

Suivi d'une campagne d'irrigation par un enrouleur d'arrosage via un SmartPhone

P. Vrignat⁽¹⁾, F. Duculty⁽¹⁾, S. Limousin⁽²⁾

⁽¹⁾ Université d'Orléans – Institut Universitaire de Technologie de l'Indre – Département GEII

⁽²⁾ Solagri Berry : 14 Avenue de la forêt, BOIS GUILLAUME - 36250 Saint Maur

2 av. François Mitterrand – 36000 Châteauroux (France)

+33(2).54.08.25.50 – pascal.vrignat@univ-orleans.fr

Mots clés : Projet Licence Professionnelle Supervision des Automatismes et de Réseaux, Collaboration Industrielle, Industrie 4.0, SMS, M2M, Internet des Objets

RESUME : Depuis quelques années, un des thèmes de recherche développé dans le laboratoire PRISME en collaboration avec des partenaires industriels locaux concerne l'estimation du niveau de dégradation d'un processus à l'aide d'un Modèle de Markov Caché (MMC) à partir des informations issues du service de maintenance. Pour cela, l'accès aux données associées à un processus en ligne, à un instant "souhaité" et la sélection des informations les plus pertinentes parmi le volume de données toujours plus important, sont nécessaires et utiles pour le développement d'une entreprise. Dans le cadre de la collecte des informations à partir d'un réseau informatique industriel multicouches et de l'utilisation d'outils logiciels appropriés, nous avons mis en place au sein de nos formations un module intitulé "Supervision" des processus. Ce travail a fait l'objet cette année d'une collaboration industrielle avec la société Solagri Berry (Indre) et des étudiants de Licence Professionnelle dans la spécialité Supervision des Automatismes et des Réseaux. Cet article propose de nombreux éléments dans le concept de l'industrie 4.0 à destination d'applications pour l'agriculture.

1. INTRODUCTION

Dans le contexte économique actuel, les entreprises de biens et de services essayent d'apporter des solutions en matière diagnostic autour de leurs outils de production. Certaines entreprises comme par exemple, EDF, Total, Michelin, Orange ou la SNCF tentent de se fédérer afin de mener ensemble une réflexion prospectiviste. A ce titre, nous pouvons citer EXERA (Association des Exploitants

d'Equipements de Mesure, de Régulation et d'Automatisme) qui, depuis sa création en 1974 par le ministère de l'industrie, regroupe des industriels de domaines variés (énergie, transport...). Cette association apporte à ses membres, une aide pratique concernant des orientations de solutions techniques à adopter en fonction d'un besoin spécifique. D'autres entreprises mènent cette étude en interne : Bonduelle a mis en place une réflexion sur ce que sera l'alimentation végétale en 2025. De

nombreux indicateurs nous montrent que nous sommes à l'aube d'une révolution majeure, porteuse de nombreuses innovations et créatrice d'une nouvelle dynamique de marché. Plusieurs termes peuvent nommer cette révolution [9] : "Cyber-Usine", "Usine digitale", "Integrated Industry", "Innovative Factory", "Industrie 4.0", "Industrie du futur". Le moyen pour y parvenir impliquera obligatoirement les technologies de l'Internet dans un processus de fabrication [6] (Fig. 1). Des objets communicants et autonomes viendront se greffer à la "toile" pour créer un écosystème informationnel utilisant le concept de l'"Internet des objets" ou "Internet of things".

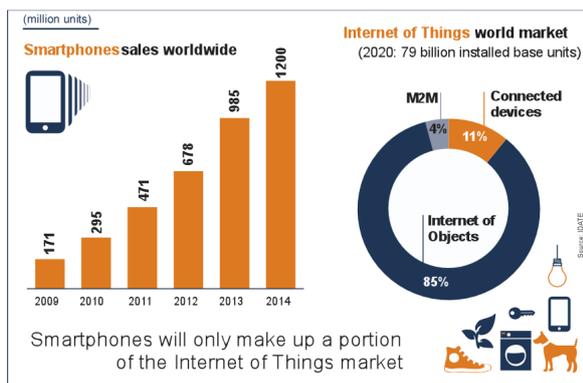


Fig. 1 : 79 Milliards d'objets connectés en 2020

Cette révolution technologique n'est pas sans impact sur nos modèles de pensée et les enseignements que nous devons dispenser devant des étudiants de L3¹ à M2². Le travail présenté consiste à mettre en place une structure opérationnelle montrant les fondements d'une architecture industrielle communicante à partir de différents services logiciels pour l'industrie 4.0 (Fig. 3). Ce travail apporte un grand nombre de compléments d'information par rapport aux articles [4], [8], [7].

La stratégie d'actions menées avec nos étudiants en projet s'intègre typiquement

¹ L3 : Licence 3^{ème} année

² M2 : Master 2^{ème} année

dans le concept précisé dans la Fig. 2. L'évaluation du projet et la capitalisation de savoir-faire doivent se greffer autour d'un triangle dit "d'or". Le P.C.D concerne alors les points : Performances Techniques, Coûts et Délais.

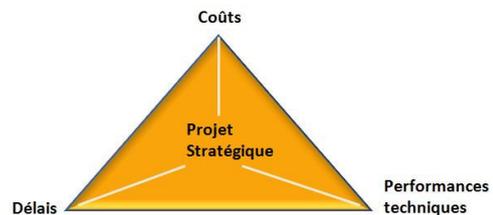


Fig. 2 : Le triangle d'or

Cet article se décompose en deux sections. Dans la première section, nous présentons le besoin du client; dans la seconde section, nous décrivons les travaux qui ont été menés dans le cadre de cette collaboration avec des étudiants de l'IUT³ de l'Indre en Licence Professionnelle : Supervision des Automatismes et des Réseaux. Nous terminons nos propos par une conclusion.

2. LE BESOIN DU CLIENT

Le client souhaitait limiter ses routines de contrôle avec son véhicule sur ses différents points d'irrigation et à toutes heures de la journée au sein de son exploitation. En effet, ces routines sont particulièrement contraignantes et chronophages. Il souhaitait pouvoir être informé sur l'état de fonctionnement de son système au sein de son exploitation agricole sans se déplacer systématiquement sur place. Le système choisi pour le projet est un enrouleur pour l'irrigation de type Fasterholt FM 4800. Le système n'a pas été choisi au hasard, puisqu'il doit remplir des obligations d'apports contrôlés en eau pour la plante tout en minimisant le gaspillage de cet apport (Photo 1). Cet enrouleur est capable de dérouler sur 670 mètres un tuyau

³ IUT : Institut Universitaire de Technologie

qui sera alimenté en eau avec une pression de 10,5 bars. L'énergie nécessaire pour l'avancement de l'enrouleur (enroulage et arrosage) est apportée par l'eau sous pression. Il faudra dépenser 45k€ pour l'acquérir.



Photo 1 : L'enrouleur en action

Pour répondre au besoin, le système mis en œuvre devra envoyer des SMS à l'exploitant, lui permettant ainsi de suivre l'état de fonctionnement de son enrouleur (phase de déroulement du tuyau, cycle de l'arrosage avec détection de défaillances (problème d'enroulement, mauvais avancement, problème de pression...)). L'application mobile devra lui permettre de consulter quand il le souhaite, l'état de son système d'irrigation (vitesse d'avancement, pression, fin de cycle d'irrigation...). Dans ce contexte, l'environnement de travail de l'exploitant deviendra "cliquable" dans un système global interconnecté (concept M2M⁴ : Fig. 3).

La solution finale consistera donc à concevoir un environnement de production autonome, intelligent et communiquant. Les capacités de décision et l'intelligence du processus de production seront alors déportées. L'exploitant prendra la décision de se déplacer sur la zone d'irrigation en fonction de son expertise et des différents

messages qui arriveront sur son Smartphone.

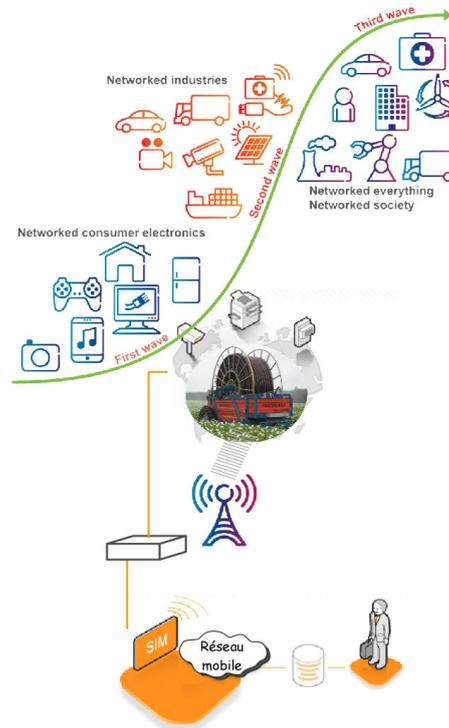


Fig. 3 : Concept M2M - Machine to Machine / Machine to Man

3. SOLUTION RETENUE EN FONCTION DES SPECIFICATIONS TECHNIQUES DU BESOIN

Dans le monde exigeant du contrôle-commande de processus, l'accès à des données de processus et/ou d'usine en ligne et en temps voulu est crucial. La croissance d'une entreprise se traduit par une croissance parallèle du volume des données issues du processus et de la demande de traduction en informations pertinentes pour les équipes d'exploitation et de direction. Souvent, les personnes qui ont en charge un système d'informations doivent s'attacher à connecter et récupérer les informations pertinentes de leur usine via leur système informatique [3]. Lorsque cela fonctionne, les personnes concernées ne peuvent souvent pas utiliser efficacement et rapidement les données brutes issues de la

⁴ M2M : Machine to Machine

production pourtant essentielles pour le contrôle des coûts d'exploitation.



Photo 2 : La partie commande existante gérant les différentes recettes d'irrigation

Le premier travail a consisté à ne pas remettre en cause l'installation existante (Photo 2) dans une démarche de travail professionnelle que nous avons adoptée depuis de nombreuses années avec nos étudiants [10].

L'installation complète se décompose en plusieurs éléments incontournables afin d'apporter les gouttes d'eau nécessaires à la plante (Fig. 4).

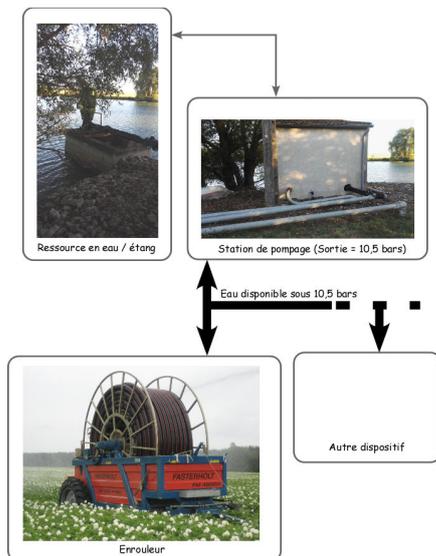


Fig. 4 : L'installation complète sur le site

Cette installation est décrite Fig. 5. Les principales entrées physiques du système sont : des détecteurs inductifs précisant des fins de course, un capteur de pression avec

une sortie analogique, un commutateur (Marche / Arrêt).

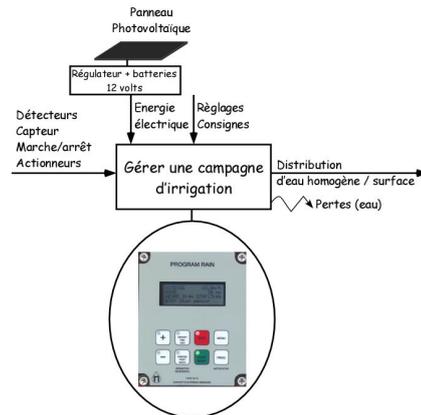


Fig. 5 : Analyse fonctionnelle de l'installation existante

Deux actionneurs hydrauliques gèrent l'avancement de l'enrouleur à partir d'une crémaillère installée sur la circonférence de la bobine métallique (enroulage du tuyau d'alimentation en eau (Photo 3)).

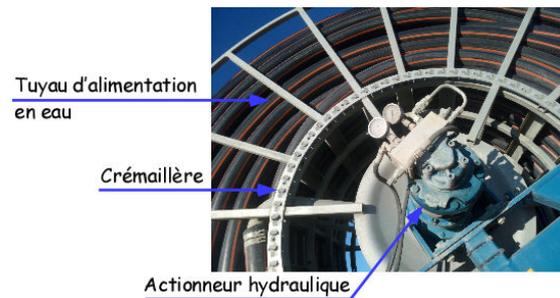


Photo 3 : L'environnement de la bobine

Le Tableau 1 précise l'ensemble des entrées/sorties utilisables par le bloc : Program Rain via son interface graphique.

Fonctions disponibles :	
-	régulation de la vitesse d'irrigation (départ; arrivée),
-	4 vitesses différentes sont possibles,
-	horodatage,
-	définition de la longueur du tuyau,
-	visualisation de la vitesse en cours,
-	visualisation de la tension batterie.
Définition des entrées/sorties via le pupitre :	
-	palpeur de pression,
-	palpeur d'arrêt,
-	palpeur de vitesse,
-	moteur 1 (moteur de régulation),
-	moteur 2 (moteur avance),
-	mise en fonctionnement lent de la turbine,
-	ouverture lente de l'arrivée d'eau.

Tableau 1 : Entrées/sorties et fonctions

Le travail a consisté à rajouter une fonction de surveillance en dupliquant certaines informations ou en rajoutant des nouvelles (Fig. 6).

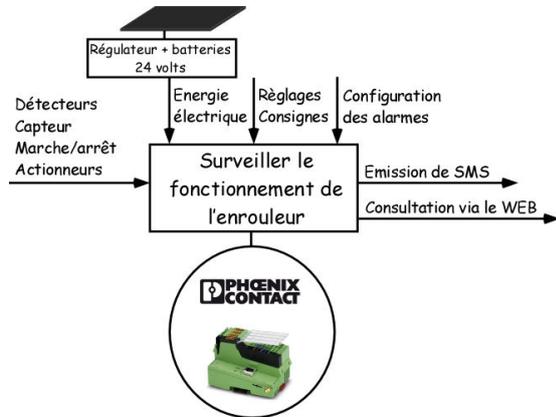


Fig. 6 : Analyse fonctionnelle du dispositif à rajouter

Ces duplications ou ces rajouts sont liés, à la fois aux contraintes d'alimentation, aux niveaux des signaux analogiques à ne pas "effondrer" et aux moyens de surveiller le bon fonctionnement de l'enrouleur. Par exemple, nous avons rajouté :

- un détecteur inductif au niveau de la bobine afin de détecter le passage d'un rayon (Fig. 7),
- un détecteur électromécanique pour la détection d'un mauvais enroulement sur la bobine (Fig. 8).

Cette fonction de surveillance est gérée par un Automate Programme Industriel (API) : ILC 150 GSM/GPRS (Fig. 6). Ce produit commercialisé par Phoenix-Contact réalisera (après calculs internes dépendant de nos algorithmes programmés) la transmission de messages spécifiques sur le Smartphone concerné. Pour cela, il possède une fonction GSM avec la mise à disposition d'un port pour ajouter une carte SIM. Un contrat téléphonique devra au préalable être souscrit. D'autres solutions technologiques auraient également pu répondre au besoin. Nos collaborations

depuis quelques années avec Phoenix-Contact-France ont favorisé le choix.

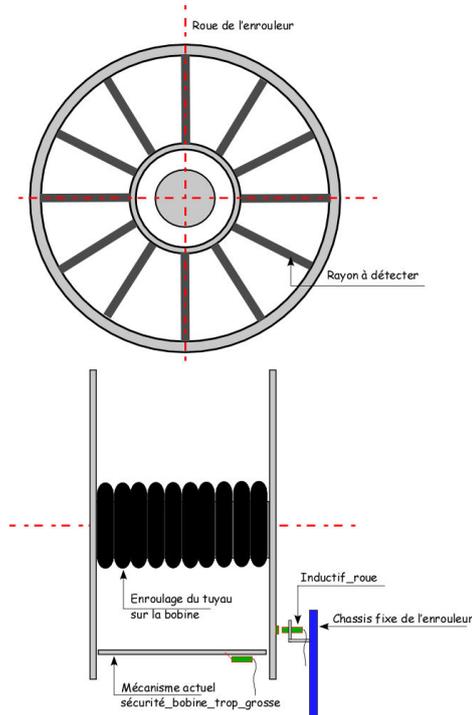


Fig. 7 : Exemple de modifications

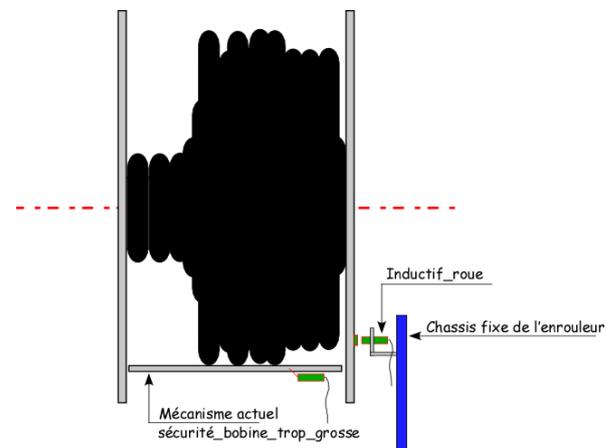


Fig. 8 : Mauvais enroulage du tuyau sur la bobine

Afin de valider les différentes couches matérielles et logicielles, nous avons dû concevoir un prototype avant l'installation finale in-situ (Photo 4 et Photo 5).

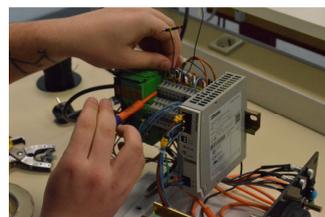


Photo 4 : Le prototype en cours de montage

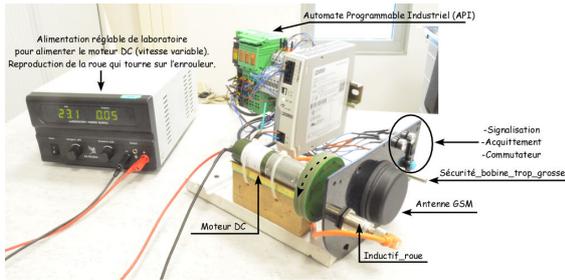


Photo 5 : Le prototype (réalisation finale avec des tests en cours)

4. RESULTATS SIGNIFICATIFS

Le codage des différents algorithmes a été mené à bien sous la plateforme de développement Automation Worx Software Suite du constructeur Phoenix Contact (Fig. 9). Cette plateforme intègre différents logiciels pour différents services respectant la norme CEI 61131 ([5]).

Nous ne présentons dans cet article que quelques lignes de code afin que le lecteur puisse comprendre le fonctionnement de l'environnement de développement.

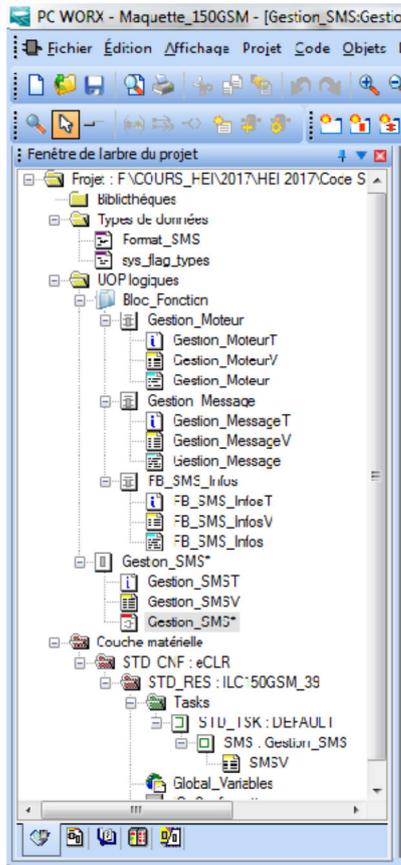


Fig. 9 : Essai / validation de la mesure vitesse

La programmation de la solution a du combiner différents sous-programmes utilisant des variables partagées. Le programme final a intégré du script dans le langage FBD⁵ (Fig. 10) et du script dans le langage ST⁶.

(***)

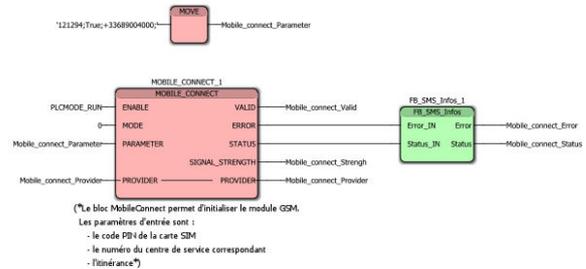


Fig. 10 : Une partie du programme concernant la fonction connexion à la carte SIM

Une partie du sous-programme rédigé en langage ST pour la gestion de messages est présentée ci-après. Les résultats sont présentés dans la Fig. 12.

```

If IN1 then
    Message := 'Le detecteur photoelectrique a ete
enclenche !';
end_if;
If IN2 then
    Message := 'Le detecteur inductif a ete
enclenche !';
end_if;
If IN3 then
    if TempsTour <> 0.0 then
        Message := CONCAT(CONCAT('Le
moteur a realise un tour avec une vitesse de ',
REAL_TO_STRING((1.0/(TempsTour/1000.0))*60.0,
'%5.2f')), ' tr/min. ');
    end_if;
end_if;

```

Afin de valider certaines fonctions majeures, nous avons procédé à différents essais (Fig. 11, Fig. 12). Le premier essai a consisté, après programmation, à valider la fonction "acquisition de la rotation de la bobine" (Photo 6). Un moteur à courant continu est alimenté avec une alimentation de laboratoire variable. Il est associé au disque placé face au détecteur inductif (Photo 6). Ce disque est constitué d'éléments métalliques posés en périphérie afin de reproduire les rayons de la roue de l'enrouleur (Fig. 7).

⁵ FBD: Functional Block Diagram

⁶ ST: Structured Tex

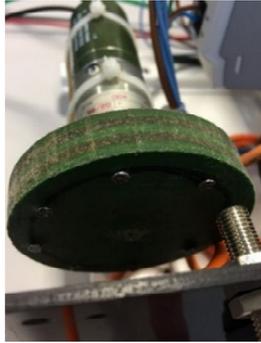


Photo 6 : Essais concernant la détection de rotation de la roue

Différents essais sont représentés sur la Fig. 11. Ils ont été jumelés avec le contrôle d'autres entrées connectées et programmées dans l'API (Fig. 12). Les résultats concernant la mesure de vitesse montrent que notre algorithme est correct avec un cadencement temporel de calculs qui respecte l'horloge interne de l'API. Ces essais ont également permis de qualifier un premier prestataire de service en téléphonie mobile.

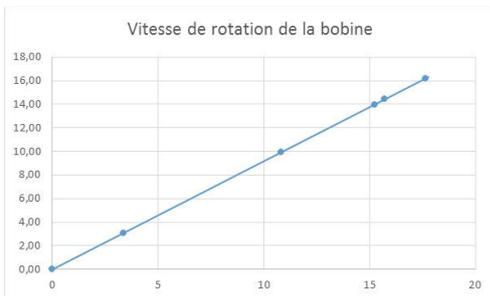


Fig. 11 : Essai / validation de la mesure vitesse

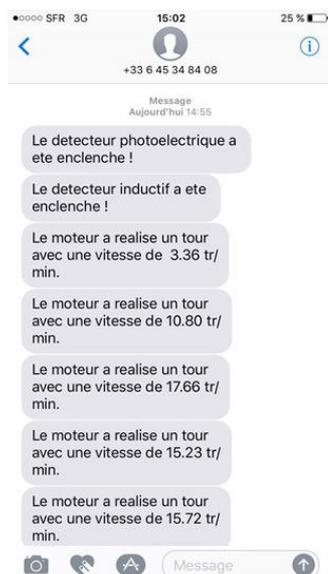


Fig. 12 : SMS envoyés lors des 1^{ers} essais

Une autre campagne d'essais a permis de valider plus spécifiquement le besoin du client et d'affiner les algorithmes. En effet, sur une campagne d'irrigation et sans se déplacer obligatoirement, il pourra recevoir sur son Smartphone l'état en cours de son enrouleur. Un autre prestataire de service en téléphonie mobile a également été validé dans ce cadre (Fig. 13).

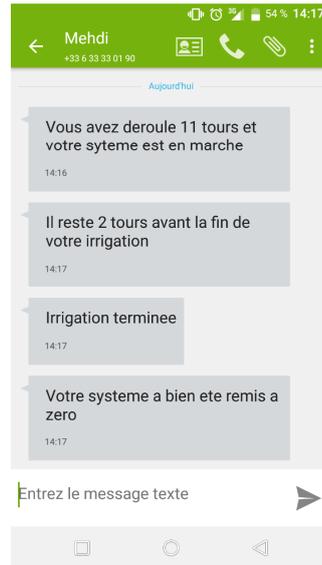


Fig. 13 : SMS envoyés lors de la 2^{ème} campagne d'essais

La solution initialement développée a été étoffée avec la possibilité en toute sécurité, de pouvoir consulter les différentes mesures incontournables via une application Internet. En effet l'API dispose également d'un serveur Internet (Fig. 14). Une application spécifique a donc été développée dans ce sens. Elle peut venir compléter à la demande et en fonction de la couverture réseau (3G) dans le champ l'application SMS préalablement dédiée. L'agriculteur peut alors avec son Smartphone consulter les différentes informations mises à sa disposition (Fig. 15). Cette configuration relève de l'actualité et des besoins rattachés au domaine en total expansion : l'Internet des Objets [1], [11].

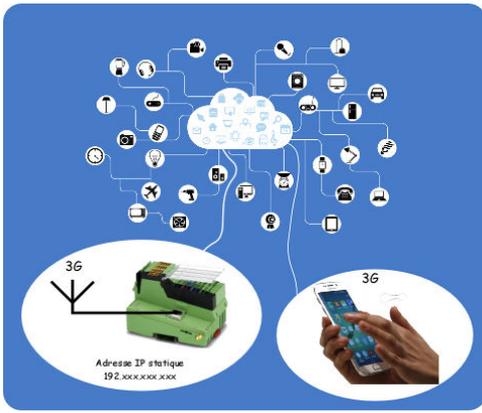


Fig. 14 : Architecture de principe – Internet des Objets

Cette partie a été développée avec le logiciel WebVisit disponible sous la plateforme de développement Automation Worx Software Suite (Fig. 15). Ce logiciel permet de créer des pages Internet spécifiques pour les besoins de l'application souhaitée. L'ensemble des différentes variables qui sont mises en œuvre dans la couche logicielle sous PC WORX (Fig. 9) est partagé dans un projet global. Cette stratégie permet de mettre à disposition ces variables dans différents outils de développement. La consultation et la mise en forme des data traitées par le serveur Web hébergé dans l'API sont prises en charge par un navigateur Internet standard compatible Java.

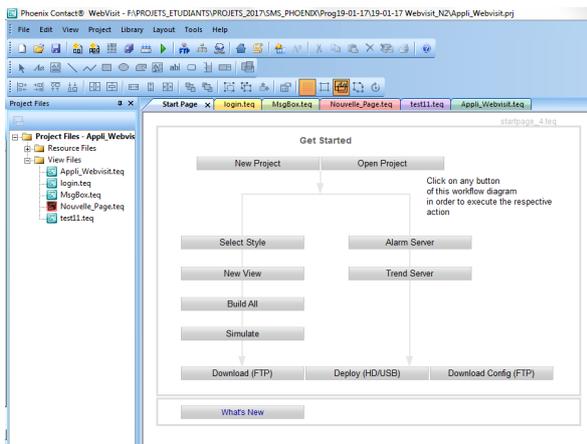


Fig. 15 : Environnement WebVisit

La Fig. 16 présente le résultat d'une consultation avec un Smartphone. Les différentes informations mises à disposition indiquent qu'il n'y a pas de problème pendant la recette de l'arrosage en cours : 15% du tuyau a été enroulé sur la bobine. Cette page ne peut bien évidemment pas être consultée sans un minimum de sécurité [2].

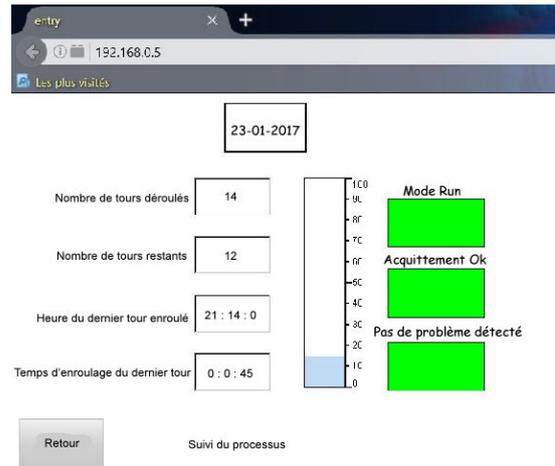


Fig. 16 : Résultats significatifs

5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette collaboration technologique a permis de fédérer une équipe d'étudiants en phase d'apprentissage et bientôt dans la vraie vie professionnelle. Le travail, qui a été initié fin septembre 2016, a abouti à la validation complète du prototype répondant au besoin au mois de janvier 2017. Certains outils de description non présentés dans cet article ont été mis en œuvre afin de bien comprendre, à la fois, le besoin du client et son système dans sa globalité. On pourra par exemples, retenir l'élaboration d'une AMDEC⁷, l'élaboration d'une analyse fonctionnelle de type SADT⁸, l'élaboration d'un GEMMA⁹.

⁷ AMDEC : Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité

⁸ SADT : Structured Analysis and Design Technique

⁹ GEMMA : Guide d'Etude des Modes de Marche et d'Arrêts



Photo 7 : Phase de validation du prototype avec le client

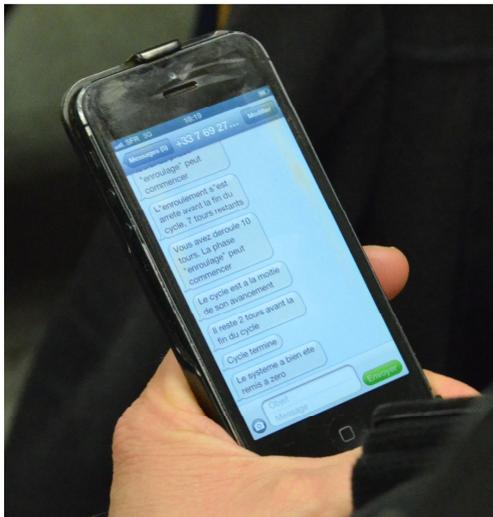


Photo 8 : Phase de validation du prototype avec la réception des SMS dédiés à l'application finale

Cette collaboration nous a montré une nouvelle fois, les différents bénéfices qui existent à travailler avec des étudiants sur des applications concrètes. Néanmoins, ce constat n'est pas sans impact sur les enseignements scientifiques et technologiques que nous devons apporter auprès de nos étudiants (expertise, compétences, savoir-faire, savoir-être). Ces évolutions technologiques ont été guidées, d'une part, par la volonté de suivre l'évolution des technologies et des sciences (vitrine technologique) et d'autre part, par la volonté de collaborer avec le tissu industriel de notre territoire. Les grands sauts technologiques ont été réalisés en

corrélation directe avec les projets tuteurés que nous menons avec les étudiants depuis la création de notre Institut Universitaire de Technologie dans l'Indre [10]. Depuis quelques années, nos enseignements dans différentes écoles d'ingénieurs (HEI Campus Centre, Polytech'Orléans, INSA Centre-Val de Loire) et nos travaux de recherche ont également contribué à cette évolution (Laboratoire PRISME¹⁰, Pôle IRAus¹¹).

L'installation sera normalement mise en œuvre pour la nouvelle campagne d'arrosage qui débutera au mois de mai 2017. Cette installation opérationnelle coutera 1400€ au client.

Nous remercions vivement les différents partenaires privés et institutionnels pour nous avoir accompagnés dans la dépose de notre candidature au concours National organisé par le club EEA en 2017 "*Mon projet en 5 minutes*" : la ville de Châteauroux, Enedis, l'électricité en réseau, Phoenix Contact – France, le CFA des Universités en Région Centre-Val de Loire...

6. LES ACTEURS DU PROJET

T. Samake est née le 05 avril 1994. Ténin est actuellement étudiante en Licence Professionnelle Supervision des Automatismes et des Réseaux. Elle est diplômée également d'une Licence professionnelle Génie Electrique & Informatique Industrielle (Mali / Centre de formation pour l'industrie textile CERFITEX).

¹⁰ PRISME : Pluridisciplinaire de Recherche en Ingénierie des Systèmes, Mécanique et Energétique

¹¹ IRAus : Images, Robotique, Automatique et Signal



M. Shirvanian est né le 24 juin 1994. Mathis est actuellement étudiant en Licence Professionnelle Supervision des Automatismes et des Réseaux. Mathis a un BTS conception et réalisation de systèmes automatisés (diplôme obtenu au Lycée Vauvenargues à Aix en Provence).



M. Sabou est né le 3 février 1987. Medhi est actuellement étudiant en Licence Professionnelle Supervision des Automatismes et des Réseaux. C'est un ancien diplômé d'un DUT GEII de l'IUT de l'Indre.



O. Boughazif est né le 22 janvier 1995. Omar est actuellement étudiant en Licence Professionnelle Supervision des Automatismes et des Réseaux. C'est un ancien diplômé d'un DUT GEII de l'IUT de l'Indre.



F. Duculty est né le 23 décembre 1972. Florent est Maître de Conférences au département GEII à l'IUT de l'Indre et Chercheur au laboratoire de Recherche PRISME. Ces enseignements concernent l'informatique industrielle, l'électronique, les projets industriels et les nouvelles technologies.



P. Vrignat est né le 8 juillet 1966. Pascal est Maître de Conférences au département GEII à l'IUT de l'Indre et Chercheur au laboratoire de Recherche PRISME. Ces enseignements concernent l'informatique industrielle, les projets industriels et les nouvelles technologies.



S. Limousin est né le 27 novembre 1972. Ancien étudiant d'IUT et Ingénieur de Formation, Stéphane est Président du Conseil de l'Institut de l'IUT de l'Indre. Après une carrière dans l'industrie mécanique, il s'est orienté vers des activités agricoles. En plus de la gestion de son exploitation céréalière, il développe aujourd'hui une entreprise de travaux agricoles qui apporte de nombreux services aux agriculteurs. Il a développé au sein de cette structure un concept nouveau de ramassage de pierre de champ.



7. REFERENCES

- [1] P.-J. BENGHOZI, S. BUREAU and F. MASSIT-FOLLÉA, *L'Internet des objets: quels enjeux pour l'Europe*, Les Editions de la MSH, 2012.
- [2] A. N. D. L. S. D. S. D'INFORMATION, *Recommandations de sécurité relatives aux mots de passe*, Secrétariat général de la défense et de la sécurité nationale, 2012, pp. 1-11.
- [3] J. DEPRez, J.L. BIANCHI, J. MAILLEFERT and A. JUTON., *Bus de terrain et supervision*, Société de l'électricité, de l'électronique et des technologies de l'information et de la communication, 3EI 2010-60, n°60, 2010.
- [4] JEAN-PAUL CHEMLA and BERNARD RIERA., *Programmation objet pour une domotique réalisée avec un API*, Actes du 10ème Colloque sur l'Enseignement des Technologies et des Sciences de l'Information et des Systèmes (CESTIS-EEA'13), Caen (2013), pp. 78-80.
- [5] K.-H. JOHN and M. TIEGELKAMP, *IEC 61131-3: programming industrial automation systems: concepts and programming languages, requirements for programming systems, decision-making aids*, Springer Science & Business Media, 2010.
- [6] M. BLANCHET and R. BERGERRIED., *Industrie 4.0 - Les leviers de la transformation*, Gimélec (2014), pp. 8-11.
- [7] P. VRIGNAT, F. DUCULTY, M. AVILA, S. BEGOT, T. AGGAB, J.F. MILLET, D. DELOUCHE and F. KRATZ, *Développement et utilisation d'applications complémentaires dans une approche SCADA avec une solution communicante Bluetooth*, J3EA, Journal sur l'enseignement des sciences et technologies de l'information et des systèmes (2016).
- [8] P. VRIGNAT, M. AVILA, F. DUCULTY, S. BEGOT and J.F. MILLET., *Utilisation d'une architecture logicielle dans le cadre d'une mise en place d'une solution multi-clients via un serveur OPC*, Gesi n°77, Revue des Départements : Génie Electrique et Informatique Industrielle en IUT, 2012.
- [9] L. SIEGFRIED, *Industrie 4.0–L'usine connectée-Executive summary*, Gimélec, 2013.
- [10] 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., 28ème Congrès-Association Internationale de Pédagogie Universitaire, Mons, Belgique, 2014.
- [11] F. XIA, L. T. YANG, L. WANG and A. VINEL, *Internet of things*, International Journal of Communication Systems, 25 (2012), pp. 1101.