

Conception d'un objet musical connecté : l'Enceinte intelligente.

Aurélien AYISSI MANGA, Jennifer GREER, Simon GUILLIER, Valentin HOUCHOUAS, Gwendal LABAIGT, Anaïs LANCONNER, Thibault LALEVEE, Quentin LEVEQUE
(Etudiants SRC), Fabienne NOUVEL (Enseignante)
<prenom.nom@insa-rennes.fr>
SRC/ INSA de Rennes, 20 Avenue des Buttes de Coësmes, 35709 Rennes

Résumé :

Cet article décrit un projet d'électronique réalisé par un groupe d'étudiants du département SRC (Système et Réseaux de Communications) de l'INSA de Rennes. Il s'agit de la réalisation d'un système baptisé « Enceintes intelligentes ».

Le projet a originalement pour but d'améliorer le confort d'écoute musicale d'un individu mais pourra tout aussi bien être utilisé dans des applications domotiques. Le principe se résume ainsi : la musique écoutée sur un smartphone à partir d'écouteurs bascule sur une enceinte dès que la personne entre dans pièce. Selon la position de la personne, les enceintes sont arrêtées ou activées sans rupture de la musique. En étant commutée et propagée de pièce en pièce, la musique suivra ainsi la personne dans tout l'habitat équipé des enceintes intelligentes.

Ce système s'insère dans la mouvance de l'Internet des Objets, dotant des objets basiques d'un moyen de communication et d'intelligence.

Mots clé : Internet des Objets, Communication sans fil, localisation, système Raspberry.

1. Introduction – Organisation du projet

Les projets électroniques de 4^{ème} année SRC/INSA sont l'occasion de réaliser des applications concrètes mettant en œuvre l'ensemble des notions abordées au cours de la formation SRC : traitement numérique, programmation, télécommunications, traitement du signal, antennes, lignes de transmission, électronique haute et basse fréquence, Par ailleurs, il peut être nécessaire aux étudiants d'acquérir des compétences non abordées dans leur cursus, de prendre contact avec d'autres départements de formation. Les contacts avec les industriels sont également encouragés afin de valider l'intérêt technique et économique de leur futur produit.

Les étudiants se répartissent en groupes de projet de 6 à 8, en nommant un coordinateur de projet. Ainsi, le projet des étudiants permet d'aborder les notions de gestion de projet, d'évaluation des risques, de planification et de budget.

Le projet d'électronique transversal se déroule en deux phases correspondant aux deux semestres de l'année:

- phase I : étude et spécification du système à réaliser. D'une durée équivalente de 100 heures, cette phase a pour objectif de définir les différentes parties du système proposé, les solutions, l'organisation, le déroulement de projet, les risques et les points durs. Une solution technique et une organisation de projet doivent être proposées.
- Phase II : conception et test du système. Cette phase d'une durée équivalente de 300 heures (équivalent à 40 jours) est constituée des différentes tâches du projet.

Dans le cas du projet « Enceintes Intelligentes », les différentes tâches sont :

- **le serveur, communication avec les enceintes** (2 étudiants)
- **l’application smartphone** (2 étudiants)
- **la géolocalisation, communication sans fil** (1 étudiant)
- **le traitement du signal audio, l’alimentation du système** (1 étudiant)

La phase II est décomposée comme indiqué dans le Tableau 1 :

Travail	Résultats attendus	Durée jours
Répartition des tâches- définition des interfaces	Liste des tâches et interfaces entre les sous modules	4
Tâche serveur, communication avec le module Enceintes	Mise en place du serveur Web audios. Mise en place de l’échange avec les modules Enceintes (Rapsberry) , socket IP	30
Tâche smartphone, application Android	Prise en main, modification application existante	30
Tâche localisation et communication sans fil	Codage sur PIC, module Bluetooth configuré	30
Traitement signal Audio	Utilisation de la carte son du module Rapsberry, compression,	15
Carte alimentation	Tests de l’alimentation autonome	5
Tests d’ensemble	Mise en place du scénario, tests endurance	10
Présentation du projet. rapport	Présentation , rédaction rapport, démonstration	4

Tableau 1 : Tâches du projet, phase II

Dans la première partie de l’article, nous allons décrire le projet « Enceinte Intelligente » dans son ensemble. Nous préciserons notamment les différents choix de solutions. Nous détaillerons ensuite chaque sous partie.

2. Principe de l’Enceinte Intelligente.

Le système proposé existe sur le marché sous des formes proches. Ainsi, la technologie Airplay est un protocole développé par Apple, permettant de simplifier la communication entre périphériques Apple [1]. Cependant, l’inconvénient majeur de cette solution est sa limitation au système iOS, et qui nécessite le Wifi. Pourtant, il est montré que les systèmes sans fils sous Android sont majoritaires (étude réalisée du 11/2012 au 02/2013 par Kantar WorldPanel). Les technologies Bluetooth et NFC permettent également la commutation de l’écoute musicale de son mobile vers un dispositif audio. Des chaines HI-FI équipées de Bluetooth proposent de telles fonctionnalités, mais avec un seul smartphone à un instant donné [2]. Motorola propose des solutions multi-utilisateurs, mais ne gère pas la priorité entre utilisateurs.

Les objectifs du produit à concevoir sont donc multiples :

- permettre le basculement de l’écoute musicale sur un smartphone vers une écoute sur les enceintes réparties dans l’habitat. Une personne qui arrive dans son logement et qui écoutait de la musique sur

son smartphone va pouvoir, dès quelle arrive chez elle, basculer son écoute sur les enceintes de l'habitat.

- activer ou désactiver les enceintes d'une pièce selon la présence ou non d'une personne.
- localiser la personne qui écoute la musique et maintenir l'écoute sans coupure.
- synchroniser le téléphone de l'individu avec le système de diffusion.
- gérer les différents utilisateurs et leurs droits (par exemple parents et enfants).

Au vue de ces objectifs et des contraintes, les différents constituants du système sont : un Smartphone équipé de l'application « Enceinte », un serveur de fichier audio, des modules électroniques de localisation et diffusion audio répartis dans les pièces. Le paragraphe suivant décrit les différents éléments. La figure 1 reprend le principe de l'application.

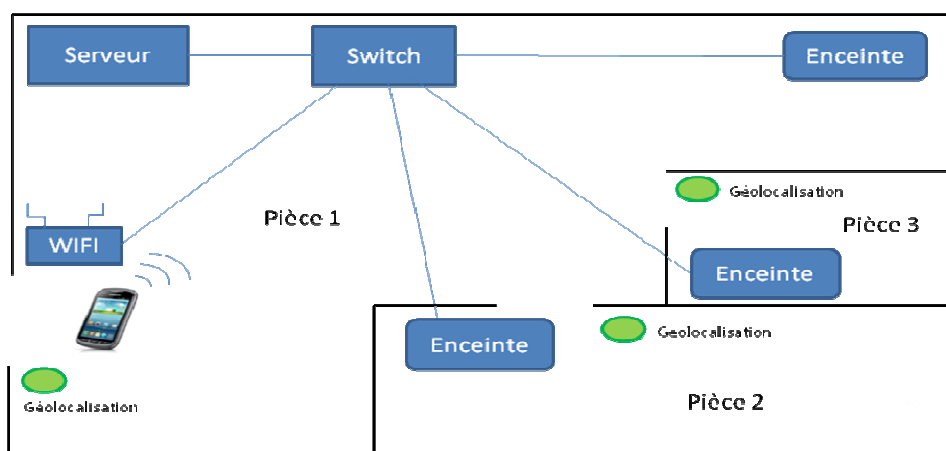


Figure 1 : Schéma de principe de l'application

3. Les différents modules du système et acteurs

Dans cette section, les différentes composantes du système sont détaillées.

3.1 Module smartphone et application Android

Afin de pouvoir utiliser ce système, le smartphone de l'utilisateur doit être équipé d'une application spécifique, et développée sous Android. Android [3] est une pile logicielle « opensource », incluant un système d'exploitation, des applications pour mobiles, et de nombreuses bibliothèques pour le développement de ces applications. L'application développée s'est basée sur des applications existantes. Des activités spécifiques ont été développées telles que : gestion de listes, gestion de la liaison ftp avec le serveur,

L'application smartphone est l'outil permettant à l'utilisateur de piloter et d'utiliser les enceintes intelligentes. Celle-ci va bien-sûr permettre de sélectionner les morceaux que l'on désire écouter, mais également permettre de se synchroniser d'autres pistes disponibles depuis

le serveur. En plus de réaliser les fonctions de lecture classiques (volume, lecture, pause, etc.), l'application a aussi pour but de communiquer avec le serveur et échanger les informations nécessaires à la bonne écoute.

L'application développée permet ainsi:

- De s'identifier
- Se synchroniser avec le serveur audio
- Accéder à la base de fichiers audio afin de charger ou télécharger de nouveaux contenus

La figure 2 donne un aperçu de l'application développée. Les différents éléments testés unitairement sont :

- La communication avec le serveur,
- L'effet du débranchement du casque,
- Le déplacement de l'utilisateur,
- La mise à jour de la play-liste.

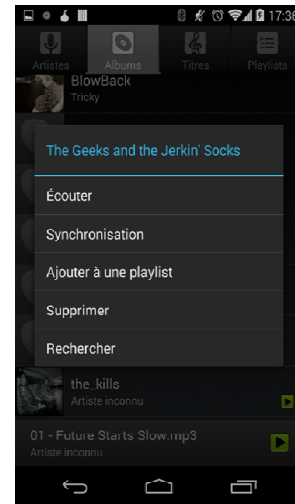


Figure 2 : Vue de l'application Smartphone développée

3.2. Module Serveur

Le serveur constitue l'intelligence centrale du système. Ses fonctions sont :

- de prendre les décisions: décider quelle enceinte de quelle pièce doit fonctionner et avec quelle musique, selon les informations de localisation et d'utilisateurs présents
- d'assurer la disponibilité des fichiers audios sur le réseau (bibliothèque audio)
- de permettre d'envoyer en streaming les fichiers audios vers les différentes enceintes.

Le schéma général du serveur est donné en figure 3. Toutes les fonctionnalités ont été réalisées par la mise en place de deux services serveurs sur la même machine.

a) Le serveur Web

Il a la charge des décisions. Les informations communiquées sont :

du smartphone vers le serveur : les données de géolocalisation, la synchronisation de la position du son en cas de débranchement des écouteurs, l'envoi des playlists pour connaître le prochain fichier à lire.

du serveur vers smartphone : position courante du curseur dans le fichier audio.

b) Le serveur FTP

Il assure le partage des fichiers audios sur le réseau.

c) La communication avec les enceintes

Pour transmettre le son, un module permettant d'envoyer les flux en streaming au travers de sockets TCP/IP est développé.

Le serveur est développé en python [4], et utilise le framework Django[5]. Le serveur utilise le système d'exploitation Linux. Le serveur répond aux requêtes des modules enceintes et au smartphone. La base de données du serveur contient :

- La liste des utilisateurs présents dans l'habitat, leurs localisations, leur priorité,
- La description de l'habitat, en plus précisément les pièces équipées des enceintes
- Pour chaque utilisateur : les ordres transmis

– de l'application smartphone : réception du code émis et retransmission au serveur via une connexion sans fil;

Comme présenté en figure 4, on retrouve sur ce module le PIC, le module Bluetooth, s'interfaçant avec le PIC au travers d'un lien UART. Ce module Bluetooth fonctionne en mode esclave vis-à-vis du smartphone. Il est configuré au travers de commandes AT.

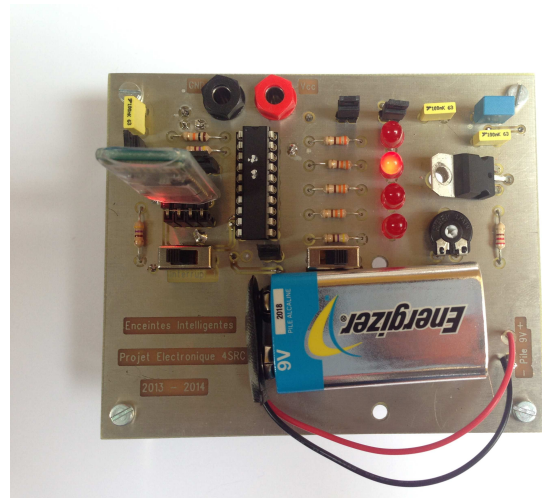


Figure 4 : Carte PIC et module Bluetooth

3.3.2) la diffusion de la musique choisie

Afin de communiquer avec le serveur et écouter le morceau choisi par l'utilisateur, les cartes Raspberry Pi ont été adoptées. La carte Raspberry Pi modèle B est un ordinateur dont seule la carte mère est fournie (pas de boîtier, ni d'écran, de souris...). De taille réduite, elle possède cependant autant de fonctionnalités qu'un "véritable" ordinateur. Elle dispose d'un microprocesseur ARM cadence à 700 MHz ainsi qu'une mémoire vive de 512 Mo. Un lecteur de carte SD permet d'ajouter 8 Go de mémoire système. Les différents ports externes sont de type Ethernet, HDMI, audio et USB. Le port micro USB permet d'alimenter le système à 5V fournissant ainsi une puissance de 700mA (3.5W). Linux est utilisé en tant que système d'exploitation.

Dans le cadre du système, la carte permet :

- La communication avec le serveur, par le biais des sockets TCP/IP et du lien Ethernet,
- La diffusion de la musique au travers de la carte son.

Afin de pouvoir exploiter la carte son du Raspberry Pi, il existe plusieurs ensembles de pilotes, le plus utilisé est ALSA (Advanced Linux Sound Architecture) [8]. Ce pilote permet la gestion directe de plusieurs sons grâce à un serveur de sons intégré. La connexion TCP avec le serveur de fichiers audio permet de gérer le flux audio entre le serveur et la carte. Les échantillons sont stockés en mémoire de la carte afin d'assurer une lecture sans rupture.

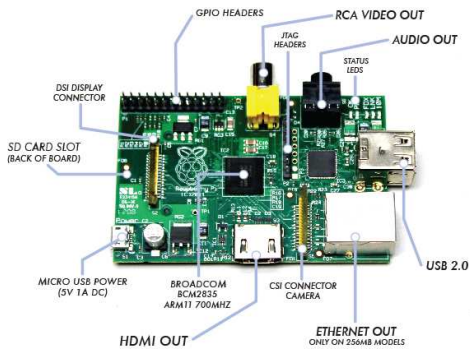


Figure 5 : Carte Raspberry PI

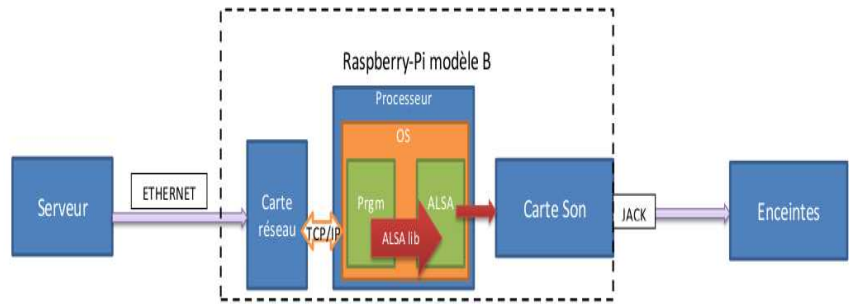


Figure 6 : Mise en place du driver ALSA

4. Résultats et Test de localisation et transmission

Pour le test final, les différents modules sont mis en place de la façon suivante :

- deux cartes Raspberry Pi, connectées en Ethernet et deux paires d'enceintes,
- les équipements réseaux (routeurs/comutateurs, câbles, ..) pour les interconnexions réseaux,
- deux cartes avec les micro-contrôleurs et les modules Bluetooth,
- un smartphone sous Android possédant l'application et ses écouteurs,
- un PC jouant le rôle de serveur, supportant les services serveurs ftp et web.

La Figure 7 illustre le scénario de démonstration validant l'application.

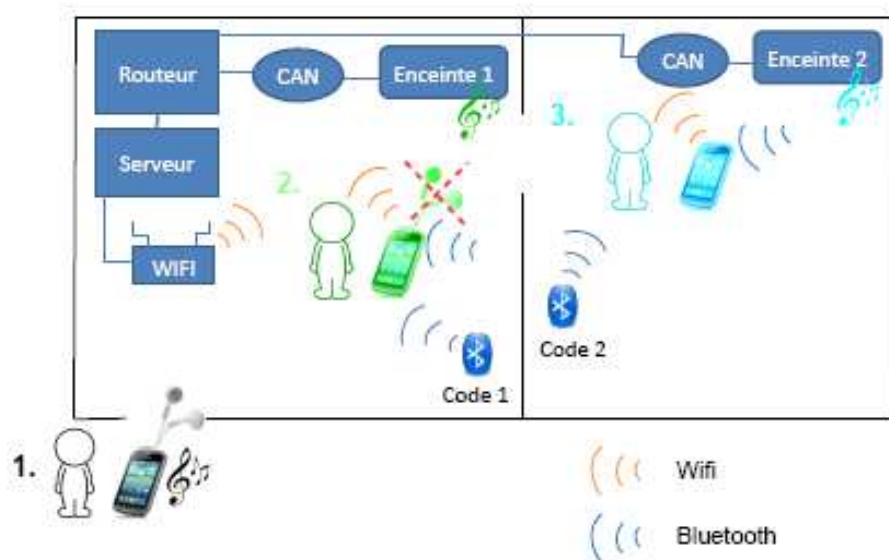


Figure 7 : Démonstration finale Enceinte Intelligente

En 1) la personne entre dans la pièce avec son smartphone et écouteurs. Dès qu'elle entre dans la pièce (2), son téléphone se synchronise avec le serveur. Dès que ses écouteurs sont enlevés, les enceintes avec le code 1 prennent le relais. En 3), l'utilisateur entre dans une 2^{ème} pièce, la musique dans la 1^{ère} pièce s'arrête et est jouée dans la 2^{ème} pièce, sans rupture dans le morceau de musique. La localisation est obtenue via les modules Bluetooth associés à chaque pièce.

La [vidéo fournie](#) avec cet article permet de démontrer la faisabilité du système [9].

5. Travaux futurs et applications Potentielles.

Les applications liées aux enceintes intelligentes visent surtout le domaine du divertissement et du loisir. Plusieurs scénarios liés aux applications des enceintes intelligentes sont envisageables :

- Le premier est l'échelle du ménage, où le produit est utilisé par l'individu au sein de son domicile afin de profiter d'une meilleure expérience et d'un plus grand confort d'écoute, avec un son qui le suit au fil de ses déplacements sans les contraintes des moyens d'écoute filaires. Dans ces considérations, les applications du produit tendent à rejoindre celles de la domotique, pas tant dans les problématiques énergétiques que dans le développement d'une maison plus intelligente et plus agréable à vivre. Un marché en évolution et amené à se développer tout au long des prochaines années,
- Pour la seconde échelle, notons tout d'abord qu'avec le développement d'une optique de modernisation des loisirs, des lieux naguère réservés aux loisirs traditionnels cherchent également à s'équiper afin d'assurer à leurs visiteurs toujours plus d'interactivité. Utilisé à l'intérieur des musées, des parcs d'attractions, ou même des jardins botaniques et zoologiques, le système se veut le vecteur d'une nouvelle forme de divertissement, voire même, le vecteur d'un autre rapport à la culture. Considérons qu'en France simplement, le territoire compte 1244 musées et laissons l'imagination de nos conservateurs faire le reste. Cette seconde échelle, qui dépasse les frontières de l'habitat, laisse au produit un ensemble d'applications tout à fait inédites, mêlant médias et contexte culturel.

6. Conclusion

Avoir pu appréhender les différentes phases de la conception, en partant d'une idée puis en lui donnant corps, au fil des semaines, rend l'expérience d'un tel projet très enthousiasmante. Un autre aspect, moins technique, est l'organisation du groupe. Répartis en 4 sous-groupes autonomes, chacun a su cependant s'interfacer avec les autres pour aboutir à la solution finale. C'est un point non négligeable pour leur futur métier d'ingénieur. Ce projet est présenté aux Trophées Productiques 2014.

7. Références

[1] site Airplay, consulté en 2014,

http://bowersandwilkinsfr.custhelp.com/app/answers/detail/a_id/1315/~/_quest-ce-quairplay-et-comment-cela-fonctionne%3F

[2] site Son&Vidéo, consulté en 2014, <http://www.son-video.com/enceinte-hifi-sans-fil.html>

[3] Site d'entraide pour développeurs Android, Stackoverflow.
<http://stackoverflow.com/questions/tagged/android>

[4] Site du project Python version 2.7 *Site du project Python version 2.7.*
<https://www.python.org/download/releases/2.7>

[5] Documentation framework Django , consulté en 2014, *Site du project Django.*
<https://www.djangoproject.com/>

- [6] PIC24F16KA102 Family Data Sheet, Data sheet issue du site de Microchip. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39927c.pdf>
- [7] JY-MCU Bluetooth Wireless Serial Port Module (slave). *Hobby Components*. consulté en 2014, [7]Module Bluetooth, consulté en 2014, <http://hobbycomponents.com/index.php/modu/wireless/arduino-jy-mcu-bluetooth-wireless-serialport->
- [8] Librairie Alsa, consulté en 2014, *ALSA project - the C library reference*. <http://www.alsa-project.org/alsa-doc/alsa-lib/>
- [9] Vidéo du projet Enceintes Intelligentes, fichier « demonstration_enceintes_intelligentes.mov », lecture avec FinalMediaPlayer

8. Bibliographie

Les étudiants du projet sont des étudiants de l'INSA de Rennes, au département Systèmes et Réseaux de communications. Ils ont intégré le département en 2012, pour une formation dans la spécialité de 3 ans.

F. NOUVEL est enseignante/chercheur à l'INSA de Rennes, depuis 1995. Rattachée au laboratoire IETR, ses centres d'intérêts sont les systèmes numériques et les systèmes communicants. Elle étudie également les systèmes de communications embarqués notamment dans l'automobile et l'aéronautique. Dans le cadre de ce projet, elle est intervenue pour les aspects réseaux et système de localisation.