



**HAL**  
open science

## **Dispositif d'enregistrement de données hétérogènes ouvert et configurable pour tests cliniques**

Annemarie Kokosy, Gilles Tagne, Philippe Saey, Alexis Clemente, Ali Oukhrif, Frederic Depuydt, Mathieu Troch, Dimitri de Schuyter

### ► **To cite this version:**

Annemarie Kokosy, Gilles Tagne, Philippe Saey, Alexis Clemente, Ali Oukhrif, et al.. Dispositif d'enregistrement de données hétérogènes ouvert et configurable pour tests cliniques. Congrès Handicap 2020 11ème édition, Nov 2020, Paris, France. pp.143-148. <hal-03255737>

**HAL Id: hal-03255737**

**<https://hal.science/hal-03255737v1>**

Submitted on 17 Jun 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

# Dispositif d'enregistrement de données hétérogènes ouvert et configurable pour tests cliniques

Annemarie Kokosy  
Yncréa Hauts de France  
Laboratoire CRIStAL, UMR 9189  
Lille, France  
annemarie.kokosy@yncrea.fr

Gilles Tagne  
Yncréa Hauts de France  
Laboratoire CRIStAL, UMR 9189  
Lille, France  
gilles.tagne@yncrea.fr

Philippe Saey  
Labo Regeltechnik en Automatisering  
KU Leuven, ESAT-ELECTA-EA  
Gand, Belgique  
philippe.saey@kuleuven.be

Alexis Clemente, Ali Oukhrid  
Yncréa Hauts de France  
Lille, France  
prenom.nom@yncrea.fr

Frederic Depuydt, Mathieu Troch, Dimitri De Schuyter  
Labo Regeltechnik en Automatisering  
KU Leuven, ESAT-ELECTA-EA  
Gand, Belgique  
prenom.nom@kuleuven.be

**Résumé**—Cet article présente un dispositif d'enregistrement de données hétérogènes, ouvert et configurable, pour faciliter la mise en oeuvre des tests cliniques. Il comporte une carte embarquée, connectée via USB à un appareil Android, et une base de données dans le Cloud. Grâce à une application Android il est possible de configurer chaque test clinique selon les besoins du protocole de test ainsi que des personnes impliquées dans l'étude. Ce dispositif assure l'enregistrement et stockage des données provenant aussi bien des divers capteurs utilisés que des questionnaires. Ce dispositif original a été employé lors de la mise en oeuvre des tests cliniques pour un système d'alerte d'obstacles pour fauteuil roulant. Ce système sera maintenant monté sur les fauteuils des personnes participantes aux tests cliniques et utilisé pendant 14 jours dans leur environnement réel.

**Mots clés**—Collecte de données, enregistrement de données hétérogènes, tests cliniques, système d'alerte d'obstacles, fauteuil roulant connecté intelligent, projet EDUCAT

## I. INTRODUCTION

Lorsque l'on teste cliniquement un dispositif médical ou l'efficacité d'un traitement médicamenteux dans un environnement non-contrôlé, il est généralement nécessaire de collecter des données générées par divers capteurs physiques, mais également les réponses aux divers questionnaires utilisés lors de l'étude. De plus, une configuration individuelle du test est souvent requise. Les données hétérogènes collectées sont très souvent en quantité massive, rendant ainsi leur analyse très fastidieuse.

Afin de collecter et stocker les données, des solutions Cloud peuvent être utilisées. [1] et [2] proposent une plate-forme basée sur une solution Cloud, reliée uniquement à certains capteurs internes d'un smartphone. Cependant cette plate-forme n'est pas ouverte, car il n'est pas possible d'interfacer d'autres capteurs. De plus, le système n'est pas configurable, ce qui limite son utilisation à des cas bien spécifiques. Il n'est pas possible non plus, d'intégrer des données provenant

des questionnaires. A Kipf *et al* [3] proposent une plate-forme, appelée Mezuri, pour la gestion des données. Elle met à disposition des protocoles pour le transfert de données provenant de différentes sources (par exemple celles collectées manuellement auprès des capteurs) et leur stockage dans le Cloud. Un outil informatique basé sur des technologies Web est disponible pour analyser, visualiser et partager les données. Toutefois, cette plate-forme ne collecte pas directement, ni en temps réel les données en provenance de capteurs ou des questionnaires. Cela implique un prétraitement important de ces données. Plus récemment, [4] a proposé un système d'acquisition de données utilisé dans un cadre industriel. Mais il ne peut ni être configuré, selon le besoin de l'utilisateur, ni être utilisé pour la collecte des informations provenant des questionnaires.

Dans la plupart des cas, les questionnaires sont encore réalisés en format papier, car les données récoltées sont souvent sensibles. Cela rend extrêmement difficile l'analyse des données, surtout quand il est nécessaire de les corrélérer avec des informations en provenance des capteurs. Suite à une étude réalisée par des cliniciens en psychologie auprès des 1700 personnes en utilisant des questionnaires électroniques programmés par des experts informatiques, la nécessité de développer un dispositif générique pour la création de questionnaires électroniques a été démontrée [5]. Il est en effet important de mettre à disposition des cliniciens un outil leur permettant de créer de manière simple des questionnaires utilisable sur Smartphone ou tablette, tout en respectant les critères légaux vis-à-vis de la collecte des données dans le cadre des études cliniques. Par ailleurs, le besoin de collecter en parallèle des données en provenance des questionnaires et également des capteurs a également été identifié.

Pour garantir une analyse efficace des données post tests cliniques, il est donc utile d'avoir à disposition une plate-forme unique de collecte et stockage de données hétérogènes. Cette plate-forme doit proposer un interfaçage aisé avec divers capteurs qui communiquent en utilisant de protocoles de

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet européen EDUCAT (2S01-032), soutenu financièrement par le programme Interreg VA 2 Mers. Pour plus d'information, visitez le site web du projet [www.educat2seas.eu](http://www.educat2seas.eu).

communication variés. Elle doit permettre aux cliniciens et chercheurs d'accéder aux données collectées en temps réel ou à distance. Dans cet article nous proposons un dispositif d'enregistrement de données permettant d'apporter une solution aux problèmes identifiés précédemment.

La suite de l'article est structurée en deux parties. La première partie présente le dispositif d'enregistrement de données en mettant en évidence son caractère ouvert et modulable (section II). Puis un exemple d'utilisation dans le cadre de la préparation des tests cliniques d'un système d'alerte d'obstacles pour un fauteuil roulant sera décrit dans la section III.

## II. PRÉSENTATION DU DISPOSITIF

Ce dispositif offre plusieurs fonctionnalités :

- interfaçage de divers capteurs utilisant des protocoles de communication standards (CAN, Bluetooth, UART),
- collecte des données provenant de capteurs et des questionnaires, cryptage et stockage dans une base de données,
- configuration des tests cliniques en fonction du hardware et software utilisés et du profile du participant aux tests cliniques,
- création des questionnaires,
- visualisation des données en temps réel sur Smartphone ou tablette,
- accès individualisé en fonction du profile de l'utilisateur.

### A. Vue d'ensemble et fonctionnalités du dispositif

Afin de garantir les fonctionnalités identifiées, le dispositif est composé de quatre éléments :

- une carte embarquée, appelée "Data Management Unit" (DMU), qui gère la collecte des données en provenance des capteurs ou autres dispositifs connectés et leur transmission dans la base de données,
- une tablette Android qui fait l'interface entre la DMU et la base de données et l'application Android, utilisée pour la configuration hardware et software des tests et la collecte des réponses aux questionnaires, mais également comme IHM,
- une base de données dans le Cloud où sont stockées toutes les données, en provenance des questionnaires et de la DMU,
- un service Web pour la création des questionnaires interprétés par l'application Android.

La Fig. 1 présente une vue d'ensemble du système. Ce dispositif est conçu autour de l'unité de gestion des données "Data Management Unit" (DMU) qui est l'équipement principal. Il gère la collecte des données de tous les capteurs. De nouveaux capteurs et/ou systèmes (via par exemple le bus CAN, le Bluetooth, l'UART, etc.) peuvent être connectés au système embarqué en ajoutant seulement le pilote associé au nouveau périphérique. La configuration du système sur la tablette Android permet d'intégrer ces nouveaux équipements ou instruments via une interface graphique. La tablette relie les données du système et les données de mesure à la base de données dans le Cloud.

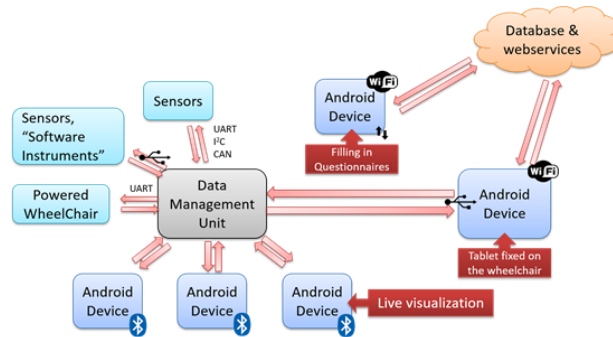


FIGURE 1. Vue d'ensemble du dispositif d'enregistrement de données

En utilisant ce système d'enregistrement de données hétérogènes ouvert et configurable, les développeurs peuvent fusionner leurs propres capteurs, systèmes, algorithmes, etc. avec de nouveaux modules, ce qui permet de réaliser des essais efficaces en termes de coûts et de temps. Ce système permet de mettre en place facilement des essais cliniques sur différents sites distants avec différents types d'utilisateurs (techniciens, médecins, utilisateurs du dispositif, les chercheurs, etc.).

Les différents questionnaires (utilisateurs et praticiens) remplis durant les essais cliniques peuvent être conçus dans une interface web conviviale. Ces questionnaires peuvent être remplis sur un smartphone ou une tablette. L'ensemble de ces opérations peut être effectué en même temps dans différents lieux géographiques, si plusieurs participants aux tests cliniques les réalisent simultanément. Les données recueillies à partir des mesures et des questionnaires sont stockées dans une seule base de données dans le Cloud, disponible pour une analyse plus approfondie.

La technologie utilisée dans ce dispositif est simple, utilisant des microcontrôleurs et des appareils Android standard, ne nécessitant pas une grande puissance de calcul. Ceci dans le but de fournir une solution bas coût pouvant être accessible au plus grand nombre de personnes. L'abstraction est faite au niveau de la base de données. La configuration du système est effectuée sur le téléphone portable ou la tablette, et ensuite téléchargée sur la DMU. Une fois la configuration enregistrée, la DMU peut collecter les données et les envoyer dans le Cloud.

Le système ainsi conçu permet l'intégration des capteurs hétérogènes, l'ajout de nouveaux capteurs et actionneurs ainsi qu'une ré-configuration selon les besoins de l'utilisateur. Il permet également la collecte simultanée des données en provenance des questionnaires et leur stockage dans la base de données. Dans les paragraphes suivants, nous le décrirons plus en détails en abordant les aspects matériels et logiciels.

### B. DMU - partie Matérielle

L'unité de gestion des données (DMU) gère la collecte des données de tous les capteurs ainsi que les données du dispositif médical (dans cet article un système d'alerte d'obstacle pour fauteuil roulant sera présenté). Les données sont à la fois stockées localement sur la carte SD et envoyées à la tablette

pour être stockées dans la base de données dans le Cloud. La DMU stocke également la configuration des capteurs branchés sur le système d'enregistrement. La partie matérielle est conçue autour du micro-contrôleur STM 32 comme le montre la Fig. 2. Ce circuit est connecté par plusieurs entrées/sorties par port UART, le port CAN, l'USB. Il est aussi connecté à une carte SD, un GPS et une centrale inertielle (IMU) par le port I2C. Le dispositif médical (appelé TPI dans la Fig. 2) est connecté à la DMU par UART.

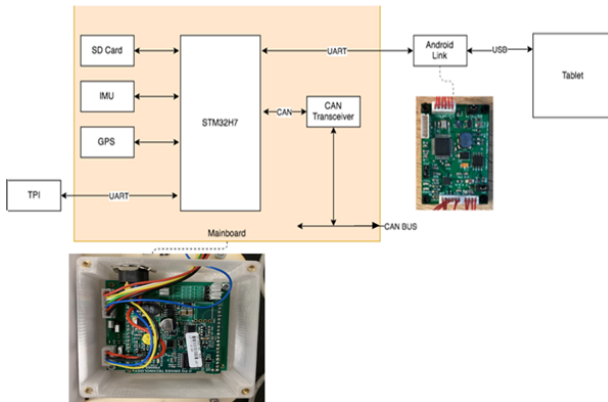


FIGURE 2. Système d'enregistrement de données, architecture matérielle

Une architecture embarquée nécessitant peu de puissance de calcul est utilisée, dans le but de fournir une solution bas coût.

### C. DMU - partie logicielle

1) *Configuration*: Le logiciel est articulé autour de la configuration. Une configuration représente l'état du système à un moment précis, en termes d'instruments associés, donc de données produites. Tous les éléments matériels ou logiciels fournissant des données à la DMU sont appelés des instruments. La configuration est une structure contenant des informations sur une configuration spécifique dans l'en-tête, et une liste d'instruments, comme décrit dans la Fig. 3. Dans

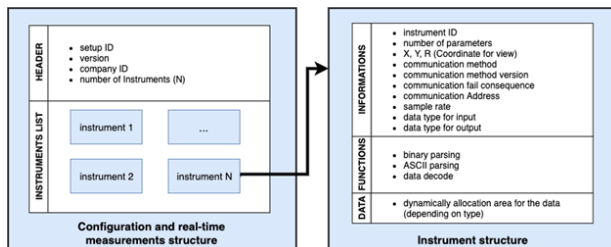


FIGURE 3. Structure de configuration

le programme écrit en C, la liste d'instruments est un tableau de structures d'instruments :

- Il contient un en-tête, décrivant un instrument.
- Il contient des pointeurs de fonction, pour permettre le décodage/la préparation dynamique des données.

- Il contient un espace alloué dynamiquement (qui dépend du type de données de l'instrument) où les données en temps réel sont écrites ou lues.

La configuration est établie à l'aide de la tablette. Une fois finalisée, elle est envoyée à la DMU via le protocole de communication de la tablette afin d'être stockée localement dans la carte SD.

2) *Architecture Logicielle*: Le logiciel est structuré en 4 modules principaux, chacun comprenant un ou plusieurs "threads", comme le montre la Fig. 4.

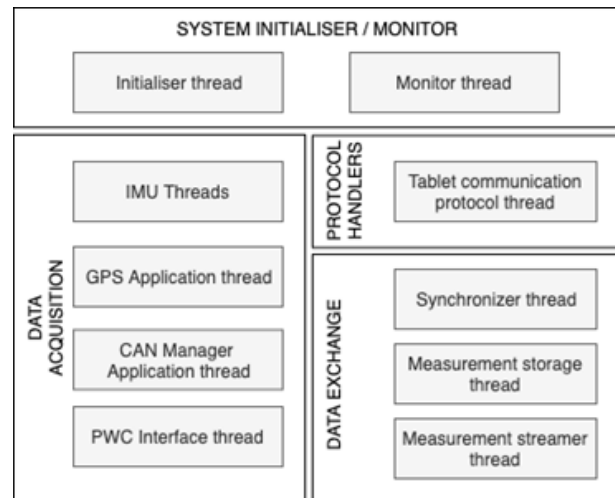


FIGURE 4. Modules logiciels de DMU

- **"System initialiser / monitor"** : initialise le système (lit la configuration, la décode, et notifie au système que tous les instruments sont présents et prêts) et surveille son comportement (du système).
- **"Data acquisition"** : permet d'acquérir des données à partir des instruments.
- **"Protocol handlers"** : gère la réception des messages provenant de la tablette, et répond si nécessaire.
- **"Data exchange"** : exporte les données sur la carte SD et sur la tablette.

L'architecture générale logicielle du système d'enregistrement est illustrée dans la Fig. 5.

Le flux de données est décrit dans la Fig. 6. Les données sont d'abord collectées à partir de chaque instrument en utilisant leur "thread" spécifique, puis exportées afin d'être stockées à la fois dans la carte SD et dans la base de données dans le Cloud.

La base logicielle est générée par STM32CubeMX, un outil fourni par STMicroelectronics. Elle fonctionne sur un STM32H743ZIT6. FreeRTOS V9.0.0 est utilisé. Les différentes couches logicielles sont décrites dans la Fig. 7. Toutes les bibliothèques marquées du label "EDUCAT" ont été développées spécialement dans le cadre de ce projet.

### D. Tablette et application Android

La tablette reçoit des données de la DMU par USB. Ces données sont envoyées dans le Cloud via sa connexion internet

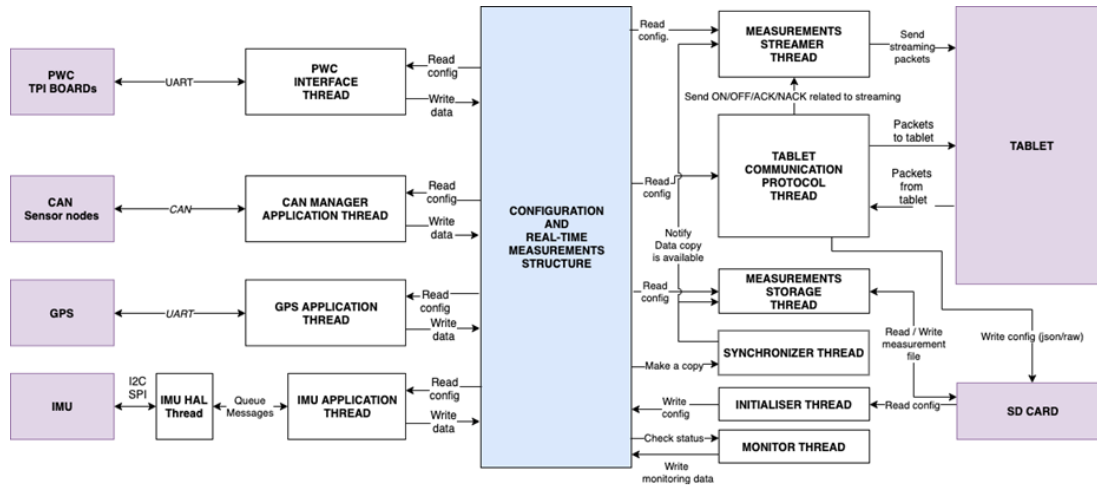


FIGURE 5. Système d'enregistrement de données, architecture logicielle

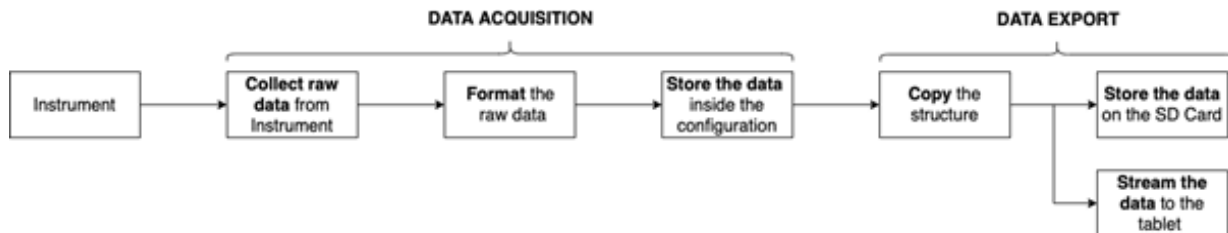


FIGURE 6. Flux d'une donnée

Libraries	P&G R-Net Chipset Serial API	Educat DX2 Library	Educat LinX Library	U-Blox Library	Educat CPL Library	Hillcrest IMU Library	EDUCAT CAN Service Library	Educat Configuration Library	Educat Storage Library
Middleware	FreeRTOS V9.0.0 Real-Time Operating System			Chan FATFS Filesystem					
Drivers	STMicronics HAL Drivers STM32Cube_FW_H7 V1.3								
Hardware	Educat DMU V3 rev2 Based on STM32H7432IT6								

FIGURE 7. Couches logicielles

(WiFi ou 4G) par le biais d'une application développée à cet effet : EDUCAT App (Fig. 8 à gauche).

EDUCAT App permet au démarrage de configurer le dispositif et de transmettre cette configuration à la DMU. Une configuration contient toutes les informations nécessaires pour programmer automatiquement la collecte de données avec des capteurs spécifiques pour une mesure. Le menu de configuration contient trois options :

- Voir la liste des configurations,
- Créer une nouvelle configuration,
- Voir la liste des instruments.

Un utilisateur peut créer une nouvelle configuration en utilisant l'option "Nouvelle configuration" dans le menu de configuration. L'application demandera un nom, un identifiant

matériel, une version et un identifiant de société pour la nouvelle configuration. Une fois que l'utilisateur a saisi tous les détails, l'application enverra une demande à la base de données pour créer une nouvelle configuration.

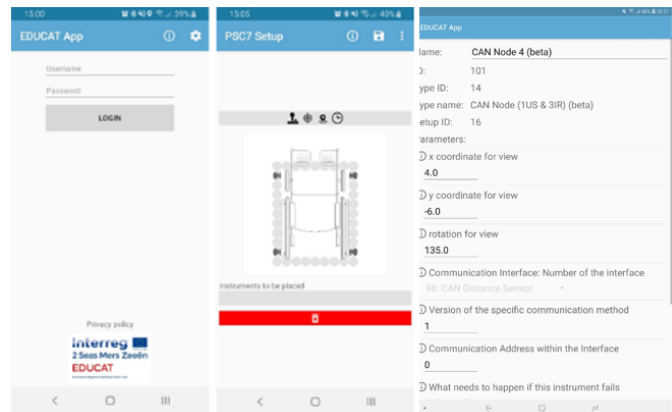


FIGURE 8. EDUCAT App

La configuration créée s'ouvre sur un nouvel écran (Fig. 8 à droite). Cette interface est une représentation graphique de l'objet d'étude utilisé dans les tests cliniques, permettant de placer et configurer les instruments. Pour chaque instrument, il est possible de configurer sa fréquence d'acquisition de don-

nées, son unité de mesure, sa position physique ainsi que son identifiant. Il est également possible de configurer les plages horaires pour l'enregistrement automatique des données. Dans cet article l'objet d'étude est un fauteuil roulant sur lequel sera monté un système d'alerte d'obstacles). Toutefois, il est également possible d'imaginer que dans une étude clinique d'un nouvel médicament, des capteurs doivent être placés sur la personne afin d'en mesurer les effets. Dans ce cas, l'objet d'étude est la personne. Durant les tests les données provenant des instruments peuvent être affichées en temps réel sous forme de graphiques dans l'IHM de la tablette disponible via EDUCAT App. De plus, l'application permet aussi à l'utilisateur de remplir les questionnaires nécessaires à l'étude. L'application Android donne accès aux différentes fonctionnalités du dispositif en fonction du profil de l'utilisateur. Pour le moment trois profils ont été identifiés : chercheur, clinicien, utilisateur du dispositif.

### E. Service Web et questionnaires

Le système de management de données hétérogènes permet non seulement l'enregistrement des données capteurs, mais aussi l'édition et le remplissage des questionnaires. Un service Web rend possible une création facile des questionnaires par les personnes en charge des tests cliniques. Ces questionnaires (format et ordre des questions) sont sauvegardés dans la base de données sous forme des commandes SQL, qui seront par la suite interprétées par l'application EDUCAT App. Les questionnaires sont ainsi affichés à l'écran afin de permettre leur utilisation par les participants aux tests. Ces questionnaires (par exemple des questions sur l'état de santé, la prise de médicament ou sur l'équipement médical) seront proposés aux participants à l'étude à la fréquence paramétrée et les résultats seront synchronisés avec toutes les autres données enregistrés.

## III. APPLICATION AUX TESTS CLINIQUES D'UN SYSTÈME D'ALERTE D'OBSTACLES

Dans le cadre du projet EDUCAT ([www.educat2seas.eu](http://www.educat2seas.eu)), un système d'alerte d'obstacles pour fauteuils roulants électriques sera testé cliniquement. Ces tests se feront pendant 14 jours dans l'environnement réel des participants ayant des fauteuils roulants électriques avec un joystick de type Dynamic Control (DX2 ou LinX) ou Penny and Giles (R-Net). Le système détecte les obstacles autour du fauteuil, grâce à des capteurs infrarouges et ultrasons et alerte l'utilisateur sur leur emplacement et leur dangerosité. L'alerte peut être visuelle, sonore ou haptique. L'utilisateur a la possibilité de les activer ou les désactiver à sa guise en temps réel. Le nombre de capteurs branchés sur chaque fauteuil dépendra de ses dimensions. Toutes les données récoltées seront stockées dans la base de données. Afin d'enrichir l'étude, les participants devront répondre trois fois par jour à un questionnaire. De plus, des questionnaires complémentaires, pré-étude et post étude, seront également utilisés. L'ensemble de ces données sera analysé pour évaluer si le système d'alerte d'obstacles proposé pourrait offrir une meilleure qualité de vie aux personnes à mobilité réduite. Il est facile de s'apercevoir que pour réaliser

ces tests cliniques, il est indispensable d'utiliser un système qui doit être configuré en fonction du fauteuil de la personne et du nombre de capteurs utilisés. Par ailleurs, il faut offrir à la personne une IHM agréable qui lui permettra de changer en temps réel le retour qu'il souhaite avoir pour l'alerte. De plus, afin de faciliter le remplissage du questionnaire journalier (matin, midi, soir), une fonctionnalité de rappel a été créée. Elle assure ainsi la collecte des informations riches et homogènes. Afin de répondre à toutes ces exigences, le dispositif d'enregistrement de données décrit dans la section II a été utilisé.

### A. Partie Matérielle

Le système d'alerte d'obstacles dispose des instruments suivants : joystick du fauteuil roulant, GPS, IMU et capteurs de distance, ainsi que d'un instrument logiciel présent dans la tablette (voir Fig. 9). Ce système est intégré dans le dispositif de gestion de données décrit préalablement. Il comporte les éléments suivants :

- l'unité de gestion des données (DMU) : qui stocke la configuration du test fournie par la tablette, collecte les données des capteurs, du joystick et des algorithmes et les envoie à la tablette.
- l'interface avec les équipements médicaux : c'est l'interface entre le bus de données pour fauteuils roulants électriques et la DMU. Actuellement, la DMU peut s'interfacer avec les systèmes de contrôle de fauteuils DX2, LinX ou R-Net.
- les capteurs : capteurs infra-rouges et ultrasons, centrale inertielle (accéléromètre, gyroscope, magnétomètre) et un GPS (pour l'extérieur).
- une tablette avec carte SIM : elle permet l'envoi de la configuration à la DMU et l'envoi de données de la DMU vers le Cloud. De plus, elle donne un retour à l'utilisateur sur l'emplacement et la dangerosité des obstacles autour du fauteuil roulant. L'utilisateur peut choisir en temps réel entre les retours suivants : visuel, vocal, buzzer, haptique.
- une caméra arrière : activée lorsque le fauteuil roulant se déplace vers l'arrière.

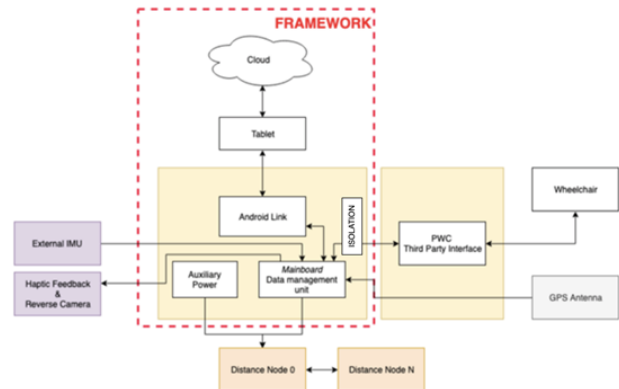


FIGURE 9. Schéma général du système d'alerte d'obstacles

## B. Partie Logicielle et retour utilisateur

Les différentes couches logicielles de cette application sont décrites dans la Fig. 10. L'application vient se greffer autour des couches précédemment développées.

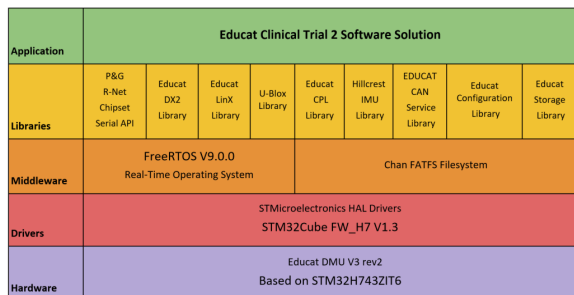


FIGURE 10. Couches logicielles

L'algorithme et le retour visuel sont programmés dans l'application Android EDUCAT App. Le système d'alerte d'obstacles est vu par le dispositif d'enregistrement de données comme un instrument logiciel. La Fig. 11 présente une vue de l'application d'alerte d'obstacles.

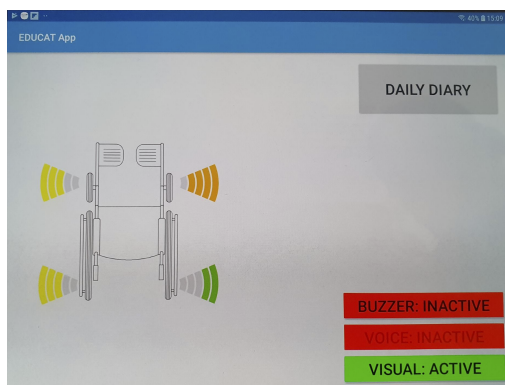


FIGURE 11. Retour visuel du dispositif d'alerte d'obstacles

De plus, l'application EDUCAT App permet de visualiser sur un graphique en temps réel les données de chaque capteur. La Fig. 12 donne un exemple de visualisation. Pour les

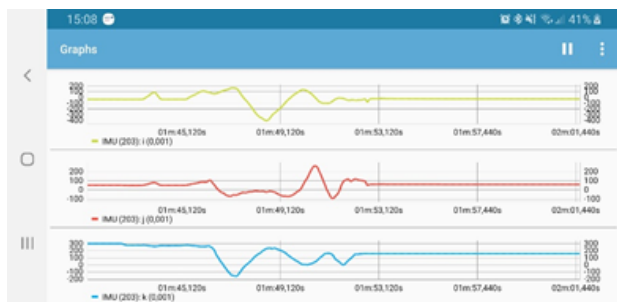


FIGURE 12. Exemple de visualisation de données capteurs

tests cliniques du système d'alerte d'obstacles, trois profils différents ont été créés : chercheurs (accès complet), cliniciens (accès à l'édition et remplissage des questionnaires,

configuration du système lors de son installation, affichage des données en temps réel) et utilisateurs (accès à l'interface d'alerte d'obstacles et au questionnaire journalier).

En définitive, la préparation des tests cliniques du système d'alerte d'obstacles pour les fauteuils roulants électriques permet d'illustrer la valeur ajoutée du dispositif de management des données, présenté dans la section II. Les tests déjà effectués avec des étudiants volontaires ont montrés l'efficacité du dispositif et la facilité de l'analyse des données. Le protocole des tests cliniques vient de recevoir l'accord du Comité central d'éthique de la recherche de Cambridge, Royaume Uni (réf 20/EE/0007). Les tests débiteront sous peu avec une vingtaine de personnes.

## IV. CONCLUSION

Dans cet article, nous avons présenté un dispositif ouvert et configurable d'enregistrement de données provenant aussi bien des capteurs que des questionnaires. Le stockage simultané de toutes ces données dans la base de données facilite leur analyse. Ce dispositif est composé d'une carte embarquée, appelée unité de gestion de données, d'une tablette Android, d'une base de données dans le Cloud et d'une application Android. L'architecture matérielle de la carte embarquée permet la connexion des capteurs utilisant des protocoles de communication standard. Les données sont collectées, encryptées et envoyées vers la base de données via une tablette.

Un exemple d'utilisation de ce dispositif pour effectuer des tests cliniques d'un système d'alerte d'obstacles a été illustré. Le système d'alerte d'obstacles détecte des obstacles autour du fauteuil et alerte le conducteur de la proximité des obstacles. Le retour peut être visuel, sonore ou haptique. L'application Android donne accès aux différentes fonctionnalités du dispositif en fonction du profil de l'utilisateur.

Les premiers tests ont démontré la facilité d'utilisation et l'efficacité du dispositif. Il sera désormais éprouvé sur une population plus large et des durées de test plus longues, lors des tests cliniques qui débiteront en septembre 2020 au Royaume-Uni.

## RÉFÉRENCES

- [1] J. Fu, W. Hao, T. White, Y. Yan, M. Jones and Y. Jan, "Capturing and analyzing wheelchair maneuvering patterns with mobile cloud computing," 2013 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), Osaka, 2013, pp. 2419-2422.
- [2] Jicheng Fu, Maria Jones, "A Novel Mobile-Cloud System for Capturing and Analyzing Wheelchair Maneuvering Data : A Pilot Study", Assist Technol. 2016 ; 28(2).
- [3] Andreas Kipfa, Waylon Brunetteb, Jordan Kellerstrassa, Matthew Podolskya, Javier Rosaa, Mitchell Sundtb, Daniel Wilsona, Gaetano Borriello, Eric Brewera, EvanThomasc, "A proposed integrated data collection, analysis and sharing platform for impact evaluation", Development Engineering, Vol. 1, 2016, pp. 36-44.
- [4] H. Lin, Z. Zhang, Y. Guo and Z. Ding, "A Configurable Data Acquisition System for Various Working Conditions," 2018 25th International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice (M2VIP), Stuttgart, 2018, pp. 1-5.
- [5] J. Schobel, R. Pryss and M. Reichert, "Using Smart Mobile Devices for Collecting Structured Data in Clinical Trials : Results from a Large-Scale Case Study," 2015 IEEE 28th International Symposium on Computer-Based Medical Systems, Sao Carlos, 2015, pp. 13-18.