



**Concours externe Inria 2018**

**Arrêté du 12 juin 2018**

**Poste DT2 – Ingénieur développement (h/f)**

**BAP E**

**Accès au corps des ingénieurs de recherche**

**Centre de recherche Inria Grenoble - Rhône-Alpes**

**Epreuve du 3 octobre 2018**

**Note sur 20 – Coefficient 3 – Durée 3 heures**

\*\*\*\*\*

*La notation prendra en compte la qualité des réponses, mais aussi la rédaction, la présentation, le style et l'orthographe.*

*Veillez respecter l'anonymat dans les réponses.*

*Ne pas omettre de noter votre numéro d'ordre sur les feuilles intercalaires.*

.....

## Exercice 1 : Technologies

(3,25 points - temps conseillé 30 minutes)

Traiter **une des deux questions de panorama** au choix (i.e., Q1a ou Q1b)

Question 1a. Panorama capteurs et robotique. Faire un panorama le plus exhaustif possible des méthodes de localisation pour un dispositif mobile à roues, en extérieur et en intérieur, avec ou sans infrastructure.

Question 1b. Panorama capteurs et communication. Donner un panorama des architectures et protocoles radio qu'il est possible d'utiliser dans le cas d'objets ou capteurs communicants. Comparer ces différents protocoles suivant les critères que vous estimerez pertinents.

Question 2. Nous cherchons à développer un système de capteurs sans-fil permettant le suivi de l'ensoleillement de vignes sur toute la superficie d'un domaine (~10ha). Décrire l'architecture technique que vous choisiriez et motivez votre choix en considérant les dimensions techniques et économiques.

## Exercice 2 : Algorithmique

(1,75 points - temps conseillé 15 minutes)

Question 1. Qu'est-ce qu'une convolution ? A quoi peut servir une convolution entre une image et deux matrices  $\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$  et  $\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$  ?

Question 2. Qu'est-ce qu'un filtre de Kalman ? Donner un exemple d'utilisation pour un dispositif mobile à roues doté de deux capteurs.

## Exercice 3 : Développement logiciel

(3,25 points - temps conseillé 30 minutes)

Question 1. Quels sont les différents types de tests logiciels à mettre en oeuvre dans un projet de développement logiciel d'envergure ? Citer ou décrire brièvement un outil/framework de test dans un des langages au choix : C/C++, Javascript, Python ou Java

Question 2. Dans le contexte d'un gestionnaire de version de code source, en quoi consiste l'opération de *merge* ? Quels problèmes peuvent se poser ?

Question 3. Que sont les annotations de fonction python, à quoi peuvent-elles servir ?

Question 4. L'édition de lien lors de la compilation C : quel est son rôle, quelles différences entre l'édition de lien statique et dynamique ?

Question 5. Connaissance de l'écosystème de développement :

- Mentionner une librairie open source de traitement d'image 2d/3d
- Mentionner une ou des librairies Javascript permettant de réaliser des interfaces webs présentant des données de façon élaborées et dynamiques (diagrammes, barres de zoom, onglets, histogrammes, courbes, etc.)

## **Exercice 4 : Gestion des données**

(1,75 points - temps conseillé 15 minutes)

Une start-up souhaite tester l'utilisabilité d'un prototype d'objet communicant pour l'habitat domestique installé dans le "Smart home" d'AmiQual4Home. Les utilisateurs participant à l'expérimentation seront recrutés sur Internet par l'entreprise. Il est prévu que, pendant l'expérimentation, les faits et gestes des utilisateurs seront filmés grâce à la régie du "Smart Home" et les entretiens audio seront enregistrés sur le téléphone portable de l'expérimentateur qui, aussi, pourra prendre des notes. Cette entreprise n'est pas au fait des nouvelles directives européennes pour la protection des données personnelles (le RGDP).

Question 1. Quelles actions prenez-vous pour assurer la protection des données recueillies au cours de l'expérimentation ?

## **Exercice 5 : Evaluation de projet**

(6,5 points - temps conseillé 60 minutes)

Une demande de soutien pour un projet vous est envoyée pour évaluation (voir Annexe A)

Question 1. Remarques générales sur le dossier

Question 2. Trois modèles économiques sont ébauchés, en faire la critique (si possible dans une grille SWOT, si vous en connaissez la signification)

Question 3. Le porteur demande le financement d'un ingénieur pour l'accompagner dans son projet, en rédiger la fiche de poste en anglais.

Question 3. Ce dossier est une demande de maturation, quelle est la différence avec la phase d'incubation d'une startup ? Quels acteurs peut-on solliciter pour aider un projet de startup lors de sa phase d'incubation, et pourquoi faire?

## **Exercice 6 : Pérennité des développements logiciels**

(1,25 points - temps conseillé 10 minutes)

Question 1. Quels process mettre en place sur les aspects techniques pour assurer un départ sans accroc d'un ingénieur CDD en fin de contrat ?

Question 2. Comment gérer la propriété intellectuelle (PI) du code dans ce cas ?

## **Exercice 7 : Droit**

**(2,25 points - temps conseillé 20 minutes)**

### **Traiter au choix deux des trois questions**

Question 1. Une startup issue d'Inria veut travailler en commun avec une équipe sur un projet de R&D et faire rentrer ses activités dans le cadre du Crédit Impôt Recherche (CIR). Quels sont les points d'attention par rapport à cela (pour l'Inria, mais aussi conseil/alerte à la startup) ?

Question 2. Dans le cadre de développements logiciels d'un projet de recherche, qui décide de la licence associée à ce logiciel ? Quelles sont les différentes licences possibles et leurs implications lors d'une valorisation ?

Question 3. Quels sont les moyens de minimiser les risques lors de la mise à disposition de machines-outils dangereuses, type scie à ruban ou découpeuse laser (en libre service) ?

## Annexe A

# DRONE GAMES

### 1. PITCH

Vous cherchez à vous expérimenter ou à découvrir le pilotage des drones de manière ludique et sécurisée ? Drone Games est fait pour vous !

À votre disposition : un drone, une télécommande, un casque FPV (First Person View) et un espace aménagé dans lequel vous pouvez affronter vos amis au travers de jeux de combats ou de courses en réalité augmentée comme si vous étiez embarqué dans l'appareil.

Préparez-vous à mettre vos talents de pilote à rude épreuve !

#### 1.1. PROJET

À toute personne souhaitant expérimenter le pilotage des drones d'une façon ludique et sécurisée, nous proposons une mise à disposition de drones FPV faciles d'utilisation, ainsi que des espaces couverts dans lesquels des groupes de personnes réalisent des combats ou des courses en réalité augmentée. Les grands intérêts de ce projet sont : une aide logicielle pour que le pilotage soit le plus agréable et sécurisé possible ; un espace inédit dédié aux jeux pouvant contenir plusieurs drones qui volent simultanément et interagissent ensemble, dans un lieu couvert pour occulter tous problèmes liés à la météo et aux limites juridiques rattachées aux vols de drones en extérieur ; une interface graphique proposant un univers de jeu en réalité augmentée qui puisse être facilement perçu et appréhendé aux travers de casques FPV permettant une immersion totale. **Le pilotage occasionnel de drones proposé au grand public est un concept aujourd'hui inédit dans le marché du divertissement et fait la force de ce projet.**

#### 1.2. PROFIL DE L'EQUIPE – TECHNO – SAVOIR-FAIRE

Je suis chercheur sénior dans le domaine du traitement d'images et l'asservissement visuel, motivé à prendre part à la création d'une entreprise. Après avoir mené une carrière académique dans ce domaine et contribué au développement de briques logicielles, j'ai suivi des formations ( 'Horizon start-up' à l'Inria Rennes, module 'Opportunity Recognition' de la Doctoral School d'EIT Digital ..) afin de me préparer à porter un projet de création d'entreprise autour de technologies d'asservissement visuel.

Suite à mes recherches personnelles sur le marché des drones de loisir, et forts de la veille technologique que j'ai acquise durant mes années de recherche, j'ai identifié l'opportunité d'apporter ma maîtrise technologique au profit d'une solution inédite qui a un impact potentiel important sur le marché du divertissement : il apparaît que la vente de drones grand public est en pleine expansion mais que les utilisateurs de ces appareils sont destinés à un usage solitaire et restreint de leur produit. D'autre part, **aucune solution sur le marché du divertissement ne propose un pilotage occasionnel et ludique de drones à des groupes de néophytes.** Nous répondons à toutes ces limites en offrant une solution inédite sur les marchés du divertissement et des drones. Cette solution consiste en la mise à disposition de salles aménagées et du matériel nécessaire pour piloter en FPV plusieurs drones qui interagissent ensemble au travers de jeux de combat ou de courses. La

technologie mise en jeu dans ce produit permet au pilotage d'être facilement appréhendé par n'importe qui, et propose une interface graphique adaptée aux jeux dans lesquels les pilotes évoluent.

## 2. DESCRIPTION DU PROJET

### 2.1. PROBLEME ADRESSE

Les problèmes majeurs avec ce type de drones grands publics sont :

- La difficulté rencontrée par l'utilisateur lors des premières prises en main. Le contrôle n'est pas intuitif et l'utilisateur doit effectuer un grand nombre de vols d'essais avant de pouvoir maîtriser l'appareil sans risque pour l'humain ou le matériel.
- Le retour visuel, qui dépend de la caméra orienté vers l'avant, rend les déplacements latéraux et arrières sujets à des risques de collisions.
- En fonction des différentes technologies de télécommunication employées, le retour visuel est soumis à des latences (pour les modèles les plus abordables), ou aux limites imposées par les signaux analogiques qui ne permettent pas l'ajout d'interfaces graphiques (pour les gammes supérieures).
- L'environnement dans lequel un ou plusieurs drones évoluent est soumis à l'espace dont dispose le ou les utilisateurs (exemple : jardin, garage) mais également à la juridiction (exemples : le vol en extérieur est autorisé uniquement au sein d'une propriété privée ; l'usage de casques FPV requiert une personne tierce qui maintient le contact visuel avec le drone ; des mesures doivent être prises pour respecter la vie privée des personnes filmées par la caméra du drone).
- La somme à déboursier pour acquérir le matériel nécessaire à de bonnes conditions de vol peut décourager un amateur désirant seulement découvrir le pilotage.

S'ajoutent à ces problèmes techniques et juridiques des limites d'usage imposées par le marché actuel. En effet, les utilisateurs de drones d'aujourd'hui sont cantonnés soit à affiner leurs talents de pilotage, soit à se filmer depuis des points de vue originaux. Une minorité d'utilisateurs s'essaie tout de même à des courses de drones. Malheureusement, ces courses sont réservées à des personnes dont les talents de pilotage sont extrêmement aiguisés, dans des lieux destinés habituellement à d'autres usages (forêts, parkings, stades, ...) transformés en arènes pour l'occasion.

### 2.2. SOLUTION ENVISAGEE

L'atout principal de notre projet est la mise à disposition au public d'une solution complète qui n'est pas présente sur le marché à ce jour. Cette solution consiste en :

- La mise à disposition de matériel (drone/télécommande/casque FPV) et d'une halle aménagée pour que des groupes d'utilisateurs puissent expérimenter le pilotage dans un environnement propice au jeu. **Un lieu tel que celui-ci n'existe pas sur le marché actuel.**
- L'intégration d'une aide au pilotage transparente qui répond à la nécessité d'une prise en main rapide et d'une utilisation sécurisée du matériel par n'importe qui. **Cette aide est l'atout technique majeur de ce projet face à la concurrence.** Elle repose sur une technologie que nous maîtrisons

et qui n'est pas employée sur les drones du marché actuel. La section 2.4 de ce document revient sur les points techniques qu'implique cette aide.

- Des jeux de types combats ou courses, proposés aux groupes d'utilisateurs. Un drone, dont le pilotage ne requiert aucun talent préalable, une télécommande et un casque FPV sont mis à disposition de chaque personne du groupe.
- L'immersion du joueur dans le jeu au travers d'une interface graphique inédite sur ce genre d'appareils, comprenant des modules utilisant la réalité augmentée.

### 2.3. PRODUIT

Le produit que nous comptons mettre sur le marché est une session de jeu de combat en équipe ou de course à destination d'un groupe d'utilisateurs issus du grand public, y compris de personnes à mobilité réduite. Plus spécifiquement, la session de jeu comprend la mise à disposition de la halle et du matériel nécessaire pour piloter les drones (drone/télécommande/casque FPV par pilote). Celle-ci se déroule dans un temps limité et est destinée à un groupe de 4 à 8 personnes à la fois.

### 2.4. TECHNOLOGIE SOUS-JACENTE

Les technologies sous-jacentes sont divisées en plusieurs sous-parties : matérielle et logicielle.

**La partie matérielle** s'appuie sur des technologies déjà existantes sur le marché : des caméras, des drones, des télécommandes, des casques FPV, un ordinateur central, des émetteurs pour l'envoi des commandes aux drones, et des récepteurs pour capter les flux vidéos. Le travail sur cette partie ne consiste donc qu'à une intégration de technologies existantes autour des différents modules logiciels propriétaires que nous aurons développés.

**La partie logicielle** est elle-même divisée en deux sous-parties (présentées ci-dessous) : l'aide au pilotage et l'interface graphique.

#### Aide au pilotage

Le but de l'aide au pilotage est que chaque drone évite toute collision avec d'éventuels obstacles, tout en stabilisant les commandes souvent chaotiques envoyées par un pilote débutant :

- Le flux caméra de chaque drone est envoyé par radio à un ordinateur central qui, grâce à des algorithmes de vision que j'ai mis au point, est capable de localiser finement (10cm) chaque drone en 3D. J'ai publié et testé sur un drone réel ces technologies ces dernières années : démo en salle robotique.
- Les commandes brutes de chaque joueur sont envoyées à l'ordinateur central qui les traduit en intentions et qui choisit parmi des lots de commandes stables et préétablies celles qui impriment au drone le mouvement souhaité en évitant des collisions avec l'environnement (murs, ou drone concurrent). L'ordinateur envoie alors à chaque drone des consignes. Cette technologie est également un des axes de recherche de l'équipe de recherche.

#### Interface graphique

L'utilisateur portera un casque de type FPV retransmettant directement la vidéo de la caméra frontale de son drone enrichie d'une interface graphique avec les différents paramètres de jeu (niveau de vie, munitions, temps restant, viseur, informations relatives aux obstacles proches... etc.).

Un autre aspect de cette interface nécessitera un travail en réalité augmentée. En effet, lorsqu'un joueur tire sur un adversaire, une animation illustrant l'impact s'affiche dans l'image sur le drone touché.

Cette interface graphique ajoutée à l'image retransmise par la caméra frontale est une simple superposition d'une image sur une autre qui ne requiert pas de savoir-faire technique particulier. Cependant, la conception de l'interface, notamment la manière dont un utilisateur appréhende les informations visuelles, sollicite l'expertise des équipes Hybrid de Rennes, Potioc de Bordeaux, et Mjolnir de Lille.

## 2.5. MODELE ECONOMIQUE

En me basant sur les notions abordées lors de mes différentes formations autour de la construction d'une start-up, je me suis prêté à l'exercice de la définition de trois modèles économiques qui correspondraient à notre vision du marché du divertissement et aux débouchés potentiels de notre produit. **La première approche** consiste à suivre le modèle économique actuel des divertissements tels que le Laser Game ou le bowling. C'est-à-dire de posséder des halles destinées à accueillir du public et à facturer directement des sessions de jeu.

**La deuxième approche** envisagée consiste en une vision plus orientée B2B, où notre produit serait non pas une session de jeu, mais le système de jeu dans son ensemble, lequel serait vendu ou loué à des organisations et qui pourrait aussi donner lieu à la signature de contrats de maintenance.

**Enfin, une troisième approche** consisterait à nous associer avec un acteur existant du domaine en ne leur proposant que la brique de **localisation et aide au pilotage** (licensing).

De manière à orienter au mieux la stratégie à adopter, il sera nécessaire d'acquérir un certain nombre d'informations :

- Déterminer les acteurs majeurs du domaine et analyser leur stratégie économique de manière à évaluer les stratégies de positionnement dans le marché ;
- Étudier les perspectives de marché associées aux trois approches considérées (des éléments préliminaires sont présentés dans la Section suivante) ;
- Effectuer une enquête pour affiner la formule à proposer à des futurs clients en fonctions de leurs besoins réels et valider ces approches sur un panel d'utilisateurs ;
- Évaluer les besoins futurs des différentes approches, aussi bien en termes de ressources financières que matérielles et identifier les actions à entreprendre pour accéder à ces ressources.

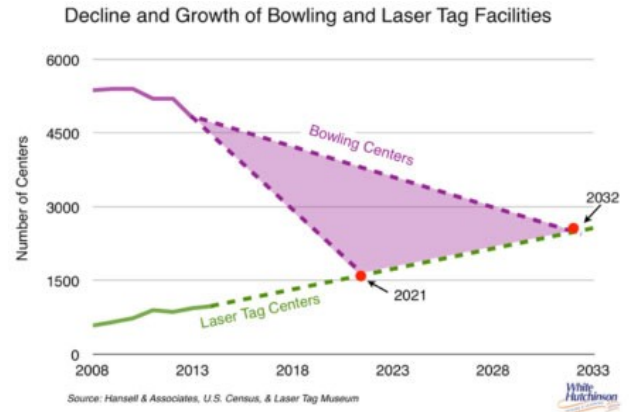
Ces différentes actions sont entamées en parallèle du développement du prototype de manière à disposer d'une vision claire lorsque celui-ci sera prêt à être commercialisé.

## 2.6. MARCHE

L'étude réalisée pour le moment est le fruit de mes connaissances encore limitées en matière d'analyse de marché. Il sera donc indispensable de la compléter par une future expertise plus exhaustive.

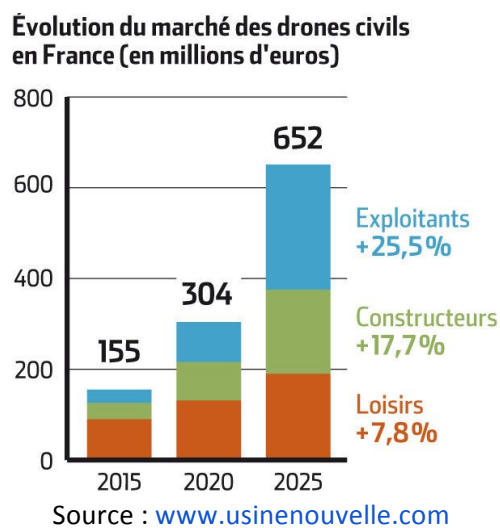


Le marché du divertissement évolue constamment et révèle des tendances du public pour les nouvelles technologies face aux acteurs majeurs qui avaient un monopole certain sur ce domaine. Dans ce sens, on peut citer le cas du Laser Game dont la fréquentation augmente d'année en année et qui pourrait égaler celle du bowling d'ici à une quinzaine d'années.



Source: [www.whitehutchinson.com](http://www.whitehutchinson.com)

De là, proposer un nouveau type de divertissement basé sur les drones de loisir est une idée prometteuse en termes d'accès à des parts d'un marché en pleine expansion :



Plusieurs points restent cependant à éclaircir, par exemple définir comment peut se structurer le marché des halles de Drones Games. Il faut également déterminer si la tendance pourrait aller vers de grosses structures avec un grand nombre de halles ou vers un grand nombre d'exploitants indépendants disposant de peu de halles. Il n'est pas non plus possible encore de définir de manière précise la rentabilité d'un tel projet. Ces questions seront cependant abordées en parallèle du développement du prototype.

## 2.7. SITUATION A DATE ET PLAN D'ACTION

Le projet est actuellement en phase exploratoire, aucun développement technique n'a encore été entrepris au-delà des démonstrations de localisation/asservissement visuel. Les grandes étapes qui vont devoir être réalisées sont indiquées ci-dessous et seront effectuées par moi-même (dans un rôle de porteur en charge des aspects business et spécialiste vision), et un ingénieur recherche Inria dont je demande le financement pour une durée de 1 an.

En outre, nous demandons un budget matériel de 20000 euros afin de développer un démonstrateur complet du système, pour quatre joueurs (drones, casques de réalité virtuelle, ordinateurs, contrôleurs de type joypad).

### Étape 1

Temps avant validation de l'étape : 6 mois

#### Aspect technique : Développement du prototype en simulation

Cette étape va permettre de confronter notre idée aux problématiques techniques que nous aurions occultées en simulation, ainsi que de soumettre notre solution à un premier groupe de testeurs de manière à évaluer sa faisabilité et son acceptabilité.

Un système de jeu complet impliquant plusieurs joueurs devra être également mis en place pour évaluer le potentiel commercial du projet. Dans l'optique de cette évaluation de marché, plusieurs groupes de testeurs d'horizons différents seront envisagés.

À l'issue de cette étape, la majorité de la production logicielle aura été achevée, à savoir l'interface homme-machine, le système de pilotage semi-autonome et les systèmes de jeux.

#### Aspect Business : Étude de marché et approfondissement des Business modèles

En parallèle des développements techniques, une analyse de marché sera effectuée de manière à identifier les acteurs, les partenaires éventuels et les tendances fortes du marché du divertissement. Les informations qui ressortiront de cette étude seront utilisées pour approfondir les business modèles présentés précédemment. De même, ces informations permettront de mettre en place un protocole rigoureux en termes de validation du prototype par les différents groupes utilisateurs, de manière à valider les hypothèses de mise en vente.

### Étape 2

Temps avant validation de l'étape : 3 mois

#### Aspect technique : Développement de l'architecture

Cette étape correspond à l'intégration de notre solution logicielle au sein d'une architecture matérielle comprenant plusieurs drones. Elle permettra de valider dans un premier temps l'intégration des drones réels dans le système (émission/réception de signaux analogiques multiples ; traitement multiple de flux vidéo). Puis dans un second temps un groupe de testeurs devra valider cette solution en ce qui concerne le ressenti lié au pilotage.

### **Aspect Business : Définir l'approche marketing**

En se basant sur les analyses et les tests de l'étape précédente, les aspects les plus intéressants du produit en termes de ressenti utilisateur auront pu être isolés. Sur cette base, un profil marketing du produit sera alors élaboré, ce qui permettra de pouvoir communiquer efficacement une fois le premier prototype 4 joueurs finalisé.

### **Étape 3**

Temps avant validation de l'étape : 3 mois

### **Aspect technique : Validation du système de jeu dans un local dédié**

Cette étape finale consiste à valider la solution dans sa globalité avec 8 drones simultanés. L'expérience de jeu issue du travail en simulation doit être intégrée dans un système complet qui devra être de nouveau validé par un panel utilisateur.

### **Aspect Business : Établissement des besoins de la future start-up**

Durant le développement du prototype complet (4 joueurs) et en se basant sur les différentes recherches business précédentes, cette étape permettra de définir un plan d'action clair à mettre en œuvre pour créer l'entreprise. Ce plan d'action contiendra notamment la définition des besoins de la start-up, à la fois en termes de financement et en termes d'éventuels établissements de relations industrielles. En comparant les moyens nécessaires avec les revenus envisageables, l'objectif de cette étape est de préparer la création de la société aussi rapidement que possible dès lors que le prototype sera existant et validé à la fois techniquement et par un panel d'utilisateurs.

### **Perspectives**

En se référant à un modèle analogue au notre qui est celui du Laser Game (plus précisément le leader français et européen 'Laser Game Evolution'), on peut émettre l'objectif suivant :

- 3 halles seront présentes en France d'ici à 4 ans
- 37 halles seront présentes en France d'ici à 10 ans (avec un début de développement sur le marché européen)
- 90 halles seront présentes en France et en Europe d'ici à 20 ans

Ces perspectives sont évidemment soumises à nos futurs travaux, et aux éventuelles difficultés rencontrées pour la mise en construction de halles des points de vue de la législation et de la sécurité.