

Analyse des besoins utilisateurs et Etude de nouveaux concepts nautiques : Apports de Ocean Living Lab

Marion Wolff
Univ. Paris Descartes
UMR 8257 COGNAC-G
45, rue des Saints-Pères - 75006
Paris
& ESTIA-PEPSS
Technopole Izarbel
64210 Bidart
marion.wolff@parisdescartes.fr
m.wolff@estia.fr

Patxi Bérard
Chloé Morel
Sébastien Ibarboure
ESTIA-PEPSS
Technopole Izarbel
64210 Bidart
p.berard@estia.fr
c.morel@estia.fr
s.ibarboure@estia.fr

Régis Mollard
Univ. Paris Descartes
UMR 8257 COGNAC-G
45, rue des Saints-Pères - 75006
Paris
& ESTIA-PEPSS
Technopole Izarbel
64210 Bidart
regis.mollard@parisdescartes.fr
r.mollard@estia.fr

RESUME

L'Ocean Living Lab (OLL) est le premier *Living lab* européen dédié à l'océan, la glisse, au nautisme et aux sports aquatiques. L'objectif de *OLL* est de réaliser des tests fiables sur de nouveaux matériels et d'analyser les besoins des utilisateurs. Dans cette optique, une expérimentation centrée utilisateur a été menée avec des outils classiquement utilisés en Ergonomie et Ingénierie Facteurs Humains afin de tester une pirogue prototype, de comparer ses performances à celles de trois autres modèles existants, et d'apprécier son acceptabilité. Lors de tests menés sur un lac, six participants pratiquant la pirogue à haut niveau ont eu à effectuer un parcours balisé de 500 mètres en utilisant respectivement les quatre pirogues proposées et en respectant des consignes classiques d'entraînement. Les conditions environnementales et météorologiques (température, humidité, variations de la vitesse et de la direction du vent), ainsi que les oscillations du matériel sur l'eau ont été recueillies. Pour les participants, différents dispositifs ont permis de relever pendant les tests : postures, mouvements, fréquences cardiaques, temps, et en post-test leur ressenti. L'analyse des données multidimensionnelles montre que la pirogue-cible est aussi performante que les autres et que ce nouveau concept, très bien apprécié, répond aux besoins des utilisateurs.

Mots Clés

Ocean Living Lab, Expérience Utilisateur, Evaluation, Analyse multidimensionnelle.

ABSTRACT

The Ocean Living Lab (OLL) is the first European Living Lab dedicated to the ocean, sliding, boating and water sports. OLL's

goal is to perform reliable testing on new hardware and analyze user needs. With this in mind, a user-centered experiment was conducted with tools conventionally used in Ergonomics and Human Factors Engineering to test a prototype canoe, compare its performance with those of three other existing models, and appreciate its acceptability. During tests carried out on a lake, six subjects practicing the high level canoe had to make a marked course of 500 meters using respectively the four canoes proposed and respecting conventional training instructions. Environmental and meteorological conditions (temperature, humidity, changes in wind speed and direction) and the swings of the material on the water were collected. For the subjects, various devices made it possible to note during the tests: postures, movements, cardiac frequencies, time, and in post-test their felt. The analysis of multidimensional data shows that the target canoe is as efficient as the others and that this new concept, very well appreciated, meets the needs of users.

Keywords

Ocean Living Lab, User Experience, Evaluation, Multidimensional Analysis.

1. INTRODUCTION

Un *Living Lab* peut être défini comme étant une méthode fondée sur la participation à un projet de différents acteurs ayant des profils et des savoirs hétérogènes, profanes ou experts : citoyens *lambda*, usagers, utilisateurs, professionnels, chercheurs de secteurs divers, etc. [19]. Cette démarche méthodologique incitant à la réflexion permet ainsi de stimuler les initiatives locales et de générer des propositions de solutions pour favoriser l'innovation et l'évolution socio-économique d'un territoire donné [1] [13]. Ce concept a été initialement élaboré fin des années 90 au *MIT Media Lab* (Massachusetts Institut of Technology) ; l'objectif était alors de connecter des espaces habités afin d'étudier les interactions humain-concepts innovants pour accélérer le processus de développement. Il a été dix ans plus tard développé en Europe (European Network of Living Labs) pour ensuite donner naissance à ce jour à près de 400 Living Labs répartis dans le monde [18] [8], représentant ainsi une forme d'innovation sociale (co-création et co-

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the Owner/Author. Copyright is held by the owner/author.

ERGO'IA, 3 - 5 Octobre, 2018, Bidart, France.

développement d'une solution). Un Living Lab permet donc de concevoir des solutions relatives à différents domaines : innovations tant technologiques que sociales, organisationnelles, institutionnelles, de produits, de services, etc.

Le projet *Ocean Living Lab (OLL)*¹ s'inscrit dans cette démarche méthodologique et a pour objectif de mettre en contact des entreprises et des stratégies de spécialisations intelligentes et de leur permettre de monter à bord de la 4^e révolution industrielle. L'objectif est de promouvoir un entrepreneuriat innovant et créatif, tout en faisant participer le public à ce processus, afin que le territoire *Bidasoa Sud - Pays Basque* soit reconnu comme une référence en matière d'innovation et de créativité. Il s'agit ainsi de travailler sur :

- une stratégie commune d'innovation ;
- la connexion entre des centres de recherche et des PME pour concevoir des applications commerciales issues des processus de recherche ;

Et à une démarche novatrice en matière de Living Lab :

- la mise en œuvre d'un laboratoire d'expérimentation en *plein air* pour l'essai de prototypes et de développements technologiques, le *Txingudi Lab*, dans la baie de *Txingudi* (Hendaye), précurseur du premier *Living Lab* transfrontalier européen : *OLL* ;
- la mise en place d'une stratégie d'entrepreneuriat et de gestion des talents susceptible de développer et de pérenniser des projets d'entreprise sur le territoire ;
- la participation de la population dans la transformation mise en place à travers des dynamiques d'innovation ouverte ou d'autres démarches d'interaction.

En définitive, le but à atteindre est de passer d'un bassin de vie économique à un bassin de vie innovant.

La première étape a consisté à réaliser un recueil des besoins des futurs utilisateurs puis de proposer une première version de maquette fonctionnelle du *Txingudi Lab*. Dans un contexte où les utilisateurs participent à la conception de situations futures probables, un Living Lab permet d'étudier à moyen ou long terme avec les utilisateurs les avantages et les contraintes des nouveaux produits [15]. Les résultats de cette première étude, indiquant un réel besoin de réaliser des tests utilisateurs « sur un terrain réel » afin de démontrer la fiabilité de nouveaux produits, ont donné la possibilité de démarrer le projet *OLL* en se focalisant sur les produits nautiques, de la glisse, activités prédominantes sur la côte basque où le Living Lab est implanté. C'est ainsi que lors d'une seconde étape, une entreprise française fabricant des pirogues a accepté de participer à ce projet pour l'évaluation d'une de ses pirogues² (dite pirogue-cible).

Les besoins identifiés sont de tester un nouveau design de pirogue, de comparer les performances de ce nouveau concept avec des produits concurrents, de valider les résultats par des tests et des données objectives, et de certifier les performances.

2. PREMIERE ETAPE : ANALYSE DES BESOINS POUR OCEAN LIVING LAB (OLL)

¹ Projet Interreg POCTEFA "CONNECT Innovation Bai !"

² La pirogue est une embarcation en bois propulsée à la pagaie ou à la voile. La navigation peut être pratiquée seul ou à plusieurs selon le type

Treize représentants d'entreprises françaises et espagnoles se consacrant aux sports de glisse (4 en France et 2 en Espagne), au milieu nautique (2 en France et 1 en Espagne), à l'aéronautique (2 en Espagne) et aux nouvelles technologies pour le secteur océan (2 en Espagne), ont accepté de participer à des entretiens semi-dirigés. Parmi les participants, la majorité est composée de managers, cependant pour certains entretiens, le manager était accompagné d'un ingénieur ou d'un responsable innovation.

Les entretiens, chacun d'une durée d'environ une heure, se sont déroulés dans les entreprises ou dans les locaux de la Plateforme d'Évaluation, de Prototypage et de tests d'usageS (PEPSS) de l'ESTIA (64 – Bidart, France) et ont été menés selon un guide d'entretien visant à aborder les thèmes suivants : l'évaluation des produits actuels (comment les évaluations sont actuellement menées, leurs limites), les évolutions de ces évaluations (besoins matériels, humains), le concept du *Living Lab* (comment envisager son fonctionnement, dans quels objectifs), l'utilisation du *Living Lab* (qui pourrait l'utiliser, quand, dans quelles conditions, à l'aide de quels outils), etc.

Les 7 entretiens ont été enregistrés puis retranscrits *verbatim* avec le consentement des participants, auxquels l'anonymat a été garanti. Le recueil des verbalisations a été structuré selon les thèmes abordés lors des interviews et ont fait l'objet d'une Analyse Cognitive-Discursive – ACD – [10] ; pour un exposé détaillé de la méthode voir [23].

Les 6 entretiens recueillis auprès d'entreprises espagnoles ont été transmis de manière résumée et n'ont pas été retranscrits *verbatim* ; néanmoins, les références sémantiques (idées principales) recueillies ont été prises en compte lors de l'analyse globale des références sémantiques évoquées. Ci-après, Figure 1, le résumé des attentes des 13 entreprises interviewées.

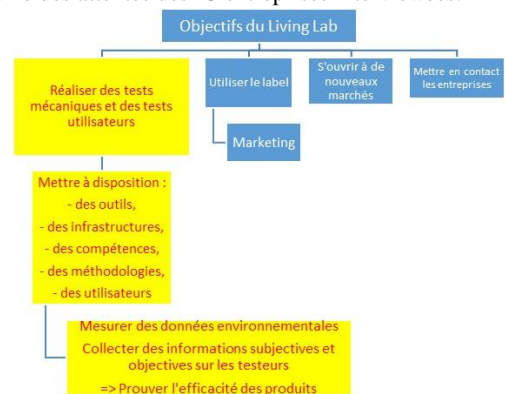


Figure 1. Modèle des besoins et attentes liés au Living Lab. Cadres jaunes : les attentes prépondérantes

L'exploitation des entretiens indique que les entreprises se fondent principalement sur des évaluations subjectives auprès de testeurs (échanges verbaux informels, jugés souvent comme trop rapides, ou parfois structurés à l'aide d'un questionnaire). Ces entreprises perçoivent dans le projet *Ocean Living Lab*, un moyen de se diversifier et de mieux structurer leurs tests (tests mécaniques et tests utilisateurs), non seulement afin de vérifier l'efficacité de leurs produits mais également afin d'utiliser "le label de *Ocean Living Lab*" d'un point de vue marketing.

de pirogue. Elle permet de naviguer sur la mer et dans les vagues, et est donc idéale pour naviguer dans les grands espaces.

L'objectif de l'étude proposée ci-après est donc de réaliser des tests fiables et d'analyser le ressenti des utilisateurs, pas toujours accessibles ou disponibles pour répondre à la demande des entreprises, en l'occurrence, dans notre cas, un fabricant de pirogues qui s'est spontanément porté volontaire pour tester un nouveau concept de pirogue à l'aide de *OLL*. Pour ce faire, un protocole expérimental a été élaboré et des tests ont été réalisés en milieu naturel par les personnels de la PEPSS, dont le rôle est de développer des outils innovants, d'effectuer des tests utilisateurs et de mettre en œuvre des évaluations prenant en compte le Facteur Humain [17].

3. DEUXIEME ETAPE : MISE EN ŒUVRE DE *OLL*, EVALUATION DE PRODUIT ET METHODE

3.1. Participants et Matériels

L'objectif de cette expérience est d'évaluer les performances d'une pirogue-cible, dénommée *Féline*, par rapport à 3 autres modèles de pirogues actuellement proposés sur le marché (*Ehukai*, *Puéo*, et *Va'a*)³. La pirogue-cible à tester est de type hawaïen, équipée comme les autres d'un "balancier" (voir Figure 1 ci-après) ; elle se distingue des trois autres pirogues par sa taille, un mètre de moins que la *Puéo* et l'*Ehukai* et deux mètres de moins que la *Va'a*, et par son poids légèrement plus lourde que les autres pirogues sélectionnées pour le test car la pirogue-cible est toujours à l'état de prototype. Les tests se sont déroulés sur une journée, après avoir effectué des pré-tests le mois précédent (fonctionnement des matériels et leur synchronisation, étalonnage du parcours, etc.).

Participants et conditions des passations

Six sportifs (5 hommes et 1 femme) pratiquant la pirogue à haut niveau ont accepté d'effectuer les tests qui se sont déroulés sur le Lac de Saint-Pée-Sur-Nivelle (Pays Basque, Pyrénées-Atlantiques, 64). Chacun des 6 participants a été ainsi invité à tester les 4 pirogues présentées dans un ordre aléatoire et après avoir respecté un temps de repos entre chaque test. Ce test reproduisait les conditions d'entraînement classique des sportifs et consistait à effectuer, avec chaque pirogue, un parcours de 500 mètres, dont 400 mètres étaient balisés par des bouées-repères (une distance d'environ 100 mètres étant nécessaire aux sportifs pour que la pirogue atteigne une vitesse optimale). Le temps mis pour effectuer chaque parcours a été relevé.

En ce qui concerne les participants, il est admis que les professionnels et sportifs de haut niveau de ce sport nautique connaissent tous les modèles et marques de pirogues, et un effet sur leurs ressentis peut se produire pour favoriser un nouveau produit. Pour parer à ce biais, des questionnaires sont proposés pour vérifier cette éventualité et afin de tenir compte de cette influence lors de l'analyse des données.

³ Le fabricant et distributeur de pirogues a accepté la communication des noms des pirogues. L'*Ehukai* et la *Puéo* sont des pirogues conçus pour évoluer sur les Océans. En revanche, la *Va'a* est une pirogue qui évolue

De même, afin d'annuler les éventuels effets individuels sur les performances (niveau physique et physiologique de chacun), un étalonnage a été effectué pour tous les participants (Fréquence Cardiaque – Fc – au repos, caractéristiques morphologiques, niveau de pratique), afin de pouvoir annuler l'influence de ces facteurs lors de l'analyse statistique.

Mesure des conditions environnementales sur site

Les conditions environnementales seront relevées par deux systèmes autonomes et indépendants :

- Utilisation de la station météo *Kestrel 5500*, équipée d'un émetteur-récepteur Bluetooth. Les différents capteurs équipant la station permettant de mesurer la vitesse et la direction du vent, la température ambiante, le degré d'humidité relative.
- Utilisation des données météo-marines recueillies par *Rivage Protech / Suez* qui a développé une solution logicielle permettant d'agrèger plusieurs sources de données (capteurs, prélèvements, modèle météo *AROME*, etc...). Cette deuxième source de données permet ainsi d'obtenir une redondance des mesures météo sur site et aux alentours, dans un souci de validation.

Equipement des pirogues

- L'oscillation des embarcations a été principalement évaluée par l'utilisation de la centrale inertielle NGIMU manufacturée par X-io avec accéléromètre, gyromètre et magnétomètre intégrés. Les données brutes des capteurs ont été traitées par l'unité de calcul intégrée qui indique les angles d'Euler en fonction du temps et l'accélération linéaire (\vec{a}_x , \vec{a}_y , \vec{a}_z): roulis ou roll (oscillations selon l'axe longitudinal de la pirogue : mouvement babord/tribord) ; tangage ou pitch (oscillations selon l'axe transversal de la pirogue : mouvement avant/arrière) ; lacet ou yaw (mouvement de rotation sur lui-même autour de l'axe vertical, induit par le roulis)

- Les embarcations ont aussi été équipées de deux caméras d'action étanches *GoPro Hero 5* garantissant une prise de vue dans le référentiel de la pirogue :

Le choix de cette caméra nous permet aussi de profiter de données GPS dont sont extraites la vitesse instantanée et la position de l'embarcation. Voir Figure 2.



Figure 2. Equipement des pirogues

Equipement des participants

Les participants ont été équipés de montre *Garmin* avec ceinture thoracique afin de pouvoir relever leurs fréquences cardiaques (équipement qu'ils ont l'habitude d'utiliser).

Une bande "velcro jaune" de 2 cm de large a également été placée à deux endroits : avant-bras et bras afin de pouvoir mieux repérer leurs mouvements lors des analyses vidéo ultérieures.

plutôt dans des lagons, sur des plans d'eau plats et peu profond et ne possède pas de gouvernail contrairement aux autres pirogues évaluées.

Développements spécifiques élaborés par la PEPSS

Spécifiquement pour ces tests, la PEPSS a développé un logiciel pour la gestion et la mise en forme des données brutes collectées en vue de leur intégration dans le logiciel *The Observer XT*⁴ qui permet le traitement efficace de toutes les mesures en vue de l'analyse et de la synchronisation des données collectées avec les vidéos d'observation.

Recueil du ressenti via des échelles standardisées

Après chaque test, les participants étaient invités à répondre à des questionnaires standardisés, visant à recueillir leur ressenti quant à leur :

- Perception de l'effort fourni à l'aide de l'échelle de Borg ou *Mesure de Perception de l'Effort – MPE* - [2] [4].

Plusieurs versions de cette échelle existent. L'échelle *RPE (Rating of Perceived Exertion)* a été utilisée dans de nombreux travaux [9] [16]. Cette échelle graduée de 6 à 20 (de "rien" à "effort maximal") a fait l'objet de nombreuses validations dans le milieu sportif [9].

- Ressenti général : en utilisant une *Visual Analog Scale – VAS* - [7] [21], laquelle permet de quantifier une caractéristique ou une attitude qui est difficilement mesurable. Le plus souvent, l'échelle VAS est représentée par un segment horizontal de 10 cm où deux mots ou deux notions antagonistes se situent de chaque côté de celle-ci (notation de 0 à 10). Le participant doit placer une croix sur cet axe permettant ainsi d'évaluer l'élément étudié.

- Acceptabilité et émotions : avec la *Self-Assessment Manikin* [3] [11]. L'échelle SAM présente trois dimensions : *valence* (de positive à négative : caractère plaisant/déplaisant de certains états émotionnels), *éveil émotionnel* et *contrôle de la situation (dominance)* représentés par trois séries-lignes de neuf mannequins ordonnés (de "pas du tout" satisfait/éveillé/dominé à "très" satisfait/éveillé/dominé – Notation de 1 à 9).

Enfin, leurs impressions générales ont également été recueillies lors d'un débriefing.

3.2. Déroulement de l'expérience

Les 6 participants sportifs ont été convoqués à différentes heures de la journée. Après leur avoir donné des informations générales quant au déroulé du test, ils ont eu à renseigner un questionnaire (recueil de caractéristiques propres aux participants : taille, poids, âge, niveau de pratique, matériel utilisé habituellement, etc.), puis ils sont équipés (cardiofréquencemètre et velcro. Cf. supra). Leur Fc au repos est relevée, puis ils s'échauffent pendant 15 minutes, après avoir indiqué l'intervalle de Fc dans lequel il se situe à l'entraînement. La consigne donnée aux participants est de pagayer à leur cadence habituelle d'entraînement. Ces derniers ont l'habitude

de se caler sur une fréquence moyenne qui leur est propre et ils ont la possibilité de s'autocontrôler à tout moment, comme ils le font classiquement, en consultant la montre *Garmin* attachée sur la pirogue devant eux.

Après avoir effectué le parcours de 500 mètres, les échelles standardisées leur sont proposées et le débriefing est organisé.

3.3. Recueil et analyse des données

Variables Indépendantes (VI) contrôlées

Les VI suivantes sont contrôlées lors de l'analyse :

- Facteurs environnementaux (données météorologiques),
- Oscillations des pirogues : roulis (x), tangage (y). Les données concernant le lacet (z) ne sont pas exploitables.

Les données sont analysées après avoir effectué une transformation de Fourier [5] et sont exprimées en termes de *densité maximum*.

- Distance parcourue (en mètres) et durée du parcours (en secondes) afin de contrôler que les participants ont bien respecté la consigne.
- Caractéristiques physiologiques des participants (Fc au repos exprimée en battements par minute (bpm) et pourcentage de temps passé hors intervalle de Fc choisi).

Variables Dépendantes (VD)

Les VD retenues pour l'analyse des données sont les suivantes :

- Nombre de coups de pagaie moyen et de changements de côté calculés à l'aide des équipements placés sur l'embarcation [20] et par les observations recueillies via les vidéos (marquages sur les membres supérieurs des participants).

- Réponses aux échelles standardisées :

- Evaluation de l'effort fourni (*échelle de Borg* et *VAS*),
- Evaluation du ressenti,

Les interprétations sont ensuite complétées par une étude des verbalisations (contrôle des réponses et mise en relation qualitatif/quantitatif).

Analyse des données

Après avoir vérifié que les caractéristiques physiques et le niveau de pratique des participants n'avaient pas d'influence sur les résultats, les données le permettant (homogénéité des variances, loi approximativement normale), des analyses de la variance - ANOVA ont été mises en œuvre, à l'aide du test *F de Fisher-Snedecor*, complétées par des tests post-hoc de *Scheffé* [6] [12].

Afin de déterminer des "cartographies", des "profils" de caractéristiques/d'appréciations/de performances des différents produits testés, une analyse de données multidimensionnelles de type *Analyse en Composantes Principales standard – ACP* a été mise en œuvre à partir de l'ensemble des données hétérogènes recueillies [14] [22] [17].

⁴ <http://www.noldus.com/office/fr/observer-xt-2>

4. RESULTATS

4.1. Contrôle des VI

Facteurs environnementaux

Les conditions météorologiques ont été relativement stables durant toute la passation des tests.

La *Féline*, la *Puéo* et la *Va'a* ont été plus utilisées, en moyenne, dans des conditions "vent de face", mais avec des variations non négligeables (surtout concernant la *Féline*), concernant des changements de direction de vent. Toutefois, les données ne diffèrent pas significativement, malgré ces perturbations (toutes les pirogues ont eu des variations comparables ; $F(3, 20) < 1$).

En moyenne, le vent a soufflé plus fortement lors de l'utilisation de la pirogue *Ehukai* (mais une grande dispersion est à noter au niveau statistique). Compte tenu des variations quasi identiques pour les autres pirogues, les conditions restent comparables (différences statistiquement non significatives ; $F(3,20) = 2.97$; $p = .06$).

Roulis et tangage des pirogues

La densité spectrale maximale a été choisie pour quantifier les oscillations du bateau suivant l'axe longitudinal et transversal des embarcations. La densité spectrale est une façon de représenter les composantes d'un signal obtenues après utilisation d'une transformée de Fourier. On choisit ici de considérer seulement celle de plus grande densité étant donnée quelle est associée à la composante principale du signal.

La densité la plus élevée observée pour le roulis concerne la pirogue *Féline* et la moins élevée celle de la *Va'a*. La différence entre les pirogues est significative ($F(3, 20) = 5.20$; $p = .006$). La *Féline* montre un comportement oscillatoire pour le roulis bien plus important que la *Va'a*, qui est considérée comme une embarcation très stable. Ce comportement, en relation avec sa plus petite longueur, est globalement deux fois plus important que celui de l'*Ehukai* et la *Puéo* qui elles sont équivalentes.

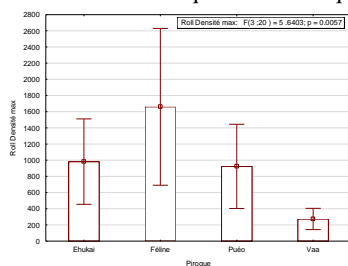


Figure 3. Densité maximum selon le type de pirogue

Pour le tangage, on peut faire exactement le même constat, bien que cette fois la différence ne soit pas significative ($F(3, 20) = 2.63$; $p = .08$). Il peut donc en être déduit que la *Va'a* montre les plus faibles oscillations pour les conditions d'évaluations proposées. La *Puéo* et l'*Ehukai*, deux modèles de conception très similaires, ont des comportements oscillatoires proches. La *Féline* se rapproche de la *Puéo* en termes de performances, dont son design se veut être une évolution.

Distance parcourue et durée du parcours

Quelle que soit la pirogue utilisée, Les consignes ont parfaitement été respectées par tous les participants. Ces variables sont donc parfaitement contrôlées et ne seront pas prises en compte lors des analyses ultérieures (tests $F(3, 20) <$

1). La distance moyenne parcourue est de 357.22 mètres (Ety = 1.58) et la durée moyenne est de 140.46 secondes (Ety = 13.17).

Caractéristiques physiologiques des participants

La Fc au repos n'a pas de grande variation selon le type de pirogue à utiliser et la différence inter-participants est non significative (Moy = 88.29 bpm ; Ety = 14 ; $F(3, 20) < 1$).

Tous les participants ont réussi également à se tenir dans l'intervalle de Fc annoncé, sauf pour la *Va'a*, où l'on peut constater une grande variation inter-participants et la différence est significative par rapport aux autres pirogues (en moyenne, pour l'ensemble des participants, on constate 12% du temps passé hors intervalle pour la *Va'a* avec une dispersion égale à 15% ! ; $F(3, 20) = 3.57$; $p = .03$). Ce constat n'est pas étonnant, car la *Va'a* ne disposant pas de gouvernail, les sportifs doivent compenser avec une activité de pagayage plus intense (voir infra).

4.2. Analyse des VD

Pagayage

En moyenne, le nombre de coups de pagaie est identique pour tous les participants et la différence inter-pirogues est non significative (Moy = 110 ; Ety = 8 ; $F(3, 20) < 1$).

Concernant le nombre de changements de côtés, on constate que la pirogue *Va'a* nécessite beaucoup plus de changements de côtés que les 3 autres, et la différence est significative (voir Figure 4). Comme vu précédemment, ceci est imposé par le fait que la *Va'a* n'ayant pas gouvernail, le changement de côtés plus fréquent permet de corriger cette absence.

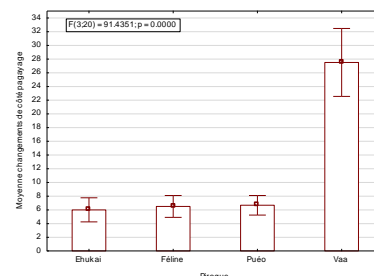


Figure 4. Nombre de changements de côtés (moyennes)

Echelle de Borg

Les pirogues ne se distinguent pas significativement pour l'évaluation de l'effort (Moy = 12.00 ; Ety = 1.20 ; $F(3, 20) < 1$), bien que la *Va'a* soit légèrement au-dessus (Moy = 13.00 ; Ety = 1.80).

Visual Analogic Scale (VAS)

La VAS regroupe 4 échelles (de 0 à 10) concernant respectivement l'évaluation de la performance, la confiance donnée à l'évaluation de cette performance, la difficulté et l'effort. Deux sur les quatre se distinguent significativement et concernent la performance et la difficulté. Si pour la performance, la moyenne des évaluations est égale à environ 8.20 (Ety = 1.16) pour les pirogues *Ehukai*, *Féline* et *Puéo*, elle est bien inférieure pour la *Va'a* (Moy = 5.10 ; Ety = 2.92) et l'effet est significatif ($F(3, 20) = 4.32$; $p = .02$). Pour la difficulté, on retrouve le même schéma : *Ehukai*, *Puéo* et *Féline*

sont évaluées en moyenne à 2/10 (Ety = 1.80) et la *Va'a* à 5/10 (Ety = 2.38 ; F (3, 20) = 3.42 ; p = .037).

Pour les évaluations de la confiance les indicateurs sont homogènes pour l'ensemble des pirogues et ne diffèrent pas significativement (Moy = 8/10 ; Ety = 1.20 ; F(3, 20) = 1.53 ; p = .24). On peut faire les mêmes constats pour l'évaluation de l'effort (Moy = 6/10 ; Ety = 0.80 ; F (3, 20) = 1.79 ; p = .18). Ce qui va dans le sens des résultats relatifs à l'échelle de Borg.

Self-Assessment Manikin (SAM)

L'échelle SAM (notée de 1 à 9) comporte trois évaluations concernant la valence, l'éveil et le contrôle de la situation du participant. Les sportifs indiquent le même degré de satisfaction quel que soit le type de pirogue (Moy = 7/9 ; Ety = 0.7 ; F (3, 20) = 1.81 ; p = .17). On a le même constat pour l'éveil (Moy = 6.5/9 ; Ety = 0.72 ; F (3, 20) < 1).

Toutefois, pour la dominance, on observe une différence significative (F (3, 20) = 3.63 ; p = .03) où les moyennes sont homogènes pour les pirogues *Ehukai*, *Puéo* et *Féline* (Moy = 7/9 ; Ety = 0.95) et où la *Va'a* se distingue une fois de plus (Moy = 5/9 ; Ety = 1.79).

4.3. Analyse en Composantes Principales standard (ACP)

L'objectif d'une ACP, appelée analyse des corrélations ou encore analyse géométrique des données, est de rechercher à partir de données hétérogènes des proximités et des différences entre groupements d'individus afin d'en faire ressortir des profils de comportements. Le principe de l'ACP est de représenter les données sous forme de nuages de points dans des espaces géométriques et de fonder l'interprétation sur les proximités et les oppositions entre les points à partir d'axes factoriels (appelés également variables factorielles) qui résument ces informations (pour un exposé théorique, voir : [14] et pour des exemples d'application : [22] [23]). La figure 5 illustre le "nuage des pirogues", analysées de manière multidimensionnelle selon l'ensemble des VD retenues.

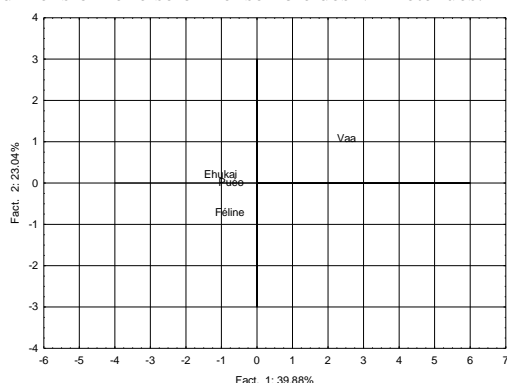


Figure 5. Nuage dérivé des points moyens "Pirogues"
Plan 1-2

Cette représentation illustre parfaitement l'ensemble des résultats précédents. L'*Ehukai* et la *Puéo* sont quasiment identiques du point de vue des qualités et du ressenti, la *Féline* en est également proche (légèrement en décalé, du fait d'une amplitude des oscillations plus importante en roulis). A l'opposé, se trouve la *Va'a*, moins dense, nécessitant plus de changements de côtés de pagayage et accusant le plus de temps de passé avec

la Fc hors intervalle. Elle est considérée comme étant très technique et nécessitant un bon niveau de pratique.

En conclusion, la pirogue-cible *Féline* remplit parfaitement ses objectifs par rapport aux autres pirogues du marché. Au niveau des débriefings, les sportifs se sont accordés pour dire que la *Puéo* et l'*Ehukai* sont de bonnes pirogues, offrant une bonne glisse et la *Puéo* est ressentie comme étant plus maniable. La *Va'a*, selon eux est beaucoup plus "technique" et nécessite un bon niveau de pratique. Quant à la *Féline*, elle a été aussi bien appréciée que les deux premières, avec un petit "plus" : elle est plus petite que toutes les autres pirogues du marché et facilite ainsi le rangement. Ces ressentis ont ainsi pu être validés à l'aide de tests plus sophistiqués. La prochaine étape est de renouveler cette expérience en milieu maritime, dans la Baie de Txingudi (Hendaye).

5. CONCLUSION

Les résultats des tests d'évaluation de la pirogue-cible, par rapport à 3 autres modèles de pirogues actuellement proposés sur le marché ont été satisfaisants pour le constructeur à différents niveaux : OLL lui a permis de recueillir une grande quantité de renseignements qu'il n'aurait pas pu obtenir seul, faute de moyens et de compétences en matière d'évaluation. Il indique également que si les résultats lui ont donné la possibilité de confirmer certains ressentis, ils en ont aussi infirmé d'autres, comme le fait que les pirogues *Puéo* et *Ehukai* qu'il pensait stables s'avéraient avoir un tangage prononcé. Ces résultats vont l'inciter ainsi à travailler plus sur la carène des futures pirogues (partie immergée de la coque des bateaux) de manière à développer des produits plus performants. Ce premier concept proposé par l'ESTIA et la PEPSS nommé "Open connected toolkit", partagé et développé par l'ensemble des partenaires du projet *Connect Innovation Bai'* est une solution qui pourrait donc répondre aux besoins des entreprises car il permet d'effectuer des tests de terrain fiables et répond parfaitement aux besoins de concepteurs ne pouvant actuellement effectuer de réelles évaluations en milieu naturel. En effet, ce système mobile dédié à l'analyse environnementale et aux évaluations Facteurs Humains a, lors de sa première utilisation, montré qu'il pouvait s'avérer être très utile tant aux concepteurs, qu'aux entreprises ou aux utilisateurs. Pour cela, *Ocean Living Lab* doit accompagner les entreprises dans la réalisation des tests souhaités en apportant des compétences, une méthodologie et des outils capables de mesurer un certain nombre de paramètres sur l'environnement, les produits et les testeurs, tout en tenant compte du budget des entreprises. En revanche, il serait nécessaire d'accompagner les différents établissements dans la mise en place de telles évaluations, de la mise en œuvre du protocole à l'analyse des données par le biais de formations ou d'un accompagnement par un expert.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient vivement Guy Ringrave (Woo)⁵ qui a contribué à la réalisation de ces tests, ainsi que tous les sportifs qui ont participé à l'expérience.

BIBLIOGRAPHIE

1. Besson, R. (2015). Le Living Lab au service de la créativité citoyenne et du développement local. *Revue Echosciences*, 13 janvier 2015.
URL : <https://www.echosciences-grenoble.fr/articles/le-living-lab-au-service-de-la-creativitecitoyenne-du-developpement-local>
2. Borg, G.V. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.*, 14(5), 377-81.
3. Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: the Self-Assessment Manikin and the semantic differential. *Journal Behaviour Therapy and experimental Psychiatry*, 25(1), 49-59. Doi :0270-6474/16/365115-13\$15.00/0.
4. Buckley, J. P., & Borg, G.V. (2011). Borg's scales in strength training ; from theory to practice in young and older adults. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.*, 36, 682-692. <https://doi.org/10.1139/H11-078>.
5. Cooley, J.W., & Tukey, J.W. (1965). An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series. *Math. Comp.*, 19, 297-301.
6. Corroyer, D., & Wolff, M. (2003). Analyse statistique des données en psychologie : concepts et méthodes de base. Paris : Dunod.
7. Crichton, N. (2001). Visual analogue scale (VAS). *Journal of Clinical Nursing*, 10 (5), 706-6.
8. Dubé, P., Sarrailh, J., Billebaud, C., Grillet, C., Zingraff, V., & Kostecki, I. (2014). *Le Livre Blanc des Living Labs*. Montréal: Umwelt.
<http://www.montreal-invivo.com/wp-content/uploads/2014/12/livre-blanc-LI-Umwelt-Final-mai-2014.pdf>. Consulté le 20/06/2018.
9. Garcin, M., Wolff, M., & Bejma, T. (2003). Reliability of rating scales of perceived exertion and heart rate during progressive and maximal constant load exercises till exhaustion in physical education students. *Inter. Journ. Sport Med.*, 24, 285-290.
10. Ghiglione, R., Landré, A., Bromberg, M., & Molette, P. (1998). Analyse automatique des contenus. Paris : Dunod.
11. Gil, S. (2009), « Comment étudier les émotions en laboratoire ? », *Revue électronique de psychologie sociale*, 4, 15-24.
12. Hays, W.L. (1994). *Statistics* (fifth ed.). Fort Worth, TX: Harcourt College Publishers.
13. Kalle, K., Hirnoven-Kantola, S., Ahokangas, P., Iivari, M., & Heikkilä, M. (2015). Urban development practices as anticipatory actions learning: case Arctic Smart Living Lab. *Procedia Economics and Finance*, 21, 337-345.
14. Le Roux, B., Rouanet, H. (2004). *Geometric data analysis: from correspondence analysis to structured data analysis*. Bruxelles: Kluwer.
15. Mérindol, V., Bouquin, N., Versailles, D. W., Capdevila, I., Aubouin, N., Chaffotec, A., & Le Voisin, T. (2016). *Le Livre Blanc des Open Labs*. Paris : ANRT.
16. Meyer, J.P. (2014). Evaluation subjective de la charge de travail : les échelles de Borg. *INRS Références en santé au travail*, 139, 105-122.
17. Mollard, R., Wolff, M., Couture, N., & Clay, A. (2012). Développement d'une plate-forme d'évaluation personnalisable et adaptable pour l'étude du comportement émotionnel en situation de multisollicitation. *Le Travail Humain*, 75(3), 253-277.
18. Scaillerez, A., & Tremblay, D.G. (2017). Coworking, Fab Lab et Living Lab. *OpenEdition Journal*, 34. URL: <http://journal.openedition.org/tem/4200>. DOI : 10.4000/tem.4200.
19. Schumacher, J., & Niitamo, V. (2008). *Living Labs: a new approach for human centric regional innovation*. Berlin: Verlag.
20. Sealey, R. M., Ness, K. F., & Leicht, A. S. (2011). Effect of self-selected and induced slow and fast paddling on stroke kinematics during 1000m outrigger canoeing ergometry. *J. Sports Sci. Med.*, 10, 52-58.
21. Torrance, G.W., Feeny, D., & Furlong, W. (2001). Visual Analog Scales: Do They Have a Role in the Measurement of Preferences for Health States? *Medical Decision Making*, 21, 329-334. DOI: 10.1177/02729890122062622.
22. Wolff, M. (2003). Apports de l'analyse géométrique des données pour la modélisation de l'activité. In J.C. Sperandio & M. Wolff (Eds.), *Formalismes de modélisation pour l'analyse du travail et l'ergonomie* (pp. 195-227). Paris : PUF.
23. Wolff, M., Burkhardt, J.M., & De la Garza C. (2005). Analyse exploratoire de « points de vue » : une contribution pour outiller les processus de conception. *Le Travail Humain*, 68, 3, 253-284.

⁵ <https://www.woo-outtrigger.com/fr>