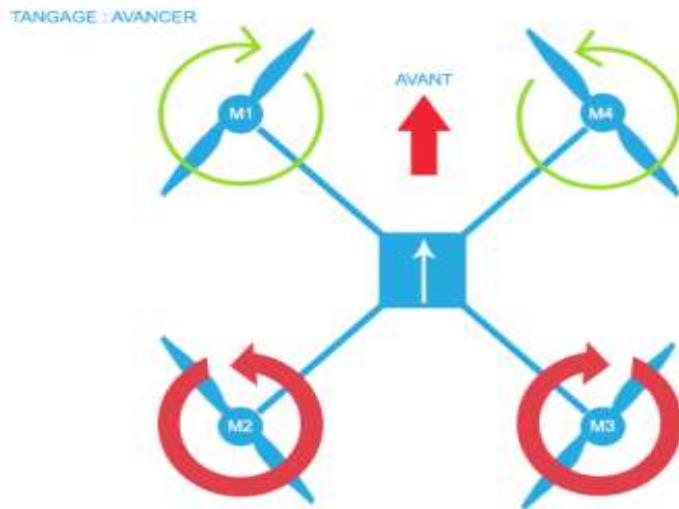


Figure 9: sens des moteurs avancer

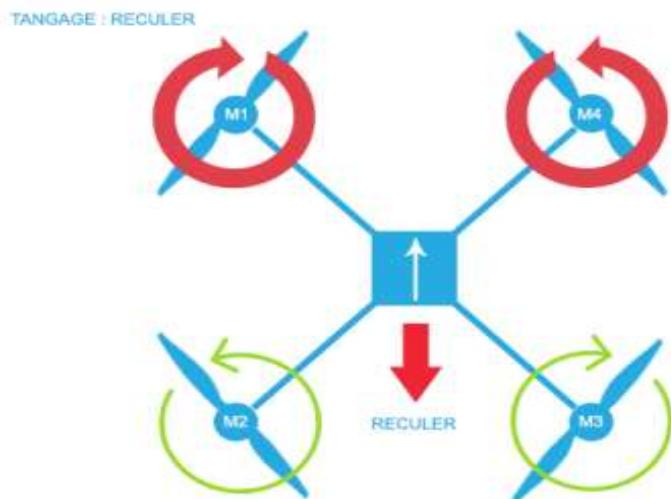


Figure 10 : sens des moteurs reculer

3. Le Roulis : Gauche / Droite :

Pour incliner vers la gauche, on va diminuer les moteurs de gauche M1 et M2 et augmenter ceux de droite M3 et M4. Inversement pour incliner vers la droite. Cette action s'appelle le « **Roulis** » ou « **Roll** »

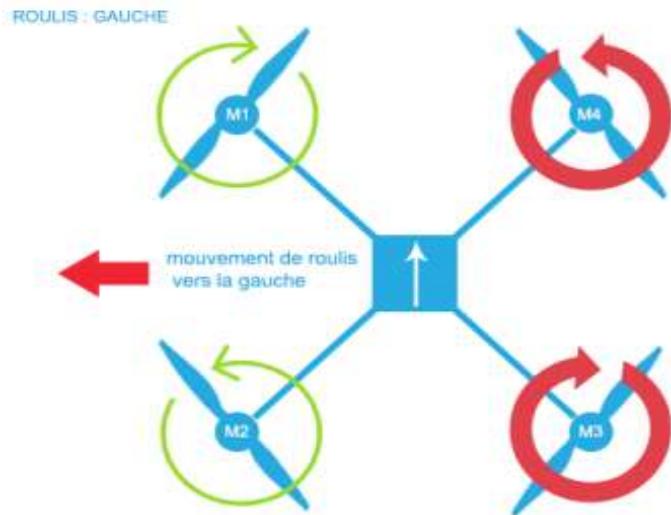


Figure 11 : Roulis à gauche

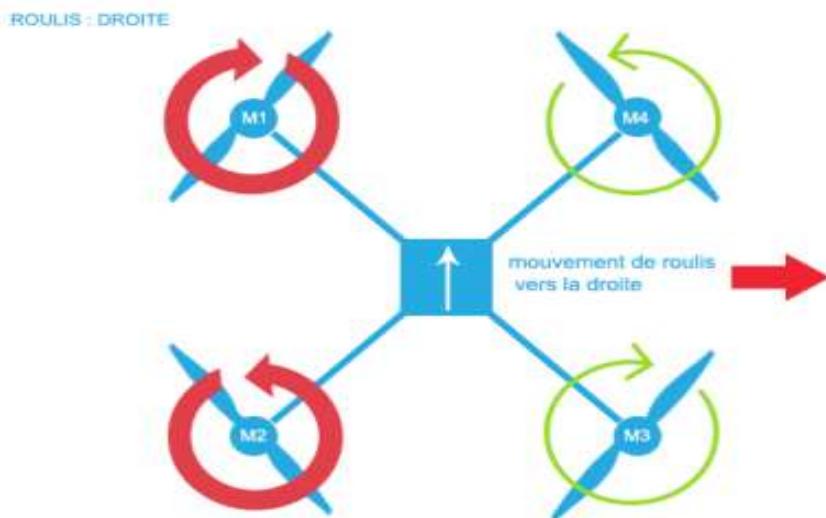


Figure 12: Roulis droite

4. Le Lacet : Rotation

Pour un mouvement de rotation vers la droite ou la gauche, on va augmenter la vitesse d'une paire de moteurs sur le même axe tout en diminuant les moteurs du 2eme axe. Ceci est un mouvement de « **Lacet** » ou « **Yaw** »

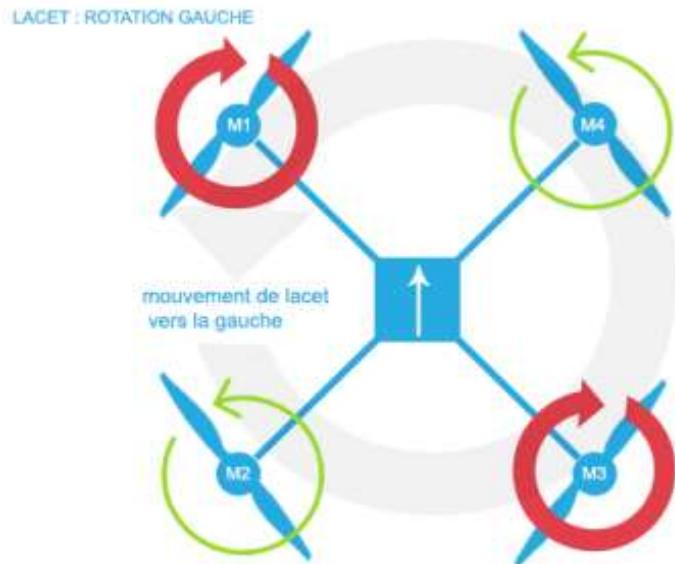


Figure 13: rotation à gauche

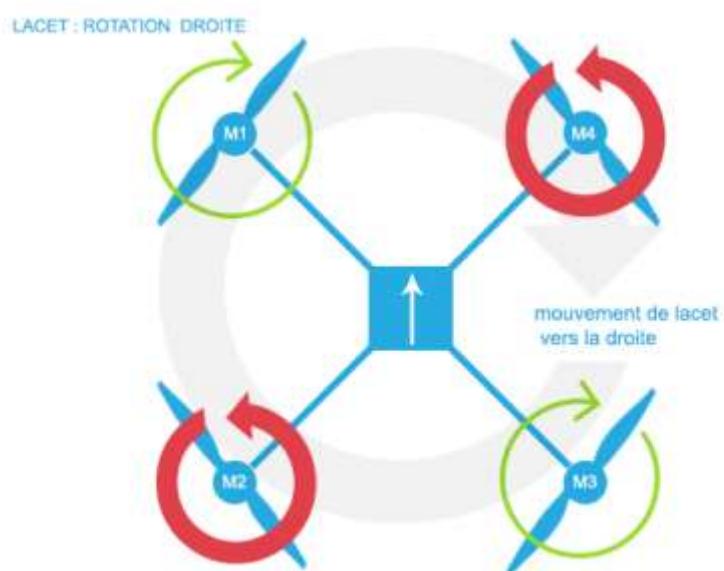


Figure 14: rotation à droite

Conclusion :

Finalement, au vu des choses, la balle semble plutôt être du côté des drones. Effectivement, tout comme les Smartphones, les drones semblent être dans une phase d'expansion, qui devrait prendre de l'ampleur au fil des années. Cela se voit notamment à travers le fait que de grandes entreprises comme Amazon ou Google s'appliquent à vouloir banaliser les drones dans notre quotidien. Il se pourrait même que ceux-ci remplacent l'homme dans des tâches encore plus variées (des drones domestiques par exemple), leur permettant d'acquérir une place beaucoup plus importante dans nos vies. Ceci pourrait alors bien influencer la loi, la forçant à être plutôt du côté des utilisateurs de ces appareils, et leur apportant même un soutien (ouvrir aux drones des espaces aériens dédiés au sein même des villes par exemple), accélérant ainsi leur développement

Chapitre 2 : Théorie et conception

Introduction :

La grande majorité des drones existants possèdent à peu près les mêmes Caractéristiques.

La première chose à comprendre est « De quoi est composé un drone », dans notre cas un quadricoptère.

I. Composants d'un drone :

1. Le châssis :

Le châssis ou (Frame en anglais). C'est la structure de notre drone, c'est sur lui que nous allons monter le reste des pièces. De lui dépend le comportement général de notre drone mais aussi son autonomie. Un châssis ultra léger nous permettra de gagner en autonomie. Des bras longs amélioreront la stabilité alors que des bras plus courts permettront des figures plus acrobatiques.

On en trouve principalement à base d'aluminium ou de fibre de carbone. Il existe des dizaines de formes différentes.

Les caractéristiques de l'ensemble des composants dépendront en partie du type de châssis choisi (type et taille, c'est-à-dire poids des hélices, des moteurs, de la batterie, des fixations...). Le châssis peut amener quelques restrictions quant au moteur ou aux hélices choisies, notamment concernant leur taille.

a. Châssis Quadrioptère :

Un drone avec un châssis quadrioptère est doté de quatre bras et chacun d'entre eux connecté à un moteur. C'est le châssis le plus répandu que l'on trouve à la fois sur les drones de loisirs ainsi que les drones dédiés à la vidéo, ou drones professionnels. Les drones sont tous des quadrioptères en général.

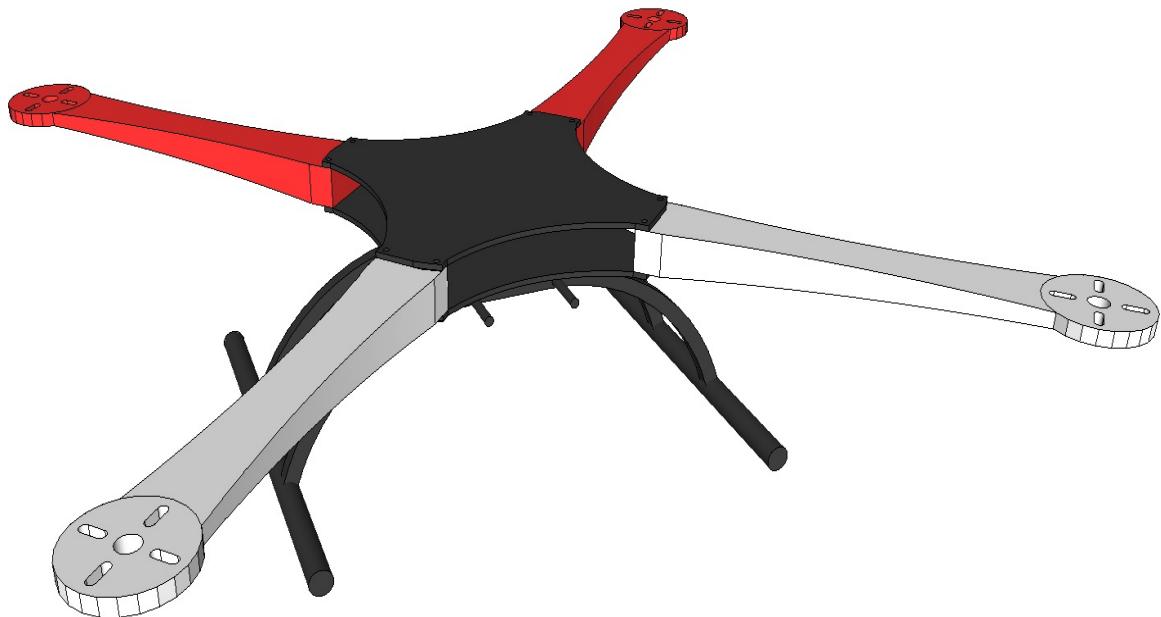


Figure 15 : châssis quadricoptère

b. Châssis Hexacoptère :

Un drone avec un châssis Hexacoptère est doté de 6 bras et chacun d'entre eux connecté à un moteur. Ce type de drone est utilisé pour porter du poids car les 2 bras de plus qu'un quadricoptère augmente la poussée totale disponible, ce qui signifie que l'appareil peut soulever plus de charge utile. Sur le plan de la tolérance de panne, si un moteur tombe en panne, il vous restera une chance pour que votre drone puisse atterrir plutôt que de s'écraser.

Toutefois, il est aussi important de prendre en compte que si vous ajouter 2 bras de plus, il faudra bien les alimenter, ce qui implique l'achat de batterie plus conséquente, moteurs et pièces supplémentaires.



Figure 16: châssis hexacoptère

c. Châssis Y6 :

Un drone avec un châssis Y6 (qui rentre dans la catégorie des châssis Hexacoptére) est doté de 3 bras dont chacun d'entre eux est connecté à 2 moteurs. Les hélices montées sur la face inférieure projettent quant à eux la poussée vers le bas.

Cette conception supprime un bras en par rapport à un quadricoptère pour un total de trois. Cela signifie que l'hélicoptère peut soulever plus de charge utile par rapport à un quadricoptère, avec moins de composants qu'un hexacoptère normal. Sur le plan de la tolérance de panne, si un moteur tombe en panne, il vous restera une chance pour que votre drone puisse atterrir plutôt que de s'écraser.



Figure 17: châssis Y6

2. Les moteurs :

C'est eux qui vont permettre à notre quadricoptère de voler. Là encore il existe des centaines de modèles plus ou moins adaptés à l'utilisation que nous allons en faire.

Le choix des moteurs ce fait en fonction de leur rendement soit le nombre de tours que peut faire le moteur en 1 minute et pour 1 volt. Cette valeur s'exprime en Kilo Volt noté KV. Plus le KV d'un moteur à grand, meilleur est son rendement et donc plus économique en énergie. C'est pourquoi il est intimement lié au choix de la batterie.

Alors nous avons choisi des moteurs brushless 1000 KV.

Quatre moteurs brushless sont nécessaires qui doivent être commandés par des interfaces de puissance appelées « Contrôleurs ».

Voyons maintenant les caractéristiques de ces moteurs :

-une régulation électronique de la vitesse beaucoup plus performante.

-Couple et sens de rotation simple à gérer.

-A puissance égale ils ont un meilleur rendement et sont moins chères.

-Pas de Frottement des balais qui peuvent engendrer des pertes de rendement.



Figure 18: moteur brushless 1000Kv

3. Les drivers :

Ce sont des cartes électroniques qui permettent de faire tourner les moteurs plus ou moins vite, à partir du courant délivré par la batterie. La commande vient du « contrôleur de vol ». Il faut donc un ESC (Electronic Speed Control) pour chaque moteur.

On a choisis



Figure 19 : ESC 30A

4. La Batterie et le chargeur :

Notre batterie de type Lipo (Lithium polymère Ion) c'est la technologie qui permet d'avoir une puissance suffisante pour une faible masse.

La batterie est la source d'énergie de notre drone. Il en existe des dizaines de modèles très différents et à tous les prix.

Attention :

Il faut un chargeur spécifique pour la recharger et son utilisation est encadrée par des règles très strictes sous peine de détérioration rapide voire d'accident !

Attention à la connectique ! Il faut souvent souder de nouvelles prises si celles fournies avec la batterie ne conviennent pas au drone ou au chargeur.



Figure 20: batterie MULTISTAR 5200 mAh

Nous avons choisis une batterie 5200 mAh pour plus longue durée.

Lipo 3s c'est-à-dire 3 cellules (1 cellule = 3,8v)



Figure 21: chargeur de batterie

5. Les hélices :

Elles doivent être adaptées à la taille de notre engin mais aussi aux moteurs que nous avons choisis. Les hélices sont présentées avec 2 valeurs : la 1ère exprime la longueur de l'hélice (8", 9", 10", etc. ...) et la 2ème valeur indique le "pas" de l'hélice (4 / 4,5 / 5 / etc. ...)

Nos hélices sont 10*4,5.



Figure 22: hélice R1045



Figure 23: hélice R1045

6. Le gyroscope :

C'est le cœur de notre drone. C'est lui qui va stabiliser l'engin mais aussi effectuer différentes tâches plus ou moins complexes comme suivre un plan de vol, atterrir automatiquement.

La carte de vol doit être alimentée par la batterie et on y branchera les ESC (reliés aux moteurs), puis pour la paramétriser il faudra un logiciel et un ordinateur.

Le gyroscope MPU 6050 possède 6 axes. Ce composant nous permet de repérer le quadricopter dans l'espace. Sa puce MEMS est très précise avec une conversion analogique digitale sur 16 bits, et une interface de 400 kHz. Le composant est contrôlé par l'Arduino. Le gyroscope contient un registre FIFO de 1024 octets que l'Arduino peut lire si un signal d'interruption est donné. Le gyroscope nous donne à la base une vitesse angulaire de rotation en degrés/seconde selon les 3 axes cartésiens de l'espace. Or, dans notre cas nous nous intéressons aux angles d'orientation. Ces angles s'obtiennent en intégrant dans le temps la vitesse angulaire.

Ce composant est très complet, cependant nous n'utiliserons pas toutes ses capacités. En effet il se compose aussi d'un accéléromètre qui renvoie une accélération en m²/s. Dans notre cas il est inutile puisque notre quadricopter reste sur le portique, mais il aurait pu nous permettre de connaître la vitesse de notre quadricopter en intégrant dans cette accélération le temps. De plus, avec les 3 axes restants, le gyroscope aurait pu contrôler un magnétomètre 3 axes (mesure du champ magnétique terrestre) et ainsi nous aurions été en mesure d'orienter notre quadricopter dans l'espace (Nord Sud Est Ouest).

On a choisis le gyroscope MPU 6050 car il fonctionne comme accéléromètre et gyroscope en même temps.

- Mesurer l'angle d'inclinaison à partir de gyroscope :

Le gyroscope nous donne la vitesse angulaire en rad/s. On a donc la relation suivante (Gy, vitesse de rotation autour de l'axe Y, angle=angle d'inclinaison) :

$$Gy = \frac{D(\text{angle})}{dt} \quad \text{d'où } d(\text{angle}) = Gy \cdot dt$$

Donc angle ("actuel") = angle ("précédent") + Gy.dt

- Mesurer l'angle d'inclinaison à partir d'accéléromètre :

L'accéléromètre permet d'obtenir l'angle à partir de la mesure du vecteur de pesanteur

⇒ On a vu que le gyroscope dérive et l'accéléromètre présente des mesures brusques "parasites". Alors On va donc combiner les 2 en se débarrassant des variations "lentes" du gyroscope et des variations de l'accéléromètre

Ainsi, l'équation de l'angle va être : $\text{angle} = 0,98x \ (\text{angle} + \text{Gy} * dt) + 0,02x \ (\text{angle de l'accéléromètre en } ^\circ)$

On peut affiner les coefficients 0,98 et 0,02 du moment que leur somme reste égale à 1



Figure 24: image MPU

7. Carte de commande : (arduino)

La carte Arduino Uno est une carte à microcontrôleur basée sur l'ATmega328. Elle dispose:

- De 14 broches numériques d'entrées/sorties (dont 6 peuvent être utilisées en sorties PWM (largeur d'impulsion modulée)).
- De 6 entrées analogiques (qui peuvent également être utilisées en broches entrées/sorties numériques).
- D'un quartz 16Mhz.
- D'une connexion USB.
- D'un connecteur d'alimentation jack.
- D'un connecteur ICSP (programmation "in-circuit").
- Et d'un bouton de réinitialisation (reset).

Elle contient tout ce qui est nécessaire pour le fonctionnement du microcontrôleur. Pour pouvoir l'utiliser, il suffit de la connecter à un ordinateur à l'aide d'un câble USB (ou de l'alimenter avec un adaptateur secteur ou une pile, mais ceci n'est pas indispensable, l'alimentation étant fournie par le port USB).

a. Système des caractéristiques :

Microcontrôleur	ATmega328
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'alimentation (recommandée)	7-12V
Tension d'alimentation (limites)	6-20V
Broches E/S numériques	14 (dont 6 disposent d'une sortie PWM)
Broches d'entrées analogiques	6 (utilisables en broches E/S numériques)
Intensité maxi disponible par broche E/S (5V)	40 mA (ATTENTION : 200mA cumulé pour l'ensemble des broches E/S)
Intensité maxi disponible pour la sortie 3.3V	50 mA
Intensité maxi disponible pour la sortie 5V	Fonction de l'alimentation utilisée - 500 mA max si port USB utilisé seul
Mémoire Programme Flash	32 KB (ATmega328) dont 0.5 KB sont utilisés par le bootloader
Mémoire SRAM (mémoire volatile)	2 KB (ATmega328)
Mémoire EEPROM (mémoire non volatile)	1 KB (ATmega328)
Vitesse d'horloge	16 MHz

Tableau 1: caractéristique de la carte arduino

b. Brochage de la carte UNO :

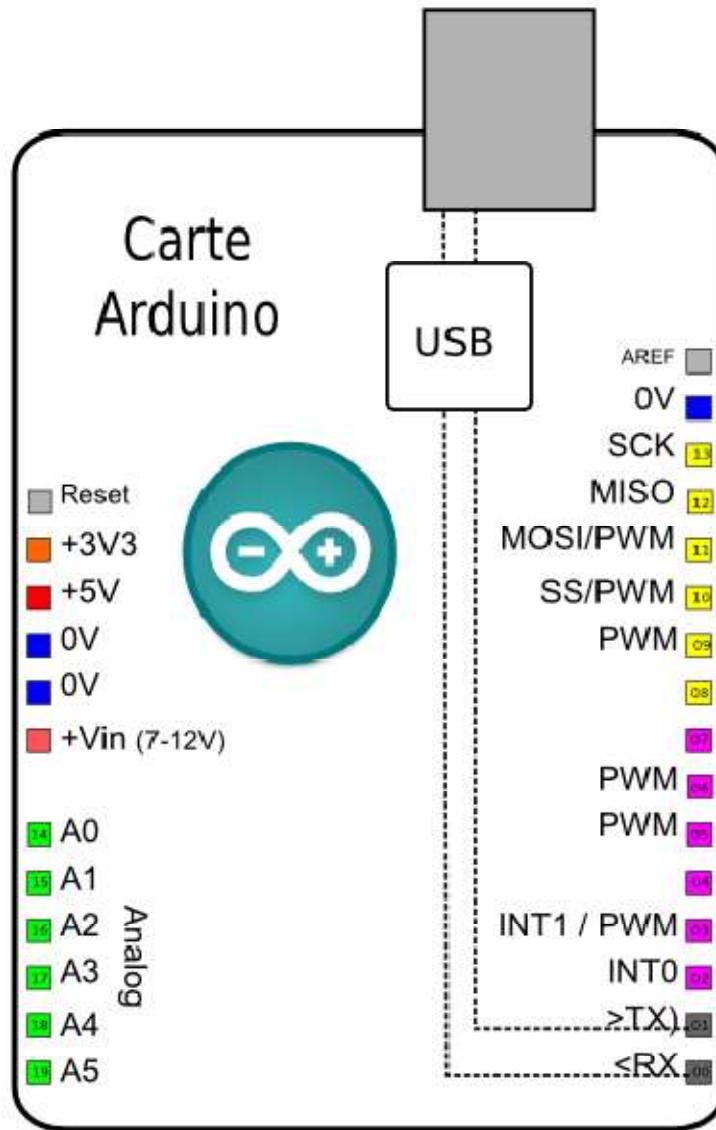


Figure 25: brochage de la carte arduino

c. Alimentation :

La carte Arduino Uno peut-être alimentée soit via la connexion USB (qui fournit 5V jusqu'à 500mA) ou à l'aide d'une alimentation externe. La source d'alimentation est sélectionnée automatiquement par la carte.

L'alimentation externe (non-USB) peut être soit un adaptateur secteur (pouvant fournir typiquement de 3V à 12V sous 500mA) ou des piles (ou accus). L'adaptateur secteur peut être connecté en branchant une prise 2.1mm positif au centre dans le connecteur jack de la carte. Les fils en provenance d'un bloc de piles ou d'accus peuvent être insérés dans les connecteurs

des broches de la carte appelées Gnd (masse ou 0V) et Vin (Tension positive en entrée) du connecteur d'alimentation.

La carte peut fonctionner avec une alimentation externe de 6 à 20 volts. Cependant, si la carte est alimentée avec moins de 7V, la broche 5V pourrait fournir moins de 5V et la carte pourrait être instable. Si on utilise plus de 12V, le régulateur de tension de la carte pourrait chauffer et endommager la carte. Aussi, la plage idéale recommandée pour alimenter la carte Uno est entre 7V et 12V.

Les broches d'alimentation sont les suivantes :

- VIN : C'est la tension d'entrée positive lorsque la carte est utilisée avec une source de tension externe (à distinguer du 5V de la connexion USB ou autre source 5V régulée). La carte peut être alimentée à l'aide de cette broche, ou, si l'alimentation est fournie par le jack d'alimentation, accéder à la tension d'alimentation sur cette broche.
- 5V : C'est la tension régulée utilisée pour faire fonctionner le microcontrôleur et les autres composants de la carte. Le 5V régulé fourni par cette broche peut donc provenir soit de la tension d'alimentation VIN via le régulateur de la carte, ou bien de la connexion USB (qui fournit du 5V régulé) ou de tout autre source d'alimentation régulée.
- 3V3 : C'est une alimentation de 3.3V fournie par le circuit intégré FTDI (circuit intégré faisant l'adaptation du signal entre le port USB de l'ordinateur et le port série de l'ATmega) de la carte. L'intensité maximale disponible sur cette broche est de 50mA
- GND : Broche de masse (ou 0V).

d. Mémoire :

L'ATmega 328 a 32Ko de mémoire FLASH pour stocker le programme (dont 0.5Ko également utilisés par le **bootloader***). L'ATmega 328 a également 2ko de mémoire SRAM (volatile) et 1Ko d'EEPROM (non volatile - mémoire qui peut être lue à l'aide de la librairie EEPROM).

*Le bootloader est un programme pré-saisi dans l'ATmega qui permet la communication entre l'ATmega et le logiciel Arduino via le port USB, notamment lors de chaque programmation de la carte.

e. Entrées et sorties numériques :

Chacune des 14 broches numériques de la carte UNO (numérotées des 0 à 13) peut être utilisée soit comme une entrée numérique, soit comme une sortie numérique, en utilisant les instructions pinMode(), digitalWrite() et digitalRead() du langage Arduino. Ces broches fonctionnent en 5V. Chaque broche peut fournir ou recevoir un maximum de 40mA d'intensité et dispose d'une résistance interne de "rappel au plus" (pull-up) (déconnectée par défaut) de 20-50 KOhms. Cette résistance interne s'active sur une broche en entrée à l'aide de l'instruction digitalWrite(broche, HIGH).

De plus, certaines broches ont des fonctions spécialisées :

- **Communication série:** broches 0 (RX) et 1 (TX). Utilisées pour recevoir (RX) et transmettre (TX) les données sériant de niveau TTL. Ces broches sont connectées aux broches correspondantes du circuit intégré ATmega8U2 programmé en convertisseur USB-vers-série de la carte, composant qui assure l'interface entre les niveaux TTL et le port USB de l'ordinateur.
- **Interruptions externes:** broches 2 et 3. Ces broches peuvent être configurées pour déclencher une interruption sur une valeur basse, sur un front montant ou descendant, ou sur un changement de valeur. Voir l'instruction attachInterrupt () pour plus de détails.
- **Impulsion PWM (largeur d'impulsion modulée):** Broches 3, 5, 6, 9, 10, et 11. Elles fournissent une impulsion PWM 8-bits à l'aide de l'instruction analogWrite ().
- **SPI (Interface Série Pérophérique):** broches 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Ces broches supportent la communication SPI (Interface Série Pérophérique) disponible avec la librairie pour communication SPI. Les broches SPI sont également connectées sur le connecteur ICSP qui est mécaniquement compatible avec les cartes Mega.

- **I2C:** broches 4 (SDA) et 5 (SCL). Elles supportent les communications de protocole I2C (ou interface TWI (Two Wire Interface - Interface "2 fils"), disponible en utilisant la librairie Wire/I2C (ou TWI - Two-Wire interface - interface "2 fils").
- **LED:** broche 13. Il y a une LED incluse dans la carte connectée à la broche 13. Lorsque la broche est au niveau HAUT, la LED est allumée, lorsque la broche est au niveau BAS, la LED est éteinte.

f. Broches analogiques :

La carte Uno dispose de 6 entrées analogiques (numérotées de 0 à 5), chacune pouvant fournir une mesure d'une résolution de 10 bits (i.e sur 1024 niveaux soit de 0 à 1023) à l'aide de la très utile fonction analogRead () du langage Arduino. Par défaut, ces broches mesurent entre le 0V (valeur 0) et le 5V (valeur 1023), mais il est possible de modifier la référence supérieure de la plage de mesure en utilisant la broche AREF et l'instruction analogReference () du langage Arduino.

Remarque : les broches analogiques peuvent être utilisées en tant que broches numériques : elles sont numérotées en tant que broches numériques de 14 à 19.

g. Autres broches :

Il y a deux autres broches disponibles sur la carte :

AREF : tension de référence pour les entrées analogiques (si différent du 5V).

Reset : mettre cette broche au niveau BAS entraîne la réinitialisation c'est-à-dire le redémarrage du microcontrôleur. Typiquement, cette broche est utilisée pour ajouter un bouton de réinitialisation sur le circuit qui bloque celui présent sur la carte.

h. Communication :

Le logiciel Arduino inclut une fenêtre terminal série (ou moniteur série) sur l'ordinateur et qui permet d'envoyer des textes simples depuis et vers la carte Arduino. Les LEDs RX et TX sur la carte clignotent lorsque les données sont transmises via le circuit intégré USB-vers-série et la connexion USB vers l'ordinateur (mais pas pour les communications série sur les broches 0 et 1).

Une librairie Série Logicielle permet également la communication série sur n'importe quelle broche numérique de la carte UNO.

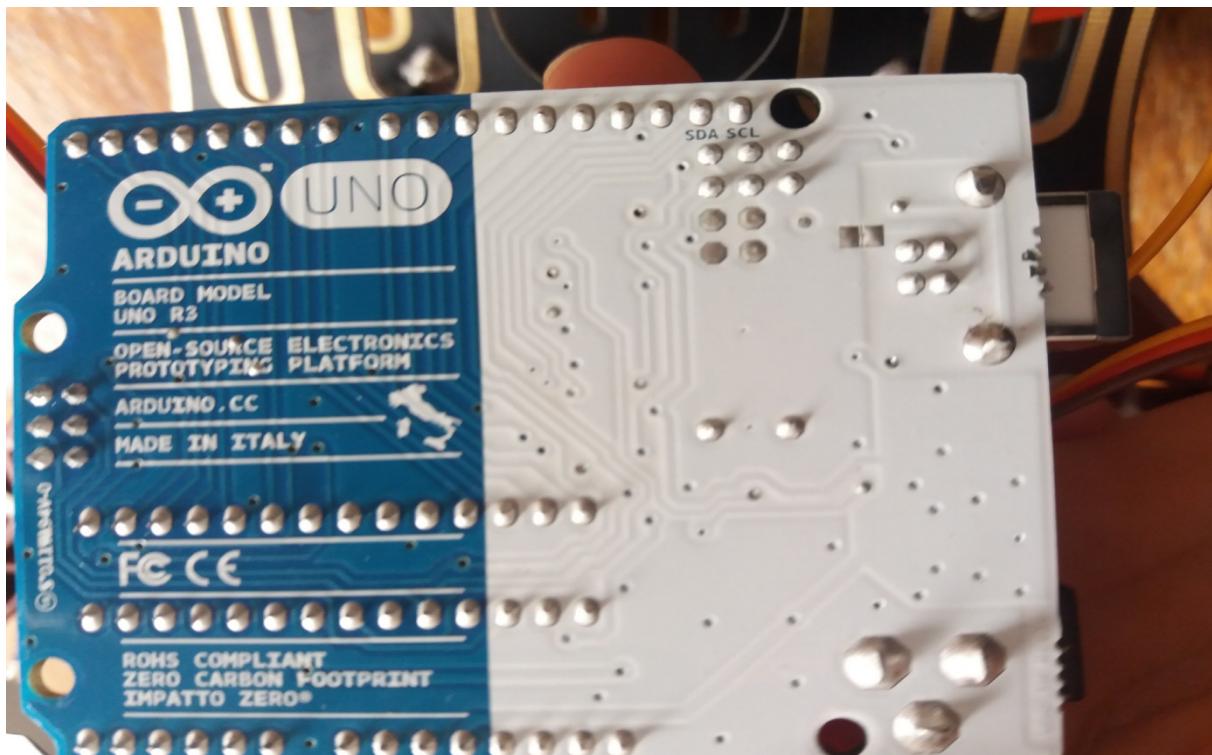


Figure 26:carte arduino UNO

8. Emetteur/ Récepteur par le pilotage :

a. La radio commande :

Pour piloter le drone, il faut piloter une radio côté pilote et un récepteur dans le drone.

Les radios actuelles sont en 2,4GHz et elles doivent nécessairement être programmables pour être configurée avec le drone.



Figure 27: le radio commande

Cette radiocommande est polyvalente, elle peut- être utilisée pour d'autres engins (avion, hélicoptère, drone ...)

b. Interface zigbee : (module xbee)

Le ZigBee est un standard de communication sans fil à bas coût pour échanger des données issues d'équipements sans fil simples et de faible consommation dans le milieu industriel. Avec la convergence de l'informatique, de l'électronique et des télécommunications, il est ainsi possible de mettre en place des réseaux de capteurs sans fil dans un contexte domotique ou de contrôle industriel. Il existe un marché que ZigBee permet de combler : surveillance de locaux pour la détection de départ de feu, surveillance de bâtiments contre les intrusions, Gestion Technique de Bâtiment (GTB), aide à la personne, assistance aux personnes...

Ce standard est promu par l'alliance ZigBee qui regroupe un ensemble d'industriels travaillant sur l'élaboration de spécifications afin de pouvoir développer des applications sans fil bon marché, de faible consommation et sécurisées.

i. Brochage :

Broche	Nom	Direction	Description
1	VCC	-	Alimentation
2	DOUT	Out	Sortie UART

Rapport de projet fin d'étude

3	DIN/CONFIG	In	Entrée UART
4	DO8	Out	Sortie digitale 8
5	RESET	-	Reset (au moins 200 ns)
6	PWM0/RSSI	Out	Sortie PWM0/Indication puissance Rx
7	PWM1	Out	Sortie PWM1
8	Réservé	-	-
9	DTR*/SLEEP_R Q/DI8	In	Contrôle Sleep/Entrée digitale 8
10	GND	-	Ground
11	AD4/DIO4	Inout	Entrée analogique 4 ou E/S digitale 4
12	CTS/DIO7	Inout	Clear To Send/ E/S digitale 7
13	ON/SLEEP	Out	Indicateur état
14	VREF	-	Tension de référence pour conversion
15	Associate/AD5/DI O5	Inout	Indication association/Entrée analogique 5 ou E/S digitale 5
16	RTS/AD6/DIO6	Inout	Reday To Send/Entrée analogique 6 ou E/S digitale 6
17	AD3/DIO3	Inout	Entrée analogique 3 ou E/S digitale 3
18	AD2/DIO2	Inout	Entrée analogique 2 ou E/S digitale 2
19	AD1/DIO1	Inout	Entrée analogique 1 ou E/S digitale 1

20	AD0/DIO0	Inout	Entrée analogique 0 ou E/S digitale 0
----	----------	-------	---------------------------------------

Tableau 2: brochage de l'xbee

Au minimum, le module XBee nécessite de câbler les broches d'alimentation (VCC et GND) et les signaux DIN et DOUT pour respectivement les données entrantes et sortantes de l'interface UART. Les autres broches utilisées servent à configurer le module...

Dans notre cas on va utiliser une manette XBee pour commander notre drone.

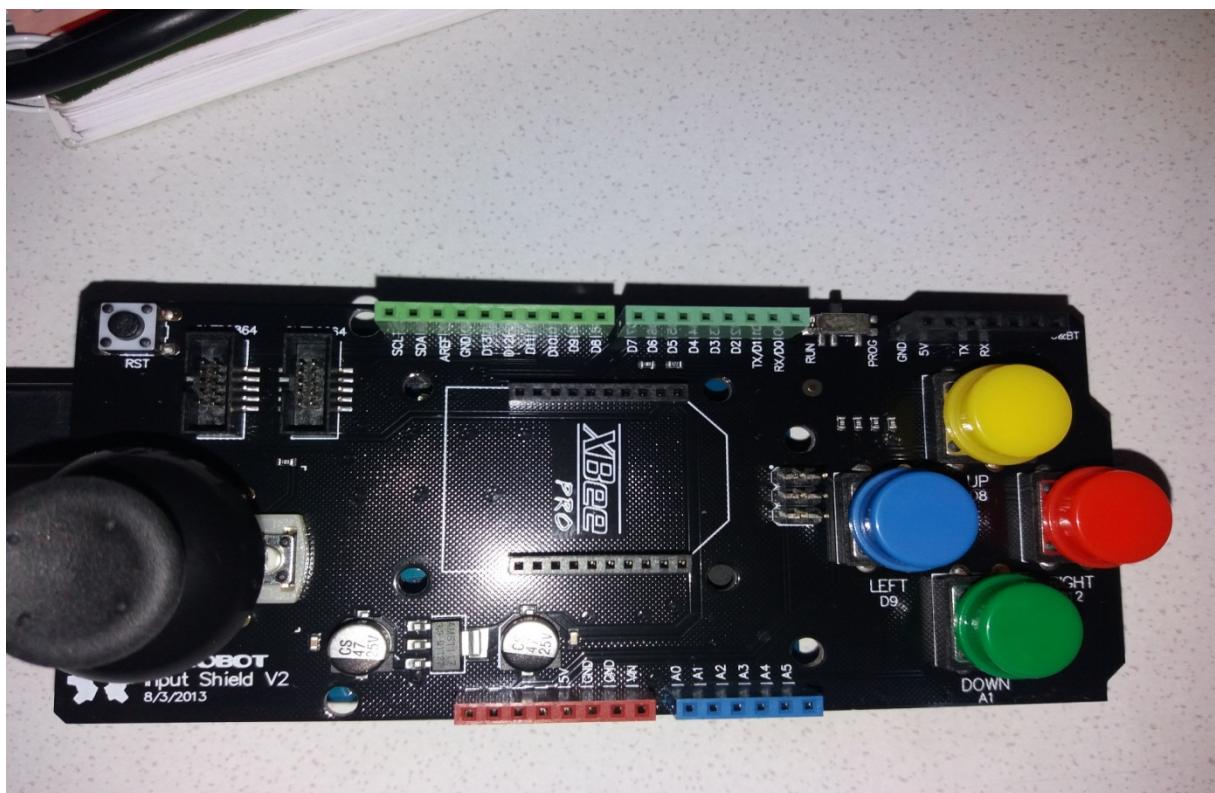


Figure 28: manette zigbee

Conclusion :

Ce sont tous les matériaux que nous avons utilisé dans notre projet. Le drone est facilement réparable (maintenance facile) mais les pièces sont difficilement interchangeables avec un délai de livraison rapide.

Chapitre 3 : Réalisation

Introduction :

Dans ce chapitre nous avons détaillé les différentes étapes de la construction mécanique de notre drone quadrirotor. Ensuite, nous avons présenté l'utilisation de PID et la manière dont on commande les quatre moteurs, ainsi que la manière de commander avec xbee.

I. Choix de châssis :

Le châssis que nous avons choisi est le DJI F450 car il est réputé solide. Il est même équipé d'un système de distribution de l'énergie permettant d'alimenter les ESC, ça sera toujours ça de moins à acheter ! Ce modèle dispose de quatre bras, c'est donc un quadricoptère que nous aurons construire.

Ce châssis F450 est très résistant aux chocs car il est conçu avec des pièces moulées dans des matériaux très résistants.

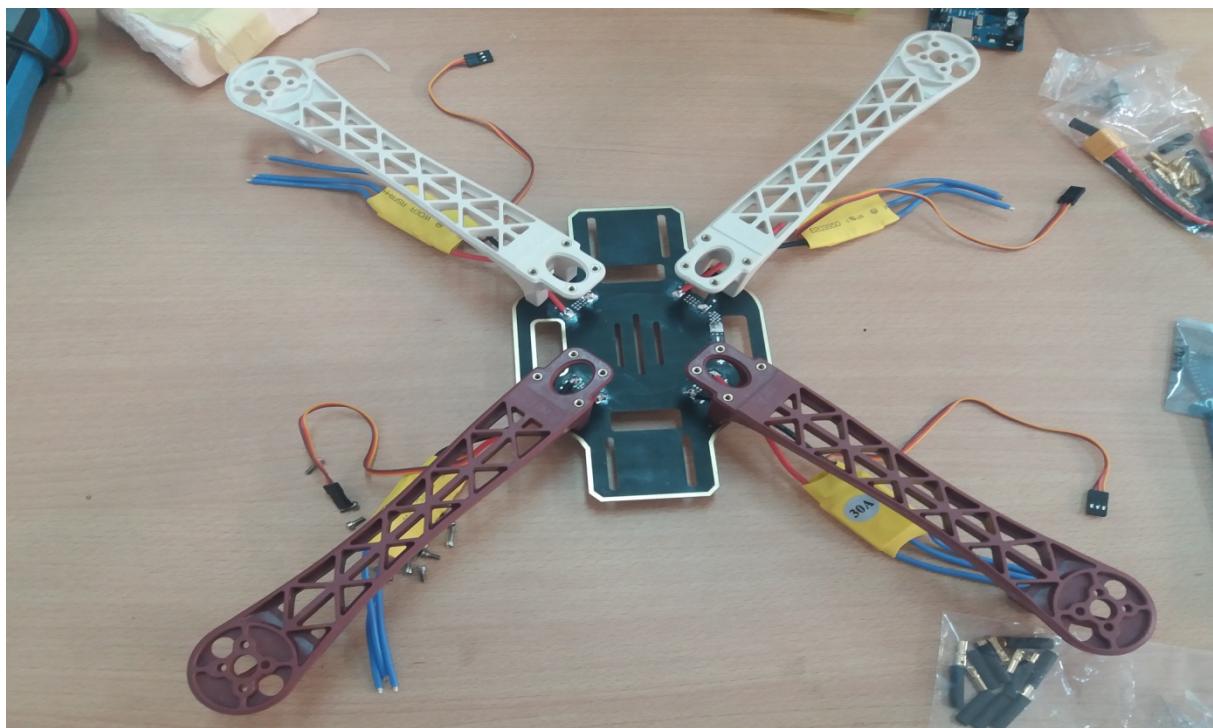


Figure 29: Châssis dji F450

II. Description mécanique :

La première étape consiste à préparer la platine pour y souder les ESC et le connecteur d'alimentation.

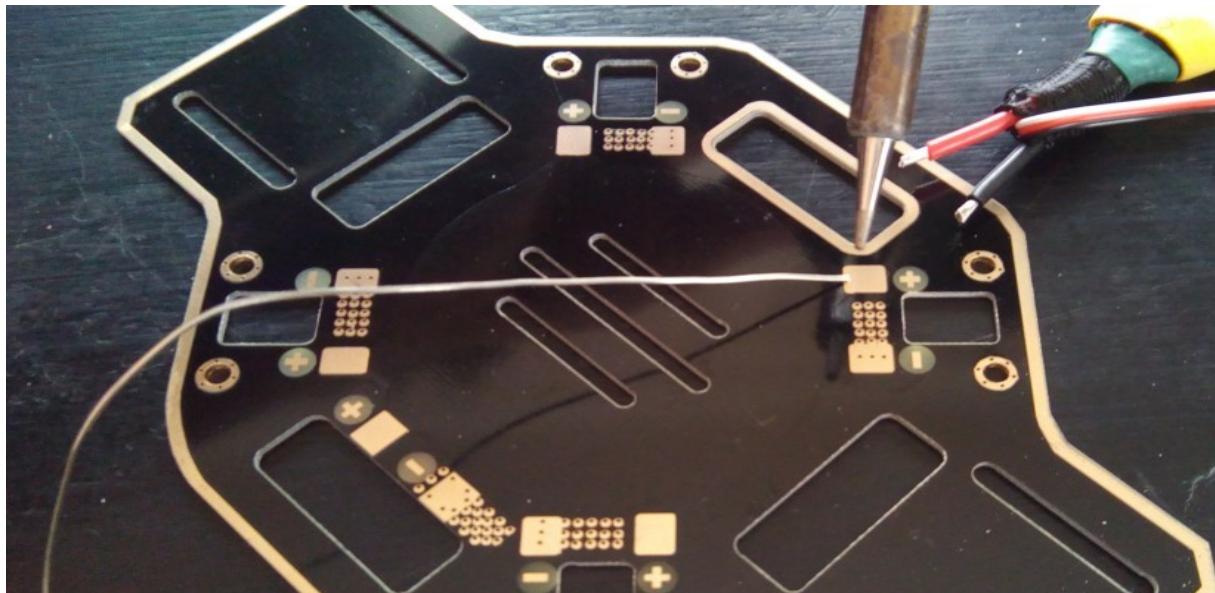


Figure 30: étape 1

Puis on a raccordé les ESC sur la platine du châssis inférieur en faisant attention à la polarité, puis on a soudé également le connecteur d'alimentation.

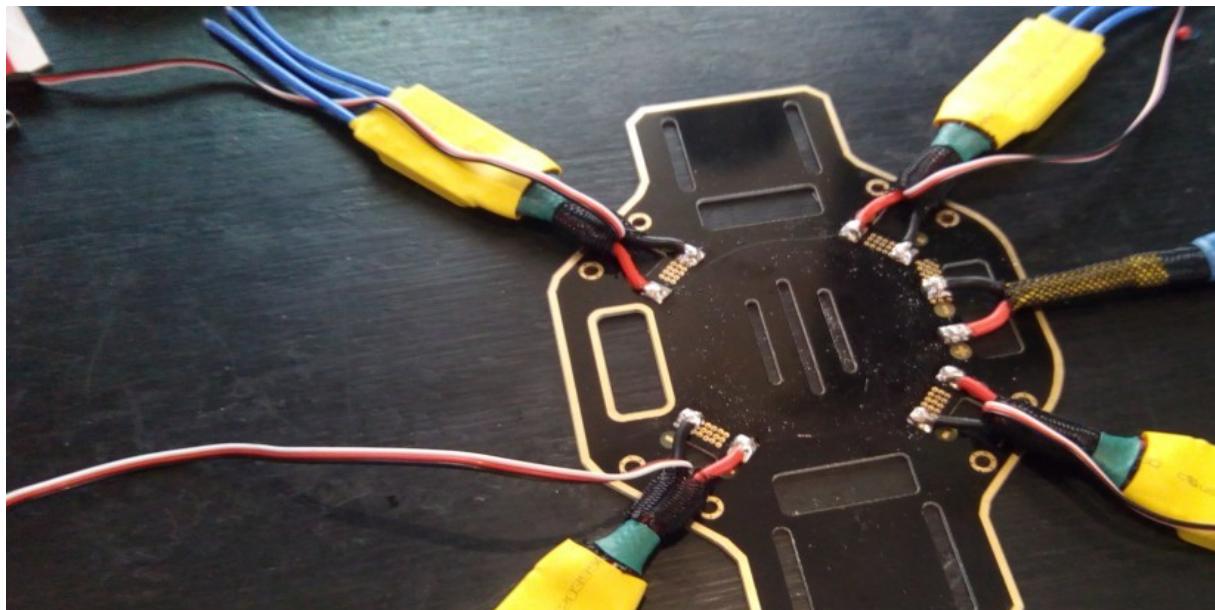


Figure 31 : étape 2

Puis on a ajouté des connecteurs Bullets femelle à nos ESC afin de les raccorder par la suite à nos moteurs.

Un peu de gaine thermorétractable sur chaque connecteur pour une isolation entre eux.



Figure 32 : étape 3

Une fois ce premier travail terminé, nous profitons en pour vérifier la continuité des pistes + et – et surtout pour éviter les courts-circuits à cause d'une petite soudure qui aurait débordé.

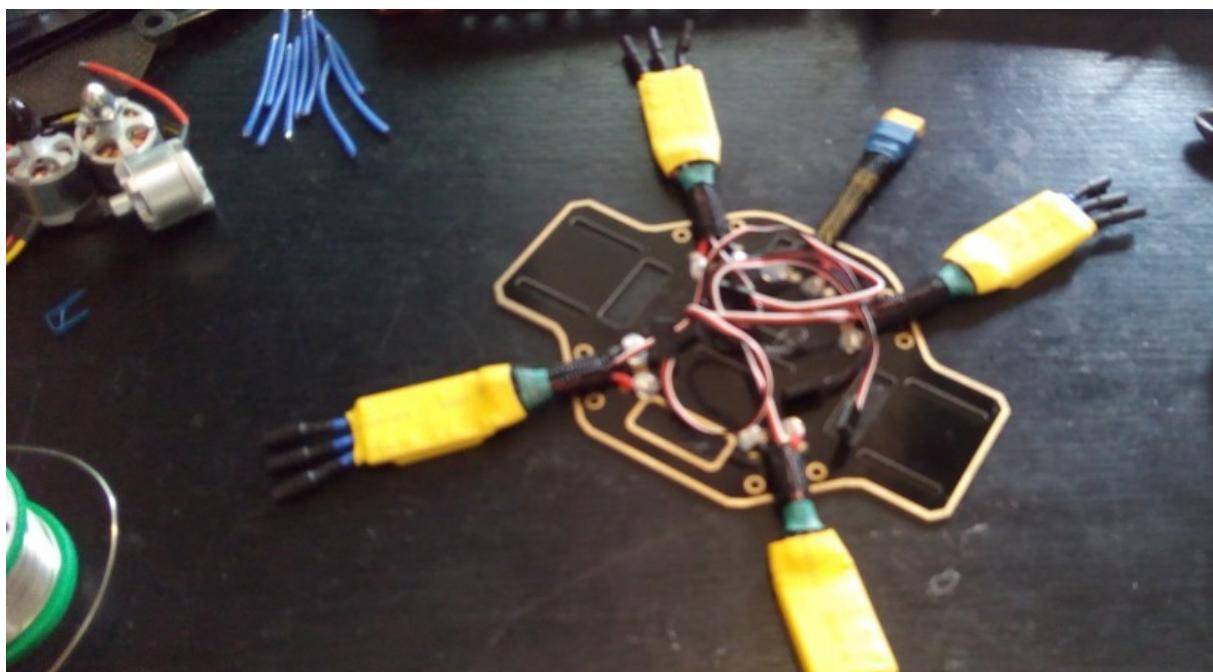


Figure 33 : étape 4

C'est le moment de monter les 4 bras au châssis de façon à mettre la même couleur en tête et l'autre à l'arrière.

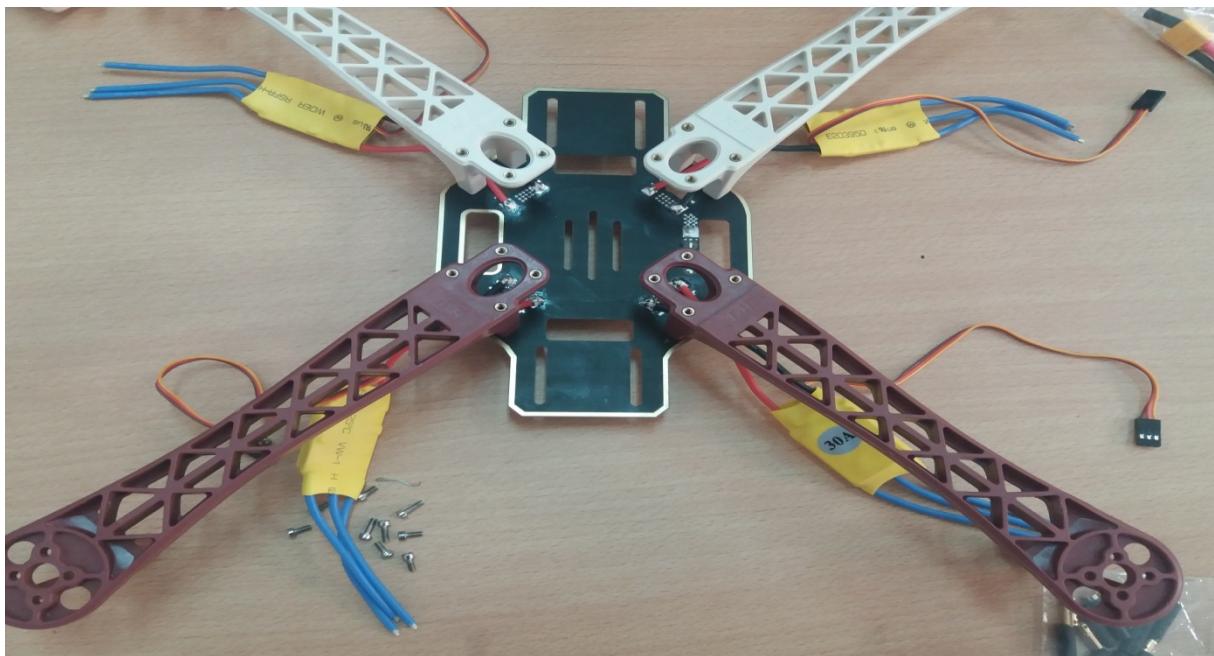


Figure 34 : étape 5

Après avoir soudé les connecteurs sur le moteur, on pense à les isoler également avec des manchons de gaine thermo rétractable, puis on monte le moteur en le vissant sur le bras.

On Faites de même pour les 3 autres moteurs.



Figure 35 : étape 6

On ajuste proprement nos ESC et on bloque les avec quelques petites colliers de type Colson.



Figure 36 : étape 7

On monter et fixer alors les hélices en respectant le sens de rotation, la poussée se faisant vers le bas.



Figure 37 : étape 8

Finalement on a ajouté la batterie, le gyroscope, la carte arduino et le module xbee.



Figure 38: étape 9

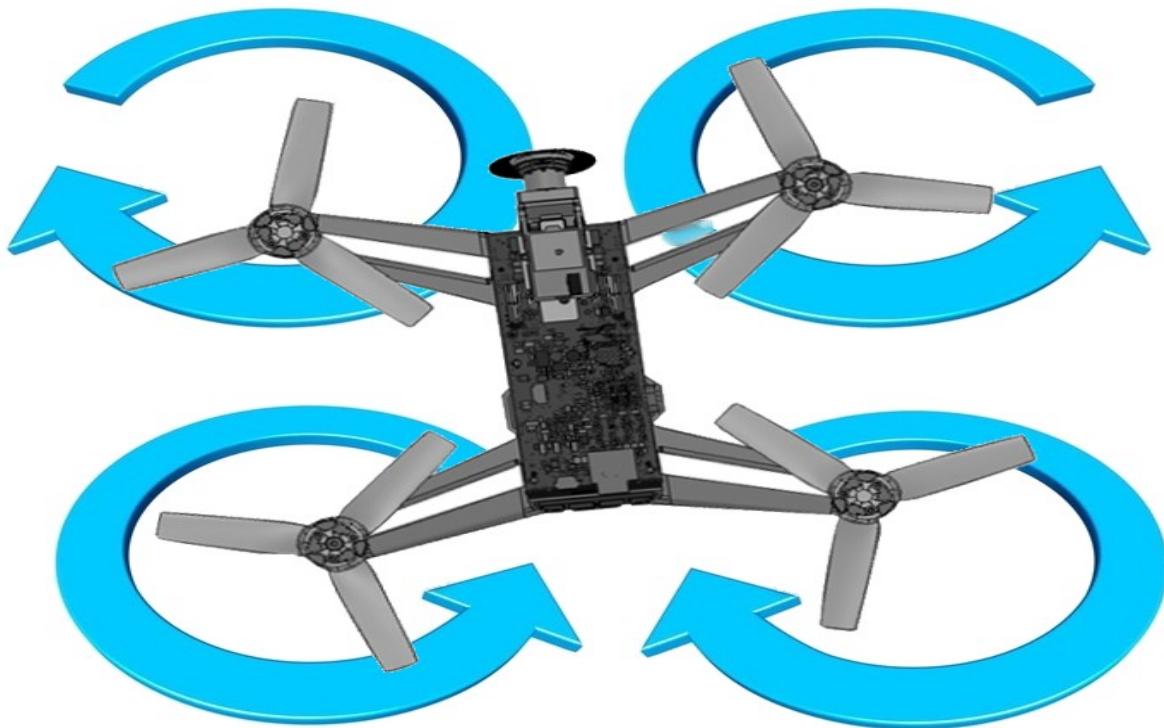


Figure 39 : sens de rotation des moteurs

III. Etapes de configurations :

1. Paramètre PID :

Nous nous sommes aperçus au cours de notre projet qu'il était difficile, et même en réalité impossible, d'obtenir un équilibre parfait et satisfaisant. PID signifie Proportionnel, Intégral, Dérivé, il fait partie d'un logiciel de contrôleur de vol qui lit les données des capteurs et calcule à quelle vitesse les moteurs doivent tourner afin de conserver la vitesse de rotation désirée de l'avion. Le but du régulateur PID est de corriger «l'erreur», la différence entre une valeur mesurée (mesure du capteur gyroscopique) et un point de consigne souhaité (la vitesse de rotation désirée). L "erreur" peut être minimisée en ajustant les entrées de contrôle dans chaque boucle, qui est la vitesse des moteurs.

a. Le choix de PID :

La régulation PID est ce que l'on appelle un « organe de contrôle » dans un système.

Celui-ci s'utilise en boucle fermée et convient tout à fait à nos besoins. De plus, c'est la méthode de régulation la plus utilisée dans l'industrie aujourd'hui car elle permet de résoudre

un nombre important de problèmes : trouver de la documentation sur cette méthode n'est donc pas difficile. Mais la principale raison qui fait que nous avons choisi d'utiliser ce type de régulation se base sur le fait qu'elle s'applique de manière empirique : c'est-à-dire que l'on peut, une fois que l'algorithme a été intégré au code, l'améliorer de façon expérimentale. Ainsi aucune connaissance poussée et précise n'est nécessaire pour pouvoir réguler son système et parvenir à l'objectif principal.

b. Loop temps :

Du contrôleur PID qui lit les données du capteur au calcul de la sortie, tout ce processus est appelé "loop". Les contrôleurs de vol modernes dans les drones de course sont capables de faire des milliers de "loops" par seconde.

c. L'effet de chaque paramètre PID :

La modification des valeurs PID affecte le comportement d'un quadcoptère de différentes manières.

Pour configurer notre PID nous avons passé à des tests pour chaque gain pour avoir stabilisé notre drone.

➤ Le Gain P :

Pour tester le bon réglage de « P » nous avons serré une branche de notre drone et nous avons tiré l'autre part de drone.

Si le drone vibre très fort ➔ P est trop fort on va le baisser.

Si le drone vibre plus moins ➔ P est très faible.

C'est-à-dire que lorsque l'on applique une force sur une branche, le quadricopter doit revenir dans sa position d'équilibre. Dans ce cas le P est parfait.

➤ Le Gain I :

Pour tester le bon réglage de « I » nous avons serré notre drone et nous avons poussé.

Si le drone retourne en retard à ça position ➔ I trop faible.

Si le drone retour a un temps parfait ➔ I est de bonne valeur.

Si le drone retourne mais dépasse sa position ➔ I est trop fort

➤ Le gain D :

Pour tester « D » on va commander le drone avec la manette :

Si le drone répond trop vite ➔ D est fort.

Si le drone répond après une longue durée ➔ D est faible.

Si le drone répond à un temps parfait ➔ D est exacte.

2. Programmation :

Le programme est au cœur du problème de la stabilisation du quadricopter. C'est lui qui va envoyer les ordres, recevoir les informations et réagir en conséquence. C'est lui le «cerveau» de l'opération qui nous permet d'agir sur le quadricopter. Il doit être parfait pour assurer une stabilité sans faille au quadricopter présumé en vol.

Nous avons donc passé la plupart de notre temps de projet sur ce programme, nous avons tout d'abord utilisé comme base l'exemple donné dans la bibliothèque Arduino sur l'utilisation du gyroscope.

Si on commande le drone par la manette zigbee la manette être le maître dans notre programme et elle va donner l'ordre par le module xbee à notre carte arduino donc le gyroscope est l'esclave.

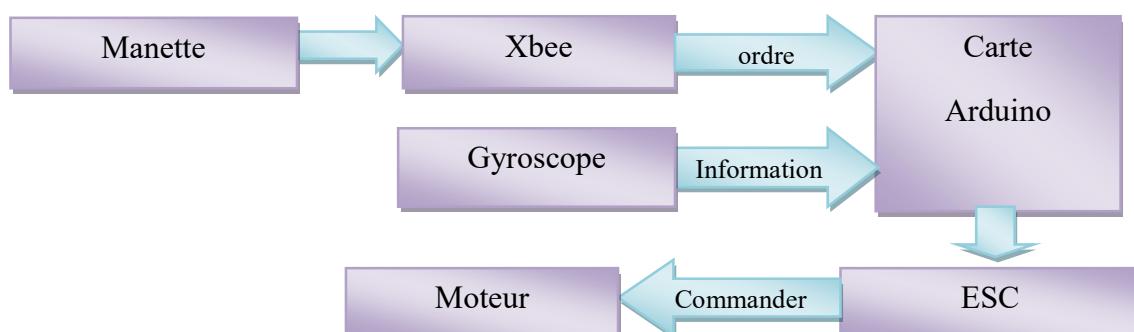


Figure 40: organigramme de programme (manette est le maître)

Si le drone voler stable dans l'air alors le gyroscope est le maître et la commande être l'esclave donc dans ce cas dans notre programme le gyroscope qui donne l'ordre à notre carte arduino.

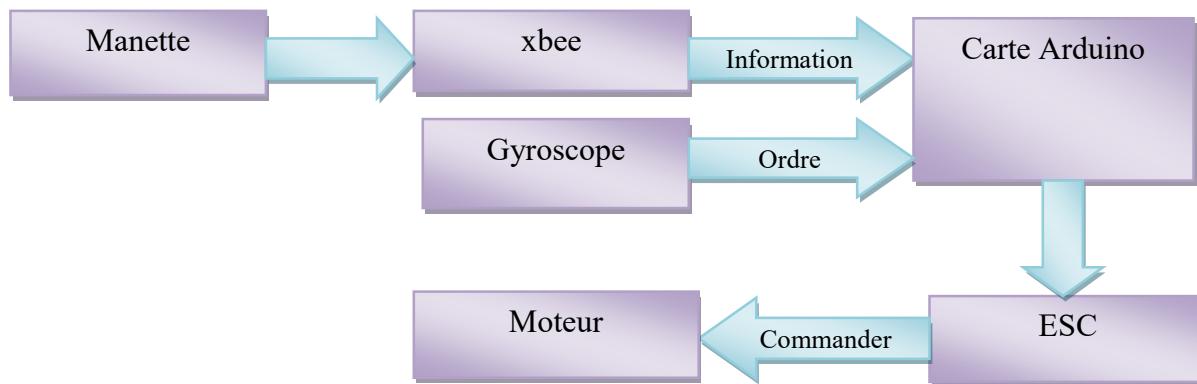


Figure 41: organigramme (gyroscope est le maître)

Voici comment les ESC tourner les moteurs plus ou moins vite.



Figure 42: organigramme de commande les moteurs

3. Configuration Xbee :

Le XBee est un microcontrôleur sans fil fabriqué par Digi qui utilise un émetteur-récepteur sans fil 2,4 GHz pour communiquer avec un autre module XBee. Ces modules sont capables de communiquer avec plus d'un module XBee, ce qui signifie que vous pouvez créer un réseau de modules de partout, du moment qu'ils sont à portée. Il existe plusieurs catégories de modules. Le XBee standard a une puissance d'émission de 1mW avec une portée de 10 à 100 mètres (série 1 et 2) et le XBee Pro dispose d'une puissance d'émission de 60 mW avec une portée pouvant aller jusqu'à 1000 mètres. Il existe aussi différents types d'antennes du module : filaire, chip, U.FL, RPSMA.



Figure 43 : interface xbee

a. Le protocole utilisé :

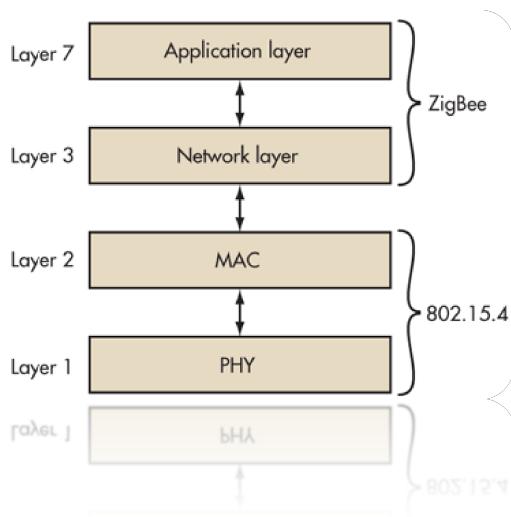


Figure 44: protocole utilisé

Le XBee utilise le protocole IEEE 802.15.4 pour la couche 2 du modèle OSI et le protocole Zigbee pour la couche 3. Le protocole IEEE 802.15.4 permet la communication entre les modules alors que le protocole Zigbee crée la hiérarchie du réseau et configure d'autres paramètres comme l'association, l'authentification, l'encodage, le routage ou encore les services de la couche d'application autrement appelés les *clusters*.

Comme dans toutes les communications sans fil, des interférences ou du bruit peuvent venir perturber les données. Le 802.15.4 utilisent le *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS)

pour moduler les informations avant leur envoi à la couche physique. Chaque bit d'information est multiplié en 4 signaux différents. Ce processus utilise plus de bande passante mais une densité spectrale de puissance plus basse ce qui facilite la détection et le décodage du message côté récepteur.

Remarque : le 802.15.4 est un protocole à basse consommation. Il utilise des cycles courts, ce qui permet au transmetteur d'être mis en veille la plupart du temps. Les tâches de réception et d'envoi peuvent aussi être paramétrées de façon à ce qu'elles consomment peu d'énergie.

b. Zigbee, un protocole de maille ?

Il existe trois types de nœuds dans un protocole Zigbee :

- Coordinateur : module "maître", il contrôle le réseau.
- Routeurs : ils routent les informations envoyées par les terminaux.
- Terminaux : les capteurs qui prennent les informations sur l'environnement.

Le protocole Zigbee crée des topologies en étoile :

- Les terminaux sont connectés à un routeur ou à un coordinateur.
- Les routeurs peuvent être connectés entre eux ou avec un coordinateur.
- Les routeurs et les coordinateurs ne peuvent pas être mis en veille. Ils doivent conserver dans leur buffer les paquets qui sont destinés aux terminaux.
- Les terminaux peuvent être mis en veille.

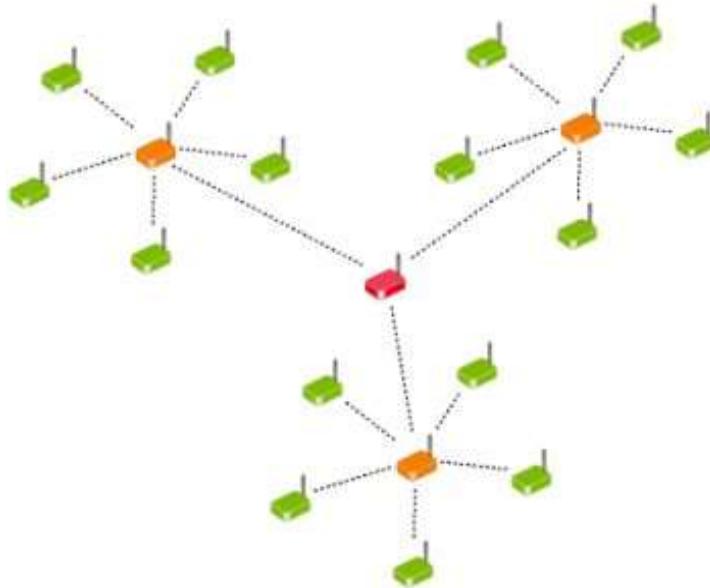


Figure 45 : zigbee maille 1



Coordinateur



Routeur



Terminal

Le protocole DigiMesh basé sur le 802.15.4 propose un réseau de distribution complète où tous les modules peuvent communiquer entre eux directement sans passer par un routeur, chose que le protocole Zigbee ne propose pas. Ici tous les nœuds ont le même rôle, celui de "end devices + routeurs". Ils communiquent entre eux en utilisant les datagrammes *peer to peer*. L'avantage de ce protocole est que les modules terminaux peuvent router les informations de leurs frères et se mettre en veille lorsqu'ils ne sont pas sollicités.

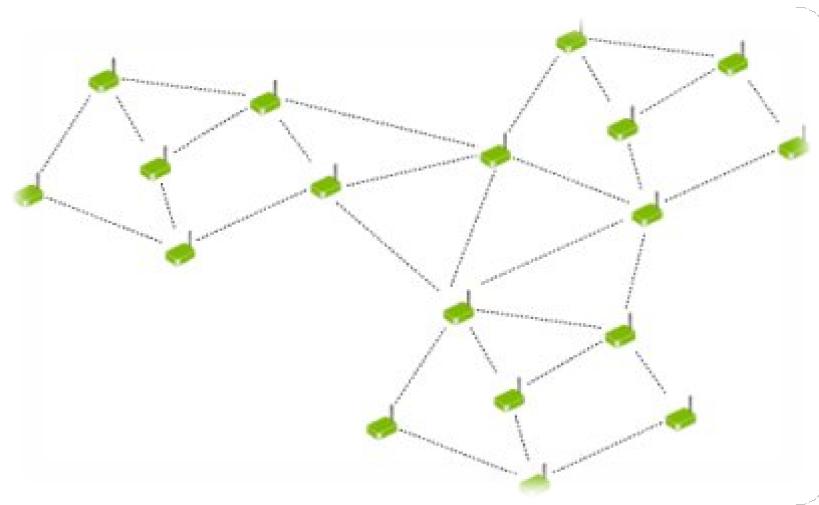


Figure 46: zigbee maille 2

c. Une conception bien pensée :

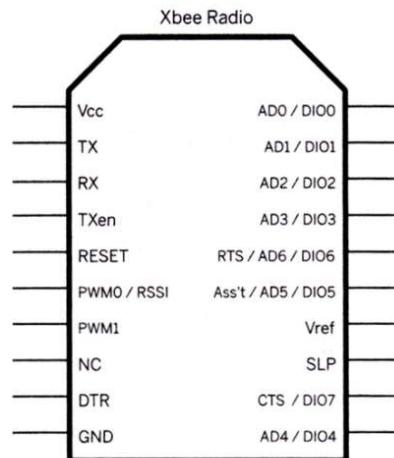


Figure 47: xbee radio

Le module XBee offre de nombreuses possibilités en termes d'action. La représentation de la Série 2 ci-contre peut varier légèrement sur une autre catégorie. Néanmoins, la disposition des pins reste la même.



Figure 48: module xbee

L'espace entre les pattes du XBee étant plus petit que celui d'une plaque, on a besoin d'un adaptateur pour rattraper cet écart. Ils se trouvent facilement dans le commerce. Un simple adaptateur suffit si le XBee est destiné à être posé sur une plaque Arduino. Sinon il existe des adaptateurs avec dongle USB ou encore avec port serial.

Ici, nous avons soudé le XBee sur un adaptateur auquel nous sommes venus souder des pattes mâle-mâle permettant la pose sur la plaque Arduino. A noter : pensez à isoler avec du scotch les pistes entre l'adaptateur et le XBee.

Le montage du XBee est très simple. Il nécessite seulement 4 fils.

Arduino \longleftrightarrow XBee

Vcc +5V \longleftrightarrow Vcc

GND \longleftrightarrow GND

Pin numérique 2 \longleftrightarrow TxD

Pin numérique 3 \longleftrightarrow RxD

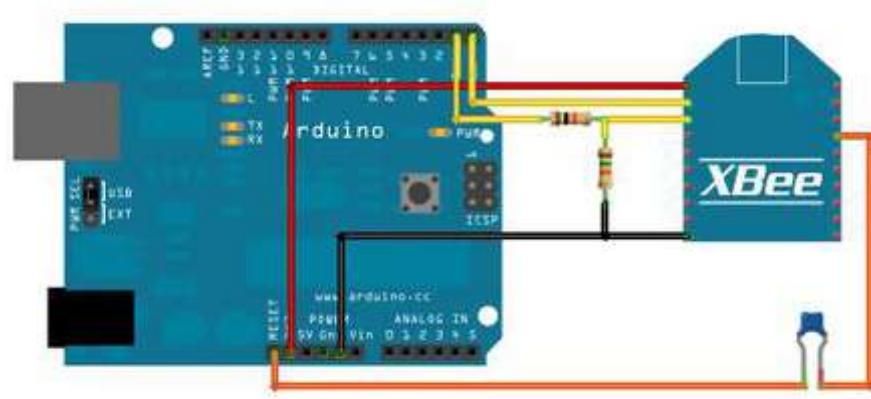


Figure 49 : câblage de xbee avec carte arduino

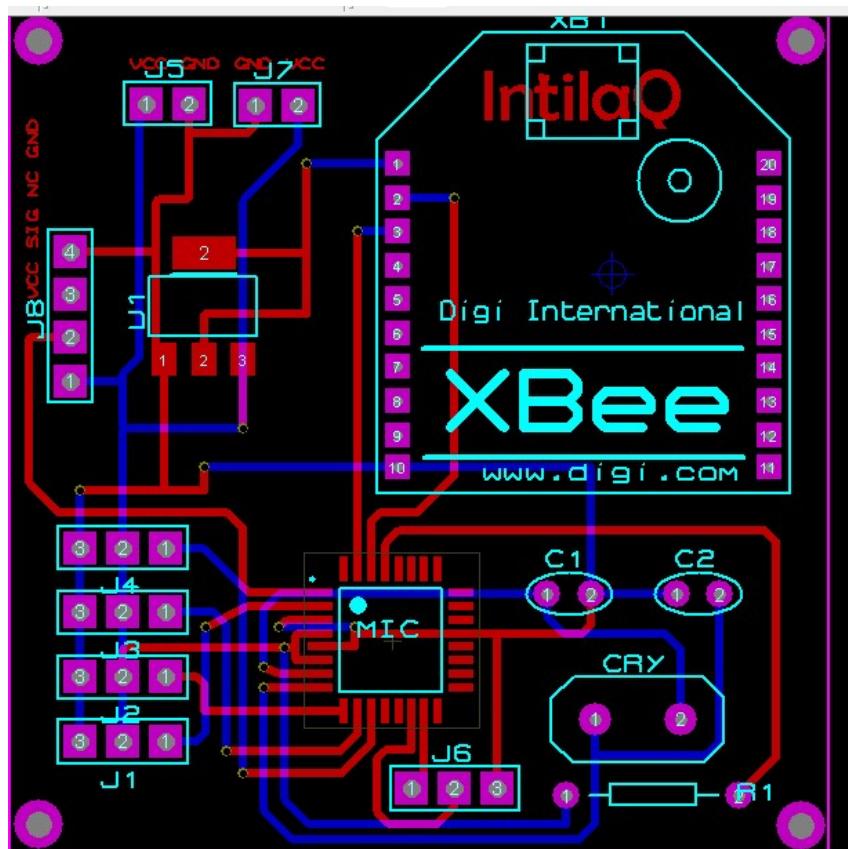


Figure 50: typon ARES Xbee

On commence par connecter l'alimentation électrique (Vcc) et la terre (GND). On relie ensuite les pins Tx et Rx (Transmission-Réception) du XBee aux pins numériques de la carte.

Selon la carte utilisée, il faut ajouter une résistance 10K/15K pour réduire la tension du Tx de 5V à 3,3V. Je vous conseille de le faire, cela évitera de griller votre XBee.

Cette année, après avoir suivi les instructions de certains sites, j'avais connecté en direct le XBee à ma carte Arduino Dualmilanov. Résultat des courses, le XBee a grillé. Je ne suis pas certain que ça en soit la cause, ça a peut-être été dû à une mauvaise manipulation, mais dans tous les cas, il est préférable de mettre une résistance. Cela vous évitera de perdre du temps à rechercher la panne.

Ces premières pins vous permettent d'être opérationnel rapidement et d'obtenir des premiers résultats. Le XBee dispose de nombreux autres pins :

- Les pins analogiques permettent d'obtenir des valeurs qui varient dans un intervalle de 0 à 5V,
- Le RESET permet d'effacer manuellement les données sur le XBee.
- ...

Enfin, un câble USB Serial permet le téléchargement du programme depuis le logiciel vers la carte émettrice. Pour notre projet, il s'agit d'une carte Arduino Dualmilanov.

d. Un logiciel avancé :

Depuis le site de Digi, il est possible de télécharger le logiciel XCTU. Ici nous ne vous parlerai pas de la version " *Next Generation XCTU*" mais de la "*Legacy XCTU*". L'installation de drivers supplémentaires est parfois demandée. Après avoir branché la carte émettrice à l'ordinateur, et lancer le logiciel, vous devez vous connecter. Dans l'onglet " *PC Settings* ", sélectionnez le bon port, laissez par défaut 9600ms pour le "*Baud rate*" (rapidité de la connexion) et connectez-vous. La fenêtre ci-dessous devrait apparaître vous donnant les informations sur le XBee. Vous pouvez retrouver ces informations au dos du XBee.

Rapport de projet fin d'étude

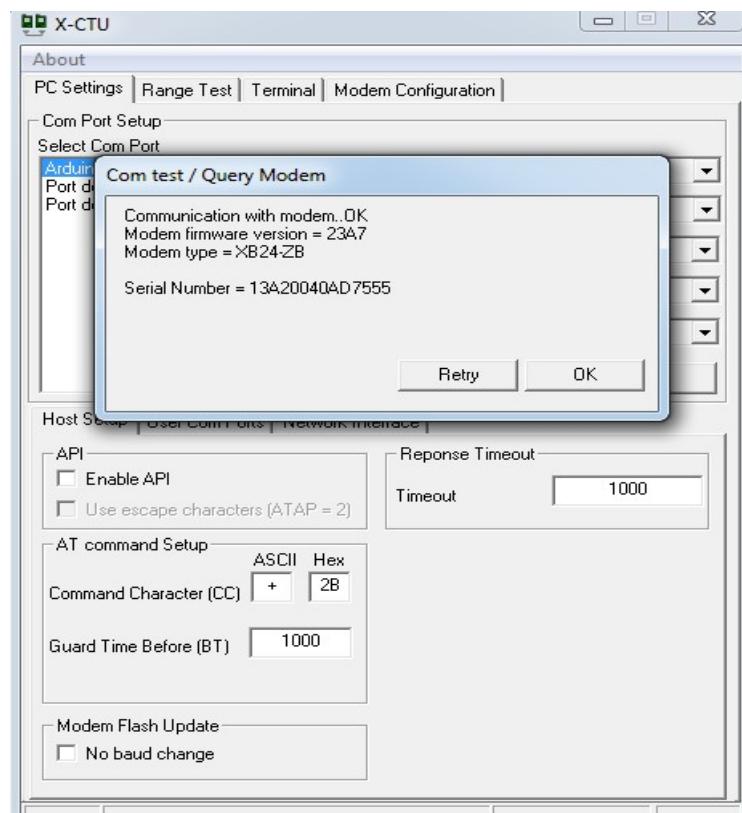


Figure 51 : Cliquez ensuite sur l'onglet "Modem Configuration".

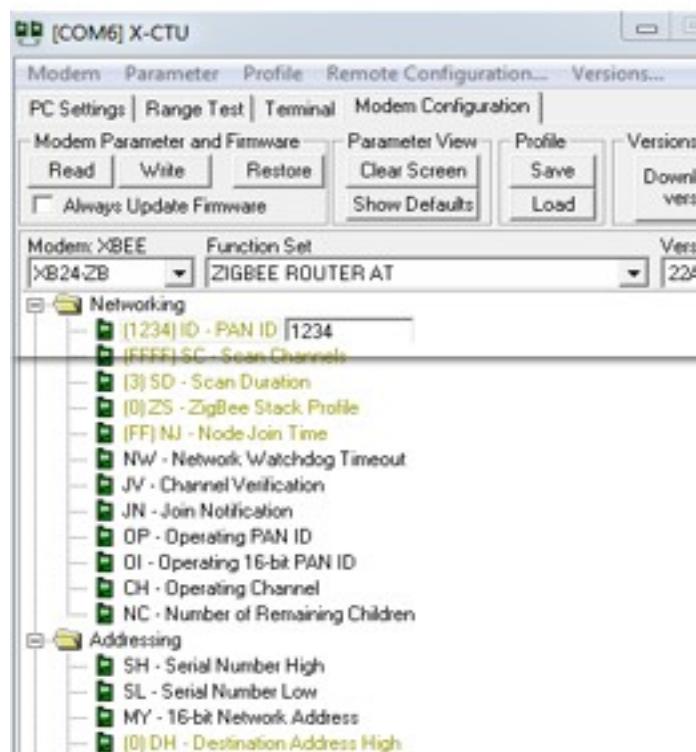


Figure 52: configuration zigbee

e. Premiers paramètres à configurer :

Après quelque temps d'inutilisation du logiciel, il est recommandé de vérifier les mises à jour en cliquant sur "*Download new versions...*".

Commencez par sélectionner le modèle de votre XBee et sa version. "*Function Set*" est le rôle que vous souhaitez donner à ce XBee. Il regroupe le protocole utilisé, le type de nœud, et le mode. Il existe 2 modes :

- AT (ou transparent) se contente de recevoir et d'envoyer les données.
- API (ou commande) permet de construire des messages au format XBee à partir d'un ordinateur ou d'un microcontrôleur comme Arduino.

Ou alors vous pouvez simplement cliquer sur "*Read*" pour lire directement les données du XBee.

De nombreuses options de configuration sont ensuite proposées. Selon la configuration choisie, certaines ne sont pas accessibles. Les plus importantes sont les suivantes :

- ID : PAN ID – l'ID du réseau sur lequel les XBees vont communiquer. Il est donc indispensable que cet identifiant soit le même pour tous les XBee du réseau.
- DH : Adresse Haute – égale à 0 si la communication se fait avec un seul autre XBee.
- DL : Adresse Basse – égale à FFFF si on envoie en broadcast.
- Dans les "*Settings*", "*D0*"..."*D5*", vous pouvez changer les connexions à digitales (=numériques), analogiques, entrée, sortie.

IV. Essai de vol :

1. Carte contrôle de vol

Cette carte a pour rôle de recevoir les commandes de vol depuis la manette et de les transférer à la carte Arduino sous forme d'impulsions

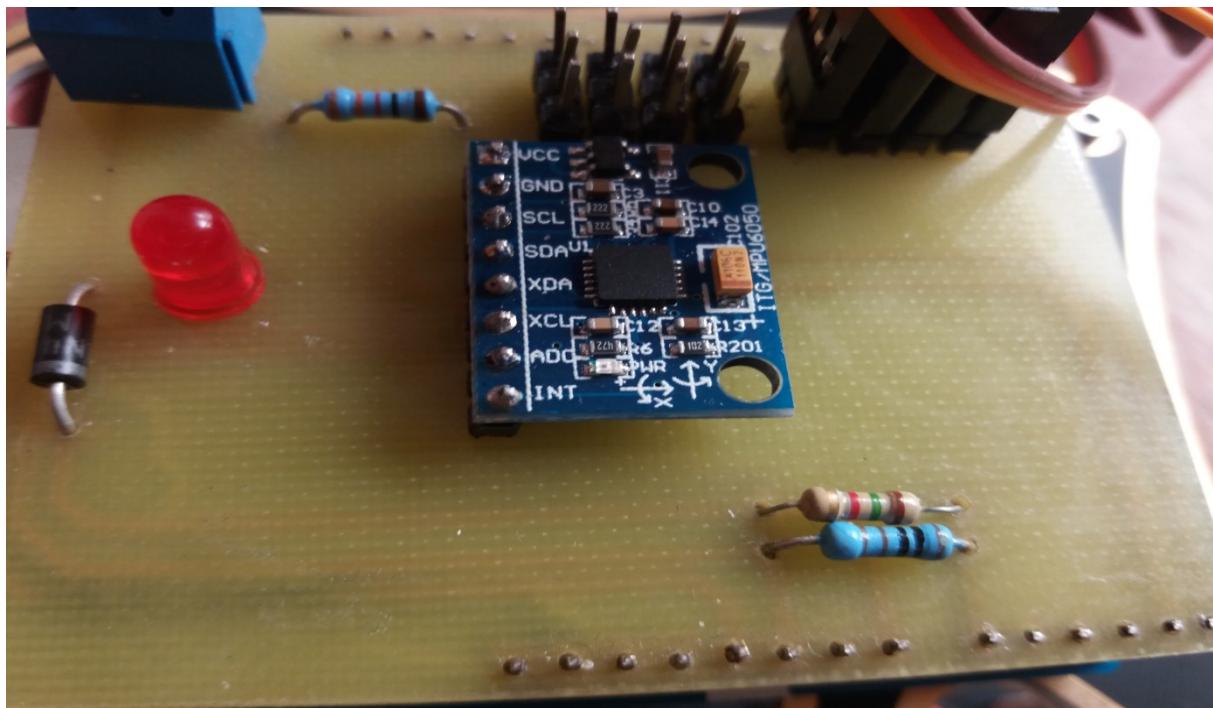


Figure 52 : carte contrôle de vol

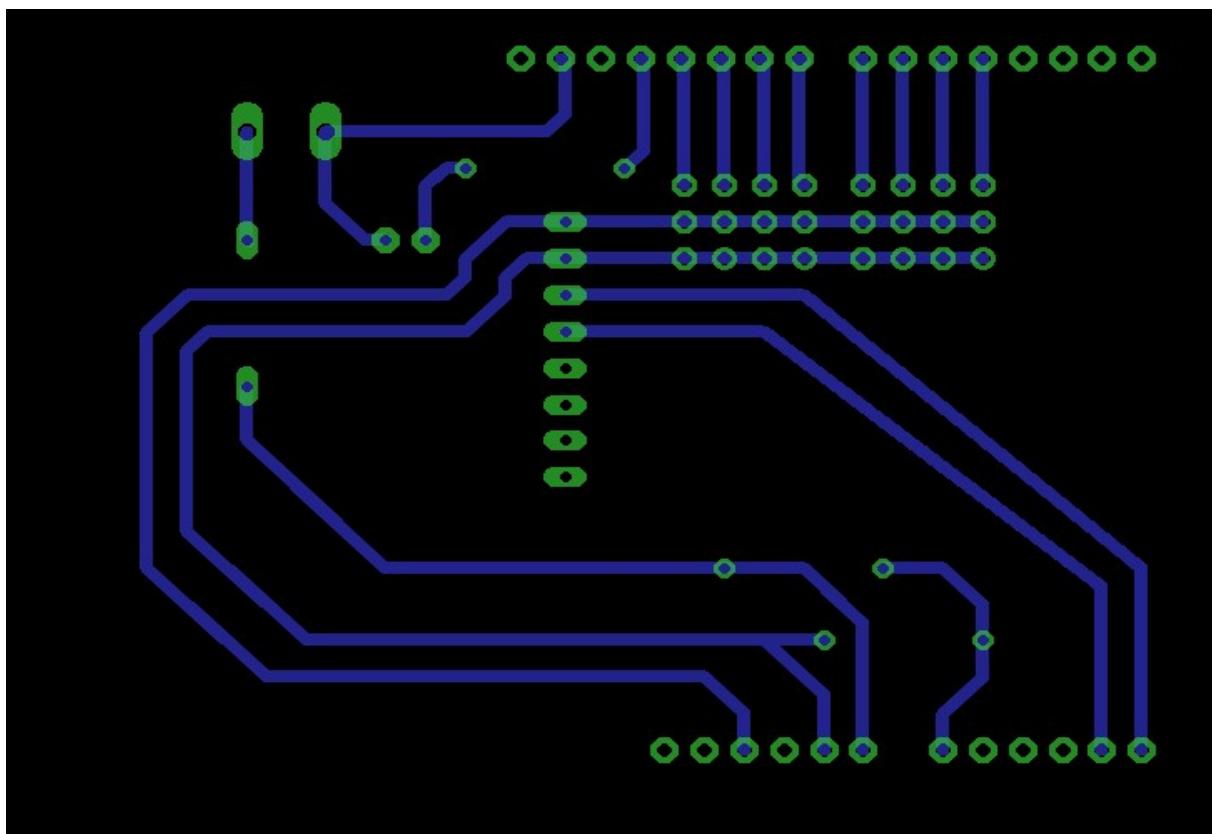


Figure 53: typon eagle carte contrôle de vol

2. Les problèmes apparus lors du premier essai :

Après avoir effectué les premiers tests, nous nous sommes rendu compte que les deux moteurs ne tournaient pas à la même vitesse pour une même valeur d'entrée. Notre drone ne volait pas stable dans la première fois. Un faux protocole de communication xbee. Court circuit au niveau de moteur (moteur détruire) et au niveau de gyroscope (coupure information). Une hélice non fixée a causé de la vibration elle a volé dans l'air.

3. Les solutions :

- Nous avons étalonné nos moteurs.
- On a corrigé notre PID pour stabiliser notre drone.
- Corrigé le protocole de communication dans la programmation de microcontrôleur.
- Changement de moteur.
- Changement de gyroscope.
- Fixation des hélices.

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons choisi l'étude pratique de notre projet fin d'étude, nous a permis d'approfondir nos connaissances théoriques et pratiques.

Lors de cette application, nous avons réalisé un drone porteur de colis à base de l'arduino et commander par l' Xbee.

Conclusion générale

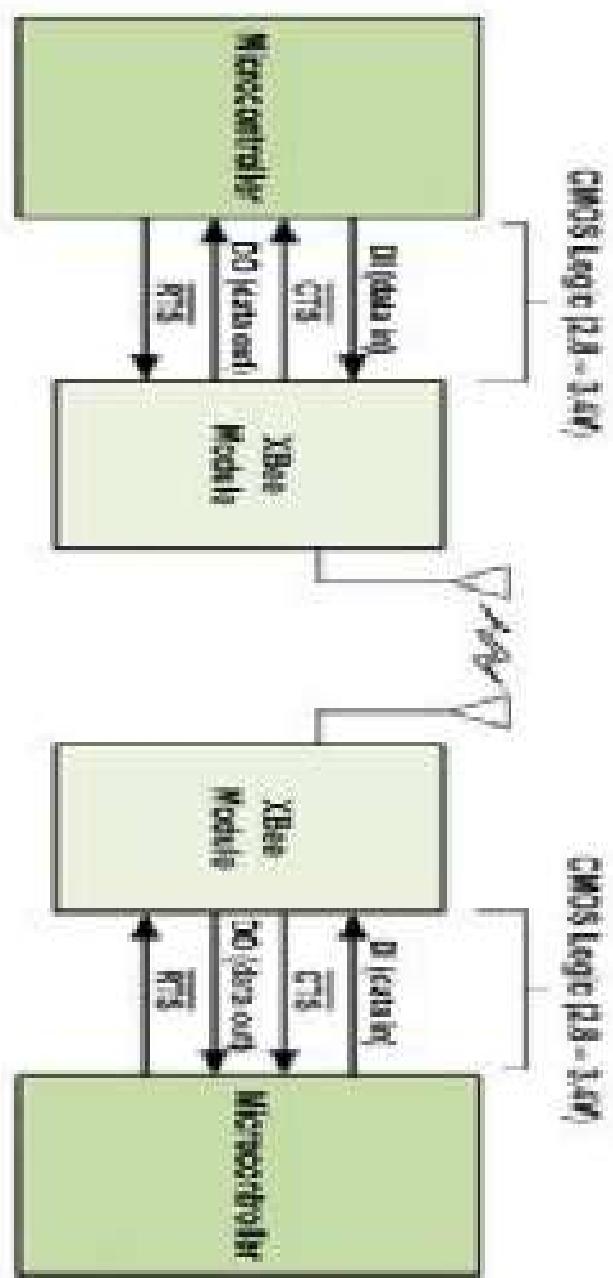
L'objectif de notre projet est d'étudier un drone porteur de colis mettant en application nos connaissances acquises en cours. Nous avons choisi notre matériels en fonction de nos besoins puis nous avons essayé différentes solutions afin d'arriver aux fonctionnalités souhaitées.

On peut développer le travail de différentes manières, par exemple, on peut commander notre drone à distance à travers un téléphone mobile en utilisant une connexion téléphonique mobile pour réaliser de l'échange de données. On peut aussi commander notre drone en utilisant le GPRS. Le principal souci avec ce type de connexion et plateforme Arduino, c'est qu'il faut souvent utiliser un shield GPRS.

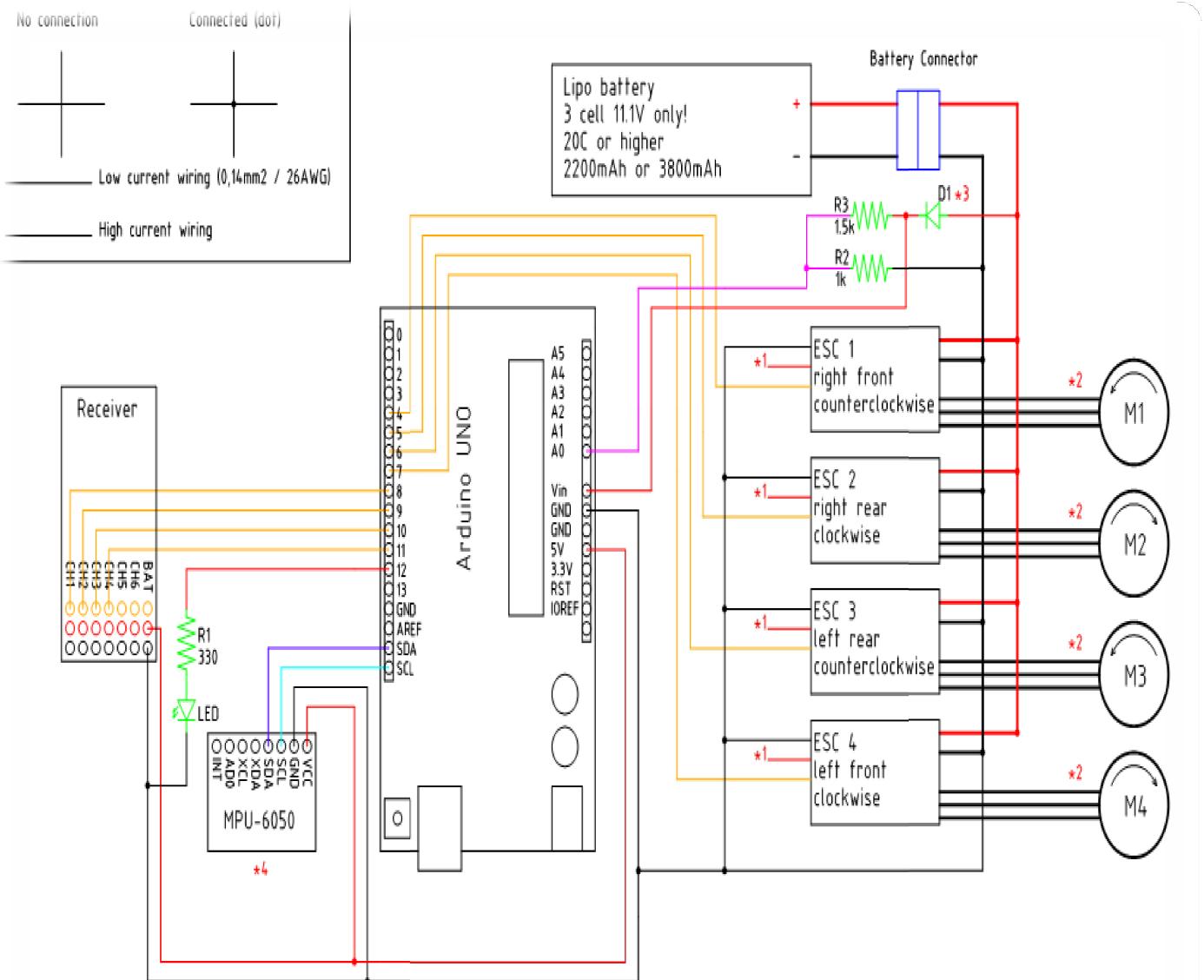
Netographie

- [1] <http://www.instructables.com/id/Arduino-Self-Balancing-Robot-1/>
- [2] <http://drone.insa-rennes.fr/wp-content/uploads/2015/04/Monographie-VF.pdf>
- [3] http://sti.ac-bordeaux.fr/techno/for_dune/4-Le_drone/notice-technique_choix_drone.pdf
- [4] <https://www.planetegeek.fr/construire-son-drone-partie-chassis/>
- [5] <https://www.arduino.cc/>

Anneexe 1 : communication avec le model xbee



Annexe 2 : schéma de réalisation



*4 = For the YMFC-3D the L3G4200D or L3GD20H can also be used

*3 = 1N4001 or similar

*2 = switch 2 of the 3 wires to reverse the direction of the motor

*1 = do not connect the +5V BEC wire

This drawing is provided "as is", without warranty of any kind. You are using it at your own risk.

Project: YMFC-3D V2 & YMFC-AL		
Name:	Schematic	Drawn: J. Brokking
Date:	29-10-2016	Page: 1 of 1