

ENAC

Dossier des besoins

Réalisation d'une interface de calibration pour IMU de mini-drones dans le cadre du projet PAPARAZZI

Alinoé ABRASSART, Florent Gervais, Christophe Naulais,
Guillaume Saas
23/05/2013

Table des matières

I.	Présentation du système	2
1.	Finalité du système.....	3
2.	Parties prenantes.....	4
3.	Contexte de mise en œuvre	6
a.	Contexte opérationnel.....	6
b.	Contexte logiciel.....	6
4.	Cycle de vie	7
a.	Conception et Spécification.....	7
b.	Développement.....	7
c.	Déploiement	7
d.	Mise à jour.....	7
e.	Désinstallation	7
II.	Analyse de l'existant	8
1.	Scénarios de travail	8
2.	Synthèse	9
a.	Points forts.....	10
b.	Points faibles	11
III.	Besoins	12
1.	Modèle conceptuel des données du domaine	12
2.	Cas d'utilisation.....	14
a.	Use case accéléromètres.....	Erreur ! Signet non défini.
b.	Use case magnétométrique	18
c.	Conclusion.....	Erreur ! Signet non défini.
3.	Synthèse des besoins	20
IV.	Annexes.....	24
1.	Les scénarios	24
a.	Calibration des accéléromètres par un utilisateur expert.....	24
b.	Calibration des magnétomètres par un utilisateur expert	27
c.	Calibration des accéléromètres par un utilisateur novice	29
d.	Calibration des magnétomètres par un utilisateur novice.....	31

Historique du document	
Versions	Commentaires
0.9	Version initiale pour corrections et remarque
1.0	Intégrations des corrections de Mme Gaspard-Boulinc. Remise en forme des points forts et points faibles, factorisation des use-cases
1.1	Intégration des corrections de Mme Letondal et de Mr Hattenberger. Fin de factorisation des Use-cases, révision

I. Présentation du système

1. Finalité du système

Pour prendre conscience de la finalité du système, il convient de comprendre le contexte dans lequel il vient s'insérer. PAPARAZZI est un projet open-source aussi bien logiciel que matériel visant à développer un pilote automatique pour les drones à voitures fixes ou rotatives. Il comprend l'ensemble des logiciels permettant aux drones de naviguer ou d'être contrôlé ainsi que les modes de fabrications des composants matériels nécessaire à l'assemblage d'un drone complet. Il est maintenu et développé par plusieurs équipes réparties dans différents pays et différentes universités. De plus, tout un chacun est libre d'apporter sa pierre à l'édifice en développant un composant logiciel. Aujourd'hui, le Framework PAPARAZZI est régulièrement utilisé dans des essais et des compétitions. Il tend à s'élargir de plus en plus vers le grand public et nécessite donc de nouveaux outils pour permettre aux novices de réaliser facilement les tâches nécessaire à la création d'un drone.

C'est dans ce contexte que vient s'insérer notre projet. Le produit qu'il vise à générer s'adresse donc à une grande gamme d'utilisateur allant du novice à l'expert et doit donner à chacun satisfaction. Il concerne plus précisément la phase de calibration de la centrale inertuelle intégrée au drone. En effet, ce capteur chargé de recueillir les informations nécessaires à la conduite du vol, a besoin d'être calibrée de manière à fournir des indications correctes. Pour cela, l'utilisateur doit actuellement réaliser une suite de manœuvres non intuitives lui permettant finalement d'arriver à générer les informations nécessaires à la bonne marche de la centrale inertuelle (IMU). Cette phase est donc critique et son mauvais niveau d'accessibilité est susceptible de rebouter l'utilisateur novice. De plus, l'utilisateur expert se trouve actuellement dépourvu de retour quant à la qualité des mesures collectées.

L'objectif est donc de développer une interface graphique lisible par la majorité des utilisateurs qui donnera l'ensemble des informations liées à la calibration des capteurs. Elle devra de plus permettre de guider de manière efficace l'utilisateur au fur et à mesure de cette tâche. Son intégration par rapport à l'ensemble de la structure PAPARAZZI est elle aussi fondamentale puisqu'il se trouverait dépourvu d'utilité hors de ce contexte. Une attention particulière sera donc accordée à sa convivialité d'utilisation dans le contexte de PAPARAZZI. Pour cela il est nécessaire de se rapprocher des utilisateurs du système et de distinguer leur importance par rapport à l'utilisation finale du produit.

2. Parties prenantes

(Cette partie est similaire à celle du plan de projet associé)

Etant donné l'ampleur du projet PAPARAZZI, les parties prenantes liées à l'interface de calibration sont multiples. Pour faciliter la prise en compte de leur diversité, il est possible de les regrouper en groupes d'utilisateurs. Pour cela plusieurs critères sont pris en compte : la facilité avec laquelle il est possible de prendre leur avis, l'importance de leurs requêtes, leur proximité avec le projet.

Le tableau suivant regroupe l'ensemble des utilisateurs par groupe en essayant de faciliter la lecture via une grille groupe, utilisateur, rôle. Chaque couleur correspond à un groupe d'utilisateur et vise à montrer l'importance dans le projet de chacun via son implication dans certains des groupes liés au projet. Certains utilisateurs font apparaître plusieurs couleurs dans leur description car sur certains points leur appartenance à un groupe n'est pas clairement définie. Ils sont alors rattachés à l'ensemble qui semble réunir le plus grand nombre de leurs caractéristiques. Dans l'ordre, l'importance accordée aux requêtes de chaque groupe est donnée d'abord par la facilité d'accès au groupe pour l'équipe de développement puis au nombre de requête similaire faite par différents groupes.

Groupe	Rôle	Nom	Entreprise /Fonction	Intérêts dans le projet
Labo ENAC, Forte proximité, Fort impact sur l'orientation du projet	Client	M. HATTENBERGER	ENAC/Responsable	Initiateur du projet, c'est lui qui a rédigé le sujet. Membre du collectif de développement du Framework PAPARAZZI, il veut, grâce à ce projet en développer encore l'audience en facilitant la phase critique qu'est la calibration des capteurs de navigation. Sa validation du projet est nécessaire, la totalité des besoins qu'il dicte doit donc être satisfaite.
	Membres laboratoire PAPARAZZI	du	Equipe PAPARAZZI ENAC	ENAC/Développement Collègues de M. HATTENBERGER, ils sont parties prenantes du projet PAPARAZZI, facilement joignables car présents sur l'ENAC, ils auront un fort impact sur le projet en tant qu'utilisateurs experts finaux. Il convient de leurs soumettre les prototypes. Un des membres est d'ailleurs à l'origine des scripts de calibration originaux. La moindre modification peut l'amener à modifier tout ou partie de son code, ses demandes sont donc extrêmement prioritaires
Labo étranger Difficulté à être contactés, Impact fort des requêtes en cas de demande	Equipe étrangère projet	Equipe étrangère	Laboratoire de recherche à l'étranger	Parties prenantes de PAPARAZZI, ils prennent part aux développements depuis leurs labos à l'étranger. Seul l'éloignement géographique et le peu de contact que nous avons eu avec eux les distinguent du labo ENAC
	Utilisateur expert	Le monde	Domicile/Développeur	Avant tout utilisateur du Framework PAPARAZZI, il se distingue des autres en prenant part de manière ponctuelle ou continue à des projets de développements. Cette caractéristique pousse à prendre ses remarques avec plus d'attention.
Utilisateurs, Difficultés à être contactés, Faible impact sur les décisions	Utilisateurs novices	Le monde	Domicile/Utilisateur	L'utilisateur novice est un utilisateur de paparazzi qui découvre le Framework. Il ne participe pas au développement et n'a pas une utilisation aussi assidue que celle des laboratoires de recherches précédemment cités. Son importance quant aux choix fait dans le projet est donc moindre
	Utilisateurs experts	Le monde	Domicile/Utilisateur	L'utilisateur expert est un utilisateur de paparazzi qui connaît bien le Framework. Il ne participe pas au développement mais a une utilisation approfondie du logiciel, chaque changement est susceptible de diminuer sa productivité. Son importance quant aux choix fait dans le projet est moindre mais reste considérable. Il est cependant moins vital que les laboratoires
Equipe de développement	Equipe du projet	ENAC	ENAC/Développe le code	L'équipe de développement est un utilisateur novice participant au développement, ses demandes sont minimales. Elle est en fort lien avec les utilisateurs de l'ENAC pour des questions d'intégration.

3. Contexte de mise en œuvre

a. Contexte opérationnel

Pour cerner le contexte opérationnel nous avons procédé en deux étapes. La première a consisté en une interview contextuelle avec le tuteur du projet, M. HATTENBERGER. Faîtes dans son bureau et dans le labo drone celle-ci nous a permis de cerner le contexte usuel d'utilisation de la procédure de calibration. Elle se déroule sur un plan de travail avec un peu d'espace à disposition, de préférence sans interférences électromagnétiques même si la présence de métaux ferromagnétique dans les environs ne semble pas être problématique. Ce premier point est rassurant, l'architecture du système PAPARAZZI est suffisamment robuste pour tolérer un environnement de travail normal pour n'importe quel utilisateur, il ne sera donc pas nécessaire d'en tenir compte de manière détaillée dans notre application. Suite à cette première phase nous avons posé des questions concernant les utilisations exceptionnelles qui auraient pu être faites de la phase d'initialisation : des configurations particulières de capteurs, des environnements difficiles, un besoin pour une calibration expresse... Il s'avèrera que la calibration soit une phase qui intervient tôt dans l'utilisation du drone, qu'elle est peu amenée à être renouvelée par la suite et qu'elle ne pose que rarement de soucis en environnement difficile comme peut l'être un terrain de vol. Ce point aussi est rassurant, il n'y a que peu de modifications possibles dans le processus de calibration qui sont à prendre en compte. On pourra donc dans un premier temps se satisfaire d'une interface assez restrictive quant aux options de choix dans le processus de calibration. Reste encore à définir ces choix via l'analyse de l'interview contextuelle dans les scénarios d'usage. Un autre point important est le contexte logiciel dans lequel est déployé le Framework PAPARAZZI.

b. Contexte logiciel

Le Framework PAPARAZZI fonctionne sur l'ensemble des distributions linux dérivées de Debian. Ce contexte logiciel est à prendre en compte mais influencera peu la réalisation du projet dont le langage imposé, le JAVA, est cross-plateforme. Le contexte de licence, GNU/GPL impose une documentation sur le long terme de l'application qui suppose donc qu'elle soit en anglais et suffisamment détaillée pour permettre à un développeur étranger au domaine de comprendre son fonctionnement. Dernier point, il devra nécessairement utiliser les mêmes technologies que le reste du projet PAPARAZZI afin d'être interopérable. Cela impose notamment l'utilisation du bus IVY. D'autre part, les scripts de calibration actuellement utilisé, codés en Python, sont fournis, il est donc possible de les résultats. Il convient de se demander si les nouveaux besoins de l'utilisateur ne demandent pas à revoir la conception de cette partie de l'application. Pour cela, une analyse de ce qu'elle permet actuellement est nécessaire.

4. Cycle de vie

Ce chapitre décrit le cycle de vie d'une interface de calibration pour IMU de micro drone. Les phases du cycle de vie qui correspondent au projet sont les phases en vert. Phases en bleues seront effectué par d'autres parties qui ne sont pas encore définies.



a. Conception et Spécification

Cette première phase dans le cycle de vie du projet consiste à définir les spécifications pour l'interface de calibration. Dans ce cadre une étude des besoins sera effectuée. Une interview avec un utilisateur servira à définir les méthodes de calibrations existante, celle-ci seront analysées pour obtenir les spécifications pour la conception du logiciel. Pendant l'étape de conception, le schéma ULM et des IHM seront élaborés.

b. Développement

Durant la phase de développement l'interface conçue dans la phase précédente sera développé. Ce logiciel sera codé dans le langage JAVA.

c. Déploiement

La phase de déploiement consiste à mettre le logiciel à disposition de l'utilisateur. Le logiciel pourra être téléchargé sur le site de paparazzi. Une page wiki sera créée avec les explications d'usage et les manuels pour utiliser l'interface.

d. Mise à jour

Les mises à jour serviront à éliminer les bugs dans le logiciel. Cette phase de vie ne fait plus partie du projet donc ne sera pas gérée par notre groupe.

e. Désinstallation

La désinstallation sera la phase de fin de vie dans laquelle le logiciel et la page web seront enlevé du site de Paparazzi. Ceci non plus ne fait pas partie du projet.

II. Analyse de l'existant

1. Scénarios de travail

A partir de l'analyse du sujet et de nos différentes réunions, nous avons mis en évidence différents profils d'utilisateurs mais aussi plusieurs types de calibrations que l'utilisateur veut réaliser. Il y a deux critères qui différencient les profils utilisateurs, tout d'abord le fait qu'ils soient experts ou non, et le fait aussi qu'ils appartiennent ou non au laboratoire de l'ENAC. Ensuite on s'intéresse à trois types de calibrations : magnétométrique, gyroscopique et enfin des accéléromètres. Nous allons prendre contact avec des utilisateurs novices étrangers grâce à un sondage sur différents forums spécialisés en drone et modélisme et cette solution va peut-être nous conduire à des contacts avec des laboratoires drone étranger. Cette solution n'a pour l'instant pas de réponse constructive donc on ne peut pas encore établir divers scénarios mais par la suite de nouveaux scénarios de travail vont être rédigés à partir des informations prélevées sur notre sondage. A partir des différentes interviews que nous avons réalisées auprès des différents membres du laboratoire drone de l'ENAC nous avons créé plusieurs scénarios. Chacun décrivant une activité différente de la calibration d'un drone. Nous les avons traités sous la forme d'un tableau contenant les photos s'il y en a, la description des différentes tâches effectuées au cours de l'interview et des points forts/ Points faibles.

Au regroupement de ces derniers et à l'étude de leur importance, 7 ont retenu notre attention et sont devenus nos scénarios principaux. L'importance et la suffisance de ces scénarios réside dans le fait qu'ils synthétisent parfaitement tous les cas de la calibration d'un drone mais aussi explorent la plupart des utilisateurs qu'ils soient experts ou simple novice puisque les membres du laboratoire drone sont eux-mêmes des utilisateurs experts. Les autres scénarios étant moins importants, ils ne seront pas développés par la suite.

- Calibration des accéléromètres par un utilisateur expert
- Calibration des magnétomètres par un utilisateur expert
- Calibration des gyromètres par un utilisateur expert
- Calibration des accéléromètres par un utilisateur novice
- Calibration des magnétomètres par un utilisateur novice
- Calibration des gyromètres par un utilisateur novice
- Calibration manqué par un utilisateur novice

Les différents scénarios cités sont mis en annexe. Nous n'allons pas détailler les scénarios de la calibration des gyromètres par un utilisateur expert ou novice pour le moment car il s'agit d'une partie « bonus » du sujet qui devra être réalisé si le temps nous le permet.

2. Synthèse

A l'exploration de ces scénarios, nous avons alors pu observer des points forts et des points faibles à la manipulation actuellement utilisée pour la calibration. Nous avons réuni ces informations dans deux tableaux, l'un regroupant les points forts du système actuel et l'autre les points faibles. Les premiers seront à conserver pour la nouvelle application, ils définissent des besoins qui dans la plupart des cas devront être respectés afin que l'utilisateur ne perde pas les gains qu'il avait acquis grâce à son expérience sur l'application précédente. Les seconds seront à éliminer. Ils définissent eux aussi des besoins mais par le vide qu'ils laissent dans l'application, ce sont des vides à combler afin d'apporter un gain par rapport à l'application actuelle.

a. Points forts

Point Fort	Origine	Expression des besoins
Le système oblige l'utilisateur à manipuler la GCS dès le départ lui obligeant à maîtriser la GCS ce qui est nécessaire pour faire voler un drone donc utile de lui faire apprendre avant de faire voler son drone	Scénarios : 1, 2, 3, 4, 5	La calibration doit avoir une fonction de tutoriel quant à l'usage du drone, doit apprendre en partie à l'utilisateur la façon d'utiliser le Framework PAPARAZZI
Le système permet de réutiliser plusieurs fois le fichier de log afin de calibrer le drone sans avoir toutes les étapes de collecte de données à refaire.	Scénarios : 1, 2, 3, 4, 5	Le système doit avoir une fonctionnalité de rejet de la calibration effectuée
Le système permet de réaliser rapidement les différentes manipulations pour la collecte de données de calibration	Scénarios : 1, 2, 3, 4	Le système permet de faire rapidement les manipulations de calibration
Le système possède déjà des scripts de calibration de bonne qualité contenant des opérations de filtrage	Scénarios : 1, 2, 3, 4, 5	Le système doit rendre une calibration fiable en fonction des données
Le système permet de créer un rendu graphique des mesures afin de permettre à l'utilisateur de voir la qualité de ces données, des données erronées et de l'efficacité du filtrage.	Scénarios : 1, 2	Le système propose un rendu graphique des données collectées permettant de juger de leur validité
Le système permet de réaliser un copier-coller entre les résultats obtenus et l'Airframe du drone donc très rapide quand on sait où coller les résultats	Scénarios : 1, 2	Le système permet de réutiliser facilement les résultats de la calibration et notamment de les intégrer à l'Airframe du drone en cours de calibration
Le système permet de réaliser un simple copier-coller entre les résultats obtenus et l'Airframe du drone.	Scénarios : 1, 2, 3, 4	Le système permet une collecte facile des résultats de la calibration

b. Points faibles

Point Faible	Origine	Expression des besoins
Le système oblige l'utilisateur à exécuter certaines manipulations qui ne sont pas spécifiques à la calibration : GCS, sélection du mode Raw-Data, le fichier log, le lancement d'un terminal.	Scénarios : 1, 2, 3, 4, 5	Le système doit centraliser l'ensemble des manipulations nécessaires à la calibration
Le système impose de créer un fichier de log qui n'est utile réellement que pour une seule utilisation puisque un drone n'est calibré qu'une seule fois en général.	Scénarios : 1, 2, 3, 4, 5	Le système ne doit pas forcer l'utilisateur à stocker le fichier de log
Le système ne possède aucun retour lors des manipulations donc l'utilisateur ne peut pas connaître la qualité de ses données collectées.	Scénarios : 1, 2, 3, 4, 5	Le système doit offrir un retour sur la qualité des données collectées.
Le système doit utiliser un terminal pour pouvoir lancer les scripts de calibrations sur le fichier de log, or un terminal avec une ligne de commande complexe n'est vraiment pas convivial	Scénarios : 1, 2, 3, 4, 5	Le système doit permettre de créer facilement les résultats de la calibration
Le système crée un rendu graphique des données collectées mais à la fin de la calibration c'est-à-dire bien après la collecte de données donc quand l'utilisateur ne peut plus rien faire	Scénarios : 1, 2	Le système doit proposer un rendu graphique en simultané à la calibration
Le système fait appel aux scripts de calibration dans une console donc le résultat obtenu arrive aussi dans la console ce qui n'est pas très adéquate pour un copier-coller	Scénarios : 1, 2, 3, 4	Le système propose la collecte des résultats dans une interface graphique dédiée
Le système permet juste de passer au mode Raw-data par l'intermédiaire du GCS et en parcourant plusieurs sous-dossier pour enfin accéder à la sélection du mode	Scénarios : 3, 4, 5	Le système doit permettre de faire toutes les manipulations nécessaires à la calibration depuis son interface
Le système stocke les fichiers de log dans le répertoire var/log or l'utilisateur novice n'a pas connaissance de la composition des dossiers de Paparazzi.	Scénarios : 3, 4, 5	Le système ne force pas l'accès au fichier de log pour réaliser la calibration
Le système ne gère pas la finalisation du fichier log lui-même donc l'utilisateur novice a tendance à oublier cette étape importante car sans arrêt de celui-ci la calibration ne peut pas fonctionner.	Scénarios : 3, 4, 5	Le système doit arrêter lui-même la collecte des données quand l'utilisateur veut récupérer les résultats de la calibration
Le système utilise des scripts de calibration qui n'explique en rien leur fonctionnement et obtient un résultat qu'il doit croire bon puisque qu'il n'a aucune information sur la qualité et même les données acquises	Scénarios : 3, 4, 5	Le système propose un rendu clair de la fiabilité de la calibration
Le système n'indique pas où l'utilisateur doit coller ses résultats, ni le site d'ailleurs donc l'utilisateur novice va perdre du temps à chercher la destination des résultats.	Scénarios : 3, 4	Le système doit guider l'utilisateur dans l'utilisation des résultats de la calibration
La manipulation a été trop mal effectuée par l'utilisateur novice qui a obtenu des résultats aberrant qu'il ne peut pas conserver	Scénarios : 5	Le système doit limiter la possibilité de résultats non utilisables.

III. Besoins

1. Modèle conceptuel des données du domaine

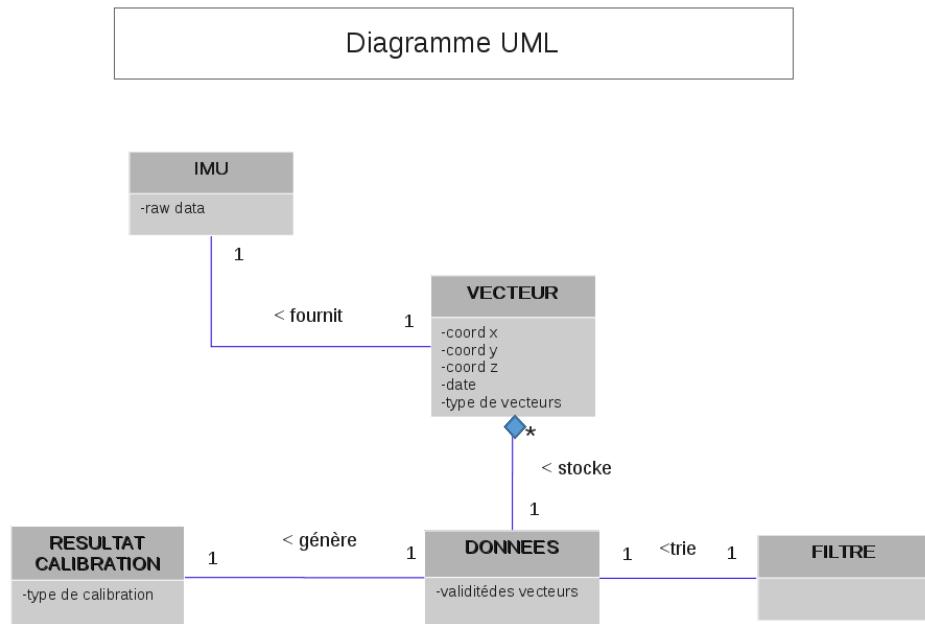


Figure 1 : Modèle du domaine

Le modèle du domaine est issu des différents scénarios de travail en annexe. Il vise à s'abstraire de l'actuelle implémentation du modèle pour en extraire les éléments conceptuel du domaine. Il est essentiel et va déterminer tout le travail de conception qui suivra. On a ici essayé d'isoler les éléments essentiels à la calibration. On peut les détailler sous la forme du tableau suivant :

Classe	Fonction	Justification du format
IMU	L'IMU fournit les données nécessaires à la calibration. C'est elle qui fait le lien entre l'architecture physique du système PAPARAZZI c'est-à-dire le drone et l'ordinateur et le logiciel que nous développons.	Une seule classe qui permet de faire l'abstraction de toute la partie non-logicielle, l'interface du système n'étant conceptuellement pas nécessaire. D'autre part il serait absurde de vouloir effectuer une calibration sans retour du système que l'on veut calibrer
VECTEUR	Vecteur représente les données fournies par l'IMU.	Format au plus proche de la représentation réelle des vecteurs tridimensionnels qu'ils soient magnétique ou d'accélération.
DONNEES	Assure le stockage des vecteurs. Elle est l'expert d'information concernant les vecteurs.	Une classe générique pour le stockage. Comme on peut le voir dans les scénarios actuellement cette fonction est réalisée par le fichier de log. Cette classe n'est que l'abstraction de ce fichier auquel on ajoute des méthodes génériques de traitements de données. On pourra donc la traiter sous une forme quelconque.
FILTRE	La classe qui assure le filtrage des données afin de ne conserver que les vecteurs corrects	On aurait pu l'intercaler entre les vecteurs et données comme son nom l'indique mais le fait que DONNEES soit l'expert d'information concernant les vecteurs voudrait qu'on la place plutôt ici. De plus, il apparaît dans les scénarios que le traitement de filtrage se fait sur les données groupées.
RESULTAT_DE_CALIBRATION	Cette classe représente le résultat de la calibration. Elle contient les informations permettant à l'utilisateur de finaliser la calibration	Le choix le plus contestable. L'idée de conception est que les résultats ne doivent pas être reliés à DONNEES pour des raisons de cohésion. Pour cela, de la même façon que pour FILTRE, on crée une classe dédiée qui prend en charge ces opérations et la gestion du résultat. On gagne en plus en matière de couplage car ces résultats apparaissent de manière indépendante au DONNEES comme on pourrait s'y attendre en voyant les scénarios.

2. Cas d'utilisation

Comme on peut le voir dans les scénarios de travail, les use cases du système sont peu nombreux. On en dénombre 3. La calibration magnétométrique, celle des accéléromètres et enfin celle des gyromètres. Puisque ce dernier cas est proposé uniquement en bonus, nous ne le traiterons qu'une fois le dossier terminé.

Chaque procédure de calibration se découpe en 4 phases :

- **La phase de démarrage**

Cette phase consiste à lancer l'applicatif puis à choisir un type de calibration soit magnétométrique, soit accélérométrique.

- **La prise de mesures**

Cette phase consiste à récupérer des données qui vont être utilisé pour la calibration. Pour avoir une bonne calibration, ces données obtenues doivent couvrir une grande variété de positions. Le logiciel aidera l'utilisateur en montrant dans quel sens tourner le drone pour couvrir toute les positions.

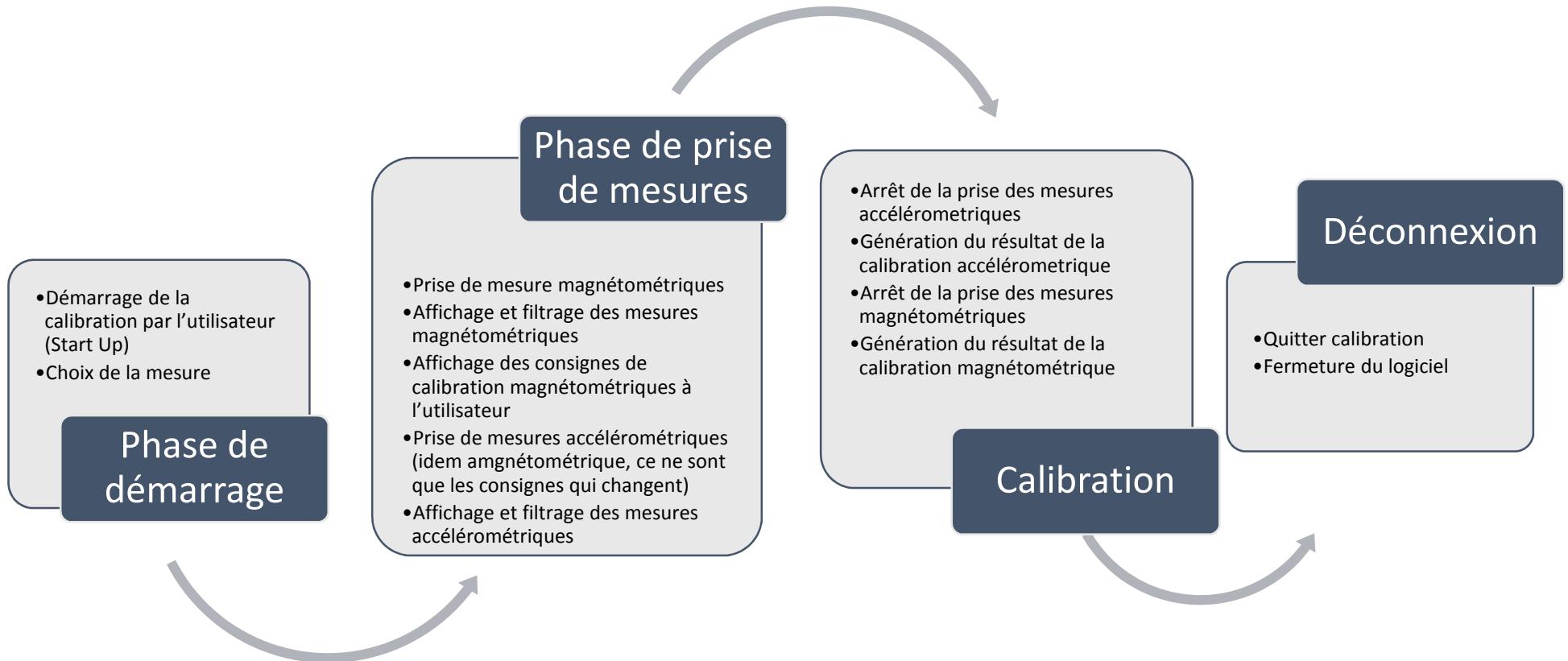
- **La calibration**

Quand la prise de mesure est terminée l'utilisateur peut décider de refaire une prise de mesure, ou de procéder à la calibration des données obtenues. La calibration renvoie un fichier XML contenant les paramètres de calibration.

- **La déconnection**

L'utilisateur peut décider de refaire une calibration ou d'arrêter de travailler avec le logiciel.

Etant donné le nombre limité de use cases, il convient de les séparer en plus petites entités afin de descendre en granularité et de pouvoir comprendre correctement les implications de chacun. Pour cela on les décompose en opérations selon le schéma suivant :



Figure

2

:

Décomposition

des

use

cases

en

phase

a. Phase de démarrage

Use case	Phase de démarrage
Description	Le démarrage du logiciel et l'ensemble des étapes jusqu'à la prise de mesure
Acteurs	L'utilisateur, le logiciel, le drone/IMU
Assomptions	Une connexion du drone avec le bus Ivy est nécessaire. Des accéléromètres et magnétomètres compatibles. Un ordi pour le logiciel. Un plan de travail stable pour effectuer les mesures.
Etapes	<ol style="list-style-type: none"> 1. L'utilisateur démarre le logiciel 2. Le logiciel vérifie la présence du drone 3. L'utilisateur sélectionne l'option « calibration de l'accéléromètre » dans la fenêtre du logiciel 4. Le système affiche une vue et un indicateur de progression de la mesure en cours ainsi que de la calibration totale

b. Use case prise de mesure

Use Case	Prise de mesures magnétométriques
Description	L'utilisateur est guidé par le logiciel durant la phase de prise de mesure magnétométrique jusqu'à la phase de calibration
Acteurs	Le client, le logiciel, le drone/IMU
Assomptions	Une connexion du drone avec le bus Ivy est nécessaire. Un magnétomètre compatible. Un ordinateur pour le logiciel. Le use-case démarrage du logiciel a été effectué.
Etapes	<ol style="list-style-type: none"> 1. Le système enregistre les mesures magnétométriques 2. Le système affiche les consignes de calibration à l'utilisateur 3. L'utilisateur manipule le drone en accord avec les consignes. Dans le cas des magnétomètres cela consiste à faire tourner le drone autour de son centre de gravité de manière lente et continue 4. Le système filtre et affiche les mesures magnétométriques en temps réel sur une fenêtre graphique 5. L'utilisateur arrête les mesures en choisissant l'option dans la fenêtre du programme

Use Case	Prise de mesures
Description	L'utilisateur est guidé par le logiciel durant la phase de prise de mesure accélémétrique jusqu'à la phase de calibration
Acteurs	Le client, le logiciel, le drone/IMU
Assomptions	Une connexion du drone avec le bus Ivy est nécessaire. Un magnétomètre compatible. Un ordinateur pour le logiciel. Le use-case démarrage du logiciel a été effectué.
Etapes	<ol style="list-style-type: none"> 1. Le système enregistre les mesures magnétométriques 2. Le système affiche les consignes de calibration à l'utilisateur 3. L'utilisateur manipule le drone en accord avec les consignes. Dans le cas des accéléromètres cela consiste à maintenir le drone plusieurs secondes dans une position stable et à répéter cette étape sur un minimum de six positions 4. Le système filtre et affiche les mesures magnétométriques en temps réel sur une fenêtre graphique 5. L'utilisateur arrête les mesures en choisissant l'option dans la fenêtre du programme

c. Use case calibration

Use Case	Prise de mesures
Description	L'affichage des résultats de la calibration à l'utilisateur et le guidage dans leur utilisation.
Acteurs	Le client, le logiciel, le drone/IMU
Assomptions	Une connexion du drone avec le bus Ivy est nécessaire. Un magnétomètre compatible. Un ordinateur pour le logiciel. La phase de mesure dans un des modes accéléromètres ou magnétomètres a déjà été effectué.
Etapes	<ol style="list-style-type: none"> 1. Le système enregistre les mesures magnétométriques 2. Le système affiche les consignes de calibration à l'utilisateur 3. L'utilisateur manipule le drone en accord avec les consignes. Dans le cas des accéléromètres cela consiste à maintenir le drone plusieurs secondes dans une position stable et à réitérer cette étape sur un minimum de six positions 4. Le système filtre et affiche les mesures magnétométriques en temps réel sur une fenêtre graphique 5. L'utilisateur arrête les mesures en choisissant l'option dans la fenêtre du programme

d. Use case fermeture du logiciel

Use Case	Prise de mesures
Description	Fermeture du logiciel
Acteurs	Le client, le logiciel, le drone/IMU
Assomptions	Une connexion du drone avec le bus Ivy est nécessaire. Un magnétomètre compatible. Un ordinateur pour le logiciel. La phase de calibration a été effectué, l'utilisateur vient de collecter les résultats, il veut quitter le logiciel
Etapes	<ol style="list-style-type: none"> 1. L'utilisateur quitte la fenêtre de résultat 2. Il peut choisir de continuer la calibration ou de quitter la calibration en cours 3. S'il décide de quitter la calibration en cours il peut alors sélectionner un autre drone 4. Sinon il clique sur la croix

e. Conclusion

Les use cases sont, comme on l'a vu assez similaires, seule change l'interface associée à chaque prise de mesure. Pour se donner une idée des différences, on peut trouver en Annexe 3 les propositions d'IHM.

3. Synthèse des besoins

Le tableau suivant présente l'ensemble des besoins que doit remplir le système ainsi que leur niveau de priorité noté de 0 à 100.

Identifiant	Besoin	Justification	Quantification	Niveau de priorité
B1	Fonctions et scenarios opérationnelles			
B1.1	Le système permet la réalisation du use case : « calibration magnétométrique »	Scénarios de travail : 1, 3	Ecart des résultats avec la méthode précédente < 5% et temps de réalisation inférieur	100
B1.2	Le système permet la réalisation du use case : « calibration des accéléromètres »	Scénarios de travail : 2, 4	Ecart des résultats avec la méthode précédente < 5% et temps de réalisation inférieur	100
B1.3	Le système permet la réalisation du use case : « calibration des gyromètres »	Bonus	Ecart des résultats avec la méthode précédente < 5% et temps de réalisation inférieur	0
B1.4	Le système permet de choisir entre différents types de calibration	Association des scénarii : 1, 2, 3, 4	Pas de quantification	100
B1.5	Le système permet de générer des résultats de calibration	Tous les scénarii : 1, 2, 3, 4	Pas de quantification	100
B1.6	Le système permet d'enregistrer les données collectées pendant la calibration	Tous les scénarii : 1, 2, 3, 4 Point fort des scénarii : 1, 2, 3, 4	Pas de quantification	50
B2	Performances attendues			
B2.1	Le système a une interface graphique permettant de guider l'utilisateur	Point faible des scénarii : 3, 4	L'utilisateur limite ses phases de recherches de fonctions à 10 secondes en moyenne	100
B2.2	Le système a une interface graphique permettant de juger de la qualité des résultats	Point faible des scénarii : 3, 4 Point fort des scénarii : 1, 2	L'utilisateur est capable de se prononcer immédiatement sur la qualité de la calibration en cours et ce à tout moment	100

B2.3	Le système permet l'arrêt et la reprise d'une calibration	Besoin exprimé lors d'interview contextuel	Pas de quantification	75
B2.4	Le système permet de générer des résultats à partir de résultats partiels de la calibration magnétométrique et des accéléromètres	Besoin exprimé lors d'interview contextuel	Pas de quantification	25
B2.5	Le système permet de choisir entre une calibration des accéléromètres ou des magnétomètres	Association des scénarii : 1, 3 avec les 2, 4	Pas de quantification	100
B2.6	Le système est indépendant des autres éléments de PAPARAZZI et du système d'exploitation	Point fort des scénarii : 1, 2, 3, 4	Pas de quantification	80
B2.7	Le système doit permettre une collecte facile des résultats	Point faible des scénarii : 3, 4	Temps de collecte des résultats pour une autre utilisation inférieure à 5 secondes	90
B2.8	Le système doit indiquer l'ensemble des manipulations à effectuer	Point faible des scénarii : 3, 4	Pas de quantification	100
B3	Interfaces			
B3.1	Le système doit proposer une interface conviviale	Point faible des scénarii : 1, 2, 3, 4	L'utilisateur ne doit pas avoir à réfléchir lors d'une première utilisation (temps d'apprentissage < 5secondes)	75
B3.2	Le système donne un feedback temps réel (pas de temps de latence visible sous charge normale du système global) à l'utilisateur	Point faible des scénarii : 1, 2, 3, 4	Feedback < 5secondes par rapport à la dernière mesure	90
B4	Contraintes			
B4.1	Le système fonctionne de manière nominale sous un environnement et une charge de travail normale et une configuration de travail classique	Besoin exprimé lors des interviews contextuelles	Pas de latence supérieure à une seconde sur l'ensemble de l'interface	100
B4.2	Le système garantit que la qualité des résultats sera au moins la même qu'avec le système précédent	Point fort scénarii : 1, 2, 3, 4	Différence inférieure à 5%	95
B4.3	Le système doit garantir un temps de calibration équivalent à celui de la méthode	Point fort scénarii : 1, 2	Temps de calibration inférieure de 10 secondes	50

	précédente (temps total plus ou moins 5 secondes) ou inférieur		souhaité	
B4.4	Le système doit informer en temps réels l'utilisateur de son état	Point faible scénario : 1, 2, 3, 4	Pas d'immobilisation de l'interface sans justification	80

IV. Annexes

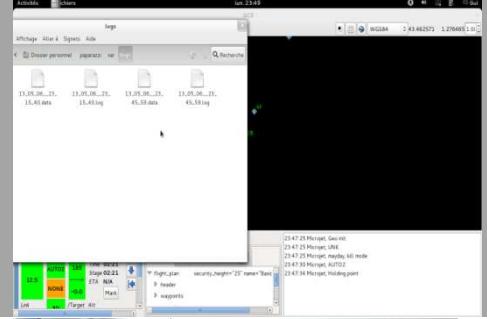
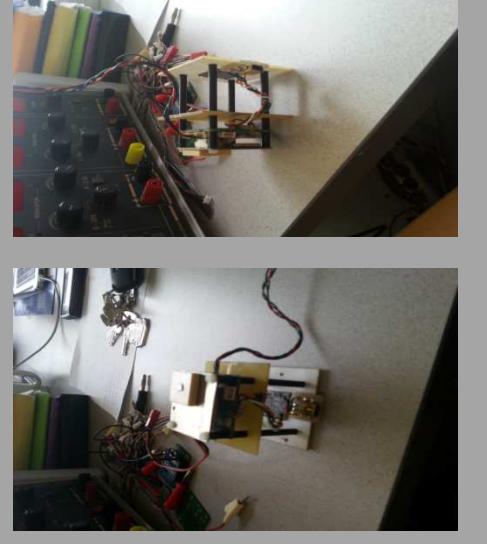
1. Les scénarios

Les scénarios sont, comme on peut s'y attendre en voyant les use cases qui en sont dérivés, très similaires. La seule différence entre utilisateur novice et expert est le temps plus important pris par chacune des étapes pour l'utilisateur novice. En effet, celui-ci peu habitué à l'interface paparazzi tend à se perdre dans les menus même avec l'aide du tutoriel sur le wiki. On pourra donc se dispenser de la lecture de tous les scénarios, le premier et le dernier étant suffisant pour percevoir les difficultés liées à la solution actuelle.

a. Calibration des accéléromètres par un utilisateur expert

Titre	Calibration des accéléromètres par un utilisateur expert
Intérêt	Montrer la pertinence des étapes de la calibration des accéléromètres par un expert
Qui	M. Hattenberger, l'un des principaux fondateurs de Paparazzi
Où	Sur son bureau dans le laboratoire
Contexte d'activité	L'utilisateur est dans son bureau et souhaite calibrer les accéléromètres de son drone afin de le faire voler par la suite
Contexte système	Système Paparazzi sur son PC et un drone équipé d'une IMU contenant des accéléromètres

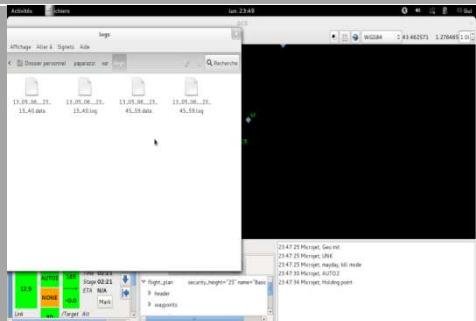
Photo / Schéma	Description	Points Forts / Points Faibles
	Sur son bureau, l'utilisateur lance la GCS	(+) L'utilisateur manipule déjà la GCS : il sait comment l'utiliser (-) Non spécificité du logiciel utilisé à la calibration
	Sélection du mode Raw-Data	(-) Manipulation supplémentaire préliminaire à la calibration mais sans rapport direct avec celle-ci

	<p>L'utilisateur crée un fichier de log</p>	<p>(+) Possibilité de réutiliser les données de calibration (-) Crée un fichier de log pas forcément utile, autre manipulation qui n'a rien à voir avec la calibration.</p>
	<p>Il réalise 6 fois la manipulation suivante : Maintien du drone dans une configuration précise permettant l'obtention du minimum ou maximum sur un des axes x, y, z</p>	<p>(+) Rapidité de l'exécution de la manipulation (-) Pas de retour sur la qualité de la calibration</p>
	<p>Finalise la création du fichier de log</p>	
	<p>Lance un terminal</p>	<p>(-) Application non spécifique</p>
	<p>Appel les scripts de calibration pour les accéléromètres</p>	<p>(+) Scripts de bonnes qualités (-) Interface peu conviviale</p>
	<p>Lance l'affichage des graphiques représentant les données. Ils sont générés par les scripts de calibration</p>	<p>(+) Rendu graphique des mesures (-) Permet de se rendre compte de la qualité des données uniquement après avoir terminé de les recueillir</p>

	Récupère les informations de calibration au format XML et les intègre dans le fichier AirFrame du drone	(+) Rapidité d'exécution (-) Copier-Coller difficile du au format de la console
--	---	--

b. Calibration des magnétomètres par un utilisateur expert

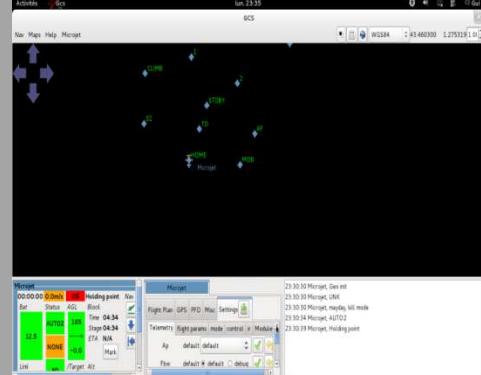
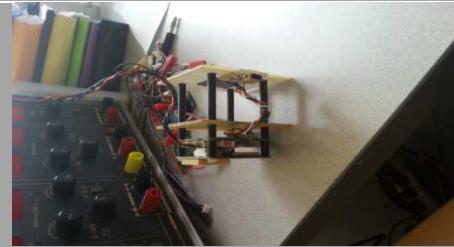
Titre	Calibration des magnétomètres par un utilisateur expert
Intérêt	Montrer la pertinence des étapes de la calibration des magnétomètres par un expert
Qui	M. Hattenberger, l'un des principaux fondateurs de Paparazzi
Où	Au-dessus de son bureau dans le laboratoire
Contexte d'activité	L'utilisateur est dans son bureau et souhaite calibrer les magnétomètres de son drone afin de le faire voler par la suite
Contexte système	Système Paparazzi sur son PC et un drone équipé d'une IMU contenant des magnétomètres

Photo / Schéma	Description	Points Forts / Points Faibles
	Sur son bureau, l'utilisateur lance la GCS	(+) L'utilisateur manipule déjà la GCS : il sait comment l'utiliser (-) Non spécificité du logiciel utilisé à la calibration
	Sélection du mode Raw-Data	(-) Manipulation supplémentaire préliminaire à la calibration mais sans rapport direct avec celle-ci
	L'utilisateur crée un fichier de log	(+) Possibilité de réutiliser les données de calibration (-) Crée un fichier de log pas forcément utile, autre manipulation qui n'a rien à voir avec la calibration.

	Il tourne lentement le drone dans tous les sens	(+) Rapidité de l'exécution de la manipulation (-) Difficulté à manipuler le drone (tourner avec une connexion filaire, drone lourd). Pas de retour de la qualité des données acquises et des sens parcourus.
	Finalise la création du fichier de log	
	Lance un terminal	(-) Application non spécifique
	Appel les scripts de calibration pour les magnétomètres	(+) Scripts de bonnes qualités (-) Interface peu conviviale
	Lance l'affichage des graphiques représentant les données. Ils sont générés par les scripts de calibration	(+) Rendu graphique des mesures (-) Permet de se rendre compte de la qualité des données uniquement après avoir terminé de les recueillir. Le rendu graphique 3D n'est pas très claire et peu manipulable.
	Récupère les informations de calibration au format XML et les intègre dans le fichier AirFrame du drone	(+) Rapidité d'exécution (-) Copier-Coller difficile du au format de la console

c. Calibration des accéléromètres par un utilisateur novice

Titre	Calibration des accéléromètres par un utilisateur novice
Intérêt	Montrer la pertinence des étapes de la calibration des accéléromètres par un novice
Qui	Prénom, utilisateur novice du système Paparazzi
Où	Sur son bureau dans le laboratoire
Contexte d'activité	L'utilisateur est dans son bureau et souhaite calibrer les accéléromètres de son drone afin de le faire voler par la suite
Contexte système	Système Paparazzi sur son PC et un drone équipé d'une IMU contenant des accéléromètres

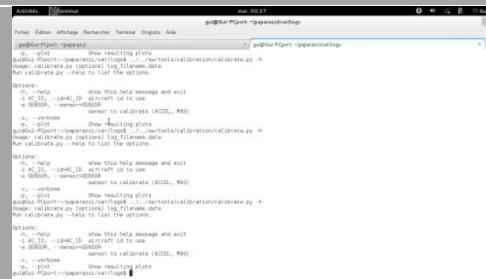
Photo / Schéma	Description	Points Forts / Points Faibles
	Sur son bureau, l'utilisateur lance la GCS et le site Paparazzi pour suivre les étapes de la calibration décrit sur le site.	(+) L'utilisateur manipule déjà la GCS : il sait comment l'utiliser (-) Non spécificité du logiciel utilisé à la calibration. Doit en parallèle lire le site Paparazzi pour calibrer
	Regarde sur le site et cherche le mode Raw-Data et enfin le sélectionne	(-) Manipulation supplémentaire préliminaire à la calibration mais sans rapport direct avec celle-ci, manque de compréhension sur ce mode et difficulté à trouver le mode Raw-Data
	L'utilisateur crée un fichier de log	(+) Possibilité de réutiliser les données de calibration (-) Crée un fichier de log pas forcément utile, autre manipulation qui n'a rien à voir avec la calibration. Difficulté à trouver le fichier de log.
	Il réalise 6 fois la manipulation suivante : Maintien du drone dans une configuration précise permettant l'obtention du minimum ou maximum sur un des axes x, y, z	(+) Rapidité de l'exécution de la manipulation (-) Pas de retour sur la qualité de la calibration et incertitude sur la manipulation à effectuer et à sa bonne exécution.

		
	Finalise la création du fichier de log	(-) Oublie de cette étape et doit revenir dessus après un message d'erreur lors de l'exécution des scripts.
	Lance un terminal	(-) Application non spécifique
	Appel les scripts de les calibration pour les accéléromètres	(+) Scripts de bonnes qualités (-) Interface peu conviviale et manque de connaissance sur ce que font ces scripts
	L'utilisateur rentre la commande écrite sur le site et n'obtient donc pas de rendu graphique mais directement le résultat.	(-) Ne sais pas d'où vient ce résultat, si il est précis ou non.
	Récupère les informations de calibration au format XML et ne sait pas ce qu'il doit en faire. Après des recherches il les intègre enfin dans le fichier AirFrame du drone.	(+) Opération simple (-) Copier-Coller difficile du au format de la console. Et doit faire des recherches pour savoir où mettre les informations obtenues.

d. Calibration des magnétomètres par un utilisateur novice

Titre	Calibration des magnétomètres par un utilisateur novice
Intérêt	Montrer la pertinence des étapes de la calibration des magnétomètres par un novice
Qui	Prénom, utilisateur novice du système Paparazzi
Où	Au-dessus de son bureau dans le laboratoire
Contexte d'activité	L'utilisateur est dans son bureau et souhaite calibrer les magnétomètres de son drone afin de le faire voler par la suite
Contexte système	Système Paparazzi sur son PC et un drone équipé d'une IMU contenant des magnétomètres

Photo / Schéma	Description	Points Forts / Points Faibles
	Sur son bureau, l'utilisateur lance la GCS et le site Paparazzi pour suivre les étapes de la calibration décrit sur le site.	(+) L'utilisateur manipule déjà la GCS : il sait comment l'utiliser (-) Non spécificité du logiciel utilisé à la calibration. Doit en parallèle lire le site Paparazzi pour calibrer
	Regarde sur le site et cherche le mode Raw-Data et enfin le sélectionne	(-) Manipulation supplémentaire préliminaire à la calibration mais sans rapport direct avec celle-ci, manque de compréhension sur ce mode et difficulté à trouver le mode Raw-Data
	L'utilisateur crée un fichier de log	(+) Possibilité de réutiliser les données de calibration (-) Crée un fichier de log pas forcément utile, autre manipulation qui n'a rien à voir avec la calibration. Difficulté à trouver le fichier de log.
	Il tourne lentement le drone dans tous les sens.	(+) Rapidité de l'exécution de la manipulation (-) Pas de retour sur la qualité de la calibration et incertitude sur la bonne réalisation des manipulations.

	Finalise la création du fichier de log	(-) Oublie de cette étape et doit revenir dessus après un message d'erreur lors de l'exécution des scripts.
	Lance un terminal	(-) Application non spécifique
	Appel les scripts de calibration pour les magnétomètres	(+) Scripts de bonnes qualités (-) Interface peu conviviale et manque de connaissance sur ce que font ces scripts
	L'utilisateur rentre la commande écrite sur le site et n'obtient donc pas de rendu graphique mais directement le résultat.	(-) Ne sais pas d'où vient ce résultat, si il est précis ou non.
	Récupère les informations de calibration au format XML et ne sait pas ce qu'il doit en faire. Après des recherches il les intègre enfin dans le fichier AirFrame du drone.	(+) Opération simple (-) Copier-Coller difficile du au format de la console. Et doit faire des recherches pour savoir où mettre les informations obtenues.

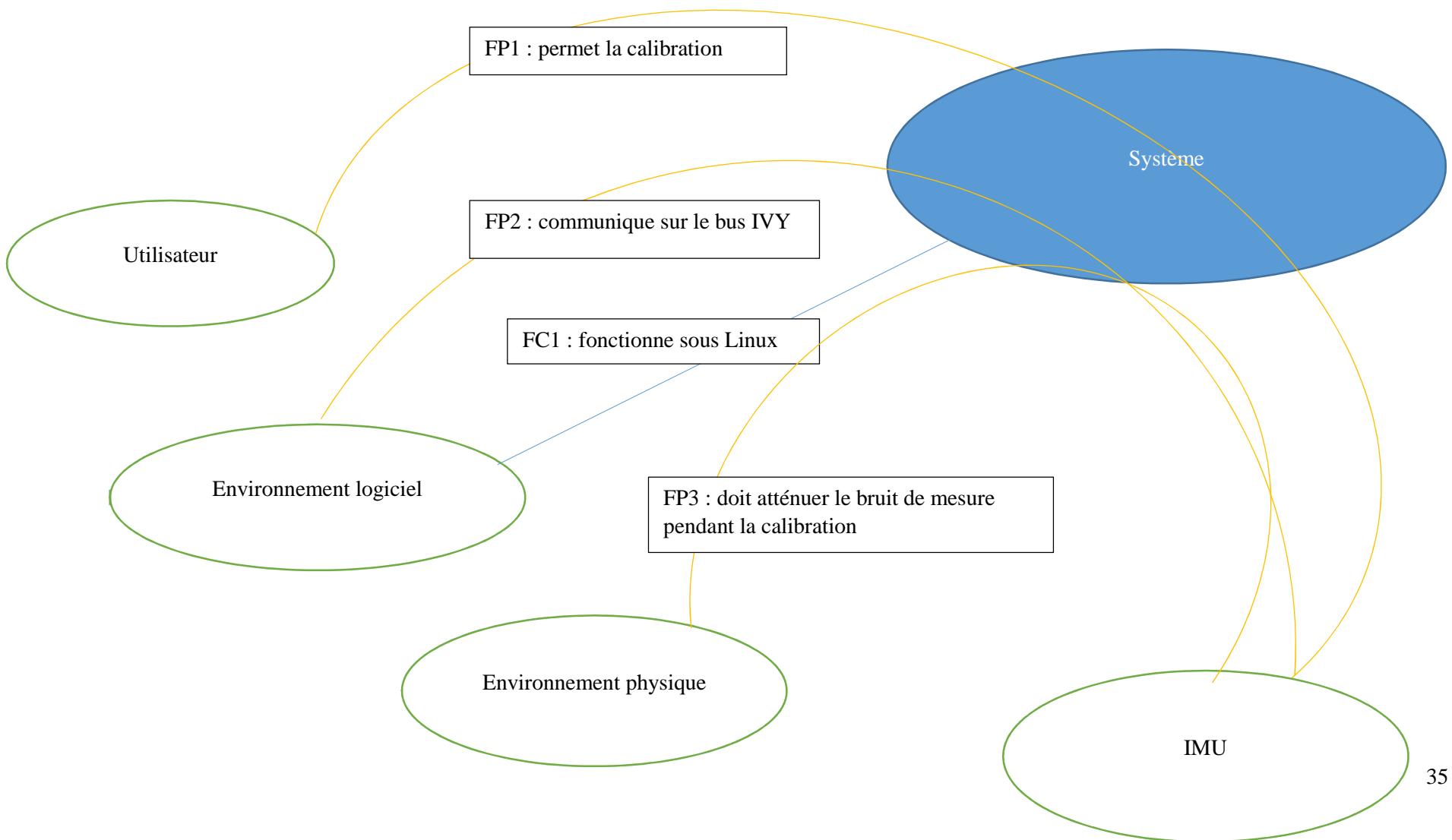
e. Calibration manquée par un utilisateur novice

Titre	Calibration manquée par un utilisateur novice
Intérêt	Montrer comment un novice peut manquer une calibration
Qui	Prénom, utilisateur novice du système Paparazzi
Où	Au-dessus de son bureau dans le laboratoire
Contexte d'activité	L'utilisateur est dans son bureau et souhaite calibrer les magnétomètres de son drone afin de le faire voler par la suite
Contexte système	Système Paparazzi sur son PC et un drone équipé d'une IMU contenant des magnétomètres

Photo / Schéma	Description	Points Forts / Points Faibles
	Sur son bureau, l'utilisateur lance la GCS et le site Paparazzi pour suivre les étapes de la calibration décrit sur le site.	(+) L'utilisateur manipule déjà la GCS : il sait comment l'utiliser (-) Non spécificité du logiciel utilisé à la calibration. Doit en parallèle lire le site Paparazzi pour calibrer
	Regarde sur le site et cherche le mode Raw-Data ne le trouve pas et recherche sur internet comment faire et le trouve enfin au bout d'une vingtaine de minute.	(-) Manipulation supplémentaire préliminaire à la calibration mais sans rapport direct avec celle-ci, manque de compréhension sur ce mode et difficulté à trouver le mode Raw-Data. Perte de temps
	L'utilisateur crée un fichier de log	(+) Possibilité de réutiliser les données de calibration (-) Crée un fichier de log pas forcément utile, autre manipulation qui n'a rien à voir avec la calibration. Difficulté de trouver le fichier de log.
	L'utilisateur ne sait pas quelle manipulation à effectuer et le manipule au hasard.	(+) Rapidité de l'exécution de la manipulation (-) Pas de retour sur la qualité de la calibration et incertitude sur la bonne réalisation des manipulations.
	Oublie de finaliser la création du fichier de log et ne comprend pas pourquoi l'appel aux scripts ne fonctionne pas. Recherche et découvre enfin qu'il faut arrêter le serveur.	(-) Oublie de cette étape et doit revenir dessus après un message d'erreur lors de l'exécution des scripts.

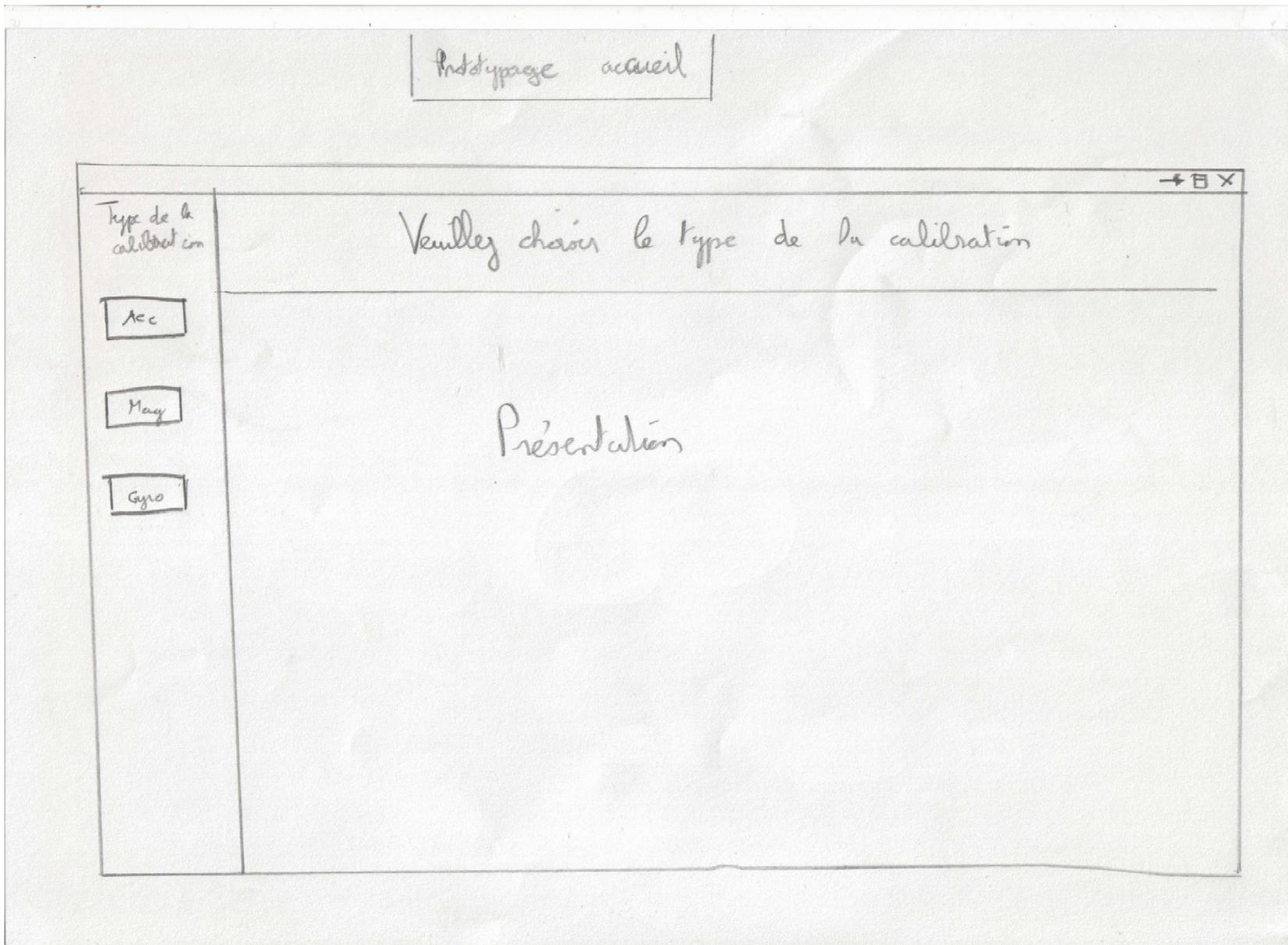
	Lance un terminal	(-) Application non spécifique
	Appel les scripts de calibratoin pour son capteur	(+) Scripts de bonnes qualités (-) Interface peu conviviale et manque de connaissance sur ce que font ces scripts
	L'utilisateur rentre la commande écrite sur le site et n'obtient donc pas de rendu graphique mais directement le résultat.	(-) Ne sais pas d'où vient ce résultat, si il est précis ou non.
	Obtient des résultats aberrants et décide de ne pas les conserver.	(-) Toutes les étapes de la calibration sont abandonnées.

2. Le diagramme pieuvre



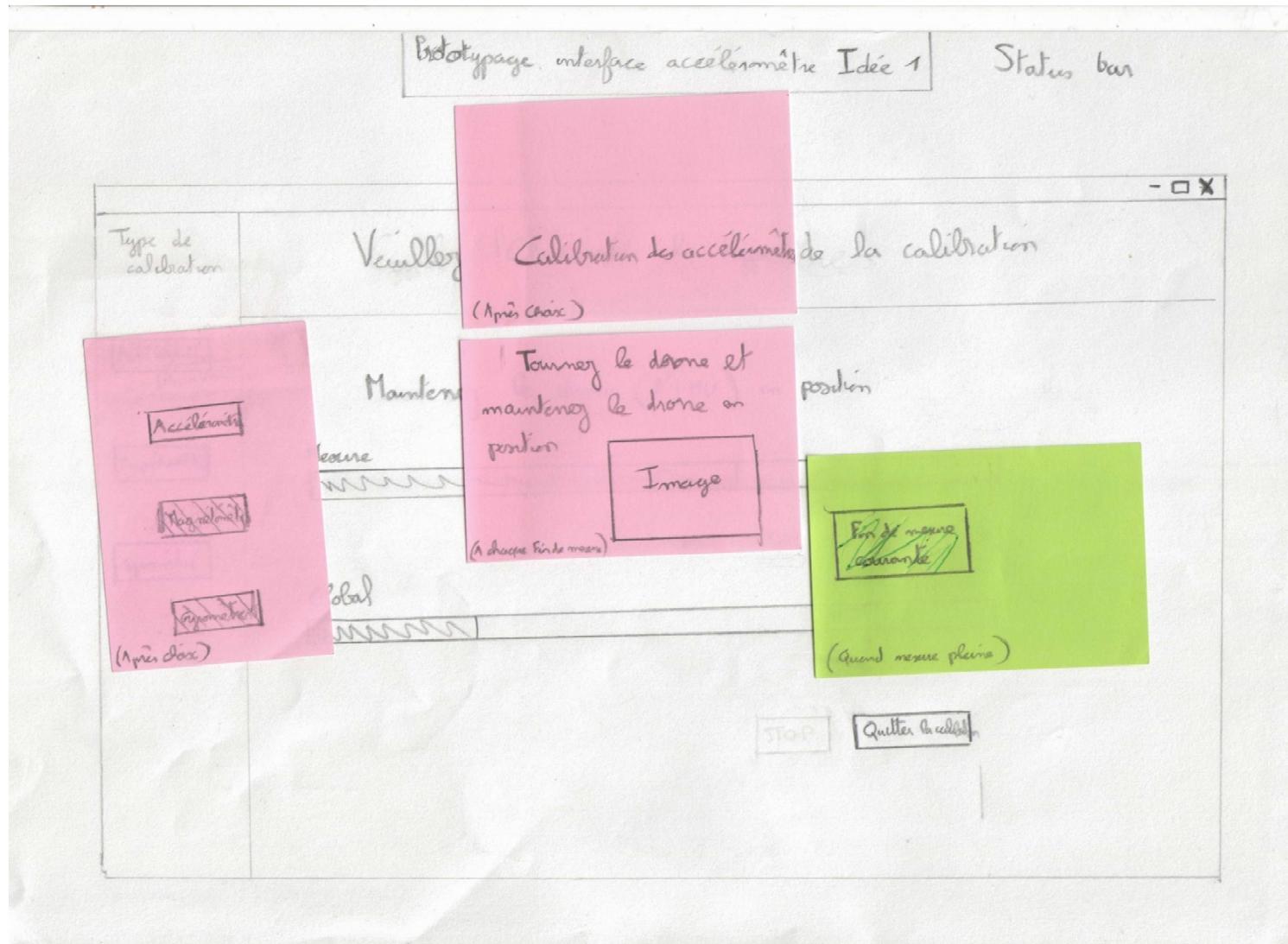
3. Prototypage papier d'interface

a. Prototypage accueil

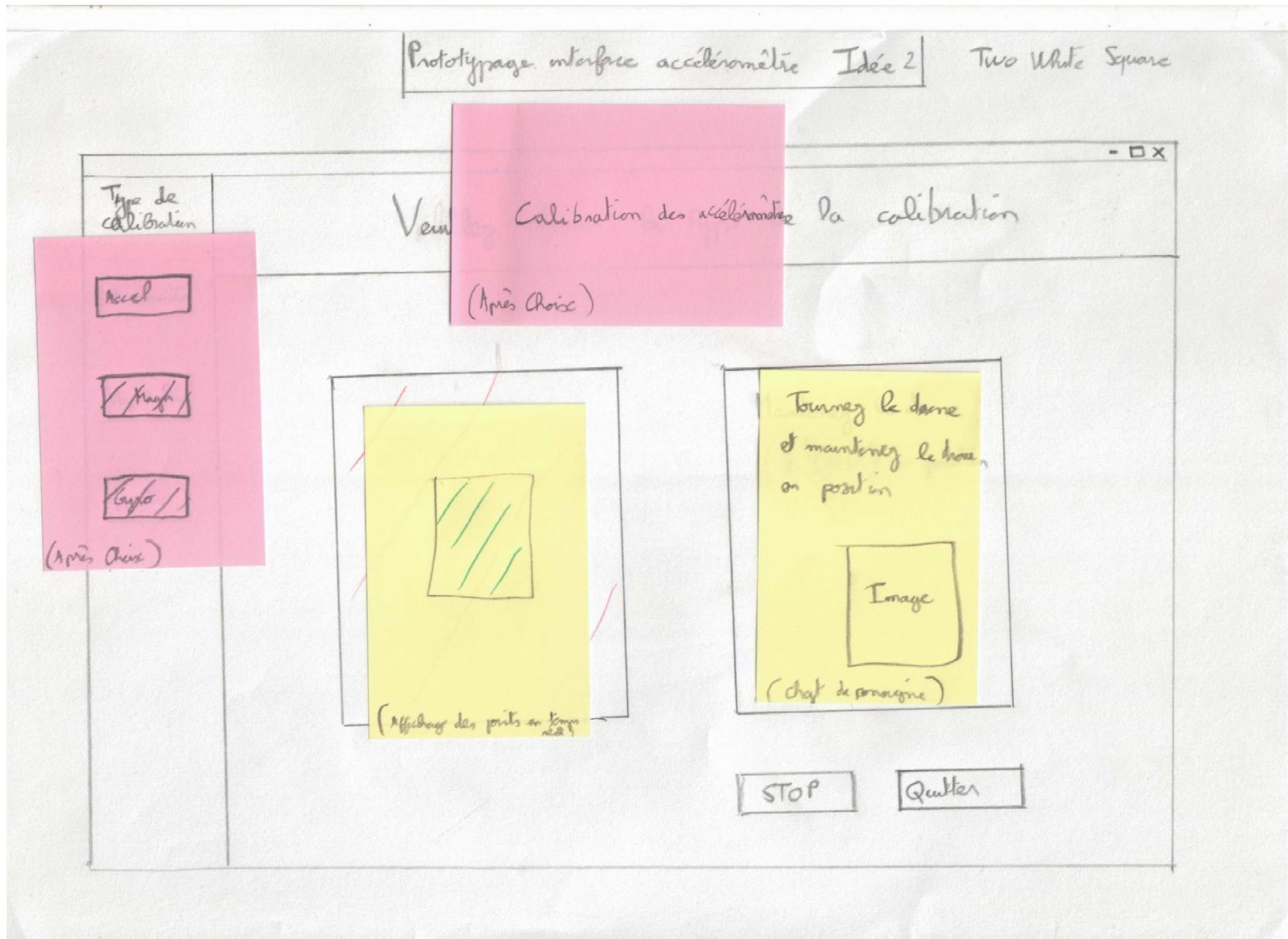


b. Prototypage interface accéléromètre

Status Bar



Two White Square



3D Two White Square

Prototypage interface accélérométrique Idée 3 | 3D Two White Square

Type de calibration	Veuillez
<input type="checkbox"/> Acc	Veuillez (Après choix)
<input checked="" type="checkbox"/> Mag	
<input checked="" type="checkbox"/> Gyro	
(Après choix)	

Calibration des accel

calibration

Maintenez la rotation
de l'appareil et maintenez
le drone en position

Image

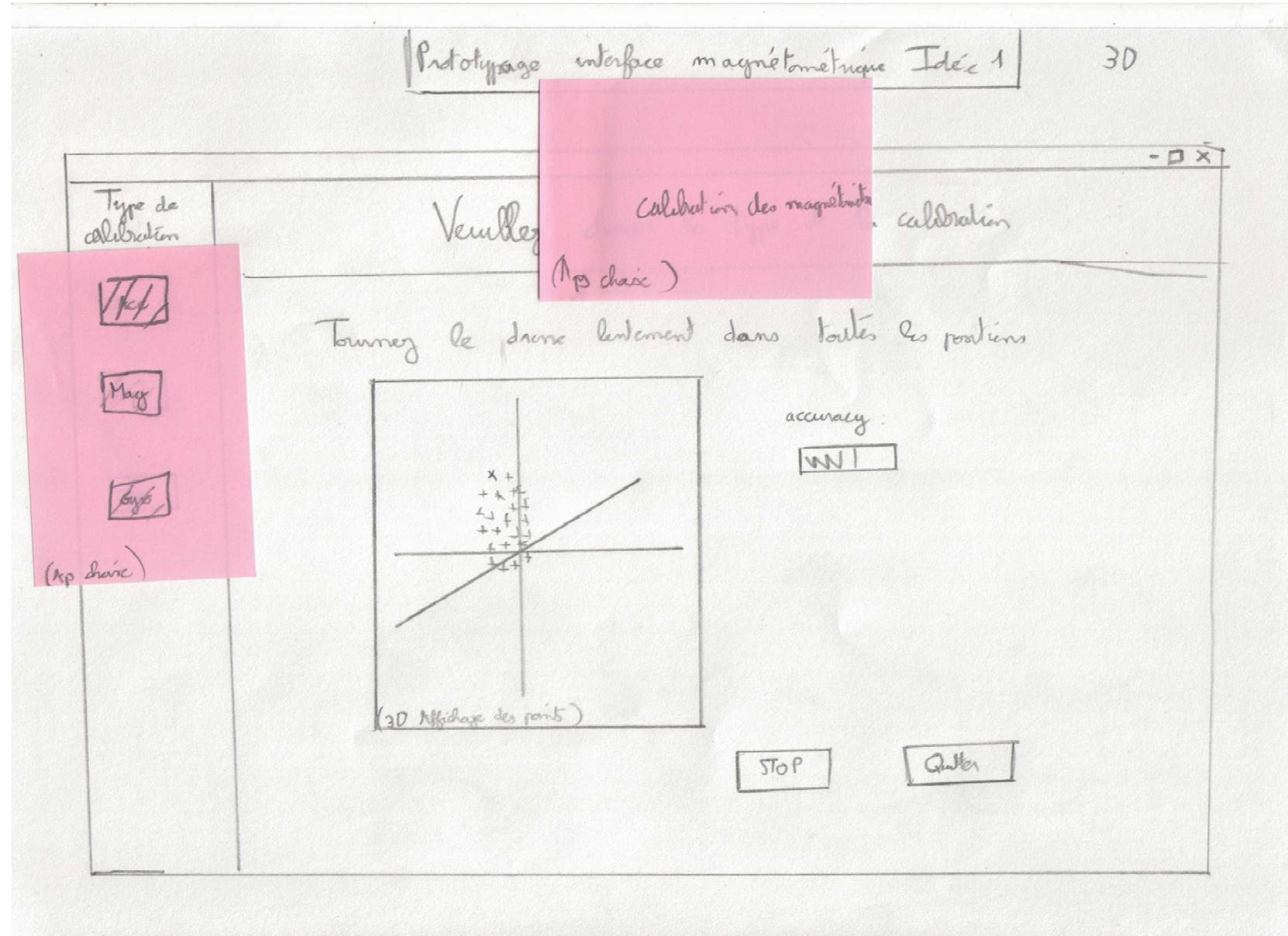
Transition

STOP

Quitter

c. Prototypage interface magnétomètre

3D Graphics

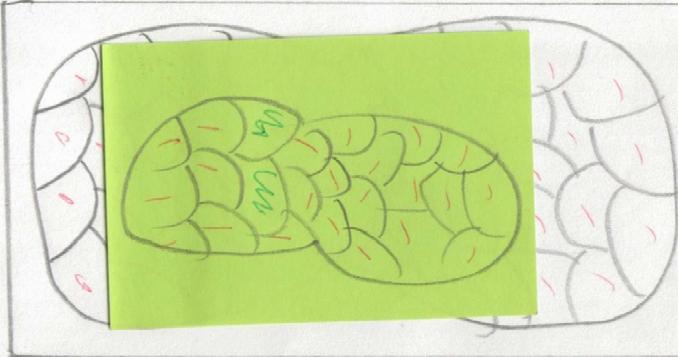


Planisphère

Prototypage interface magnétométrique Idée 8 | Planisphère

Type de	Veuillez	Calibration des magnétomètres
<input checked="" type="checkbox"/> Acc		
<input type="checkbox"/> Mag		
<input checked="" type="checkbox"/> gyro (A _p chose)		
		de la calibration

Tournez le drone lentement planter tous les sens pour remplir les différentes zones

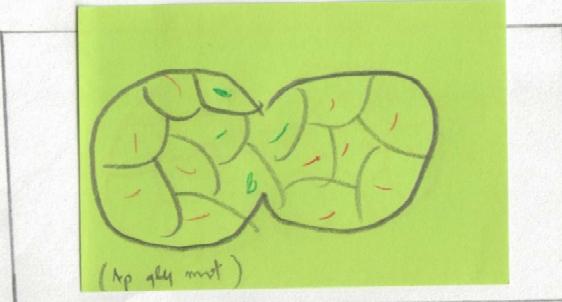


Affichage de l'avancement par zone dans la zone en cours de remplissage en surbrillance, la consigne au dessus. La zone est projeté "face" planisphère. La forme varie en fonction des points ajoutés

STOP Quill

Planisphère V2

Prototypage interface magnétométrique idée 3 Planisphère V2

Type de magnéto	Veuillez	Calibration des magnéto (Np droite)	- □ X La calibration
Nécessaire		Tournez le trou central dans tous les sens pour remplir les différentes zones	
Mag			
Rays			
		(Np que tout)	
			Plan V2 mais la planisphère reste fixe, la transformation de l'espace se passe en respectant les frontières
			(Explication)
		STOP	Quit