

L'option projet PariSci2024 : un pari scientifique et pédagogique

A. Leroyer^a, S. Barré^b, E. Poirson^c

a. LHEEA, UMR-CNRS 6598, Centrale Nantes, alban.leroyer@ec-nantes.fr

b. CREPS Pays-de-la-Loire, sophie.barre@creps-pdl.sports.gouv.fr

c. LS2N, UMR-CNRS 6004, Centrale Nantes, emilie.poirson@ec-nantes.fr

Résumé :

Cette communication présente un retour d'expérience d'une approche pédagogique par projet au travers de la deuxième option-projet lancée à Centrale Nantes en Septembre 2018. Plus précisément, cette option-projet, qui s'inscrit à côté des options disciplinaires classiques que suivent les étudiants de deuxième et de troisième année après une première année de tronc commun, s'est focalisée sur la "modélisation haute-fidélité du système complet bateau-avirons-rameur(s)" en collaboration avec le CREPS Pays-de-la-Loire et la Fédération Française d'Aviron. Nous mettrons en évidence certains atouts de ce mode de pédagogie, qui sur un sujet qui s'y prête, permet aux étudiants d'acquérir différemment des compétences grâce à un programme de formation à la carte, une organisation autonome et agile et un accompagnement scientifique privilégié, sur une thématique attractive et motivante. Les risques de ce type de formation, principalement liés à la gestion d'une équipe seront aussi évoqués.

Mots clefs : pédagogie par projet, lien formation/recherche, motivation et challenge

1 Introduction

L'Ecole Centrale Nantes (ECN) a mis en place depuis la rentrée 2017, outre la vingtaine d'options disciplinaires classiques proposées, une option-projet pour les étudiants de deuxième et troisième années du cycle ingénieur - en considérant également les étudiants qui ont réalisé une année de césure, après une première année de tronc commun. En s'appuyant sur l'expérience acquise de cette première option projet dédiée à la "maison connectée pour la santé" en lien avec le CHU de Nantes, une seconde option-projet "Paris Scientifiques 2024" a été mise en place à la rentrée 2018 sur la thématique de l'analyse et de l'optimisation de la performance sportive dans la perspective des Jeux Olympiques de Paris en 2024. C'est cette expérience que nous relatons dans cette communication en exposant le contexte, le projet et son organisation et notre analyse distanciée sur ce dispositif d'apprentissage avant de conclure et de donner des perspectives.

2 Contexte du projet

La perspective des Jeux Olympiques et Paralympiques à Paris en 2024 et les relations tissées entre Centrale Nantes, la Fédération Française d'Aviron et les établissements du Ministère des Sports, au travers

de différents projets de recherche en lien avec l'aide à la performance, depuis une vingtaine d'années, ont fait émerger une volonté d'élargir les passerelles entre la recherche scientifique et les acteurs sportifs. La réalisation d'un simulateur numérique haute-fidélité sur le fonctionnement du système complet bateau-rameur(s)-avirons nécessitait de valider en amont les modèles des forces appliquées au système et en particulier les efforts hydrodynamiques sur la coque et les palettes ([1,2,3,4]). Les programmes de recherche successifs ont permis de réaliser ces validations et d'acquérir une bonne confiance dans le code de calcul ISIS-CFD¹ pour traiter des écoulements complexes et singuliers rencontrés en aviron, notamment autour de la palette. Parallèlement à ces études, des travaux sur des simulateurs ont été réalisés avec des approches scientifiques différentes ([5,6,7]). Même si les objectifs de ce projet n'ont pas varié depuis la genèse de ces travaux, la confiance dans les simulations et l'expérience acquise sur les différentes tentatives de simulateurs nous ont conduit à définir un projet ambitieux, complexe, pluridisciplinaire dont la méthode à mettre en place et les moyens pour y parvenir étaient désormais clairement définis. De ce fait, le projet devenait non plus uniquement un programme de recherche mais un projet d'ingénierie pluridisciplinaire avec un concept à valider qui remplissait parfaitement les exigences d'un apprentissage par projet pour des élèves ingénieurs tel qu'il avait été mis en place à l'Ecole Centrale Nantes. L'opportunité a donc été offerte aux étudiants d'initier ce pari scientifique au travers d'un projet d'ingénierie et de recherche d'envergure.

3 Le projet et l'équipe

Depuis le 1er septembre 2018, onze étudiants en quatrième et cinquième années d'études supérieures ont choisi d'intégrer l'option-projet "Paris Scientifiques 2024". Ils sont encadrés par Alban Leroyer, maître de conférences spécialisé dans la Mécanique des Fluides Numérique et l'Interaction Fluide-Structure à Centrale Nantes, ancien rameur, porteur de la thématique « sport » au LHEEA et Sophie Barré, ingénieure de recherche au CREPS des Pays de la Loire et attachée scientifique de la Fédération Française d'Aviron, avec le soutien pour la partie gestion de projet d'Emilie Poirson, Directrice de la formation ingénieur à l'Ecole Centrale Nantes et principale protagoniste dans la mise en place et le suivi de la première option-projet.

Les étudiants ont travaillé à plein temps sur le développement d'un simulateur numérique nommé SPRing pour "Simulator of Performance in Rowing" dont l'objectif est de disposer d'un outil de simulation opérationnel basé sur une modélisation haute-fidélité des différents phénomènes physiques et mécaniques s'appliquant au système bateau-rameur(s)-pelles. Celui-ci a pour vocation d'être utilisé comme aide à la performance, notamment en donnant des éléments de réponse à des questions de terrain qui ont été traitées empiriquement jusqu'à maintenant. Les sportifs et les entraîneurs ne peuvent pas se permettre de perdre du temps à "essayer" des manières de faire ou de nouveaux matériels qui n'ont pas fait leurs preuves. Actuellement, les choix techniques sont basés sur l'expertise de l'entraîneur, sur l'analyse des vidéos, sur des mesures in situ (qui ne mesurent que quelques paramètres et qui dépendent de beaucoup de paramètres extérieurs), des sensations des rameurs... Ces éléments resteront primordiaux car in fine c'est bien sur le terrain que se réalise la performance mais le simulateur sera une aide précieuse qui permettra de donner des pistes d'optimisation et de valider de façon plus objective les choix. En témoigne l'intervention d'Alexis Besançon, entraîneur en équipe de France, lors de sa visite à Centrale Nantes pour une conférence "La place de la science dans une préparation olympique", le 16 Avril 2018 :

1. solver Navier-Stokes développé par l'équipe METHRIC du LHEEA, <https://lheea.ec-nantes.fr/logiciels-et-brevets/isis-cfd-193355.kjsp?RH=1489593406974>

« C'est un enjeu d'avenir pour 2020 et 2024 surtout. À haut niveau, on n'a pas le temps de faire des expérimentations, le temps de préparation est très court. [...] On est obligés de faire des choix. Tout ce qu'on fait est validé de manière empirique ou alors on a besoin d'apport scientifique théorique. La mise en place du simulateur par rapport à cela permettra de s'émanciper de toute une étape d'essai sur le terrain qu'on ne peut pas se permettre de faire dans le cadre d'une préparation olympique. »

4 L'approche pédagogique

Même si la pédagogie par projets n'est pas récente, elle correspond souvent à une partie des enseignements, en parallèle de cours magistraux, des travaux dirigés et pratiques. Certaines disciplines sont plus propices que d'autres comme par exemple l'informatique où la démarche projet est couramment utilisée. Dans le cas présenté ici, il s'agit d'une approche pédagogique pour laquelle le projet est l'essence même du travail des étudiants sur l'ensemble de l'année comme ils y seront confrontés dans le monde professionnel. Les enseignements sont distribués à la carte en fonction des besoins et des aspirations des étudiants dans une offre de formation en interne mais aussi avec la possibilité de faire appel à des compétences extérieures. L'autonomie organisationnelle, la gestion du temps et l'auto-formation sont largement privilégiées. Une grande liberté d'actions est laissée aux membres du groupe avec néanmoins un accompagnement régulier et un suivi individualisé.

4.1 Le lancement du projet avec les étudiants : les entretiens individuels de positionnement

L'ensemble des référents du projet, en l'occurrence les auteurs de cet article, reçoivent les étudiants lors d'un entretien individuel d'environ une heure pour faire connaissance et pour apprécier leur motivation et les raisons du choix de cette option. Même si le choix de l'organisation et les rôles attribués sont in fine réalisés par les étudiants, le questionnement sur la place qu'ils souhaitent occuper dans le groupe est largement évoqué. Sur ce projet PariSci2024, l'approche est multidisciplinaire avec de la CFD (Computational Fluid Dynamics), de la mécanique, de la biomécanique, de l'expérimentation en bassin des carènes ou en conditions écologiques, etc. pour les parties techniques et scientifiques sans oublier la gestion de projet au sens le plus large.

4.2 Le suivi du projet

La réalisation de SPRing est multidisciplinaire, complexe et chronophage. Elle nécessite une organisation modulaire de l'équipe et une transversalité technique de la part de chacun des membres du groupe. L'équipe s'est donc répartie en différents pôles de travail : le pôle Inertie Rameur, le pôle Palette et Pelle, le pôle Hydro/Aérodynamique, le pôle Rendu Graphique et le pôle PFD (Principe Fondamental de la Dynamique) avec un responsable pour chacun des pôles. Après des cours de management, une méthode agile a été mise en place au sein de l'équipe PariSci2024 par le chef de projet. Une réunion marquant le début de la journée permettait de faire un point sur les avancées et les blocages de la veille. Cela a renforcé la communication au sein du groupe et a favorisé la transversalité des compétences de chacun. Un travail de "pair-programming" et changeant les binômes en fonction des tâches et des compétences à mettre en oeuvre a aussi été mis en place par l'équipe afin de renforcer la diffusion des connaissances et de l'information.

En plus des points et échanges réguliers au fil des questionnements et des problèmes soulevés, une réunion hebdomadaire avec les encadrants du projet permettait de guider les étudiants et de valider les

différentes avancées techniques du simulateur.

4.3 L'évaluation : validation d'une année d'étude

En dehors des objectifs fixés et des livrables demandés, un entretien à mi-parcours et une évaluation par les pairs ont été réalisés. Cette évaluation portait sur les compétences techniques et professionnelles mais aussi sur les compétences relationnelles et savoir être professionnel. Pour l'évaluation finale, les encadrants se sont appuyés sur les entretiens individuels, les évaluations par les pairs, la qualité des livrables et les observations réalisées tout au long du projet. Les étudiants provenant d'années différentes (2^{ème}, 3^{ème} du cycle ingénieur après éventuellement une année de césure), l'évolution des compétences par rapport au niveau initial a également été prise en compte.

4.4 Un évènement de clôture

Tout au long de l'année, les étudiants ont été amenés à communiquer sur le projet au travers d'un site web² qui a aussi servi de plateforme collaborative, d'articles de vulgarisation réguliers des différents pôles et aussi via les réseaux sociaux (compte twitter ParisSci2024). Un évènement de fin de première année du projet a été souhaité pour rassembler toutes les parties prenantes du projet : il a eu lieu le 28 Mars 2019 (voir figure 1).



FIGURE 1 – Carton d'invitation de l'évènement de présentation

5 Retours et analyse critique

L'option projet est un choix de formation original et la thématique abordée est plutôt attractive pour les étudiants. La relation avec des partenaires extérieurs est un enjeu important pour l'ECN et dans le cas de l'option ParisSci2024, elle permet de faire perdurer une collaboration initiée il y a plus de 20 ans avec la Fédération Française d'Aviron ainsi que le CREPS des Pays-de-la-Loire [8] ; collaboration renforcée par les JOP 2024 qui arrivent à grands pas.

2. <https://plateforme.creps-pdl.fr/workspaces/101/open/tool/home#/tab/305>

5.1 Du côté des étudiants

Le bilan réalisé avec les étudiants met en évidence plusieurs points qui sont souvent soulignés dans une pédagogie par projets.

- Une plus grande motivation des étudiants qui ne travaillent plus uniquement pour acquérir des connaissances mais qui se mettent au service d'un projet avec des objectifs concrets et qui n'engagent pas que leur propre intérêt.
- Une mobilisation de compétences transversales renforcée par le choix de travailler par binômes et sur les différents pôles.
- Un programme de formation sur mesure

Pour illustrer ces propos, voici quelques commentaires d'étudiants de l'option PariSci2024 : « L'option projet est un véritable tremplin pédagogique qui, quand il est bien encadré, permet d'apporter aux étudiants beaucoup plus de connaissances que ce qu'ils pourraient acquérir dans un cours conventionnel sans oublier le côté professionnalisant et responsabilisant du projet. » « Cette méthode d'enseignement novatrice est très valorisée par les entreprises. On est très autonomes et on travaille surtout pour nous-mêmes. On se forme tout seuls sur les points que l'on a besoin d'approfondir tout en ayant un suivi personnalisé de la part des enseignants. » « Les personnes sont là pour le projet et pas seulement pour valider des partiels, cela prépare plus au métier d'ingénieur »

5.2 Du côté des encadrants

En se lançant dans cette aventure pédagogique, nous ne savions pas au départ trop à quoi s'attendre et à quelles difficultés nous allions être confrontés. Au final, ces sept mois se sont passés de manière très satisfaisantes et sans encombre, avec un groupe motivé composé de personnalités très différentes mais qui ont su, sous l'impulsion de leur chef de projet, à l'instar de la thématique sportive, créer une véritable équipe ayant la volonté de mener au bout leur travail.

Par comparaison, on ne retrouve que plus rarement ces comportements dans la formation classique où la motivation, la soif de connaissances et la volonté de comprendre en profondeur les concepts enseignés s'effritent souvent rapidement au profit d'activités extérieures, les étudiants devenant assez passifs et se limitant alors à une sorte de niveau plancher qui au final ne les satisfait pas non plus. Il semble donc que ces étudiants, ayant majoritairement passé les concours d'entrée après au moins deux ans de classes préparatoires, retrouvent dans ce mode d'apprentissage une sorte de challenge et de défi qui ravivent leur volonté d'apprendre. Ce qui est paradoxal, c'est que le mode d'apprentissage classique (cours, TD, TP) en classes préparatoires auquel ils avaient adhéré semble atteindre ses limites dès lors qu'il n'y a plus le défi du concours. Le questionnement des étudiants sur cette problématique lors des entretiens individuels n'a pas permis de dégager de réelle piste pour endiguer cette érosion de motivation, dont on observe tout de même un rebond en fin de scolarité après leur stage ingénieur.

Sur le plan opérationnel, la mise en route de ce genre de projet n'est pas immédiate, car il faut que les étudiants s'approprient le sujet et aussi apprennent à se connaître entre eux. Cette année, le recrutement de certains étudiants revenant d'une année de césure et ayant donc plus d'expérience a permis de faciliter le démarrage du projet sur de bonnes bases. Dans tous les cas, la mise en place d'objectifs intermédiaires tout au long de l'année semble un élément important afin que la machine se mette en route rapidement et efficacement. A posteriori, un point de vigilance sur ce type de formation est de veiller à la bonne agrégation du groupe afin qu'aucun élément ne décroche, ce qui pourrait être néfaste à la cohésion de l'équipe, contrairement à une groupe d'option classique. Toute la subtilité consiste à mettre au travail le

groupe entier sans être trop intrusif pour leur laisser une certaine autonomie dans leur organisation, et leur montrer par la même occasion la confiance qu'on leur accorde.

En terme d'acquisition de connaissances, si individuellement, chaque étudiant a certainement balayé un spectre disciplinaire plus restreint par rapport à une option classique, le niveau taxonomique atteint semble plus élevé, du fait d'être plus acteur de sa formation. Par contre, au-delà des compétences techniques indispensables à la formation ingénieur, les compétences relationnelles ne sont pas en reste, et font indéniablement partie du jeu, avec une mise en situation réelle.

Ce type de projet permet aussi de tisser plus de liens entre recherche et formation et d'aller plus loin dans le transfert de connaissances issues de la recherche auprès des étudiants, notamment via l'utilisation d'un certain nombre d'outils de recherche (installations expérimentales, codes de calcul,...), de la mise en oeuvre de compétences issues des laboratoires, et des échanges plus informels avec les chercheurs et enseignants-chercheurs qui enrichissent la formation des étudiants.

6 Conclusions et perspectives

Cette année d'étude a permis de valider un concept et sa faisabilité ainsi que son futur apport pour la communauté sportive en aviron. SPRing est une réussite et un pari gagnant ! Cela s'est révélé motivant aussi bien pour les étudiants que pour les encadrants.

Cette pédagogie innovante et ambitieuse associée à un projet non moins ambitieux avec un pari scientifique à la clé a été une réussite. Le projet sera reconduit la saison prochaine. Même si l'objectif final reste le même, le travail des étudiants changera ainsi que les compétences à mettre en oeuvre. Il conviendra de réadapter la présentation de l'option et les modalités pédagogiques. Au final, ce ne sera ni le même projet, ni la même équipe, ni le même déroulement.

Ce nouveau mode de pédagogie par projet permet aux étudiants d'acquérir différemment des compétences grâce à :

- un programme de formation sur mesure
- une organisation autonome et agile
- un accompagnement privilégié

Dans le cas de l'option proposée, c'est aussi :

- une immersion dans le monde de l'ingénierie du sport,
- des enjeux scientifiques connectés aux problématiques industrielles actuelles (hydrodynamique navale, EMR, simulations...),
- Une base de données de mesures expérimentales effectuées au sein des équipes de France,
- Une opportunité d'agir concrètement sur un projet d'envergure d'aide à la performance en vue des JOP de Paris 2024.

Références

- [1] A. Leroyer, S. Barré, J. Kobus, and M. Visonneau. Experimental and numerical investigations of the flow around an oar blade. *Journal of Marine Science and Technology*, 13(1) :1–15, 2008.
- [2] A. Leroyer, S. Barré, J. Kobus, and M. Visonneau. Influence of free surface, unsteadiness and viscous effects on oar blade hydrodynamic loads. *Journal of Sports Sciences*, 28(12) :1287–1298, 2010.

- [3] Y. Robert. Simulation numérique et modélisation d'écoulements tridimensionnels instationnaires à surface libre. Application au système bateau-avirons-rameur. PhD thesis, Centrale Nantes, 2017.
- [4] Y. Robert, A. Leroyer, S. Barré, P. Queutey, and M. Visonneau. Validation of cfd simulations of the flow around a full-scale rowing blade with realistic kinematics. *Journal of Marine Science and Technology*, 2018. doi : <https://doi.org/10.1007/s00773-018-0610-y>.
- [5] S. Serveto, S. Barré, J. Kobus, and J. Mariot. A three-dimensional model of the boat-oars-rower system using ADAMS and LifeMOD commercial software. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P : Journal of Sports Engineering and Technology*, pages 1–14, 2009.
- [6] F. Rongère. Simulation dynamique des systèmes Bateau-Avirons-Rameur (s). PhD thesis, Ecole Centrale de Nantes, 2011.
- [7] F. Rongère, W. Khalil, and J.-M. Kobus. Dynamic modeling and simulation of rowing with a robotics formalism. In *Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR)*, 2011 16th International Conference on, pages 260–265, aug. 2011. doi : 10.1109/MMAR.2011.6031355.
- [8] S. Barré. L'aviron sur la ligne numérique. *Réflexion Sport*, INSEP, #19, Mai 2018.
URL <https://fr.calameo.com/books/003232740f2f27c84b76a>