



ADAPT

*Assistive Devices for empowering disAbled
People through robotic Technologies*

Axe 1 : Soutenir l'innovation en réponse aux défis économiques et sociétaux de l'espace FMA

Activité T2.1 Spécification des expérimentations – Méthodologie de l'étude et évaluation

Janvier 2017 – Juillet 2018

Responsable du livrable	Pole St Hélier
Contributeurs	IRSEEM , INSA , UPJV , UoK , UCL , P.St.H , EKHUFT , CHU Rouen , Ergovie , Cornwall Mobility , Pôle TES, CCCU, Plymouth H. ,Breizh PC
Date de dépôt	23.11.2018

INTRODUCTION

« Cette activité visera à concevoir l'évaluation expérimentale du FRE (fauteuil roulant électrique) intelligent en définissant:

- a. Capacités des utilisateurs de FRE,
- b. Environnements d'évolution du FRE,
- c. Capacités requises par le FRE et
- d. Techniques disponibles (état de l'art).

Ce qui précède sera intégré dans une série de scénarios allant d'environnements simples à plus complexes et dynamiques. Puis s'appuyant sur ces exigences et scénarios, cette activité visera à définir les caractéristiques et spécifications des modules d'assistance à la conduite du FRE intelligent. Elle visera également à définir la couche logicielle/matérielle de plus haut niveau pour assurer l'interopérabilité des différents modules développés.

Nous devons définir :

- a. L'interface pour l'interaction utilisateur-FRE
- b. Les capteurs embarqués sur le FRE et données de référence nécessaires (modèles 3D, géométriques, photométriques même multimodales)
- c. Modules de communication du FRE (wifi, 4G)
- d. Plateforme d'intelligence embarquée et distribuée (commande de FRE réactive, planifiée et collaborative ainsi que la fusion des entrées de commande-utilisateur, adaptative automatisée).

Le système sera développé selon les exigences de la directive sur les dispositifs médicaux. »

ORGANISATION DE TRAVAIL

Un travail collaboratif a amené l'ensemble des partenaires à participer au projet. Le Pilotage a été assuré par le Pôle Saint Hélier, supervisé par les leaders d'activité et chef de file du projet. Des points réguliers d'avancement ont été réalisés par des visioconférences en janvier, mars et juin 2018 donnant lieu à des rapports d'avancement. En outre, deux meeting techniques en présentiel en décembre 2017 (Rennes) et avril 2018 (Londres), ont permis de contribuer au livrable.

CONSIDERATIONS ETHIQUES

En France, les enquêtes auprès des professionnels ne sont pas considérées comme des recherches rentrant dans le cadre réglementaire des recherches sur la personne humaine. A ce titre, les entretiens et questionnaires réalisés en France dans le cadre du projet ADAPT ne requièrent pas d'avis de comité de protection des personnes.

En Grande Bretagne, l'approbation du comité d'éthique est nécessaire concernant ce type d'enquête. Les partenaires britanniques portés par le East Kent Hospitals University Foundation Trust ont soumis les différents documents incluant les entretiens et les questionnaires en ligne Google Form à la Heath Research Authority. L'approbation de la HRA a été obtenue le 01 décembre 2017 (cf T.1)

POPULATION CIBLE

La définition de la population cible a été réalisée par une double approche méthodologique afin de croiser les données de la littérature et celle du terrain.

Un premier axe a été de réaliser une revue de la littérature clinique des fauteuils roulants électriques intelligents (**annexe 1**), présentée lors du kick-off de juin 2017, afin de recenser les profils des patients entrant dans les études.

Sur les 22 articles finalement inclus, ceux impliquant des patients relevaient tous du champ de la neurologie. Les principales pathologies évoquées sont la paralysie cérébrale, la sclérose en plaques et les traumatismes crâniens.

Un second axe a été d'interroger les professionnels du terrain concernant le profil des patients avec lesquels ils pouvaient éprouver des difficultés à valider l'apprentissage et la prescription de Fauteuil roulant électrique.

Cette activité a été conduite conjointement à l'activité T1.1.

Une première étape a consisté en la réalisation d'entretiens individuels et collectifs en France et en Angleterre pour recenser les difficultés. Un guide d'entretien commun aux équipes F et UK (cf. livrable T1.1) un guide méthodologique de passation des entretiens ainsi qu'un flyer d'informations ont également été réalisés (cf. livrable T1.1). Une grille d'analyse (cf. livrable T1.1) a permis de réaliser une analyse thématique des populations avec lesquelles les professionnels sont en difficulté pour l'entraînement et l'apprentissage de la conduite (cf. livrable T1.1).

Cette base thématique a permis de définir des items spécifiques dans un questionnaire de pratique professionnelle à vocation nationale. Ce questionnaire en ligne a bénéficié de 328 retours qui ont été analysés (au 30 juin 2018 : 306 en F, 22 en UK). Il a notamment permis de quantifier les situations de difficultés de conduite pouvant remettre en cause l'acquisition d'un fauteuil roulant. Il ressort de cette analyse (figure 1) que les troubles moteurs du membre supérieur et ceux liés spécifiquement au vieillissement sont peu générateurs de difficultés. En revanche, les principales situations de difficultés pouvant compromettre l'utilisation de FRE sont les troubles cognitifs et les difficultés visuelles, notamment les troubles de négligence visuelle.

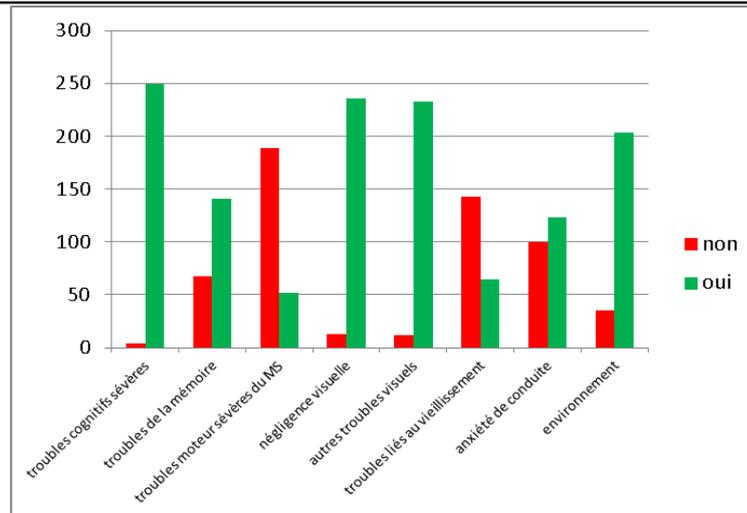


Figure1 : situations ayant ou non généré une invalidation à la conduite de FRE

Aussi, il apparaît donc important que le fauteuil roulant intelligent cible particulièrement les usagers porteurs de troubles neurologiques, à l'origine notamment de troubles cognitifs ou visuels (dont les troubles de négligence visuelle).

ATTENTES DES PROFESSIONNELS

La perception de l'utilité de certaines fonctionnalités ainsi que les intérêts et les limites perçues des fauteuils roulants intelligents ont été interrogés à travers les entretiens préliminaires et le questionnaire. Les attentes des professionnels, les avantages et les limites du simulateur exprimés lors des entretiens ont été recueillis dans une analyse thématique (cf. livrable T1.1) Cette analyse a participé à la construction des questions spécifiques dans le questionnaire en ligne.

L'analyse descriptive du questionnaire (figure 2), a permis de confirmer l'intérêt de la plupart des propositions (utilité de capteurs d'informations, de feedbacks sensoriels, d'interface de contrôle compatible avec les troubles de la manipulation), en particulier concernant la perception de la nécessité que le fauteuil assiste la conduite, ainsi que l'intérêt d'une solution adaptable à la diversité des fauteuils roulants électriques du marché.

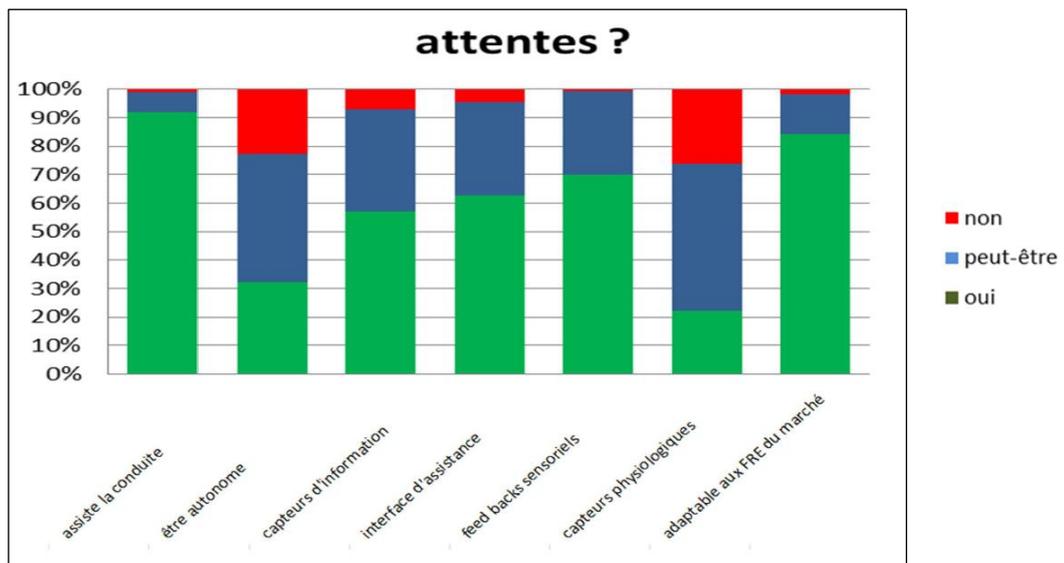


Figure 2 : attentes des professionnels concernant les fauteuils roulants intelligents (FRI)

En outre, deux données importantes ressortent de ces entretiens : les professionnels s'interrogent sur la pertinence d'un fauteuil en mode autonome et l'utilité de capteurs physiologiques.

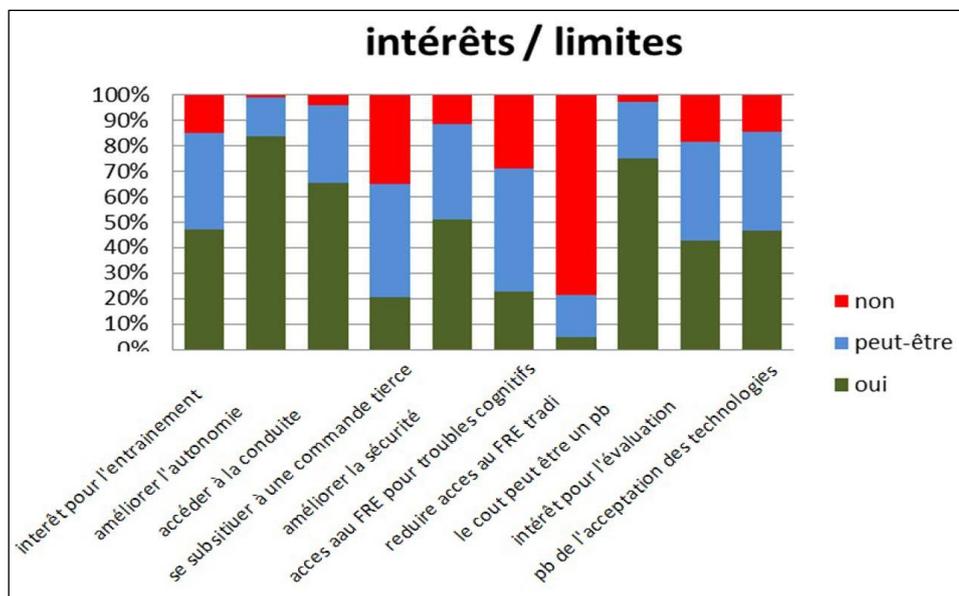


Figure 3 : fauteuils roulants intelligents_ intérêts et limites

Concernant les intérêts perçus (figure 3), les professionnels expriment clairement que le fauteuil roulant intelligent peut être utile pour améliorer l'autonomie de conduite et la sécurité de conduite. Si plus de 40 % estiment qu'il peut être utile pour l'entraînement et l'évaluation de la conduite, ils sont autant à s'interroger sur sa pertinence. Ils sont près de 80 % à penser que leur utilisation ne compromet pas l'accès au fauteuil roulant électrique traditionnel et, au contraire, plus de 60% à imaginer que son utilisation peut favoriser l'accès à la conduite.

D'autre part, le panel s'interroge sur l'accessibilité des fauteuils roulants intelligents pour les problèmes cognitifs et leur capacité à remplacer la commande tierce personne.

Le coût et la résistance aux technologies sont pointés comme des freins à leur utilisation.

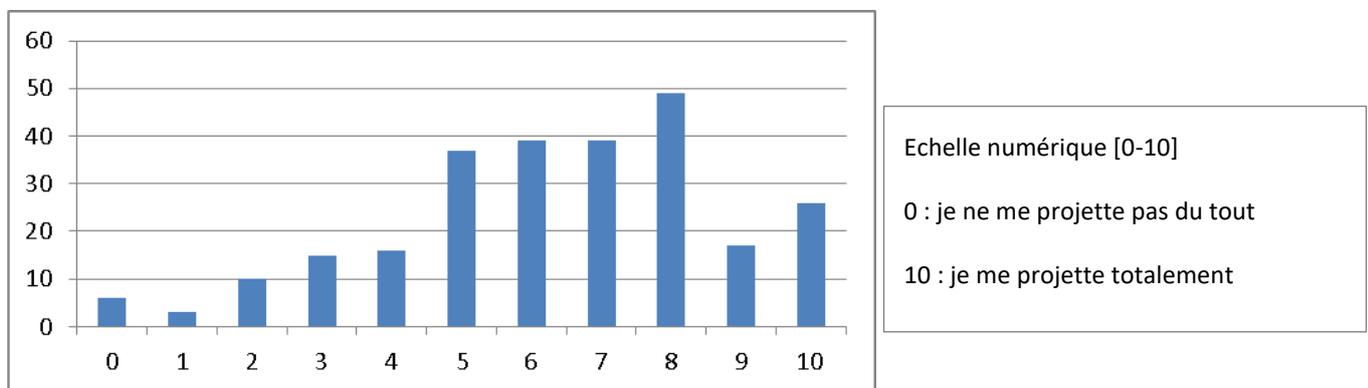


Figure 4 : fauteuils roulants intelligents - projection dans l'utilisation

Concernant l'intention d'usage a priori (figure 4), avec un indice moyen de 6.6 sur 10, la projection des professionnels dans l'utilisation future d'un fauteuil roulant intelligent est relativement modeste, même si elle est supérieure aux données du simulateur (cf. T1.1).

ETAT DE L'ART

En plus de la revue de la littérature clinique concernant les études ayant été réalisées avec les FRI réalisé par le PSH, l'université de Kent réalisé un état de l'art concernant les Fauteuils roulants intelligents. Une première version a été présentée lors du Kick off (annexe 1). Une version complétée est en cours.

L'ESIGELEC a également réalisé une revue des objets connectés en lien avec la thématique du suivi de patients. Cette revue a été présentée lors du kick off (annexe 1).

SCENARIOS EXPERIMENTAUX

METHODOLOGIE

Une série de scénarios expérimentaux a été proposée sur la base des scénarios expérimentaux utilisés pour le simulateur (cf. livrable T1.1).

Huit scénarios ont donc été élaborés et validés lors du meeting de Londres en avril 2018 (annexe 3). Les besoins techniques nécessaires à leur réalisation ont été identifiés. Ces scénarios serviront de base aux développements techniques et aux évaluations cliniques

SCENARIOS

Scenario 1 :

L'utilisateur doit circuler dans un couloir large (8m de long et 2.5m de large) avec un plot à chaque extrémité. Il doit rouler en marche avant puis prendre un virage large pour contourner le plot, réaliser un demi-tour sur place dans une plateforme d'un diamètre de 1.5m, et terminer marche arrière de dégagement. La trajectoire doit suivre une ligne au sol dans un environnement dégagé, avec le moins de distraction possible.

Besoins : **détection d'obstacles / anti collision / évitement d'obstacle / suivi de trajectoire**

Scenario 2 :

L'utilisateur doit contourner un obstacle fixe au sol type chaise ou meuble plein. Puis il doit franchir un obstacle de type barre de seuil et circuler sur une pente faible ainsi que dans des zones de vitesses définies matérialisées au sol. La trajectoire doit suivre une ligne au sol dans un environnement dégagé, avec le moins de distraction possible.

Besoins : **détection d'obstacles / anti collision / évitement d'obstacle / suivi de trajectoire / détection de reliefs positifs et négatifs / franchissement de reliefs**

Scenario 3 :

L'utilisateur doit circuler dans un bâtiment assez nu avec des couloirs larges. Les manœuvres sont : circuler en marche avant puis, passage de porte large puis contourner un obstacle de type siège ou présentoir de prospectus. Passer un seuil de porte avec un changement de revêtement puis une pente faible.

Besoins : **détection d'obstacles / anti collision / évitement d'obstacle / suivi de trajectoire / détection de reliefs positifs et négatifs / franchissement de reliefs / franchissement de passage de porte**

Scenario 4:

Dans un environnement classique (non dégagé), la consigne est d'aller d'un point A à un point B avec des indications qui s'affichent au fur et à mesure (ex : aller à droite, puis à gauche...). L'utilisateur aura à circuler dans un couloir étroit (<2m) en évitant des obstacles fixes en hauteur de type extincteur, croiser un autre fauteuil à un croisement ce qui impliquera un arrêt d'urgence, s'arrêter avec précision devant un interrupteur. Il s'agit ensuite de longer un mur pour éviter un chariot de ménage puis entrer dans une salle pour s'installer à une table avant de repartir en faisant une marche arrière de dégagement.

Besoins : **détection d'obstacles / anti collision / évitement d'obstacle / suivi de trajectoire / détection de reliefs positifs et négatifs / franchissement de reliefs / assistance au positionnement (parking à table)**

Scenario 5:

La tâche ascenseur est investiguée en tant que reflet d'un petit espace. L'utilisateur a pour consigne d'appeler puis de prendre l'ascenseur. L'utilisateur doit s'arrêter précisément pour accéder au bouton d'appel, entrer dans l'ascenseur sans collision en gérant d'autres personnes dans celui-ci, reculer pour ressortir. Ce scénario peut avoir des variantes : salle de bain, WC de face ou à 90°... D'autres scénarios d'intérieur pourront être proposés dans des environnements quotidiens tels que la banque (pente faible, retirer de l'argent...), le supermarché, la gare... avec des tâches attentionnelles et des éléments distrayeurs (foule, bruit...)

Besoins : **détection d'obstacles / anti collision / évitement d'obstacle / assistance au positionnement (ascenseur) / franchissement porte (ascenseur)**

Scenario 6 :

Dans un environnement de rue calme, l'utilisateur doit sortir d'un bâtiment en passant une porte large de type porte vitrée, circuler sur un trottoir large et plan mais avec des textures de sol différentes (goudron, pavé...) en évitant des obstacles fixes tels que poteau, horodateur, poubelle puis franchir une faible pente montante et descendante, prendre un passage piétons sans voiture et sans passants avec un feu tricolore.

Besoins : **détection d'obstacles / anti collision / évitement d'obstacle / suivi de trajectoire / détection de reliefs positifs et négatifs / franchissement de reliefs**

Scenario 7 :

Dans un environnement urbain (moins calme), l'utilisateur doit circuler sur un trottoir étroit et plan mais avec des textures de sol différentes (goudron, pavé...) en évitant des obstacles fixes en hauteur type rebords de fenêtre avec pots de fleurs ou boîte aux lettres. Puis, l'utilisateur longe le bord du trottoir pour éviter des poubelles. L'utilisateur doit ensuite réagir (arrêt d'urgence) à la traversée d'un enfant courant derrière son ballon, puis s'arrêter avec précision pour déposer une lettre dans une boîte aux lettres.

Besoins : **détection d'obstacles / anti collision / évitement d'obstacle / évitement d'obstacles dynamiques/ détection de reliefs positifs et négatifs / franchissement de reliefs / suivi de trottoir.**

Scenario 8 :

Dans un environnement urbain l'utilisateur doit circuler en terrain accidenté dans une rue avec des pavés manquants. Il doit emprunter un passage piétons sans feu en prenant garde à la circulation des voitures puis prendre une rue en pente forte montante puis descendante, prendre un devers de type sortie de parking et franchir un bateau. Pour finir il devra accéder à un véhicule de type taxi ambulance, monter en marche avant et sortir en marche arrière. Différents distracteurs pourront être modulés : conditions météorologiques, foule plus ou moins dense, bruit.

Besoins : **détection d'obstacles / anti collision / évitement d'obstacle / détection de reliefs positifs et négatifs / franchissement de reliefs / suivi de trottoir**

FONCTIONNALITES

Sur la base des besoins identifiés pour la réalisation des scénarios, une analyse fonctionnelle a été menée afin de dégager les fonctionnalités principales répondant aux scénarios décrits.

- F1 : détection d'obstacle
- F2 : Anti collision
- F3 : Evitement d'obstacle
- F4 : détection de relief (*trou, bosse, etc.*)
- F5 : Franchissement de relief
- F6 : planification de trajectoires
- F7 : suivi de trajectoire
- F8 : suivi de mur
- F9 : suivi de trottoir
- F10 : assistance au positionnement
- F11 : assistance au franchissement (porte, ascenseur, rampe, etc.)
- F11' : évitement d'obstacles dynamiques

- F12 : services de gestion énergétique (estimation de l'énergie nécessaire à la réalisation d'un trajet / énergie pour rentrer chez soi / entretien préventif)
- F13 : Monitoring (T2.2)
- F14 : Navigation à long terme (acquisition et partage des données de navigation)
- F15 : feedbacks aux usagers (HMI)

Ces fonctionnalités ont été déclinées techniquement lors de la réunion technique qui s'est déroulée à Londres en avril 2018 (annexe 3).

A cette occasion les partenaires compétents ont été invités à se positionner sur leur intérêt à développer ces fonctionnalités et le cas échéant leur degré d'avancement correspondant (figure5 ; annexe 3) :

	F1-2D	F1-3D	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F11'	F12	F13	F14	F15
UPJV							x		x	x	x	x				x	
ESIGELEC	x	x			x	x			x	x		x		x	x	x	
INSA	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x(door) x(ramp)	x			x	x
UoK	x	x	x	x			x		x	x		x	x		x	x	
UCL	x	x	x	x	x	x	x	x	(x)	x	x	x	x			x	x

x : prêt
 X : en cours
 X : non débuté

Figure 5 : distribution des développements techniques entre les équipes compétentes

Les fonctionnalités prêtes ou en cours de développement s'appuient sur des architectures matérielle et logicielle qui ont été discutées entre les partenaires sur la base de leurs expériences respectives afin de sélectionner les meilleures solutions (interopérabilité maximisée). Ces discussions par échange d'e-mails, visioconférences et participations aux réunions du consortium du projet ont permis la co-création d'un document synthétique préliminaire (annexe 5 : Hardware and software architectures) présenté lors du meeting de Londres en avril 2018.

Ces architectures ont ensuite été amendées et affinées afin de préparer une semaine de travail expérimental à Amiens en juillet 2018 rassemblant tous les partenaires contribuant aux développements techniques du FRI. A cette occasion, ces architectures et leur fonctionnement technique ont été apprises, pour certains, testées et validées. Nous avons pu combiner plusieurs technologies complémentaires (ex : interfaçage électronique de FRE, apprentissage et suivi automatique de chemin), développées en parallèle par plusieurs partenaires. Ces travaux ont été réalisés en lien étroit avec le W T1 (ex : scènes virtuelles correspondant à des scènes réelles adaptées aux scénarios 1 et 2, capteurs virtuels, communications électroniques, etc.), pour assurer la

transversalité des architectures, certes majoritairement l'architecture logicielle, entre WT1 (Simulateur) et WT2 (FRI). Une synthèse est disponible en annexe 6.

EVALUATIONS CLINIQUES

La description précise des études cliniques quant à leur méthodologie et leur conduite font l'objet d'une activité spécifique (T1.5).

SPECIFICATION DE SCENARIOS DE TESTS

Sur la base des scénarios expérimentaux, un set de 5 premiers scénarios d'expérimentation (correspondants aux scénarios indoor) en circuit incluant les fonctionnalités techniques décrites précédemment a été proposé (annexe 4). Ces scénarios sur la base de circuits d'expérimentation reposent sur l'expérience acquise par le PSH lors de précédents travaux (projet HANDIVIZ) et ont été validés lors d'un meeting technique à distance par les équipes présentes. Ces scénarios permettront de tester les développements techniques et serviront de base aux études cliniques.

ETUDES CLINIQUES

Il a été convenu, compte tenu du cadre réglementaire et éthique ayant cours de part et d'autre de la Manche, que les études seraient conduites en parallèle : chaque référent national (CM pour UK et PSH pour F) a en charge la gestion de ces problématiques.

Les premières propositions de dossiers de CPP d'études cliniques basées sur les technologies disponibles et les premiers scénarios seront faites en septembre 2018.

CRITERES D'EVALUATION

La revue de la littérature a permis de mettre en évidence l'intérêt des circuits pour évaluer les performances de conduite en proposant des situations reproductibles. L'utilisation de circuits en rapport avec les scénarios seront donc à la base des évaluations. Selon la littérature (annexe 1), les principaux critères pouvant être retenus sont :

- Scores de performance /sécurité de conduite (**WST** ou PIDA)
- Des critères de performance /sécurité de conduite :
 - Achèvement de la tâche,
 - Nombre de collisions
 - Temps de parcours/ vitesse de parcours
 - Distance réalisée – précision de la trajectoire
- Critères de contrôle de l'interface (telle que l'analyse des interventions sur le joystick)
- Critères liés à l'usage :
 - Satisfaction (QUEST / SUS)
 - Charge cognitive (NASA TLX)
 - Acceptabilité / Intention d'usage (TAM/UTAUT)
 - Des paramètres physiologiques de stress et/ou fatigue (pouls, satO2, sudation...)

DIFFICULTES RENCONTREES

Les équipes anglaises ont connu des difficultés à récupérer des réponses au questionnaire pour diverses raisons évoquées dans un document argumenté (annexe 2). Seules 22 réponses étaient retournées côté anglais au 30 juin 2017. Elles sont intégrées dans l'analyse. Il a néanmoins été convenu que l'enquête resterait ouverte – malgré le livrable de juillet- jusqu'en décembre 2018, dans l'idée que les données recueillies pourront néanmoins confirmer / affiner les données françaises.

