



**HAL**  
open science

## **HOME I/O et FACTORY I/O : 2 logiciels innovants de simulation de PO pour la formation à l'automatique**

Bernard Riera, Romain Pichard, Alexandre Philippot, Ramla Saddem,  
François Gellot, David Annebicque, Fabien Emprin

### ► To cite this version:

Bernard Riera, Romain Pichard, Alexandre Philippot, Ramla Saddem, François Gellot, et al.. HOME I/O et FACTORY I/O : 2 logiciels innovants de simulation de PO pour la formation à l'automatique. Colloque consacré à l'Enseignement des Technologies et des Sciences de l'Information et des Systèmes (CETSI), 2017, Le Mans, France. hal-01882591

**HAL Id: hal-01882591**

**<https://hal.science/hal-01882591v1>**

Submitted on 27 Sep 2018

**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.

# HOME I/O et FACTORY I/O : 2 logiciels innovants de simulation de PO pour la formation à l'automatique

Bernard Riera<sup>1</sup>, Romain Pichard<sup>1</sup>, Alexandre Philippot<sup>1</sup>, Ramla Saddem<sup>1</sup>, François Gellot<sup>1</sup>, David Annebicque<sup>2</sup>, Fabien Emprin<sup>3</sup>

Bernard.riera@univ-reims.fr

<sup>1</sup> CReSTIC (EA3804), UFR des Sciences Exactes et Naturelles, Université de Reims Champagne-Ardenne, Moulin de la Housse, BP 1039, 51687 Reims, France

<sup>2</sup> CReSTIC (EA3804), IUT de Troyes, 9 rue de Québec, BP 396, 10026 Troyes, France

<sup>3</sup> CEREP (EA 4692), Université de Reims Champagne-Ardenne, 23 rue Clément Ader 51100 Reims, France

**RESUME :** Depuis 2008, le CReSTIC (Centre de Recherche en Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication, EA 3804) de l'Université de Reims Champagne Ardenne (URCA), dans le cadre d'un partenariat scientifique et technique, collabore avec la société portugaise Real Games au développement de logiciels innovants de simulation de partie opérative reposant sur l'utilisation des technologies et des ressorts des jeux vidéo (rendu graphique et sonore, « game play », interactivité et attractivité). Ces simulateurs qui appartiennent à la catégorie des jeux-sérieux, peuvent être connectés à des parties commandes matérielles (automate programmable industriel, microcontrôleurs...) ou logicielles (LabView, Matlab...) permettant ainsi un apprentissage de l'automatique. Dans cet article, deux nouveaux logiciels de simulation, HOME I/O (la maison virtuelle) et FACTORY I/O (l'usine virtuelle) sont présentés. Une évaluation expérimentale par les utilisateurs de ces 2 logiciels a été conduite en 2016, en partenariat avec un laboratoire en sciences de l'éducation (CEREP), avec 77 étudiants de l'URCA en L3, CUPGE et 1<sup>ère</sup> année de cycle ingénieur. Les résultats obtenus sont présentés dans l'article et montrent l'intérêt de ces outils numériques innovants pour l'apprentissage de l'Automatique.

**Mots clés :** simulation de partie opérative, automatique, jeu-sérieux, retour d'expérience.

## 1 INTRODUCTION

Les jeux sérieux sont aujourd'hui considérés comme une modalité éducative possible voire majeure pour la « génération Y », aussi nommée « digital native », qui passe plus de temps devant une console ou un écran d'ordinateur que devant la télévision. Les jeux sérieux se distinguent par le fait qu'ils combinent une dimension « sérieuse » (éducative dans le cas qui nous intéresse) avec une dimension ludique (Mayo, 2009) (Arango et al., 2008). En d'autres termes, il s'agit d'utiliser les mécanismes fondamentaux du jeu vidéo (exploration, défi, récompense, apprentissage...) pour augmenter la motivation des élèves ou des formés et orienter leur centres d'intérêt vers l'apprentissage visé. L'essor des jeux sérieux est la conséquence du développement du secteur du jeu vidéo, dont le chiffre d'affaires au niveau mondial dépasse aujourd'hui celui du cinéma et de la musique. Les jeux sérieux pour et à l'école posent les questions essentielles du rôle assigné à l'enseignant et de la manière de les intégrer efficacement dans une séquence pédagogique en classe. C'est pourquoi le véritable enjeu est le développement d'outils numériques adaptés aux élèves, efficaces du point de vue de l'apprentissage, et s'intégrant dans des pratiques pédagogiques innovantes où l'enseignant a toute sa place.

Concevoir un outil numérique favorisant la démarche d'investigation et permettant à l'enseignant d'imaginer et de mettre en place de multiples situations-problèmes est la vision qui a conduit au développement des logiciels HOME I/O et FACTORY I/O, dans le cadre d'un partenariat scientifique et technique entre le CReSTIC de l'Université de Reims Champagne Ardenne (UR-

CA) et la société portugaise Real Games (www.realgames.co), depuis 2008. L'utilisation des technologies et des ressorts des jeux vidéo (rendu graphique et sonore, interactivité, attractivité) est vue dans cette approche comme un moyen de favoriser la « conscience de la situation », la motivation des élèves et donc de favoriser leur apprentissage. Les simulateurs informatiques sont également utilisés en formation pour limiter les risques, les coûts mais aussi optimiser le temps de la formation (en accélérant l'acquisition d'expérience ou en changeant les modalités de formation par de la formation à distance). Dans notre cas, le jeu sérieux est considéré avant tout comme un outil numérique que l'enseignant va pouvoir utiliser dans le cadre de ses propres scénarios pédagogiques, favorisant ainsi de multiples usages. Une de nos hypothèses fortes, qui nous distingue de beaucoup d'autres outils, est l'importance de la jouabilité (le « game play ») qui doit se rapprocher des standards en matière de jeux vidéo que la génération Y affectionne.

La première partie de l'article présente le logiciel HOME I/O, développé dans le cadre d'un projet de 3 ans financé en partie par le le Ministère de l'Éducation Nationale et de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (MENESR) et porté par le CReSTIC. L'idée de base a été d'amener une maison dans la salle de classe. Cette maison virtuelle, à la façon d'un jeu vidéo à la première personne (FPS, « first person shooter »), devient ainsi un lieu de découverte et d'expérimentation pour l'enseignement de la technologie et des sciences de l'ingénieur en général et de l'automatique en particulier. Cette maison virtuelle est utilisable du collège à l'Université. Il n'est pas possible pour des raisons évidentes de coût, d'espace et de faisabilité de posséder une maison « réelle » dans les éta-

blissements scolaires. La deuxième partie de l'article présente FACTORY I/O. Ce logiciel permet de construire son usine virtuelle en assemblant des sous-systèmes disponibles dans une bibliothèque de composants, et de l'interfacer avec des Automates Programmables Industriels (API) matériels ou logiciels. FACTORY I/O, tout comme HOME I/O, est un simulateur à la première personne, et repose sur les mêmes technologies.

La troisième et dernière partie de l'article présente une première évaluation expérimentale conduite en partenariat avec le laboratoire en sciences de l'éducation CEREP de l'URCA pour évaluer l'utilité, l'utilisabilité et l'acceptabilité des 2 logiciels auprès de 77 étudiants de 3 formations différentes. Les résultats obtenus sont prometteurs et montrent l'intérêt de ces outils numériques innovants pour l'apprentissage de l'automatique.

## 2 HOME I/O : LA MAISON VIRTUELLE

HOME I/O (<https://realgames.co/home-io/>) est le résultat du projet de recherche et développement de trois ans «DOMUS» (2011-2014), entre le laboratoire CReSTIC de l'Université de Reims Champagne-Ardenne et Real Games, et partiellement financé par le MENESR, (Riera et al., 2016). HOME I/O est un logiciel de simulation en temps réel et accéléré (cf. figure 1) d'une maison intelligente et de son environnement (Riera et Vigario, 2014). Il a été conçu pour couvrir un large éventail d'applications pour la formation à la technologie et aux sciences de l'ingénieur. La conception de HOME I/O a été réalisée en plaçant l'enseignant et l'élève au cœur de la démarche.

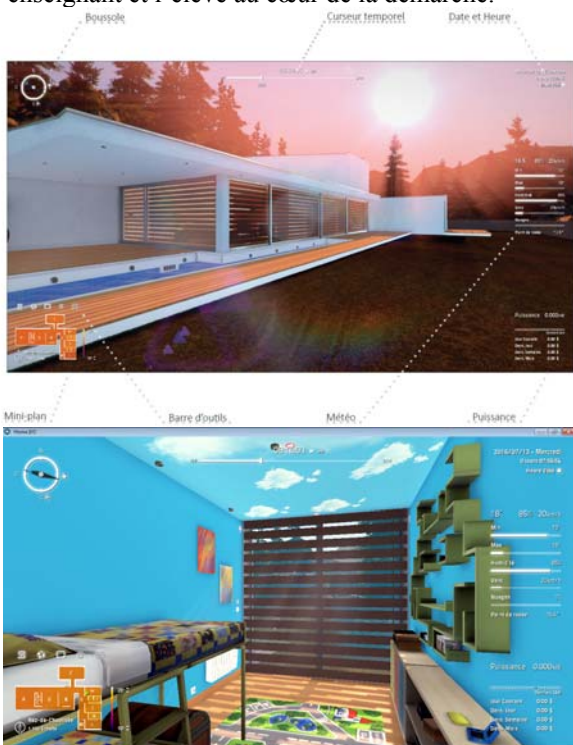


fig 1 : HOME I/O

Plus qu'un simulateur, HOME I/O est un environnement d'apprentissage, d'expérimentation et de développement de projet dédié à l'élève. DOMUS a été soutenu, dans les phases de test et d'évaluation, par le Réseau national de ressources (RNR) Technologie et la délégation académique au numérique (DAN) du rectorat de Reims. Le cahier des charges initial précisait que le logiciel développé devait pouvoir être utilisé en collège dans le cadre des cours de technologie, en particulier en classe de 4<sup>ème</sup> autour du domaine d'application « confort et domotique », et être complémentaire aux ressources Web et matérielles aujourd'hui disponibles. La maison virtuelle devait également être adaptée au lycée, en particulier à la filière STI2D. En collège, il fallait que le logiciel soit autonome et ne nécessite pas d'autres applications pour fonctionner. En revanche, pour les lycées et l'enseignement supérieur, la maison est vue comme une source de données pouvant s'interfacer avec des dispositifs tiers, logiciels (Lab-View, Matlab...) ou matériels (microcontrôleurs, automates programmables industriels...). L'idée était donc de proposer un outil numérique pédagogique utilisable du cycle 3 de l'école jusqu'à l'enseignement supérieur (CPGE, BTS, IUT, écoles d'ingénieurs, universités), contribuant ainsi à la continuité de l'enseignement de la technologie. HOME I/O a été conçu pour que l'on puisse étudier la maison selon différents points de vue (automatisation, efficacité énergétique, maison intelligente...), dans son ensemble ou par sous-systèmes. La complexité peut ainsi être adaptée aux différents niveaux et aux objectifs pédagogiques.

La démarche de conception a reposé sur une étude approfondie de l'expression des besoins. Une étude technique sur le monde de la domotique et de la maison intelligente a été menée. Ce travail a permis de mettre en évidence que la maison ne peut pas être considérée et étudiée indépendamment de son environnement extérieur. En effet, les scénarios domotiques prennent nécessairement en compte des éléments géographiques et météorologiques. Cette vision multiphysique permet également d'articuler la technologie avec les autres disciplines scientifiques (mathématiques, sciences physiques, sciences de la vie et de la Terre). En revanche, elle pose de difficiles problèmes de modélisation (transfert de chaleur, position du soleil, illumination...), surtout lorsque l'on désire une simulation en temps réel. Pour répondre à cet objectif, on peut avec HOME I/O placer la maison n'importe où sur la terre, et la position du soleil (et donc l'éclairage) sera réaliste en fonction de la date et de l'heure (que l'on peut définir). De même, il est possible de modifier les conditions météorologiques (force et direction du vent, couverture nuageuse, taux d'humidité et températures minimale et maximale sur une journée). Les paramètres environnementaux jouent sur la température et la luminosité à l'intérieur de la maison. Un modèle simplifié a donc été créé afin de permettre la simulation en temps réel du transfert de chaleur. Ce modèle comprend les phénomènes de rayonnement, de convection et de con-

duction, et tient compte des propriétés physiques des matériaux de construction (non modifiables). Les échanges entre masses d'air ayant des températures différentes sont également simulés. Le modèle est influencé par les perturbations créées par l'ouverture des portes et des fenêtres. La température de l'air extérieur agit sur la température de la maison (transfert de chaleur et flux d'air). Le vent facilite le transfert de chaleur entre la maison et l'air extérieur. Les murs de la maison situés face au vent sont plus réactifs au transfert de chaleur avec l'air extérieur. La couverture nuageuse diminue les effets de radiation du soleil et du ciel. Enfin, l'humidité modifie le point de rosée, qui joue sur la façon dont l'air extérieur influe sur la température de la maison.

L'objectif fixé avec HOME I/O est pédagogique. Il s'agit de disposer d'une maison qui s'apparente à une « boîte noire » pour l'apprenant et qui soit un lieu d'expérimentations et une source de données. Les modèles dynamiques dans HOME I/O sont donc purement descriptifs, et ne permettent pas de faire du dimensionnement. Dans une maison, les phénomènes physiques présentent des dynamiques très différentes. Par exemple, une porte de garage ou un volet roulant se ferment en quelques secondes. En revanche, atteindre le régime permanent pour une température dans une pièce peut prendre plusieurs heures. Il est donc fondamental de pouvoir accélérer le temps, ce que permet HOME I/O. Quatre vitesses de simulation sont possibles ; la plus rapide permet de simuler une période de 24 heures en seulement 17 secondes. Avec HOME I/O, il est possible de piloter l'éclairage, les ouvrants, le chauffage électrique, un système d'alarme pour la sécurité intrusion et la sécurité domestique (incendie). Au total, Home I/O propose 174 objets interactifs (cf. figure 2) (lumières, interrupteurs, variateurs, stores enrouleurs, portail, porte de garage, sirènes, détecteurs de présence, détecteurs de luminosité, détecteurs incendie, détecteur d'ouverture de porte, télécommande, radiateurs, thermostats) qui peuvent être utilisés pour automatiser la maison ou comme source de données logiques ou numériques. Il est par exemple possible de connaître et de surveiller la consommation électrique.

Le réalisme fonctionnel est tout aussi important que le rendu graphique. Le principe de fonctionnement d'un système domotique consiste à centraliser le contrôle-commande. À la différence d'une installation électrique classique, les circuits de commande et de puissance sont séparés. Il devient ainsi possible d'établir des liens entre les organes de commande et les récepteurs d'ordres, qui appartiennent habituellement à des sous-systèmes indépendants. Avec HOME I/O, l'élève va pouvoir assurer deux rôles : le concepteur du système de domotique et l'utilisateur. Tous les objets pilotables peuvent être utilisés dans trois modes distincts : câblé (ou filaire), console ou externe.

- Dans le mode câblé, la maison n'est pas domotisée. Il s'agit d'une installation électrique classique où l'ensemble des appareils sont câblés.

- Dans le mode console (ou mode domotique simple), les objets pilotables sont programmables à la façon des logiciels de box de domotique en définissant des scénarios (éclairage, motorisation, chauffage, sécurité intrusion et sécurité domestique). Ce mode est particulièrement intéressant en collège, car l'aspect fonctionnel de la maison intelligente peut être facilement explicité, et compris par les élèves, sans aller vers des considérations trop techniques.



fig 2 : Objets pilotables de HOME I/O

- Dans le mode externe, les entrées/sorties de chaque objet peuvent être utilisées avec le logiciel CONNECT I/O ou des technologies tierces (logicielles ou matérielles) au moyen d'un SDK (cf. figure 3). CONNECT I/O est un automate logiciel qui permet, entre autres, de réaliser graphiquement des programmes de pilotage pour Home I/O. Il s'interface au moyen de plugins à tout type de logiciel (serveur Modbus TCP, serveur OPC...) ou de matériel (Arduino, DAQ, Picaxe...). Les principaux blocs-fonctions de la norme IEC 61131-3 de programmation des automates programmables industriels (API) – opérateurs logiques et arithmétiques, compteurs, temporisations, front, comparateurs... – sont présents, et CONNECT I/O permet également la connexion entre différentes technologies, aussi bien logicielles que matérielles. La programmation se fait par glissés-déposés et en reliant entre eux les différents objets. Cette ouverture (par CONNECT I/O ou le SDK) ouvre le champ des applications de HOME I/O. Il devient ainsi possible (et simple) de piloter la maison virtuelle à partir d'un smartphone (en utilisant un serveur Modbus TCP par exemple) ou de contrôler la luminosité d'une pièce avec LabView... Le mode externe est particulièrement adapté au lycée et à l'enseignement supérieur.



La démarche employée dans le projet DOMUS, a été de questionner l'appropriation de l'outil en fin de développement par les enseignants. Des sessions de formation ont été proposées, mais aussi analysées pour comprendre les postures des enseignants face à l'outil et les conditions de sa diffusion dans la communauté enseignante (Emprin, Riera, 2014).

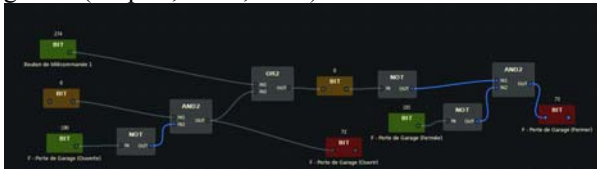


fig 3 : CONNECT I/O

HOME I/O a été reconnu d'intérêt pédagogique par le MENESR, et a obtenu le prix "Coup de Cœur", dans la catégorie "enseignement supérieur" lors de la 6<sup>ème</sup> édition des "TROPHÉES DES TECHNOLOGIES ÉDUCATIVES 2014" au salon EDUCATEC-EDUCATICE à Paris. Aujourd'hui, HOME I/O est utilisé par environ 500 établissements (collèges, lycées, universités) en France. A l'Université de Reims Champagne Ardenne, HOME I/O est utilisé pour les TP en logique combinatoire et séquentielle en L1, L3, IUT PEC et filière ingénieur.

### 3 FACTORY I/O : L'USINE VIRTUELLE

FACTORY I/O (<https://factoryio.com/>) est la nouvelle génération de logiciel de simulation 3D de systèmes industriels pour la formation aux automates programmables industriels (API) et aux technologies de l'automatisation. FACTORY I/O est destiné à l'enseignement technique et professionnel (lycées, IUT, BTS, écoles d'ingénieurs, licences, master...). FACTORY I/O utilise les mêmes technologies que HOME I/O et, est le successeur du logiciel ITS PLC (Riera et al., 2008). FACTORY I/O intègre plusieurs améliorations importantes :

- la possibilité de construire ses propres installations à partir d'une bibliothèque de composants standards que l'on trouve dans le monde industriel. FACTORY I/O propose également 20 systèmes prêts à l'emploi (cf. figure 4) permettant de couvrir un large éventail d'applications de commande.
- contrairement à ITS PLC, FACTORY I/O intègre des E/S logiques et analogiques. Il est par exemple possible de peser des objets ou de mesurer le niveau d'une cuve. FACTORY I/O permet ainsi de faire des TP aussi bien dans le domaine des SED (Systèmes à Evénements Discrets) que de la régulation.
- FACTORY I/O intègre des drivers de communication permettant de s'interfacer directement avec des Automates Programmables Industriels (API de marque SIEMENS, Allen-Bradley, Schneider Electric), avec des simulateurs d'automates au travers une connexion Modbus TCP ou un serveur OPC (Codesys), tout autre type de matériel (API, microcontrôleur...) au travers des boîtiers d'E/S logiques ou analogiques (DAQ Advantech 4750 et 4704). Enfin, il est également possible

d'interfacer ses propres drivers de communication au moyen d'un SDK fourni permettant par exemple une connexion simple avec Matlab ou LabView.

- FACTORY I/O intègre également un automate programmable logiciel (soft PLC), CONTROL I/O, permettant de construire de façon graphique ses propres contrôleurs, sans avoir besoin d'une partie commande matérielle ou logicielle externe. CONTROL I/O est similaire au logiciel CONNECT I/O utilisé avec HOME I/O, et intègre les principaux blocs-fonctions de la norme IEC 61131-3 de programmation des automates programmables industriels (API) – opérateurs logiques et arithmétiques, compteurs, temporisations, front, comparateurs... –

FACTORY I/O permet donc de disposer dans la salle de cours, TD et TP, d'une usine virtuelle et de sources de données TOR ou analogiques pour la formation à la commande, les API, le SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), les IHM (Interface Homme-Machine), le MES (Manufacturing Execution System)...

FACTORY I/O offre également une interactivité totale avec l'environnement. Il est donc possible d'introduire des perturbations ou des pannes sur les capteurs, actionneurs et objets (boîtes, palettes...).



fig 4 : Système « Pick and Place » de FACTORY I/O

La dernière partie de l'article présente une expérimentation qui a été conduite auprès des étudiants pour avoir un retour d'expérience sur les logiciels HOME I/O et FACTORY I/O.

### 4 RETOUR D'EXPERIENCE AVEC HOME I/O ET FACTORY I/O

HOME I/O et FACTORY I/O sont utilisés à l'URCA en TP de logique combinatoire et séquentielle dans plusieurs formations parmi lesquelles la licence 3 SPI EEA (27 étudiants, FACTORY I/O), les CUPGE 2<sup>ème</sup> année (14 étudiants, FACTORY I/O), la 1<sup>ère</sup> année de cycle ingénieur A2I (URCA-UTT, 36 étudiants, HOME I/O). Il nous a semblé pertinent d'avoir un retour d'expérience des 77 étudiants au moyen d'une évaluation de ces 2 logiciels. Ces 3 filières ont été choisies comme population test car : la durée des séances de TP était similaire (6 heures), les objectifs pédagogiques identiques (initiation à la logique combinatoire et séquentielle), les enseignants différents pour les 3 filières, et les sujets de TP différents. L'évaluation des environnements informatiques pour

l'apprentissage humain (EIAH) peut se faire au travers de 3 dimensions : l'utilité, l'utilisabilité et l'acceptabilité (Tricot et al., 2003). L'utilité se définit comme l'adéquation entre l'objectif d'apprentissage et l'atteinte de cet objectif. L'utilisabilité désigne la facilité d'utilisation (la maniabilité) de l'EIAH. L'utilisabilité se joue au niveau de l'Interface Homme-Machine (IHM). L'acceptabilité conditionne la décision de s'approprier l'outil et donc de l'utiliser. Ce critère est donc étroitement lié à l'utilité et l'utilisabilité de l'EIAH. Dans le cadre de cette expérimentation, nous avons voulu évaluer ces 3 critères selon le point de vue des apprenants, en essayant de mettre également en évidence si l'aspect ludique contribue ou non à l'utilité et l'acceptabilité. La méthodologie adoptée en vue d'avoir une évaluation de ces 3 critères a consisté à réaliser à la fin de la dernière séance de TP, un questionnaire avec échelle fermée (9 questions) et 1 question ouverte. Les étudiants pouvaient, s'ils ou elles le souhaitaient, garder l'anonymat. 2 questionnaires identiques ont été réalisés, un pour HOME I/O avec CONNECT I/O et l'autre pour FACTORY I/O avec CONTROL I/O. Les figures 5 et 6 présentent les questionnaires utilisés respectivement pour HOME I/O (et CONNECT I/O) et FACTORY I/O (et CONTROL I/O). L'objectif était de faire évaluer l'utilisabilité et l'utilité des logiciels par les étudiants. Une analyse statistique des résultats a ensuite été réalisée dont les résultats sont maintenant présentés. Les réponses concernant les deux logiciels sont homogènes à l'exception de deux questions où il existe des différences significatives (test t).

- Sur la facilité d'utilisation ( $t = 2,93$ ,  $1-p = 99,5\%$ ), les deux outils sont vus comme faciles d'utilisation, toutefois :

Pour HOME I/O : 96 % d'avis de relativement facile à très facile.

Pour FACTORY I/O : 70% d'avis de relativement facile à très facile.

Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que FACTORY I/O est en effet plus complexe que HOME I/O qui a été conçu pour être utilisé du collège à l'université, et qu'il est plus facile pour un novice de comprendre et de « s'approprier » le fonctionnement d'une maison que d'une ligne de production.

- Pour l'aspect ludique ( $t = 2,22$ ,  $1-p = 97,2\%$ ) :

Pour FACTORY I/O : 56% des répondants sont d'accord pour dire que ce logiciel est ludique contre 77% pour HOME I/O.

Concernant l'utilisabilité : si les deux outils sont simples d'utilisation et ludiques, HOME I/O l'est significativement plus dans le cadre de l'expérimentation qui a été menée. Pour toutes les autres questions, les réponses ne sont pas significativement différentes, les résultats sont donc présentés globalement pour HOME I/O et FACTORY I/O. Nous avons ainsi constaté :

- une qualité bonne ou excellente pour 99% des répondants ;
- une facilité à comprendre le fonctionnement : 90% de relativement facile à très facile ;

- une connexion facile avec CONNECT I/O ou CONTROL I/O : 85% de relativement facile à très facile ;
- CONNECT I/O et CONTROL I/O sont considérés comme facile d'utilisation : 92 % de relativement facile à très facile ;
- CONNECT I/O et CONTROL I/O sont faciles à comprendre : 87% de réponses allant de relativement facile à très facile.

1) Je trouve que l'utilisation de HOME I/O est :

très difficile     difficile     relativement difficile     relativement facile     facile     très facile

2) Je trouve que la qualité (graphismes, rendu sonore) de la simulation avec HOME I/O est :

mauvaise     moyenne     bonne     excellente

3) Comprendre le fonctionnement de la maison virtuelle avec HOME I/O est :

très difficile     difficile     relativement difficile     relativement facile     facile     très facile

4) Je trouve que HOME I/O est ludique.

pas du tout d'accord     en partie d'accord     tout à fait d'accord

5) Cette dimension ludique est :

gênante     sans intérêt     motivante

6) La connexion de HOME I/O avec CONNECT I/O est :

très difficile     difficile     relativement difficile     relativement facile     facile     très facile

7) Je trouve que l'utilisation de CONNECT I/O est :

très difficile     difficile     relativement difficile     relativement facile     facile     très facile

8) Comprendre le fonctionnement de CONNECT I/O est :

très difficile     difficile     relativement difficile     relativement facile     facile     très facile

9) HOME I/O et CONNECT I/O, vous ont-ils permis de comprendre les concepts suivants vus en cours :

Partie opérative	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> en partie	<input type="checkbox"/> oui
Partie commande	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> en partie	<input type="checkbox"/> oui
Logique combinatoire et séquentielle	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> en partie	<input type="checkbox"/> oui
Capteurs	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> en partie	<input type="checkbox"/> oui
Actionneurs	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> en partie	<input type="checkbox"/> oui

Avez-vous des remarques et suggestions sur l'utilisation en TP de HOME I/O et CONNECT I/O ?

fig 5 : Questionnaire HOME I/O et CONNECT I/O

1) Je trouve que l'utilisation de FACTORY I/O est :

très difficile     difficile     relativement difficile     relativement facile     facile     très facile

2) Je trouve que la qualité (graphismes, rendu sonore) de la simulation avec FACTORY I/O est :

mauvaise     moyenne     bonne     excellente

3) Comprendre le fonctionnement des systèmes virtuels étudiés avec FACTORY I/O est :

très difficile     difficile     relativement difficile     relativement facile     facile     très facile

4) Je trouve que FACTORY I/O est ludique.

pas du tout d'accord     en partie d'accord     tout à fait d'accord

5) Cette dimension ludique est :

gênante     sans intérêt     motivante

6) La connexion de FACTORY I/O avec CONTROL I/O est :

très difficile     difficile     relativement difficile     relativement facile     facile     très facile

7) Je trouve que l'utilisation de CONTROL I/O est :

très difficile     difficile     relativement difficile     relativement facile     facile     très facile

8) Comprendre le fonctionnement de CONTROL I/O est :

très difficile     difficile     relativement difficile     relativement facile     facile     très facile

9) FACTORY I/O et CONTROL I/O, vous ont-ils permis de comprendre les concepts suivants vus en cours :

Partie opérative	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> en partie	<input type="checkbox"/> oui
Partie commande	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> en partie	<input type="checkbox"/> oui
Logique combinatoire et séquentielle	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> en partie	<input type="checkbox"/> oui
Capteurs	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> en partie	<input type="checkbox"/> oui
Actionneurs	<input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> en partie	<input type="checkbox"/> oui

Avez-vous des remarques et suggestions sur l'utilisation en TP de FACTORY I/O et CONTROL I/O ?

fig 6 : Questionnaire FACTORY I/O et CONTROL I/O

Sur la question de la dimension ludique plus spécifiquement : 86% des répondants considèrent l'aspect ludique comme étant motivant. Il est intéressant de constater que les 3 étudiants qui considèrent l'aspect ludique comme gênant, considèrent également le logiciel comme ludique. Ces 3 utilisateurs n'ont pas de difficulté avec le logiciel mais il y a là un point de vue sur la façon d'apprendre qu'il serait pertinent de questionner plus avant. En revanche, 4 étudiants sur les 6 ayant considéré l'aspect ludique comme sans intérêt ont eu des difficultés à utiliser et à s'appropriier le logiciel. Le profil des répondants correspond certainement dans ce cas à des utilisateurs sans doute peu expérimentés qui n'ont pas pu avoir le recul pour se prononcer sur cette dimension, car ils ont eu à résoudre des questions techniques.

Concernant l'utilité : toutes les dimensions (partie opérative, partie commande, logique combinatoire et séquentielle, capteurs, actionneurs) sont travaillées par les deux logiciels (entre 93% et 100% des répondants affirment avoir travaillé au moins partiellement ces concepts, cf. figure 7).

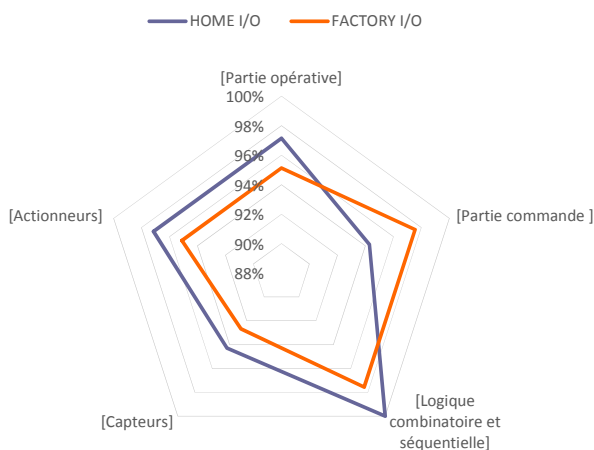


fig 7 : Compréhension des dimensions ou concepts

À l'exception de la partie commande, HOME I/O est vu par plus de répondants comme travaillant ces concepts. On constate en effet que HOME I/O est vu comme travaillant complètement toutes ces dimensions alors que FACTORY I/O est davantage vu comme travaillant partiellement ces concepts. Il convient toutefois de moduler ce résultat en fonction de la perception des dimensions par les apprenants, qui peut être partielle pour HOME I/O.

Il est également intéressant de noter que les 3 enseignants utilisaient pour la première fois HOME I/O ou FACTORY I/O en TP. Ils ont constaté que les étudiants n'avaient pas de difficultés à s'appropriier les logiciels et que la motivation des étudiants était au rendez-vous. Les résultats de ce premier retour d'expérience sont positifs et montrent que les étudiants ont su s'approprier ces logiciels de simulation qui contribuent à une conscience de la situation favorisant l'apprentissage et la prise de décision.

## 5 CONCLUSION

Il est possible de montrer plusieurs analogies entre l'évolution de la «formation» et le niveau d'automatisation (Bainbridge, 1983). Avec les technologies, la tendance actuelle est en partie de retirer l'enseignant de la boucle de «formation». MOOCs (Massive Open Online Courses), blended learning (apprentissage mixte),... sont expérimentés partout dans le monde. Notre approche de l'apprentissage de l'automatique par les outils numériques comme les jeux-sérieux est différente. L'idée n'est pas de retirer l'enseignant de la boucle de formation, mais de développer des logiciels de simulation utilisant les ressorts des jeux vidéo à la première personne (FPS) : 3D, qualité graphique, rendu sonore... HOME I/O et FACTORY I/O offrent une expérience pratique, immersive et motivante pour l'apprentissage de l'automatique. Avec HOME I/O et FACTORY I/O, l'enseignant est le maître de jeu. Un des défis pour les enseignants-chercheurs de la communauté 61 aujourd'hui est la formation à l'Industrie 4.0 et l'usine du futur. Les 2 mondes de l'IT (technologies de l'information) et de l'OT (technologies opérationnelles) se rejoignent. Des outils de simulation comme HOME I/O et FACTORY I/O peuvent contribuer à faire le lien entre ces 2 domaines en mettant à la disposition des enseignants et des apprenants des simulations de systèmes dynamiques réalistes, ouvertes et ludiques.

## Bibliographie

- [1] Arango, F., Aziz, E-S., Esche, S.K., Chassapis, C., «A review of applications of computer games in education and training », *Frontiers in Edu. Conf.* Pp. T4A.1-4A.6, 2008.
- [2] Bainbridge, L., « Ironies of automation ». *Automatica*, vol 19, N°6, pp.775-779.
- [3] Emprin, F., Riera, B., «Process of creating educational uses by teachers from a 3D simulation of a house home automation to teach technology ». *Proceedings of the 3rd international constructionism conference, August 19-23, 2014*, pp. 247-257. Vienne, Autriche.
- [4] Mayo, M.J., « Video Games: A Route to Large-Scale STEM Education? », *Science*. 2009 Jan 2; 323(5910):79-82. doi: 10.1126/science.1166900.
- [6] Riera, B., Vigario, B., Chemla, J-P., Correia, L., Gellot, F., « 10 ans de Maquettes Virtuelles pour l'enseignement des automatismes : de WINSIM en 1998 à ITS PLC PE en 2008 », *J3eA 8 (HORS SÉRIE 1) 1004 (2009)*.
- [7] Riera, B., Emprin, F., Annebicque, D., Colas, M., Vigario, B., « HOME I/O: a virtual house for control and STEM education from middle schools to Universities ». *11th IFAC Symposium on Advances in Control Education ACE 2016, Bratislava (Slovakia), 1-3 June 2016*.
- [8] Tricot, A., Plégat-Soutjis, F., Camps, J-F., Amiel, A., Lutz, G., « Utilité, utilisabilité, acceptabilité : interpréter les relations entre trois dimensions de l'évaluation des EIAH. », *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain 2003, Apr 2003, Strasbourg, France. ATIEF ; INRP*, pp.391-402.