



ÉCOLE CENTRALE LYON

PAR
MÉCASPORTCo

Référentiel Gestion de Projet

Élèves :

Nathan RIVIÈRE
Gabin ROLLAND

Enseignants :

Romain VUILLEMOT
Wouter BOS
Vincent FRIDRICI

2 novembre 2018

Table des matières

Introduction	2
1 Contexte	2
1.1 Contexte général	2
1.2 Travaux réalisés en amont	3
1.2.1 Recherche de critères pertinents	3
1.2.2 Interfaces d'exploration de données	4
1.3 Source de données disponibles	5
2 Définition du sujet	5
2.1 Cadre de travail	5
2.2 Objectifs	5
2.3 Cahier des charges de l'interface	6
3 Organisation et planification des tâches	6
4 Budget	9
Conclusion	10
Annexe A	12
Annexe B	12

Introduction

Aujourd'hui la technologie intervient de plus en plus dans le sport. En effet les statistiques des joueurs sont de plus en plus précises et de plus en plus nombreuses. Les clubs emploient des personnes pour acquérir des données et les exploiter. Cependant ces recherches ne sont pas disponibles. C'est dans ce contexte que s'inscrit le PAr MécaSportCo dont le but est d'analyser des données sportives pour trouver un ou plusieurs critères qui pourrait être utiles aux experts.

Ce référentiel de gestion de projet a pour but de définir le sujet de notre travail de recherche. Il permet ainsi de situer le contexte dans lequel il se déroule et d'apporter toutes les informations nécessaires à sa réussite. Une première partie détaille le contexte dans lequel ce PAr est lancé. Puis une seconde partie définit les contours du projet. Dans une troisième partie nous aborderons la planification du travail et enfin nous verrons le budget nécessaire au déroulement du projet.

1 Contexte

1.1 Contexte général

L'analyse de données devient essentielle dans le sport et est de plus en plus développée. Le principe est de collecter diverses données et de les analyser afin d'effectuer des prédictions ou d'améliorer les performances à la fois collectives et individuelles des joueurs. De nombreuses startups se créent et proposent leurs services aux professionnels et amateurs (se reporter à la section 1.2.2 pour plus de détails). Cette pratique est utilisée par des sportifs de haut niveau comme par exemple l'équipe de football d'Allemagne qui a eu recours à toutes les données disponibles sur leurs matchs pour se préparer à la coupe du monde de football 2014 qu'elle a par ailleurs remportée. On comprend donc ici l'importance de s'intéresser à cette activité, d'autant plus que la mise à disposition des données étant récente, tout n'a pas été exploré et un large champ de recherche est possible.

De plus l'exploitation de ces données d'un point de vue autre que sportif peut s'avérer pertinent comme c'est le cas dans l'article [4] qui illustre l'existence de certaines corrélations entre les mouvements de joueurs de football sur un terrain et des particules sur ce même terrain. C'est dans ce cadre qu'a été créé le PAr MécaSportCo lancé en 2017 afin de caractériser les mouvements de sportifs tout en cherchant à vérifier ces corrélations. Un premier travail a été effectué par Marc Louis Mattis et Alfonso García Hernández dont les principaux résultats sont présentés dans la section 1.2.1. Ce projet est ainsi continué cette année avec pour objectif de progresser dans l'exploration des différentes caractérisations possibles des comportements des sportifs à partir de l'exploitation de différentes données ainsi que dans le développement d'une interface visuelle permettant de communiquer ces données.

1.2 Travaux réalisés en amont

1.2.1 Recherche de critères pertinents

Les espaces de Voronoï Marc a réalisé différentes études sur chacun des sports. La première étude concerne d'éventuels liens entre les espaces de Voronoï (qui caractérisent la zone d'influence) des joueurs et leur vitesse, la possession de balle et le moment où ils marquent un point. Ainsi il y aurait une corrélation entre la surface de ces espaces et la vitesse des joueurs au Foot mais pas au Basket. En revanche en regardant l'évolution de la surface pour les joueurs en possession du ballon on n'observe a priori pas de lien exploitable au Foot. Enfin lorsqu'on observe l'espace de Voronoï d'une équipe de Basket juste avant qu'elle marque on constate simplement que la surface moyenne augmente puis diminue au moment du tir.

Étude du centre de masse L'étude du positionnement du centre de masse de deux équipes opposées au Foot et au Basket a permis de révéler une symétrie entre le mouvement des deux équipes (quand une avance l'autre recule) en particulier au foot. Ceci est une information importante car elle peut constituer un premier critère pour déterminer si une équipe attaque ou défend (positionnement du centre de masse par rapport à l'équipe adverse + vitesse relative).

De plus lorsqu'on compare la position des footballeurs relativement au centre de masse de leur équipe on constate bien une organisation type de l'équipe ce qui peut permettre de déterminer si une équipe travaille bien en bloc ou pas et d'identifier un éventuel point faible dans le positionnement. Toutefois ceci n'est vrai que pour le Foot car au Basket et au Rugby cette étude ne donne pas de résultats particuliers sur un match entier. Ceci est probablement dû au fait qu'il y a beaucoup de phases de jeu différentes et de changement de positions dans ces sports. Il faudrait donc réduire l'étude à certaine phase de jeu et non au match entier.

Un aspect important qui découle de ces recherches est que chaque sport doit être étudié différemment car un critère important dans un sport ne l'est pas nécessairement dans l'autre.

Corrélation entre particules fluides et sportifs L'étude des écoulements turbulents des particules fluides montre que la géométrie de l'espace dans lequel elles évoluent influe sur le changement de direction moyen. Il se trouve que la fonction de densité des changements de direction des joueurs de football sur un terrain de foot révèle une forme commune à celles de particules fluides confinées en 2D. Ainsi le comportement anisotrope et a priori non aléatoire des joueurs de foot n'a pas d'influence et seule la géométrie du domaine de limitation a un impact sur les changements de directions moyens [4].

Occupation de l'espace et zones d'influence Les données sportives les plus simples à acquérir sont les positions des joueurs et du ballon. Ainsi étudier l'occupation de l'espace par les sportifs dans les sports collectifs constitue une analyse développée par plusieurs chercheurs. On peut par exemple associer une valeur aux différentes zones du terrain afin de quantifier lesquelles les joueurs ont intérêt à occuper aussi bien au Basket [6] qu'au Football [12]. Il est également possible de définir une zone d'influence ou de contrôle d'un joueur en fonction de sa vitesse, de sa position sur le terrain et par rapport à la balle.

Plusieurs approches sont décrites dans les articles [12] et [15] pour caractériser le contrôle d'une zone par un joueur de foot.

Description et prédiction d'une phase de jeu Des critères plus difficiles et plus concrets peuvent être étudiés. Ainsi, l'article [3] remarque qu'au Basket la défense est rarement étudiée et définit un critère permettant de caractériser des aspects défensifs d'une équipe. Certains chercheurs ont eux réussi à définir des critères pouvant prédire l'issue d'une possession. Par exemple l'article [7] présente l'EPV (expected possession value) qui qualifie la valeur d'une possession au basket en terme de probabilité de point marqué. Lors d'une possession donnée à chaque choix possible pour le joueur détenant le ballon est associé à un certain EPV ce qui permet de voir quelle solution pourrait être la plus bénéfique à l'équipe. Un autre exemple au football cette fois est l'étude de la possibilité d'interception d'une passe en fonction du contrôle de l'espace de chaque joueur[15].

1.2.2 Interfaces d'exploration de données

La visualisation de données sportives peut prendre de nombreuses formes différentes. On peut représenter sous forme de graphique les statistiques de joueurs pour comparer leur performance sur différents critères. cette représentation ne fait que restituer les informations qu'apporte les données brutes. On peut présenter ces données de manière plus concrètes en affichant des graphiques superposés au terrain de sport. Enfin il est également possible de visualiser les données directement sur les vidéos des phases de jeu concernées afin de faire un lien concret entre données et phase de jeu [8].

Il existe différentes interfaces permettant la visualisation de données. On introduit aussi le contenu de quelques recherches mais un état de l'art plus détaillé rendra compte de manière plus précise de ces recherches.

SoccerStories [9]. SoccerStories est une interface permettant de visualiser certaines phases de match de football. Cette interface peut s'avérer très utile en prenant en compte le fait que les données sous leur forme pure parlent peu. L'interviews d'experts confirment cette remarque puisque celles-ci révèlent que dans l'analyse du football il ne faut pas oublier le côté visuel et sélection de phases de jeu qui permettent de raconter une histoire. Nous pouvons tirer plusieurs inspirations de cette interface notamment les différents critères et curseurs présentés en les adaptant à nos propres critères ainsi que les différentes démarches présentées dans l'article (interview d'experts, phase d'évaluation, description du sport...).

Combiner mouvements analysés et vidéo du match réel. Les sportifs ont souvent besoin d'analyser leur performance mais les critères statistiques la caractérisant sont beaucoup plus parlant lorsqu'ils sont associés à l'action à laquelle ils font référence. C'est pourquoi certains chercheurs s'attachent à intégrer les critères statistiques intéressants au sein des vidéos de jeu [11]. SportVu permet de visualiser un match de basket depuis 6 caméras différentes et de superposer différents critères, tels que la zone délimitée par les 5 défenseurs, au sein des vidéos [17]. Toutefois il n'est parfois pas possible de représenter ces critères visuellement mais mettre la vidéo de l'action correspondante en parallèle peut s'avérer déjà concluant comme le fait l'interface BKViz [14] qui présente une quantité

exhaustive de critères pour un match de Basket avec en parallèle la vidéo de la phase de jeu correspondante.

1.3 Source de données disponibles

Nous disposons actuellement des données pour 3 sports différents : le Football, le Basket et le Rugby. Pour chacun de ces sports ces données ont des formats différents dont chacun d'eux présente des avantages et des inconvénients :

- Basket : 632 matchs de NBA. Chaque match est découpé en évènements. Chaque évènement contient la position des joueurs des deux équipes et du ballon.
- Foot : données pour deux matchs pour les deux équipes. Nous avons également des données pour 3 autres matchs mais seulement avec une équipe.
- Rugby : tous les matchs et entraînements du LOU depuis 2016.

Au vu de la quantité de données que le Basket peut fournir nous allons concentrer notre étude sur ce sport.

2 Définition du sujet

2.1 Cadre de travail

Comme nous l'avons vu dans la section 1.2.1 il est nécessaire de traiter chaque sport différemment. Nous avons décidé de concentrer notre étude sur le Basket car les ressources de données sont nombreuses et de qualité ce qui nous permettra de ne pas être limités au niveau des tests possibles et de donner de la légitimité à nos travaux puisqu'ils seront testés sur des matchs de NBA. De plus nous avons décidé de nous intéresser à l'aspect collectif de l'équipe et non aux joueurs individuellement.

2.2 Objectifs

Objectif 1 : Exploration de critères pouvant caractériser l'interaction entre joueurs Le premier objectif consiste à rechercher des critères quantitatifs, définis à partir de l'analyse de données brutes, qui pourraient caractériser le comportement collectif d'une équipe de Basket. On cherchera ainsi à mettre en évidence des corrélations entre des modélisations mathématiques (comme les espaces de Voronoï) et des aspects qualitatifs (bonne ou mauvaise défense par exemple) d'une phase de jeu. Il conviendra de réaliser un mini rapport pour chaque critère testé qui contiendra la raison pour laquelle on a choisi ce critère, la démarche de test et une analyse des résultats. Cet objectif sera atteint si les résultats trouvés (positifs ou négatifs) pourront intéresser.

Objectif 2 : Création d'une interface de visualisation Ce second objectif s'inscrit dans l'optique de rendre accessibles et compréhensibles les données récoltées par les capteurs. A ce jour, le PAR de l'année précédente a été confronté à des difficultés pour justifier son travail. La création d'un outil de visualisation améliorerait grandement ce point. Cette interface devra être considérée comme un véritable outil destiné aux analystes sportifs ou entraîneurs.

Elle devra intégrer la visualisation des joueurs ainsi que leurs déplacements. Elle devra aussi intégrer des informations plus générales sur le match (temps, score, temps restant

avant de shooter en basket par exemple,...). Elle sera réalisée à l'aide de *Javascript* et de la librairie *D3JS*. Cet outil se doit d'être fluide et de proposer une visualisation "intéressante" des données.

Objectif 3 : Gestion du code créé Cet objectif correspond à la mise en commun des codes créés, en Python ou en Javascript, et à permettre une maintenance et une évolution simplifiée. Un espace partagé devra être créé et des explications sur la structure et le fonctionnement des codes seront fournies.

Objectif 4 : Rédaction d'un article Ce quatrième objectif a pour but de rendre compte de nos recherches en effectuant la démarche pour publier nos études dans un article scientifique. Il conviendra dans un premier de temps de valider ces études en les présentant régulièrement à un (ou plusieurs) expert de Basket (en exploitant le partenariat du BDS de l'ECL avec l'ASVEL ainsi que les relations de Romain VUILLEMOT).

2.3 Cahier des charges de l'interface

Étant donné le peu de certitudes que nous avons quant à l'issue des recherches de critères intéressants pour le Basket il est nécessaire de définir un cahier des charges minimum que devra remplir l'interface ce qui nous garantira d'avoir un livrable minimal de qualité qui ne dépend pas de l'objectif 1. Ce cahier des charges est représenté par la figure 1.

Fonction principale	Fonction secondaire	Détails
Donner informations générales sur le match	Afficher un chrono	
	Afficher le score	
	Afficher le temps restant avant la faute	
	Afficher le nom des deux équipes	
	Afficher composition des équipes	Repérer les joueurs sur terrain à l'aide d'un numéro et associer chaque numéro aux joueurs en parallèle
	Afficher mouvement des joueurs sur un terrain	
Donner statistiques de bases	Afficher distance parcourue par les joueurs	
	Afficher distance entre joueurs et ballon	
	Afficher vitesse des joueurs	Vecteur vitesse + norme de celle-ci
Permettre affichage des critères déjà étudiés	Affichage des espaces de Voronoï	
	Affichage du déplacement des centres de masse	
Permettre à l'utilisateur d'interagir facilement	Fournir un tutoriel détaillé	
	Permettre le choix des critères à afficher	marqueurs ou liste déroulante
	Permettre le choix de la vitesse d'affichage	ralentir à 0,5 ou accélérer à 2x, pause
	Fenêtre expliquant le critère afficher	
	Être attirant	Design de qualité donnant envie d'exploiter l'interface

FIGURE 1 – Cahier des charges de l'interface visuelle

3 Organisation et planification des tâches

Notre travail de recherche est structuré en 5 tâches principales qui sont la gestion de projet, l'exploration des critères, la réalisation de l'interface visuelle, le stockage du code et

la validation de nos travaux. Chacune de ces tâches est détaillée ci-après et l'organigramme 3 qui résume l'organisation générale est disponible en Annexe A.

Tâche 1 : Gestion de projet Responsable : Gabin

- **Tâche 1.1 Rapport de lancement. (Gabin)** Rédaction d'un document permettant de définir le sujet du travail et de faire une première synthèse de ce qui est à notre disposition. Il permet également d'exposer les objectifs choisis et l'organisation envisagée afin que tout soit validé par les tuteurs en vue de la rédaction du référentiel gestion de projet qui sera une amélioration de ce rapport. Il permet ainsi de commencer à travailler conformément à ce que les tuteurs recherchent avant le RVP1.

Livrable : rapport à terminer le 19/10/18.

- **Tâche 1.2 Préparation du RVP1. (Gabin)** Le rendez-vous de pilotage numéro 1 a pour but de valider l'organisation générale du projet. Il faut préparer une présentation orale permettant d'exposer clairement le contexte, les objectifs et le planning du projet. La présentation orale est accompagnée d'un référentiel gestion de projet à envoyer aux tuteurs et au conseiller gestion de projet quelques jours avant le RVP1 prévu le 05/11/18.

Livrable : Présentation orale pour le 05/11/18 + Référentiel gestion de projet pour le 03/11/2018.

- **Tâche 1.3 Préparation du RVP2. (Gabin)** Le rendez-vous de pilotage numéro 2 permet de réaliser un état d'avancement du projet. Le travail effectué et un rappel des objectifs et du contexte sera effectué à ce moment là. Un livrable intermédiaire devra être également rendu pour rendre compte par écrit de l'état d'avancement.

Livrable : Rapport intermédiaire + présentation orale à prévoir pendant le mois de Janvier.

Tâche 2 : Exploration des critères Responsable : Gabin

- **Tâche 2.1 : Acquisition de connaissance sur le Basket (Gabin et Nathan)** Cette étape est nécessaire pour pouvoir faire le lien entre nos recherches scientifiques et l'aspect qualitatif du Basket. Le but est d'avoir des bases sur les différentes phases de jeu et formation possibles dans ce sport.

Livrable : petit rapport synthétique sur lequel nous pourrions nous appuyer tout au long du projet. Date de fin : 23/10/18.

- **Tâche 2.2 : Sélection des critères à explorer. (Gabin)** Cette tâche consiste à rechercher des critères calculés à partir des données qui pourraient permettre de rendre compte de la qualité d'un fait de jeu d'une équipe de Basket. Il conviendra donc de faire une liste exhaustive en partant de critères simples (distance entre joueurs) à des critères plus théoriques (espace de Voronoï) tout en utilisant les connaissances acquises sur le Basket lors de la tâche 2.1 afin d'identifier les critères utiles ou non pour le sport.

Livrable :

- Intermédiaire : détail d'un critère à présenter lors du RVP1 le 05/11/18

- Final : Liste des critères avec pour chacun une explication de son éventuelle exploitation pour le sport accompagné d'un début de démarche de test pour

vérifier s'il peut être exploré avec les données disponibles. Fin le 14/11/18. Cette date de fin est une date limite nécessaire pour pouvoir passer aux tests, toutefois cette tâche pourra être reprise ensuite si lors de nos travaux d'autres critères nous viennent à l'esprit.

- **Tâche 2.3 : Tests sur Python. (Gabin)** Les critères sélectionnés lors de la tâche 2.3 devront être testés pour vérifier s'ils peuvent caractériser une certaine phase de jeu d'une équipe. Pour cela nous disposons des données de matchs de NBA que nous exploiterons sous python. Nous avons choisi ce langage car c'est celui avec lequel nous sommes le plus à l'aise.

Livrable :

- Intermédiaire : test d'un critère et analyse de celui-ci à présenter lors du RVP1
- Final : Synthèse recensant les différents critères testés avec pour chacun une explication de la démarche et du code utilisé sous python, des illustrations des résultats et une analyse permettant de faire un lien ou non avec un aspect concret du Basket.

Tâche 3 : Création de l'interface visuelle Responsable : Nathan

- **Tâche 3.1 : Cahier des charges de l'interface. (Nathan et Gabin)** Lors de ce projet nous avons peu de certitudes concernant l'aboutissement de nos recherches c'est pourquoi nous avons besoin de définir des contours permettant de réaliser un travail "de base" qui ne dépend pas des critères recherchés afin d'avoir un fil rouge qui nous garde dans la certitude d'un livrable final correct. Ce cahier des charges devra être réalisé avant le 30/10/18.
- **Tâche 3.2 : Prototype de l'interface. (Nathan)** Ce prototype devra être exposé lors du RVP1, il a pour but de lancer de projet et il devra permettre la visualisation des espaces de Voronoï des joueurs. Il s'agit d'une requête suite au travail effectué l'année dernière sur le projet Mécafoot. Ces espaces doivent être visualisés dans l'interface et être régénérés à chaque instant lors du mouvement des joueurs.
- **Tâche 3.3 : Construction de l'interface. (Nathan)** Cette tâche consiste en la réalisation de l'interface répondant aux critères définis dans le cahier des charges de celle-ci. elle devra être finie début Janvier pour laisser place au travail sur la visualisation des critères.
- **Tâche 3.4 : Ajout de la visualisation des critères choisis. (Nathan et Gabin)** A la suite du choix des critères ou méthodes d'analyse, celles-ci devront être intégrées à l'interface, qui correspond à l'exposition du travail de recherche réalisé.
- **Tâche 3.5 : Réalisation d'un tutoriel pour utiliser l'interface. (Nathan)** Cette tâche correspond à l'exigence d'accessibilité de l'interface pour des utilisateurs non scientifiques.

Tâche 4 : Stockage du code et des démos Responsable Nathan

- **Tâche 4.1 : Stockage des données Python (Gabin)** Après avoir réalisé des essais, concluants ou non, il est important de maintenir notre code accessible, avec une explication de son fonctionnement pour permettre sa maintenance. L'utilisa-

tion de notebooks sera privilégiée. Les extraits de code seront régulièrement mis sur la plateforme Github (<https://github.com/rivieren/projet-mcft>), dans un espace partagé.

- **Tâche 4.2 : Stockage des données Javascript (Nathan)** De la même façon que pour les extraits de code Python, le code de la future application de visualisation devra être mis à jour régulièrement sur l'espace partagé créé sur Github. Le choix de solution technique pour les notebooks sera des Observable (<https://beta.observablehq.com/>).

Tâche 5 : Rédaction de l'article Responsable : Nathan

- **Tâche 5.1 : Définition des contours de l'article. (Nathan)** Pour publier un article scientifique il faut d'abord définir la cible. Cette décision sera prise avec les tuteurs après avoir fait des recherches sur les différentes revues possibles. On définira ensuite le contenu de celui-ci. Livrable : cahier des charges définissant les contours pour le 27/11/18
- **Tâche 5.2 : Rédaction d'un état de l'art. (Gabin)** Cette tâche a pour but de rechercher ce qui est déjà disponible dans l'analyse de données et la visualisation de celles-ci. Il faudra avoir un regard critique sur ces recherches en mettant en évidence ce sur quoi on peut s'appuyer. Il sera également utile pour la rédaction de l'article qui nécessite ce travail en amont.
 - Intermédiaire : Synthèse des recherches faites accompagnée d'une bibliographie pour le 02/11/18 à lier au RVP1.
 - Final : Synthèse mise à jour de toutes les recherches faites pendant le projet à lier à l'article.
- **Tâche 5.3 : Validation du travail. (Gabin et Nathan)** Le but de cette tâche est de réaliser une première validation du travail effectué en le présentant à un expert du Basket. Ce retour sera un vrai plus lors de la rédaction de l'article afin de donner de la légitimité à notre projet. Cette tâche devra être effectuée régulièrement à partir du mois de Janvier (mois au cours duquel les travaux sur l'interface et la recherche de critères devraient être très avancés) pour laisser le temps d'intégrer le contenu à l'article et voir d'apporter certaines modifications à notre interface.
- **Tâche 5.4 : Rédaction de l'article (Gabin et Nathan)** La rédaction de l'article sera notre livrable final qui rendra compte de tout le travail effectué lors du projet. Il devra être rendu avant le 02/04/2018.

4 Budget

Étant donné que nous disposons déjà de nombreuses données les seuls coûts envisagés pour ce projet seraient le paiement des horaires de travail des deux élèves-ingénieurs Nathan et Gabin. Ainsi en terme de coût complet et en partant sur le coût horaire d'un ingénieur débutant voici à titre indicatif les coûts complets du projet :

	Élève ingénieur	Prix horaire	Nombre d'heures	Total
Gabin	1	30	270	8100
Nathan	1	30	270	8100
Total				16200

FIGURE 2 – Budget

Conclusion

Ce référentiel gestion de projet permet de définir les objectifs et l'organisation du projet MécaSportCo. Il servira de référence dans la gestion quotidienne puisque nous pourrons nous y référer pour rappel des objectifs, l'organisation prévues des tâches et le budget à respecter.

Références

- [1] Exploring NBA SportVu Movement Data.
- [2] Les règles | FFBB.
- [3] Luke Bornn and al. Alexander Franks, Andrew Miller. Counterpoints : Advanced defensive metrics for nba basket ball. *MIT : Sports analytics conference*, February 2015.
- [4] Wouter J. T. Bos Benjamin Kadoch and Kai Schneider. Directional change of fluid particles in two-dimensional turbulence and of football players. *Physical Review Fluids*, June 2017.
- [5] Wouter J. T. Bos, Benjamin Kadoch, and Kai Schneider. Angular statistics of lagrangian trajectories in turbulence. *Phys. Rev. Lett.*, 114 :214502, May 2015.
- [6] Dan Cervone, Luke Bornn, and Kirk Goldsberry. Nba court realty. page 8, 2016.
- [7] Dan Cervone, Alexander D’Amour, Luke Bornn, and Kirk Goldsberry. Predicting Points and Valuing Decisions in Real Time with NBA Optical Tracking Data. page 9, 2014.
- [8] Romain Vuillemot Charles Perin and al. State of the art of sports data visualization. *STAR*, 37, 2018.
- [9] Romain Vuillemot Charles Perin and Jean-Daniel Fekete. Soccerstories : A kick-off for visual soccer analysis. October 2013.
- [10] Manuel Stein et al. Director’s cut : Analysis and annotation of soccer matches. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 36 :50–60, September 2016.
- [11] Manuel Stein et al. Bring it to the pitch : Combining video and movement data to enhance team sport analysis. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, pages 1–1, August 2017.
- [12] Javier Fernandez, F C Barcelona, and Luke Bornn. Wide Open Spaces : A statistical technique for measuring space creation in professional soccer. page 19, 2018.
- [13] Kirk Goldsberry. Courtvision : New visual and spatial analytics for the nba. 2012.
- [14] Antonio G. Losada and Alejandro Benito Roberto Theron. Bkviz : A basketball visual analysis tool. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 36 :58–68, December 2016.
- [15] Thorsten Breitkreutz Manuel Stein, Halldor Janetzko and al. (PDF) Director’s Cut : Analysis and Annotation of Soccer Matches.
- [16] David Romer. Do Firms Maximize ? Evidence from Professional Football. *Journal of Political Economy*, 114(2) :340–365, April 2006.
- [17] STATS. Sportvu nba. https://www.youtube.com/watch?v=j0QE1_tkEwE, 2014.
- [18] Savvas Tjortjoglou. How to track nba player movements in python. <http://savvastjortjoglou.com/nba-play-by-play-movements.html>, August 2015.

Annexe A

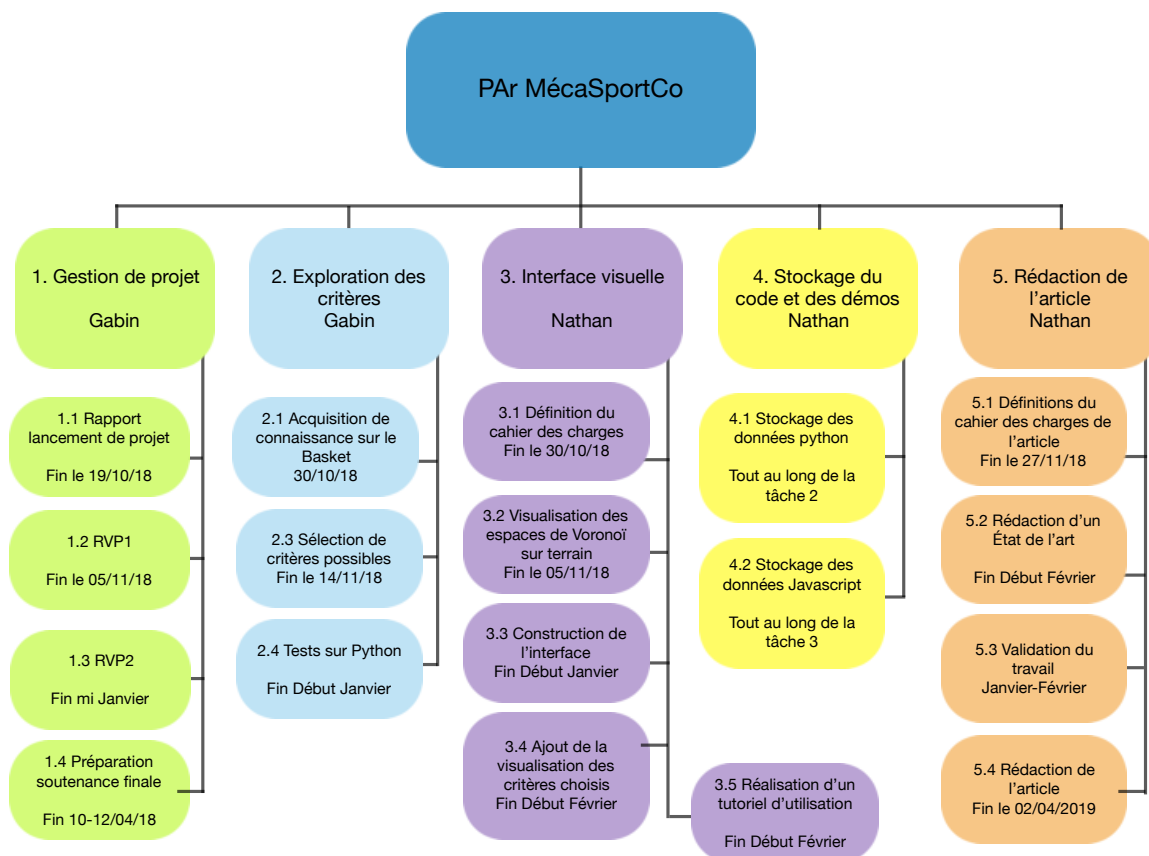


FIGURE 3 – Organigramme des tâches

Annexe B

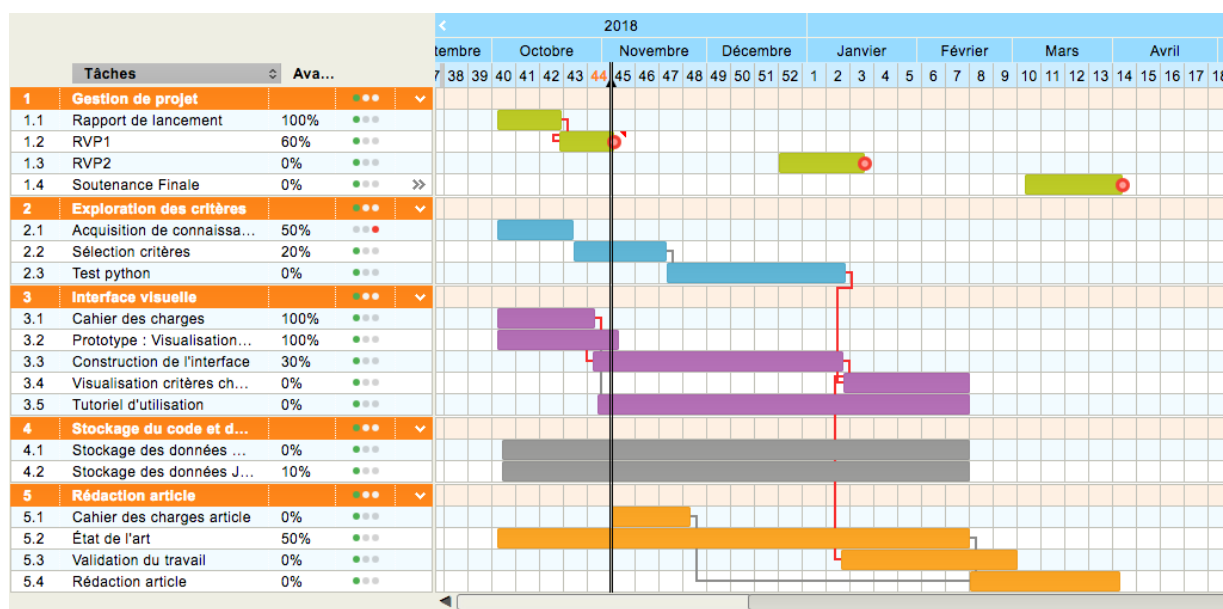


FIGURE 4 – Gantt