

Domotique du futur : initiation d'étudiants de Licence Professionnelle dans le cadre d'une collaboration industrielle

Pascal Vrignat, Florent Duculty, Stéphane Begot, Christophe Bardet, Manuel Avila.
pascal.vrignat@univ-orleans.fr

Univ. Orléans, INSA-CVL, PRISME, EA 4229, F45072, Orléans, France
IUT de l'Indre, Département GEII, 2 Avenue François Mitterrand 36000 CHATEAUROUX

RESUME : Se projeter dans sa future maison est un luxe aujourd'hui accessible grâce aux environnements digitaux 3D qui permettent de modéliser et de virtualiser dans les moindres détails la maison de ses rêves. La virtualisation n'est pas un nouveau concept cependant, elle est devenue quasi omniprésente. Par exemple, pour une agence immobilière, la visite virtuelle d'un bien sera un atout de vente qui la distinguera de la concurrence. C'est bien ce créneau de services innovant qui intègre également le contrôle-commande de différents dispositifs pilotables qui a fait l'objet d'un projet tutoré mené à bien par trois étudiants de la licence professionnelle « Supervision des Automatismes et des Réseaux (SAR) » à l'IUT de l'Indre. Une convention établie en 2017 avec le réseau international « Edunet » a permis une valorisation du travail accompli sur ce sujet en 2019.

Mots clés : domotique du futur, réseau Edunet, Skkynet, Phoenix Contact, projet tutoré.

1 INTRODUCTION

Les innovations digitales s'insèrent maintenant dans de très nombreuses applications et champs disciplinaires. Elles ont intégré depuis quelques temps également le secteur immobilier, pour la visite de biens anciens ou nouveaux comme pour leur construction également. La technologie et le monde des start-up s'immiscent peu à peu dans le secteur de l'immobilier. Même les plus gros acteurs du secteur s'y mettent. Il y a quelques mois, Bouygues Immobilier a ancré sa filiale Bird [7], chargée d'investir et d'épauler des jeunes pousses du Web prometteurs. Parmi ses premiers investissements, Lyimo est une plateforme de crowdfunding immobilière [7]. Realiz3D est une start-up spécialisée dans la modélisation en 3D permettant de réaliser des visites virtuelles d'immeubles ou de quartiers directement sur son ordinateur portable, sa tablette ou son smartphone [5]. Comme le montre la *fig. 1*, « la maison connectée » est un marché d'avenir en France et bien évidemment dans le monde [3]. Sa virtualisation en sera le cœur pour une meilleure intégration de sa réalisation sur le terrain.

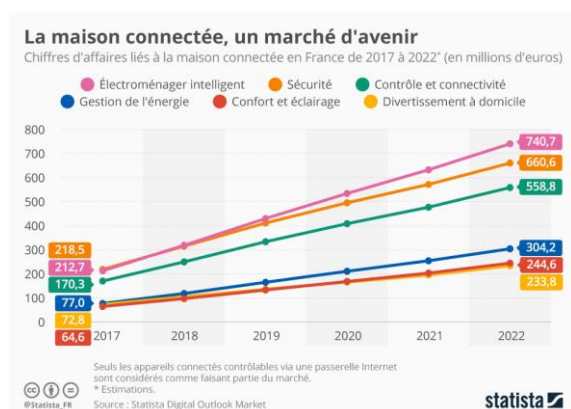


fig. 1 : Maison connectée, un marché d'avenir

Dans ces conditions d'évolutions technologiques, la domotique, terme ancien [1], [8], laisse la place à d'autres termes comme, Smart Home, Smart Building

et d'autres besoins : construction durable, maintien à domicile... [9]. Cet article apporte de nombreux compléments de travaux à la suite de la publication de Riera *et al.* [11]. Il se décompose en cinq sections. La section 1 introduit le projet dans son contexte. La section 2 présente la genèse du projet dans un contexte de formation. La section 3 détaille les solutions organisationnelles et techniques retenues. Dans la section 4, nous présentons les résultats significatifs dans une courte vidéo. Nous terminons nos propos par un retour sur expérience et des perspectives de travaux à venir.

2 GENESE DU PROJET

Avec l'aide du réseau universitaire international EduNet, Phoenix Contact encourage l'échange et la collaboration entre diverses Universités œuvrant avec le tissu professionnel dans le domaine de l'automatisation des processus ainsi qu'en R&D. A ce jour, ce réseau international de contacts et de compétences regroupe 110 collèges (lycées) et Universités dispersés dans 30 pays (*fig. 2*).

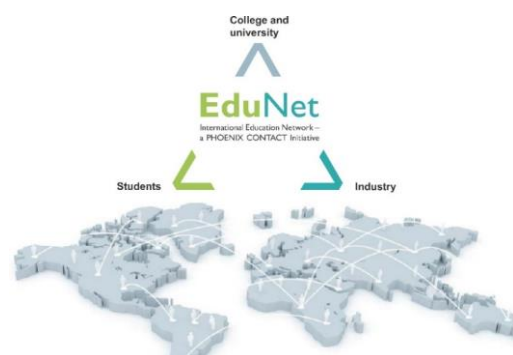


fig. 2 : Le réseau Edunet

C'est dans ce cadre, que les structures de formations partenaires conçoivent leurs enseignements grâce au matériel Phoenix Contact offert par cette convention. En échange, elles doivent laisser à disposition de la communauté inscrite sur la plateforme EduNet leurs supports pédagogiques et expériences. De plus, des laboratoires « Phoenix Contact » sont initiés au sein

d'Universités de manière collaborative facilitant ainsi, l'entrée des étudiants dans le monde professionnel. En juillet 2017 l'Institut Universitaire de Technologies de l'Indre composante de L'Université d'Orléans signaient la première convention pour la France avec ce réseau [10]. Depuis cette date, cette collaboration étroite nous a permis d'intégrer de nouvelles technologies pour ce projet avec une dotation de matériels et de logiciels (fig. 3. & fig. 4).

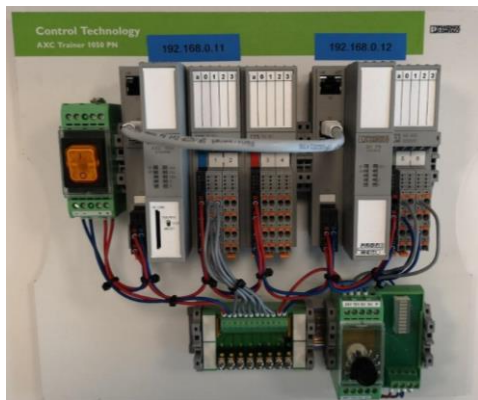


fig. 3 : Plateforme matérielle de travail Phoenix Contact

La 2^{ème} collaboration nous a permis d'intégrer un éditeur international de logiciel : Skkynet [6]. Nous travaillons depuis trois ans avec cet éditeur qui propose un environnement nommé Cogent DataHub (fig. 4).

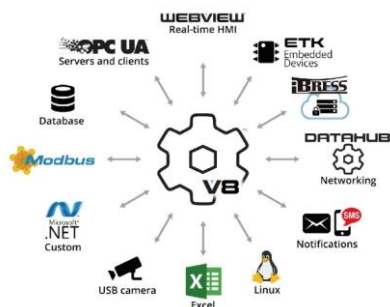


fig. 4 : Environnement Cogent DataHub

Ce logiciel est un outil unique qui permet de connecter, de concentrer, d'intégrer et de redistribuer des données en temps réel entre différents devices (API, bloc I/O ...) et utilisateurs (applications de supervision, base de données, ...). Les différents services sont en liaison directe avec OPC¹ et ses différentes versions. L'éditeur a accepté de nous fournir les licences nécessaires pour le projet afin que les étudiants puissent utiliser cette plateforme sur leur ordinateur personnel. Le

¹ OPC est similaire à DDE (Dynamic Data Exchange) dans l'objectif de faire communiquer de façon transparente différents systèmes ou applications. OPC permet de gérer de façon simple des architectures réseaux "Client-Serveur" grâce à des mécanismes natifs dans Windows : OLE (Object Linking and Embedding), COM (Component Object Model), DCOM (Distributed Component Object Model).

dernier environnement logiciel pour mener à bien le projet est un environnement nommé Home I/O (fig. 5).



fig. 5 : Environnement Home I/O

Home I/O est une simulation de maison moderne qui permet d'expérimenter, apprendre et améliorer ses connaissances dans les domaines de l'automatisation, de la domotique, des transferts de chaleur, de l'efficacité énergétique et bien plus encore ! Cette simulation fonctionne en temps réel ou accélérée. L'utilisateur peut interagir avec les objets ou les dispositifs électriques pilotables. Les paramètres environnementaux sont également pris en compte. Chaque objet peut être piloté au moyen de 3 modes différents : Câblé (sans domotique), Console ou domotique "simple" (utilisation d'une console intégrée dans la maison à la façon des box domotiques) et Externe (où l'utilisateur peut piloter la maison avec Connect I/O ou des technologies tierces au moyen d'un SDK²).

C'est un logiciel éducatif qui permet de simuler le fonctionnement d'une maison ou d'un appartement. Il est possible de créer différents scénarii d'usage. Associé avec le logiciel Connect I/O, ce dernier permet de programmer les entrées/sorties des différents équipements électriques de la maison et de les interfacer avec des communications extérieures à l'ordinateur utilisé comme un DAQ (interface spécifique) ou un client OPC. Cette suite logicielle est éditée par Realgames [4]. Elle n'a pas fait l'objet d'un partenariat particulier avec l'éditeur.

3 DESCRIPTION ORGANISATIONNELLE ET TECHNIQUE DU PROJET

3.1 Description organisationnelle

Le projet a été confié à trois étudiants (apprentis) de la licence professionnelle « supervision des automatismes et des réseaux ». La particularité des projets confiés aux apprentis consiste à effectuer leur mission pendant quatre semaines consécutives placées au mois de mars. Cette stratégie pédagogique a déjà montré toute son efficacité [12], [13], [14]. Elle sollicite sur un temps court, toute la mobilisation nécessaire de l'équipe du projet. Encadrés par quatre enseignants chercheurs, 15 projets différents ont été confiés cette année aux apprentis.

² SDK : Software Development Kit

3.2 Description technique

3.2.1 Analyse et activités préliminaires

Le premier travail a consisté à effectuer un bilan complet des différents entrées/sorties déjà implémentées dans l'environnement Home I/O (détecteurs, boutons, capteurs, actionneurs électriques...). Cette première partie a fait l'objet d'une lecture de plans 2D et 3D décrivant la maison (fig. 6).

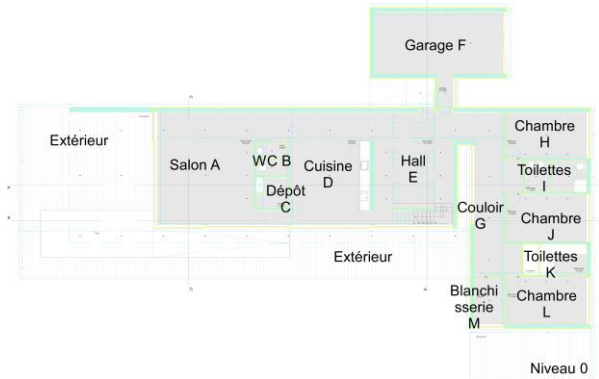


fig. 6 : Plan architectural

Les entrées/sorties devaient être en corrélation avec les différentes possibilités disponibles par l'API³ (fig. 7 et fig. 9).

Chambre J	
Interrupteur lumière 1	BP_LUM_PIECE_J
Thermostat	TEMP_PIECE_J
	CONSIGNE_TEMP_PIECE_J
Interrupteur haut/bas	BP_MONTER_STORE_PIECE_J
	BP_DESCENDRE_STORE_PIECE_J
Détecteur de fumée	DETECT_FUMEE_PIECE_J
Store enrouleur	MONTER_STORE_PIECE_J
	DESCENDRE_STORE_PIECE_J
Lumières	LUM_PIECE_J
Radiateur	CHAUFFAGE_PIECE_J

fig. 7 : Bilan concernant les E/S de la chambre J

³ API : Automate Programmable Industriel

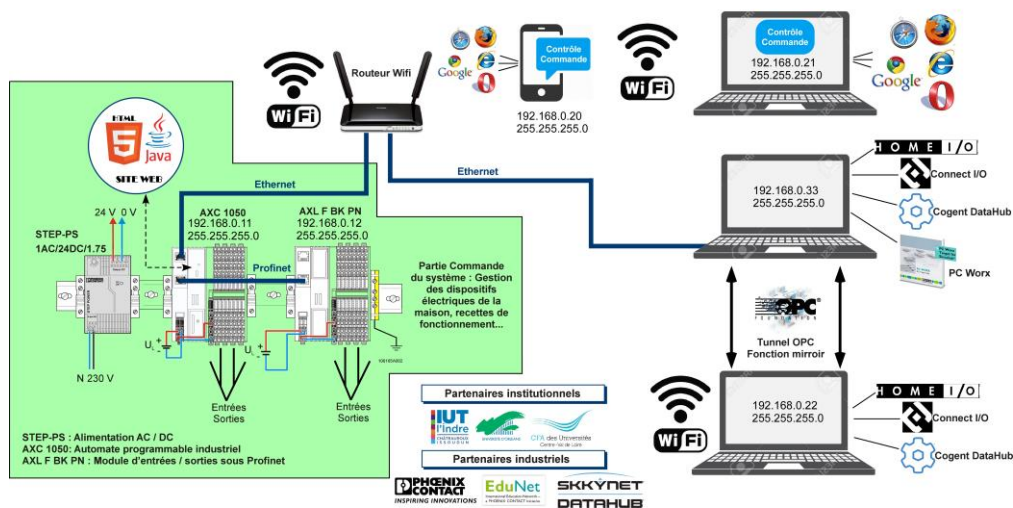


fig. 9 : Architecture digitale du projet

Les algorithmes nécessaires pour le bon fonctionnement des différents dispositifs ont ensuite été rédigés afin de pouvoir coder le programme hébergé dans l'API. Des sous programmes ont été codés dans différents langages : Ladder, structuré et blocs fonctionnels. Un exemple est présenté dans la (fig. 8). Cette partie de travail a été la plus simple à mener à bien puisque qu'elle reprend les fondements des compétences minimales attendues pour notre formation universitaire.

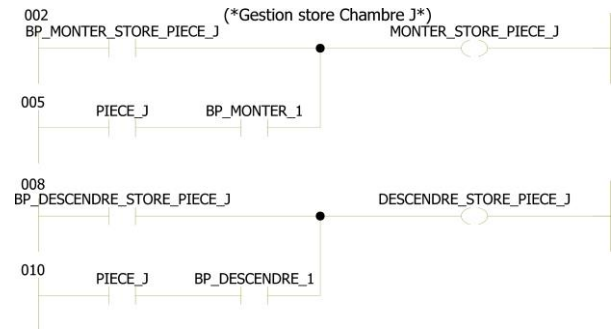


fig. 8 : Un exemple de codage

L'acquisition de compétences complexes relatives à notre formation s'est appuyée sur le contenu technique détaillé dans la fig. 9. Cette figure décrit une architecture digitale très variée relevant de solutions techniques actuelles. Chemla *et al.* avaient en 2013 initié ce thème de travail pour les étudiants [2].

3.2.2 Déclaration des services OPC

Afin de pouvoir faire le lien entre les états relatifs aux différentes variables dynamiques hébergées dans l'API et les environnements Home I/O et Connect I/O, il est nécessaire de déclarer un service OPC (fig. 9). Ce service OPC passe par la déclaration préalable des points de connexions permettant ensuite, la mise à disposition des variables vers différents clients (fig. 9). Dans notre contexte, Connect I/O est le client. L'environnement PC Worx (fig. 9) permet de déclarer les différents points de connexions pour activer le service OPC. Nous retrouvons les deux matériels connectés au réseau Profinet (fig. 9 et fig. 10).

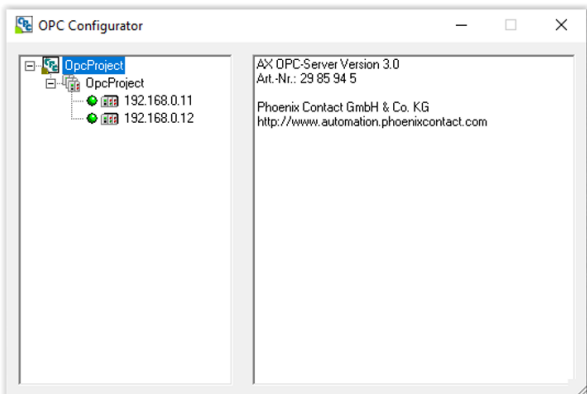


fig. 10 : Déclaration des points de connexions pour le service OPC

Le serveur OPC est dans notre cas la version OPC DA, activée avec l'environnement Cogent DataHub proposé par Skkynet. La liaison dynamique avec OPC Configurator s'inscrit avec le nom AUTOMATIONWORX OPC Server 3.0 (fig. 11).

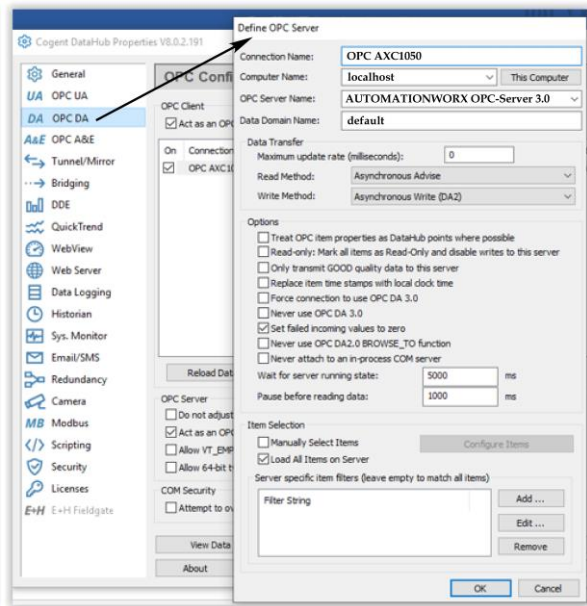


fig. 11 : Activation du serveur OPC avec Cogent DataHub

La fig. 9 montre que nous avons souhaité mettre en place une fonction « Tunnel » permettant de pouvoir accéder avec un autre ordinateur (client) à l'ensemble des variables mises à disposition par Cogent DataHub. En effet, la plupart des personnes qui tentent de mettre en réseau des serveurs et des clients de type OPC DA rencontrent un certain nombre de problèmes. Le réseautage n'est tout simplement pas la force d'OPC DA. OPC DA était à l'origine basé sur la fonction COM (Component Object Model) solution fonctionnant sur un seul ordinateur. Lorsque le serveur OPC DA et le client sont sur le même ordinateur, il est facile d'établir la connexion entre eux. Toutefois, des difficultés surviennent lorsqu'un serveur OPC DA et un client sont sur des ordinateurs différents et doivent être mis en réseau. Pour communiquer en réseau, OPC DA utilise le DCOM (Distributed COM), que de nombreux ingénieurs systèmes trouvent inadapté à leurs besoins. Le service DCOM peut s'arrêter à tout moment. On relève également des problèmes liés au fonctionnement des ordinateurs dans différents domaines de sécurité. Au fur et à mesure que le nombre de serveurs et de clients OPC en réseau augmente, les difficultés avec DCOM augmentent de façon exponentielle. Sa mise en œuvre est donc difficile. Cogent DataHub fournit une interface COM (OPC DA) pour le client et le serveur et utilise TCP sur le réseau. Ce type de solution est appelée « tunnel miroir ». Chaque OPC DA connecté au client voit son interlocuteur comme une connexion OPC locale. La construction d'un tunnel fonctionne sur tous types de réseaux, LAN⁴ ou WAN⁵. Il est même possible de passer à travers les pare-feux. Les différents paramétrages et principes sont présentés dans les fig. 12 et 13. Cette solution, une fois validée, nous a permis de pouvoir utiliser l'environnement Home I/O sur un autre ordinateur utilisant les mêmes variables mises à disposition (fig. 14).

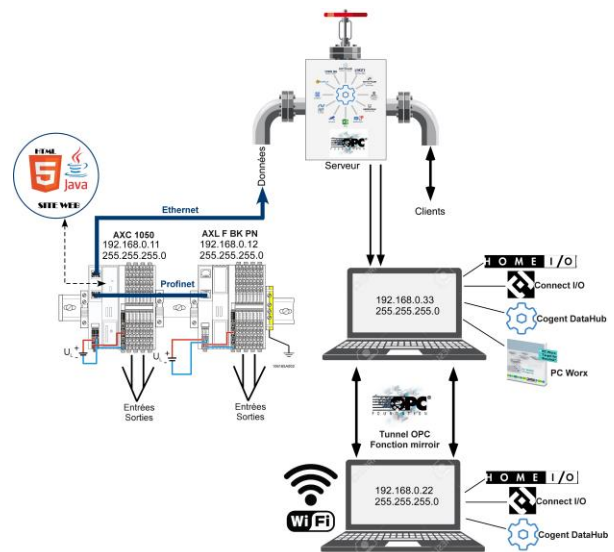


fig. 12 : Déclaration du tunnel

⁴ LAN : Local Area Network

⁵ WAN : Wide Area Network

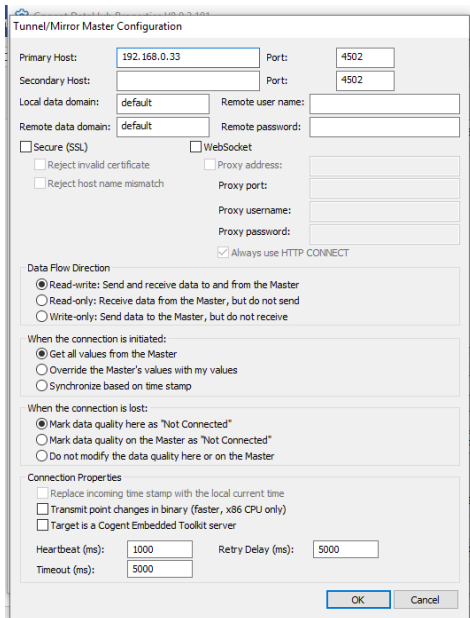


fig. 13 : Déclaration du tunnel

Point Name	Date	Quality	Type	Value
BOUTON_0	avr. 03 11...	Good	BOOL	0
BOUTON_1	avr. 03 11...	Good	BOOL	0
BOUTON_10	avr. 03 11...	Good	BOOL	0
BOUTON_11	avr. 03 11...	Good	BOOL	0
BOUTON_12	avr. 03 11...	Good	BOOL	0
BOUTON_2	avr. 03 11...	Good	BOOL	0
BOUTON_3	avr. 03 11...	Good	BOOL	0
BOUTON_4	avr. 03 11...	Good	BOOL	0
BOUTON_5	avr. 03 11...	Good	BOOL	0
BOUTON_6	avr. 03 11...	Good	BOOL	0
BOUTON_7	avr. 03 11...	Good	BOOL	0
BOUTON_8	avr. 03 11...	Good	BOOL	0
BOUTON_9	avr. 03 11...	Good	BOOL	0
BP1_DESCENDRE_GARAGE	avr. 03 11...	Good	BOOL	0
BP1_MONTRE_GARAGE	avr. 03 11...	Good	BOOL	0
BP2_DESCENDRE_STORE_GARAGE	avr. 03 11...	Good	BOOL	0
BP2_MONTRE_STORE_GARAGE	avr. 03 11...	Good	BOOL	0
BPP5A	avr. 03 11...	Good	BOOL	0
BPP52A	avr. 03 11...	Good	BOOL	0
BPP5A	avr. 03 11...	Good	BOOL	0
BPP51A	avr. 03 11...	Good	BOOL	0
BPP52A	avr. 03 11...	Good	BOOL	0
BPP5A	avr. 03 11...	Good	BOOL	0
BP_1	avr. 03 11...	Good	BOOL	0
BP_DESCENDRE_STORE_ETAGE	avr. 03 11...	Good	BOOL	0
BP_DESCENDRE_STORE_PIECE_D	avr. 03 11...	Good	BOOL	0
BP_DESCENDRE_STORE_PIECE_F	avr. 03 11...	Good	BOOL	0
BP_DESCENDRE_STORE_PIECE_G	avr. 03 11...	Good	BOOL	0
BP_DESCENDRE_STORE_PIECE_H	avr. 03 11...	Good	BOOL	0
BP_DESCENDRE_STORE_PIECE_I	avr. 03 11...	Good	BOOL	0
BP_DESCENDRE_STORE_PIECE_L	avr. 03 11...	Good	BOOL	0
BP_DESCENDRE_STORE_PIECE_M	avr. 03 11...	Good	BOOL	0
BP_PORNER_PORTAIS	avr. 03 11...	Good	BOOL	0

fig. 14 : Mise à disposition des variables par le serveur OPC

3.2.3 Configuration de Connect I/O

La configuration de Connect I/O est une étape importante pour pouvoir par la suite, interfacier correctement Home I/O avec ce dernier. Cet environnement permet de déclarer notamment, le serveur OPC fournisseur de l'ensemble des variables afin de les traiter dans différents scénarii de fonctionnements de la maison (fig. 15, fig. 16).



fig. 15 : Déclaration du serveur OPC avec Connect I/O



fig. 16 : Scénario de pilotage de l'éclairage « Salon A »

3.2.4 Développement de l'interface Homme/Machine, client WEB

Cette dernière partie de travail intègre le développement de l'interface Homme/Machine permettant le contrôle/commande de la maison virtuelle à partir d'un Smartphone, d'une tablette ou d'un ordinateur, associés à un navigateur Internet (fig. 9). Pour cela, nous avons utilisé un dernier environnement logiciel intégré dans le pack PCWorx. Cet environnement se nomme Webvisit et son principe de fonctionnement est présenté dans la fig. 17. La compilation du projet une fois terminé au format HTML 5 sera chargée dans l'API à partir d'un protocole de transfert de fichiers de type FTP⁶ (fig. 17). La fig. 18 présente le développement de la future page d'accueil du site Web de l'application.

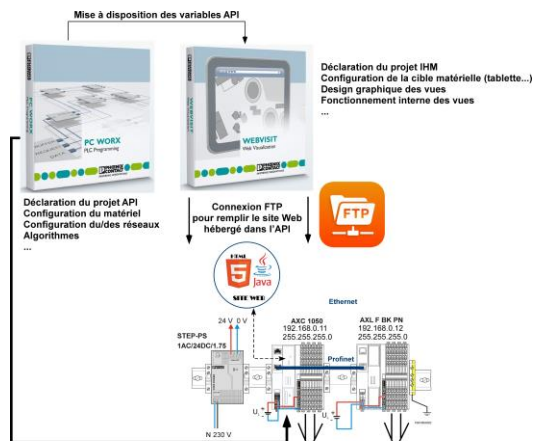


fig. 17 : Développement de l'interface Homme/Machine

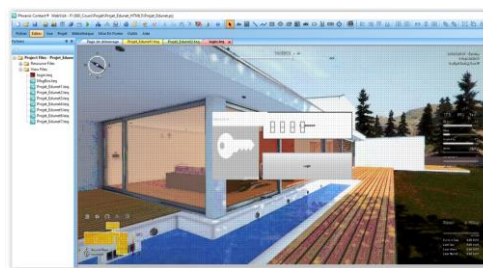


fig. 18 : Page d'accueil de l'application

4 RESULTATS

Les résultats obtenus en matière de développements d'applications par les trois étudiants sont présentés dans la fig. 19 (lecture du QRcode ou à l'adresse :

⁶ FTP : File Transfer Protocol

<https://www.youtube.com/watch?v=XOwG2silkTA>. Dans cette courte vidéo sont présentées les différentes possibilités de contrôle/commande adoptées pour la maison (fig. 9).



fig. 19 : Page d'accueil de l'application

Un mot de M. Louis PARENT (Responsable Commercial et Marketing Automation / Phoenix Contact - France) : « Les bâtiments sont de plus en plus connectés et les GTB/GTC sont au cœur des préoccupations de chacun. Dans cette lignée, leur digitalisation à de grands intérêts. Dans ce cadre, Phoenix Contact accompagne les étudiants ainsi que les entreprises dans ce processus de transformation digital. Bravo pour ce projet ! ».

Un mot de M. Paul THOMAS, Président de Skkynet : « Skkynet est heureux de voir comment le tunneling OPC de Cogent DataHub et d'autres options de connectivité ont contribué à la réussite de ce projet. ».

5 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Ce travail très diversifié et relevant des besoins actuels des professionnels a permis aux étudiants d'appréhender de nouvelles compétences en matière de développements d'interfaces Homme/Machine. Ces trois étudiants ont collaboré avec professionnalisme pendant quatre semaines de travail pour aboutir à ces résultats. En effet, ils devaient soulever de nombreux verrous techniques et notamment digitaux dans le cadre de nouveaux produits commercialisés par les deux partenaires. Ce travail a également contribué à leur donner une vision globale concernant différentes solutions pouvant répondre à un besoin de virtualisation d'une maison ou d'un système. Il a également conforté les compétences attendues et incontournables pour ce type de formation universitaire en technologies. Une valorisation de ce travail va être également menée par les deux partenaires industriels par le biais de publications internes et externes. Le réseau Edunet sera également enrichi par notre contribution. Un complément de travail va être activé avec un nouveau groupe d'étudiants cette année. Ce complément va intégrer la mise en place d'une base de données archivant l'historique de fonctionnement des différents dispositifs électriques en association avec le cheminement d'un usager virtuel dans les différentes pièces de la maison. Enfin, ce travail est bien évidemment transposable sans ses partenariats privilégiés mais il faudra dépenser environ 7.500€

par poste de travail. Il peut également s'insérer dans un parcours dit « Formation Initiale sous Statut Etudiant (FISE) ».

Bibliographie

- [1] P. BRUN and E.-A. DECAMPS, *La domotique*, FeniXX, 1992.
- [2] J.P. CHEMLA and B. RIERA, *Programmation objet pour une domotique réalisée avec un API*, Actes du 10^{ème} Colloque sur l'Enseignement des Technologies et des Sciences de l'Information et des Systèmes (CESTIS-EEA '13), Caen, 2013, pp. 78-80.
- [3] <https://fr.statista.com/perspective/outlook/279/136/smart-home/france>.
- [4] <https://realgames.co/>
- [5] <https://realiz3d.fr/>
- [6] <https://skkynet.com/>.
- [7] <https://www.bouygues-immobilier-corporate.com/fr/innovation/bird-notre-filiale-qui-soutient-les-start>
- [8] F.-X. JEULAND, *La maison communicante: Réussir son installation domotique et multimédia*, Editions Eyrolles, 2012.
- [9] C. LOCQUENEUX and S. DARRIEUMERLOU, *Le guide de la maison et des objets connectés: domotique, smart home et maison connectée*, Editions Eyrolles, 2016.
- [10] PHOENIX CONTACT, *Update 2/17*, Le magazine client de Phoenix Contact (2017), pp. 1-28.
- [11] B. RIERA, R. PICHARD, A. PHILIPPOT, R. SADDEM, F. GELLOT, D. ANNEBICQUE and F. EMPRIN, *HOME I/O et FACTORY I/O: 2 logiciels innovants de simulation de PO pour la formation à l'automatique*, 2017.
- [12] P. VRIGNAT, M. AVILA, S. BEGOT, J.-C. BARDET, F. DUCULTY and G. GUILBON, *Une association de compétences entre Elektron et Hippocrate*, Questions de Pédagogies dans l'Enseignement Supérieur, V1 (2019), pp. 1376-1390.
- [13] P. VRIGNAT, F. DUCULTY and S. LIMOUSIN, *Suivi d'une campagne d'irrigation par un enrouleur d'arrosage via un Smartphone*, La Revue 3EI (2017), pp. 41-50.
- [14] P. VRIGNAT, J.-F. MILLET, F. DUCULTY, S. BEGOT and M. AVILA, *Rédaction d'un cahier des charges fonctionnel dans le cadre d'une organisation au sein d'un projet: retour sur expérience avec des étudiants Bac+ 2*, in AIPU, ed., 28^{ème} Congrès-Association Internationale de Pédagogie Universitaire, Mons, Belgique, 2014.