



Internet des Objets pour Salle de Gym Connectée

Victor Kemmoun
Thomas Jouin
Simon Sauvestre

Introduction

Dans le cadre de notre parcours SISN à Centrale Marseille, nous nous sommes intéressés au projet proposé par M. Khaligi : **Internet des objets pour salle de Gym connectée**. Ce projet a pour objectif de développer des solutions pratiques pour développer une salle de gym intelligente équipée de capteurs connectés. Ces derniers, associés à une application smartphone, permettrait à l'utilisateur d'identifier et de suivre son activité physique en identifiant et quantifiant les exercices pratiqués, ainsi que de collecter et d'exploiter ses données de santé. Nous nous sommes donc intéressé à l'instrumentalisation d'une salle de gym qui serait déjà équipée de machines ne disposant pas de capteurs.

Notre travail au cours de ce semestre aura constitué à réaliser une étude préliminaire de ce projet qui consiste à en déterminer la faisabilité, ainsi qu'une étude générale et détaillée ayant pour but de déterminer et concevoir ce qui doit être réalisé. Nous avons aussi commencé à réaliser l'étape de détermination de solutions qui devrait aboutir sur un premier prototypage.

Introduction	2
I) Détermination du cahier des charges	4
Etude des besoins	4
Etude du marché actuel	5
Innovation et Stratégie	6
Cahier des charges	7
II) Solutions technologiques	8
Connection boitier/smartphone	8
Identification de l'exercice et sélection des poids	9
Instrumentation et données	10
Fonctionnalités et extensions	10
Conclusion et chiffrage	11

I) Détermination du cahier des charges

1. Etude des besoins

Pour concevoir cette solution innovante, il est nécessaire de **bien comprendre le besoin source**. Il s'agit de savoir ce que l'utilisateur désire pour rendre optimal le design de la solution. Ainsi, imaginer notre produit en étant guidé uniquement par nos intuitions nous semblait insensé.

Dans notre cas, il faut comprendre **quels paramètres sportifs sont pertinents** pour l'utilisateur, à **quelles grandeurs physiques sont-ils liés**, et donc savoir **quel type de capteur implémenter**.

Nous avons donc voulu solliciter directement **diverses sources** :

- Médecin du sport (*malheureusement sans réponse du Dr. Alexis Savigny*)
- Professeur/Coach de sport (*Jean-Luc Blanchon, professeur de sport de l'École*)
- Utilisateurs d'une salle de musculation (*Centrale Marseille Musculation*)
- Forums de sport sur Internet

Les résultats de cette "enquête de terrain" se complètent et se confirment.

Pour synthétiser, nous avons choisi trois **paramètres ou critères auxquels les potentiels utilisateurs des objets connectés du sport aimeraient particulièrement avoir accès** (temps réel + archivage + courbes d'évolution). Ces trois paramètres sont :

- **Temps entre chaque répétition d'un mouvement et temps de repos entre chaque série.**
 - Cet indicateur permet au sportif d'obtenir une performance : moins ces temps sont longs, plus leur performance est grande.
 - La grandeur physique associée est le temps (s) mais il faudra détecter automatiquement chaque répétition et éventuellement la fin ou le début d'une série. Pour cela, il faut des mesures couplées d'accéléromètre et de gyroscope.
- **Nombre de répétitions.**
 - Pour un même exercice, un nombre élevé de répétition est gage de performance.
 - La encore il faut des mesures couplées d'accéléromètre et de gyroscope pour détecter automatiquement "une répétition".
- **Approximation des calories brûlées.** Ce paramètre est plutôt relatif à la santé.
 - La grandeur physique associée est l'Énergie (J)
 - Pour la calculer, il faut pouvoir savoir de quel type d'exercice il s'agit, les masses mises en jeux, le temps d'exécution.

2. Etude du marché actuel

Afin de mieux connaître les technologies existantes et les types de solution déjà présents sur le marché, nous avons pris le temps d'étudier le marché actuel des **objets connectés et des applications mobiles qui y sont liés**.

Le tableau suivant résume l'étude :

SOURCES

<https://lesobjetsconnectesdusport.wordpress.com/fitnessmuscultation/>

<https://blog.ingeniooz.com/les-5-meilleures-applications-android-de-musculation/>

<https://www.thisisbeast.com/en/product#beast-sensor-n>

APPLICATIONS MOBILES / OBJECTS	CONTENU
<p>App HERCULE Dev : Ingeniooz Téléchargements : (+)10 000 Note PlayStore : 4,5/5 Prix : 3,99€</p>	<p>(+) 100 Exercices Proposés Gestion suivie sur plusieurs séances Créer ses propres exercices (nb de répétition, poids des charges, temps de repos post-exercice, temps de repos post-série) Chronos automatique : un compte à rebours se lance à la fin du série pour visualiser le temps restant avant prochain exercice Création de la séance de muscu - déroulement des exercices choisis A la fin de la séance : résumé de l'analyse des performances ! QUELLES PERFORMANCES ? Tracé des courbes de progrès : répétitions, temps-repos, poids-charges, des-moyennes, rapport charge/rep</p>
<p>App Carnet de Musculation Dev : LD Apps Téléchargements : ENTRE 100 000 et 500 000 Note PlayStore : 3,5/5 Prix : Gratuit</p>	<p>35 exercices proposés composer sa propre séance, ordonner les exercices dans la séance créer des exercices chrono et vibration/alarme</p>
<p>Bracelet Beast Sensor Dev : Beast Téléchargements : Note PlayStore : Prix : 249€ (avec app) Poids : 38g</p>	<p>Capteur Accéléromètre dans le bracelet connecté Avec les données de l'accéléromètre, complétée par ce que saisit l'utilisateur dans l'app, l'application mobile calcule : pour chaque répétition, elle donne une mesure de PUISSANCE (W) et de VITESSE (m/s) elle traite ces données et sort ensuite : Force (N), Explosivité (G/s), Volume (kg), Puissance moyenne (W), Répétitions, Densité (kg/min), Energie dépensée (kJ), Tonnage (T), graph progrès CAPTEURS DANS LE BRACELET : Gyroscope 3 axes, Boussole 3axes, Accéléromètre 3 axes</p>

Cela a permis de confirmer, d'une part, l'enquête "de terrain" et les paramètres pertinents qui ont découlé. D'autre part, l'étude du contenu technologique des solutions permet de **relier les paramètres pertinents aux capteurs nécessaires associés**. D'autre part, cela nous a permis de mieux **appréhender l'interface utilisateur** qu'il faudrait imaginer pour notre solution.

Nous avons aussi pu comprendre à travers cette documentation web, pour quelles raisons **le concept du boîtier de capteurs en mode bracelet domine le marché**. Aussi nous avons choisi sciemment de garder l'idée du bracelet pour notre solution.

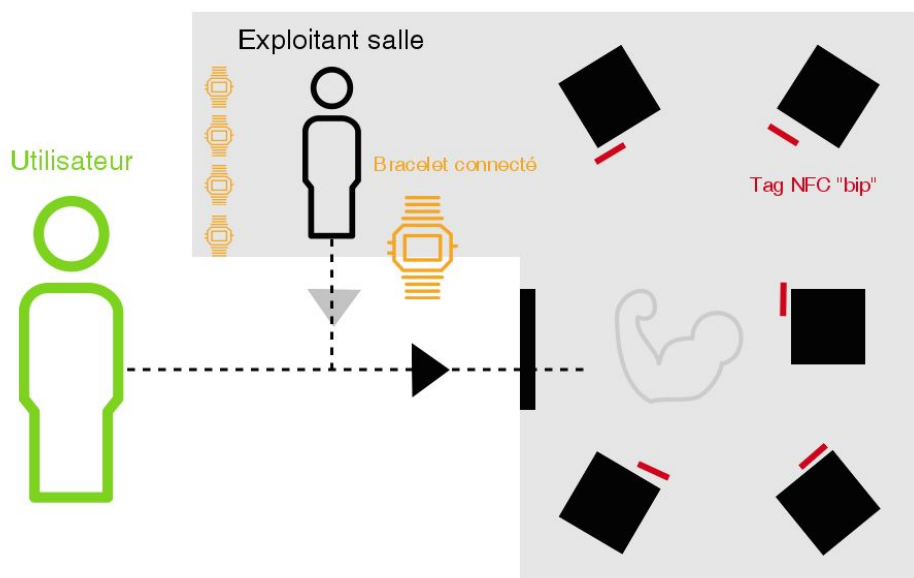
3. Innovation et Stratégie

Les technologies liés aux objets connectés de la santé ou du sport connaissent un essor considérable aujourd'hui. **Il nous semblait essentiel de pouvoir se démarquer nettement du point de vue innovation et stratégie afin de bien se positionner sur le marché.** Si il s'agissait de lancer réellement une entreprise, l'enjeu serait de taille : comment proposer une solution réellement innovante pour ne pas s'imposer comme un simple concurrent au milieu des nombreuses offres déjà commercialisées ?

La principale nouveauté de notre solution de sport connecté réside dans le ciblage de la clientèle. Il s'agit bien d'équiper une salle de gym/muscu en tout ou partie, **le client n'est donc plus l'utilisateur directement, mais l'exploitant du complexe sportif.** On ne raisonne pas selon les même mécanismes pour concevoir une solution d'équipement de salle que pour équiper un utilisateur isolé. Cette manière de voir les choses semble assez peu répandue actuellement.

Dès lors, l'utilisateur de la salle de musculation peut profiter, avec notre solution, d'un service supplémentaire (gratuit ou payant) qui lui est proposé par l'exploitant. Le module de capteur (bracelet) lui est donc prêté ou loué à chaque séance de sport. Les **données sont cependant stockées et analysées par une application** compatible qu'il doit télécharger sur son téléphone (app mobile à développer par ailleurs, et vendue en lot avec la solution).

Du point de vue pratique, l'utilisateur doit donc se munir du bracelet prêté au début de la séance puis lancer l'application sur le smartphone qu'il devra garder sur lui. Grâce à un système NFC que nous détaillerons plus tard, il peut évoluer dans la salle en indiquant facilement au système quel est l'exercice en cours. Lorsque c'est nécessaire, il doit pouvoir facilement détacher le boîtier capteur du bracelet pour venir le placer pertinemment sur la machine ou l'équipement qu'il utilise. Pendant tout le long de la séance comme à sa fin, l'utilisateur peut observer ses performances et les comparer aux précédents résultats sur son mobile qui communique avec le boîtier.



4. Cahier des charges

Clientèle :

Salle de musculation déjà équipée d'appareils standard.

Clientèle de la salle plutôt jeune, équipée de smartphones, ayant l'habitude d'utiliser des applications de health monitoring ou de fitness/bien-être.

Fonctions à réaliser	Objectifs techniques
Mesure de l'activité physique	
Mesure temps entre chaque répétition et du temps de repos	Capteur de mouvement de l'utilisateur
Comptage du nombre de répétition	Calcul et exploitation des données en temps réel
Suivi et évaluation des performances de l'utilisateur	Etude des mouvements d'un sportif, machine learning, étude et analyse des signaux récoltés par les capteurs
Interactions avec la salle de gym	
Identifier les exercices et les machines	Mise en place de capteurs sans fils au niveau de chaque zone d'exercice
Être modulable en fonction de l'exercice ou de la machine utilisée et s'adapter à cette dernière	Mise en place d'adaptateur de compatibilité sur les machines
	Système de sélecteur de poids
Être reconfigurable pour être utilisé par plusieurs utilisateurs différents au cours de la même journée	Configurable facilement lors d'un changement d'utilisateur via une liaison smartphone.
Permettre d'équiper toute une salle ayant déjà des machines traditionnelles	Solution peu coûteuse
Transmission des données à l'utilisateur	
Interaction avec un smartphone	Communication capteur-téléphone sans fil
Visualisation des performances	Application smartphone avec interface utilisateur facile et complète

II) Solutions technologiques

1. Connection boitier/smartphone

D'après le cahier des charges que nous venons d'éditer, on sait qu'il nous faut sélectionner un système de communication sans fil afin de permettre un échange d'information entre notre objet connecté et le smartphone de l'utilisateur. Dans cette partie nous allons comparer les différents types de réseaux de communication sans fil existant sur le marché afin de sélectionner le plus adapté à la solution que nous avons choisi. Nous nous intéressons plus particulièrement ici aux réseaux de communication à courte portée.

Du fait de la condition de communication avec un smartphone, nous devons restreindre notre choix parmi les réseaux courte portée déjà présents et développés dans les nouvelles technologies de téléphonie mobile, soit le Bluetooth, le Bluetooth LE, le WIFI et le NFC.

	Bluetooth	Bluetooth LE /Smart	WIFI	WIFI	WIFI (Next generation)	NFC	Zigbee	Z-Wave	ANT +
<i>Specification</i>	802.15.1	802.15.1	802.11g	802.11n	802.11y	NFCIP-1	802.15.4	Z-Wave alliance	ANT
<i>Frequency</i>	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4GHz / 5 GHz	3.7GHz (US)	13.56 MHz	868 MHz (EU) 915MHz (US) 2.4GHz	868MHz (EU, China, India, Russia,...) 900MHz (North America, Brazil, HongKong, Australia, Japan,...)	2.4GHz
<i>Range indoor (m)</i>	30	10	25	50	50	0.2	30	45	10
<i>Range max (m)</i>	100	50	75	125	5000	0.2	1500	150	30
<i>Data speed max</i>	3 Mbit/s	1 Mbit/s	54 Mbit/s	540 Mbit/s	54 Mbit/s	424 kbit/s	250 kbit/s	100 kbit/s	<100kbit/s
<i>Data speed typ.</i>	2.1Mbit/s	270 kbit/s	25 Mbit/s	200 Mbit/s	23 Mbit/s	2.5kbit/s	150 kbit/s	40 kbit/s	20 kbit/s
<i>Peak current</i>	150 mA	20mA	150 mA	150 mA	-	15 mA	50 mA	20 mA	35 mA
<i>Sleep current</i>	5 mA	1 uA	100 µA	100 µA	-	10 µA	5 µA	2.5µA	1 µA
<i>Battery life</i>	Month	Year	Day	Day	-	Month/Year	Month/Year	Year	Year
<i>Network topologies</i>	Star	Star	Star	Star	Star	Peer to peer only	Star, Tree, Mesh	Star, Tree, Mesh	Star, Tree, Mesh
<i>Typically :</i>	- Headsets - Computer peripherals	- Mobile phones - Sport trackers - eHealth devices - Wireless sensors	- PC (networking) - WLAN	- same as 802.11g with improved performances - Outdoor LAN	- wireless link between hotspot	- transport ticket - secure payment - door opening	- home automation - wireless sensor networks - smart metering	- home automation	- sport trackers - eHealth devices
<i>Official Website Link</i>	https://www.bluetooth.org/en-us	https://www.bluetooth.org/en-us	http://www.wi-fi.org/	http://www.wi-fi.org/	http://www.wi-fi.org/	http://www.nfc-forum.org/home/	http://www.zigbee.org/	http://www.z-wave.com/	http://www.thisisanant.com/

En regardant le tableau ci-dessus, on peut d'emblé rejeter la solution WIFI car celle-ci consomme une grande quantité d'énergie électrique et ceci est en désaccord avec le critère d'autonomie de notre cahier des charges. La technologie NFC quant à elle doit s'effectuer par contact quasiment direct des deux appareils communicants or notre boitier se situe à une distance du smartphone pouvant varier de 20 cm à 1 m.

Au vu de cela, nous allons donc sélectionner la technologie bluetooth qui est la plus répandue et la moins énergivore. Dans le meilleur des cas, le smartphone de l'utilisateur est assez récent (>2014) et possède la technologie Bluetooth Low Energy (>=4.0) qui sera celle sélectionnée. Un modèle pourra être développé avec la technologie Bluetooth standard pour les modèles plus anciens de smartphone mais ne sera pas aussi développé que la version avec la Bluetooth 4.0 car cette dernière technologie est en plein essor.

2. Identification de l'exercice et sélection des poids

Le BLE était la meilleure option pour réaliser la communication entre le téléphone et notre dispositif. Il faut maintenant s'intéresser aux interactions entre le boîtier et la salle. Comme vu dans le cahier des charges, il faut que ces dernières permettent à l'utilisateur de changer d'exercice facilement, d'identifier la machine sur laquelle il est en train de s'entraîner et de changer de poids.

L'ensemble des dispositifs de coaching, que ce soit avec ou sans bracelet connecté, demande à l'utilisateur d'interagir avec son téléphone dans le cadre de la musculation, que ce soit pour changer d'exercice ou de poids. Cette étape est la plus désagréable pour l'utilisateur, et nous avons donc intégré un système permettant de changer d'exercice et de charge de travail au sein de notre boîtier.

Nous avons donc imaginé une salle équipée de plusieurs puces de type RFID que l'utilisateur pourrait simplement « biper ». Dans un premier temps, notre idée était d'en mettre sur tous les équipements : machines, poids, barres... L'utilisateur, avant de commencer un exercice, biperait donc le nom de l'exercice avec son bracelet, puis biperait chaque poids qu'il utiliserait pour déterminer la charge totale de travail. Mais nous nous sommes rendu compte que cette dernière étape était critique : dans le cas d'un grand nombre de poids utilisés, l'utilisateur aurait dû biper un grand nombre d'haltères, étape encore plus dérangeante que de sortir son téléphone. Nous avons donc opté pour un sélecteur de poids directement intégré au bracelet, pour que l'utilisateur n'ait plus qu'à biper son exercice ou sa machine et sélectionner la charge de travail sur son boîtier.

D'un point de vue technologique, le NFC s'adapte particulièrement bien à nos besoins. Cette technologie repose sur l'interaction entre une puce fonctionnant sans batterie appelée un « tag » et un dispositif actif qui permet de lire les données enregistrées sur ce tag. Cette dernière partie sera donc intégrée à notre boîtier. L'idée est donc de disposer au niveau de chaque zone d'exercice un tag NFC que l'utilisateur bipera avant de débiter chaque exercice. Le coût de ces tags est de plus relativement faible (<1€) et il est très facile d'écrire sur ces tags.

De plus, pour le sélecteur de poids, nous avons pensé à un sélecteur mécanique sous la forme d'un cadran rotatif et d'un petit écran de visualisation qui permettrait de changer rapidement et sur une grande gamme les poids utilisés. Il fallait en effet que le système présente un aspect attrayant et qu'il soit ergonomique (pas de pavé numérique) et qu'il permette de passer facilement d'un poids faible à un poids élevé (pas de système à deux boutons + et -).

3. Instrumentation et données

En plus des système de communication Bluetooth Low Energy et NFC présentés précédemment, notre appareil devra comporter un capteur capable de mesurer les mouvements effectués par l'utilisateur et pouvoir être capable de tirer des informations sur le nombre de répétitions, l'intensité des répétitions, la durée de chaque série et le temps de repos entre chaque série.

Afin de mesurer les mouvements de l'utilisateur, nous avons sélectionné un capteur gyroscopique et accélérométrique 6 axes. Une système de calcul permettant de prétraiter les informations avant de les envoyer au smartphone sera inclus dans l'appareil et isolera les informations énoncées ci-dessus.

L'alimentation de tous ces instruments sera effectuée à l'aide d'une pile bouton rechargeable qui permet un encombrement réduit, une autonomie convenable et est facile à mettre en place dans notre système.

4. Fonctionnalités et extensions

Nous avons jusqu'ici présenté les fonctionnalités de base de notre appareil qui permet un monitoring simple de l'activité physique mais l'on peut penser à des extensions ou évolutions qui peuvent être rajoutées par la suite et permettre un meilleur confort de l'utilisateur lors de ses séances d'entraînement accompagné par notre appareil.

Tout d'abord, même si le type d'exercice effectué par l'utilisateur est sélectionné à l'aide des tag NFC présents dans la salle, cela ne garantie pas une bonne exécution de l'exercice. Afin de guider au mieux l'utilisateur, on peut penser à une fonction qui le conseillera dans son exécution et qui serait basée un algorithme de machine learning à l'aide d'une base d'apprentissage constituée par des professionnels de la musculation.

De même, on pourrait constituer des programmes d'entraînement précis à suivre par l'utilisateur accompagné d'un coach interactif qui, via une oreillette Bluetooth, conseillerait l'utilisateur sur la façon d'effectuer l'exercice mais aussi sur le rythme des répétitions et motiverait l'utilisateur si celui-ci a un léger relâchement ou au contraire lui dirai quand faire une pause pour ne pas se blesser. Le couplage de notre appareil avec un cardiofréquencemètre améliorerait la précision des mesures et donc des conseils.

Sur la base des applications de coach sportif, on pourrait penser pour notre application à une extension qui fournirait à l'utilisateur des conseils nutritionnels et pourrait même lui planifier ses repas en fonction de son objectif et lui préparer une liste de course et des recettes qu'il n'aurait juste à suivre.

Conclusion et chiffrage

Après toutes ces contraintes techniques, nous avons cherché des solutions compacts regroupant ces technologies et pouvant s'adapter à notre application. Nous avons ainsi trouvé une carte électronique destinée au développement d'objets connectés dans le cadre de l'internet des objets nommée tinyTILE et qui regroupe une unité de calcul, une connexion miniUSB, un système de communication Bluetooth LE et un capteur 6 axes gyroscope et accéléromètre pour un prix allant de 35 à 40€. Il nous faut donc ajouter à cela un module de communication NFC programmable en Arduino, qui est aussi le langage de programmation de la tinyTILE, pour une valeur de 15/20€, une pile bouton Li-ion rechargeable 3V compatible avec l'alimentation de la tinyTILE pour environ 5€, un sélecteur mécanique pour environ 15€ et un boîtier plastique pour accueillir tout cela pour environ 10€. Ce qui nous donne un coût matériel allant de 80 à 90€ pour la réalisation d'un prototype. Pour une installation dans une salle de musculation, il nous faut ajouter le prix des tags NFC dans la salle. En estimant qu'il y a une centaine d'exercices réalisables dans une salle de musculation, on peut estimer un coût entre 75 et 100€.

Nous n'avons malheureusement pas pu pousser notre étude jusqu'au chiffrage du développement du logiciel de traitement des données et de l'application, faisant interface avec l'utilisateur, mais il faudrait bien entendu prendre en compte ces coûts de développement dans un vrai devis.