

HOME I/O

# Jeu sérieux pour maison intelligente

BERNARD RIERA, BRUNO VIGÁRIO [1]

**Lumière sur un logiciel pédagogique de simulation 3D particulièrement réaliste, qui a la particularité de pouvoir s'adapter à des activités autour de la domotique quel qu'en soit le niveau, du collège à l'enseignement supérieur. Welcome at home !**

## Le jeu sérieux dans l'éducation

Les jeux sérieux sont aujourd'hui considérés comme une modalité éducative possible voire majeure pour la « génération Y », encore nommée *digital native*, qui passe plus de temps devant une console ou un écran d'ordinateur que devant la télévision. Toutefois, donner une définition du jeu sérieux pour l'école qui fasse l'unanimité n'est pas facile. 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. En d'autres termes, la vocation d'un jeu sérieux est de rendre attrayant l'apprentissage en utilisant les techniques du jeu (interactivité, challenge...). 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

## mots-clés

architecture et construction, équipement didactique, logiciel, numérique, simulation

pourquoi le véritable enjeu n'est pas tant le jeu sérieux et sa définition que 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 du logiciel Home I/O. 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. 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. En revanche, la jouabilité (le *game play*) doit se rapprocher des standards en matière de jeux vidéo que la génération Y affectionne.

Dans ce projet, l'idée de base a donc été d'amener une maison dans la salle de classe et de l'offrir aux élèves. 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 qu'il n'est pas possible pour des raisons évidentes de coût, d'espace et de faisabilité de



1 L'interface du logiciel

[1] Respectivement : professeur des universités et directeur adjoint du Crestic (Centre de recherche en sciences et technologies de l'information et de la communication) à l'université de Reims Champagne-Ardenne ; directeur technique de Real Games Lda.

posséder dans les établissements scolaires ■. Le virtuel ne vient donc pas remplacer, mais bien compléter le réel. Même si Home I/O est avant tout un simulateur du comportement dynamique d'une maison, l'utilisation des technologies des jeux vidéo permet de transformer la simulation en une expérience immersive unique et ludique où l'enseignant reste maître du scénario pédagogique (le *game design*).

### La genèse du projet

La réforme des programmes aussi bien au collège que dans la filière STI devenue STI2D a confirmé l'utilisation de systèmes de la vie courante. L'outil qui avait été mis en place jusque-là, ITS PLC, était clairement orienté vers une utilisation industrielle qui convenait moins (voir Philippe Tailard, « Jouons avec l'automatisme », *Technologie*, n° 164, nov.-déc. 2009).

L'automatisme appliqué à la vie quotidienne se doit d'être abordable pour le plus grand nombre. On assiste d'ailleurs à l'avènement de la domotique populaire avec l'arrivée des box dans la plupart des foyers.

De là, il a fallu construire le cahier des charges du projet, lequel devait non seulement comporter la partie automatisme – ce qui n'était pas le plus difficile –, mais aussi être d'un très grand réalisme fonctionnel.

Ce projet de R&D, financé en partie par la DGESCO, a démarré en octobre 2011. Il a été réalisé en partenariat par le Centre de recherche en sciences et technologies de l'information et de la communication (Crestic) de l'université de Reims Champagne-Ardenne et la société Real Games. L'université a été en charge de la définition

des spécifications du logiciel, des étapes de validation et de la gestion du projet. Real Games a assuré le développement du logiciel, forte de ses compétences dans l'utilisation des technologies du jeu vidéo pour le développement de simulateurs de partie opérative à travers la collection ITS PLC, le précédent logiciel, reconnu d'intérêt pédagogique en 2010. Le projet actuel a nécessité un peu plus de deux années pour son développement, auquel ont travaillé deux designers, trois développeurs et deux universitaires.

La conception et l'évaluation de Home I/O ont été réalisées en plaçant l'enseignant et l'élève au cœur de la démarche. Ce projet 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>e</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 (mais également l'enseignement supérieur), la maison était plutôt vue comme une source de données pouvant s'interfacer avec des dispositifs tiers, logiciels (LabView, Matlab...) ou matériels (microcontrôleurs, automates pro-

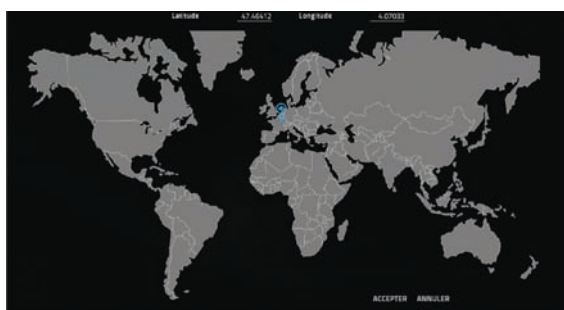
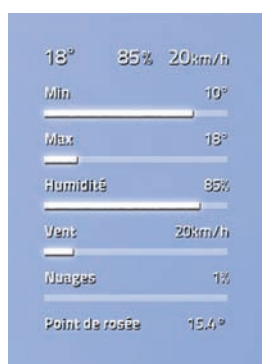
grammables industriels...). L'idée était donc de proposer un outil numérique pédagogique utilisable du cycle 3 de l'école jusqu'à l'enseignement supérieur (CPGE, BTS, IUT, écoles d'ingénieurs, universités), contribuant ainsi à la continuité de l'enseignement de la technologie. Home I/O a donc été conçu 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.

### Les différents facteurs pris en compte par le logiciel

La démarche de conception a reposé sur une étude approfondie de l'expression des besoins. Pour cela, les programmes pédagogiques de technologie en collège et de sciences de l'ingénieur en lycée ont été étudiés, et des experts (inspecteurs, formateurs, enseignants) ont été interrogés. En parallèle, 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, Home I/O permet de 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) **2**.

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 conduction, 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

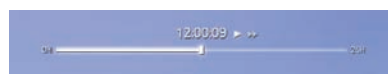


**2** Les paramètres environnementaux

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'élève 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, par exemple. 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 ! **3**

Il a également fallu faire des choix dans les équipements « domotiques » de la maison et les possibilités d'automatisation. 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 (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



**3** Simulation en temps réel ou accéléré

données logiques ou numériques **4**. Il est par exemple possible de connaître et de surveiller la consommation électrique.

## Un réalisme nécessairement soigné

Le rendu graphique et sonore et l'interaction homme-machine sont fondamentaux pour transformer une simulation en une expérience immersive. C'est à ce niveau que les technologies des jeux vidéo apportent une vraie plus-value. Home I/O a été réalisé en utilisant Unity 3D, bien connu des développeurs de jeux. L'intérêt de ce logiciel *middleware* est que, tout comme Flash, il dispose d'une interface d'intégration d'objets et de scripts. L'éditeur d'Unity propose des composants préconfigurés permettant de faire l'économie d'un développement de code assez fastidieux : un moteur physique basé sur Nvidia PhysX, un système de collision, un moteur d'ombre... Tous les objets de Home I/O ont été modélisés par les designers de Real Games à partir de composants réels.

Une des difficultés de développement a été l'aspect temps réel et accéléré. Le monde virtuel doit en effet obéir à d'innombrables contraintes techniques afin de garantir un temps de réponse correct. Les plans de la maison de Home I/O ont été réalisés par un architecte et ont tenu compte de ces contraintes. L'idée a été de proposer une maison moderne (car moins dépendante de la géographie), réaliste (2 niveaux, 3 chambres), mais qui fasse un peu rêver ! L'autre difficulté majeure a concerné l'illumination en temps réel, car c'est ce point qui contribue le plus à la qualité et au réalisme d'un monde virtuel. Même si les techniques utilisées aujourd'hui dans les jeux vidéo sont capables de rendus incroyables, elles ne sont applicables que lorsqu'il y a peu de sources de lumière et une géométrie du monde statique. Cette contrainte empêche le développement de mondes dynamiques avec des cycles jour et nuit, comme c'est le cas avec Home I/O et ses 122 sources de lumière. Il a donc été nécessaire de développer



Interrupteurs



Détecteur de luminosité



Détecteur de fumée



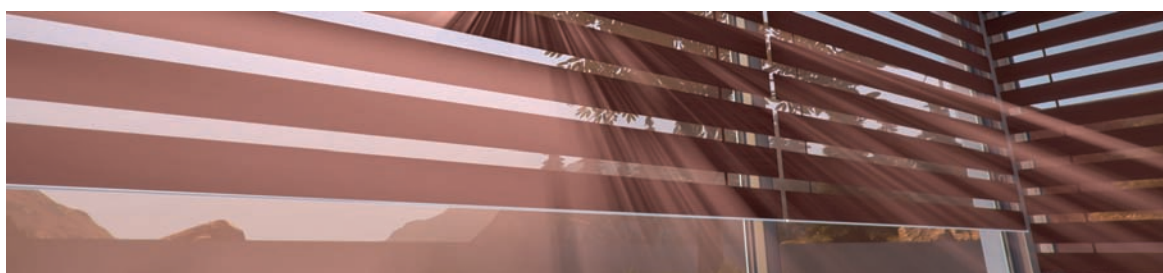
Détecteur de mouvement



Interrupteur de volet roulant



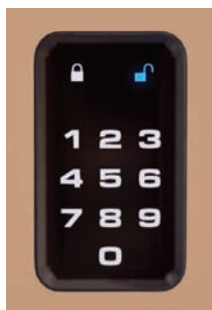
Radiateur électrique



Stores



Porte de garage



Boîtier d'alarme



Boîtier de contrôle de température



Portail coulissant

4 Des exemples d'objets connectés

des méthodes spécifiques de rendu pour assurer une illumination en temps réel réaliste.

L'interaction de l'utilisateur et du monde virtuel obéit aux usages des jeux FPS, et garantit donc une appropriation très rapide de cet outil numérique par les élèves. Le déplacement dans la maison se fait au moyen soit du clavier, soit de la souris, soit d'une manette de jeu. Home I/O est également compatible avec le casque de réalité virtuelle Oculus Rift.

### Les trois modes de fonctionnement

Le réalisme fonctionnel est tout aussi important que le rendu graphique. Nous nous sommes donc basés sur les outils de domotique actuels pour éviter de créer de faux problèmes. La domotique (*home automation*) a plus de 20 ans, et aujourd'hui ce terme est plutôt remplacé par celui de *maison intelligente*. Il s'agit d'utiliser les technologies de l'électronique, de l'automatique, de l'informatique et des télécommunications pour assurer des fonctions de sécurité (alarmes, caméras et télésurveillance), de confort de vie (automatisation et programmation des tâches quotidiennes, contrôle à distance, maintien à domicile...) et de gestion de l'énergie (optimisation du chauffage, de l'éclairage...).

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. En 2009, les premières box de domotique sont apparues sur le marché. Contrairement aux précédentes solutions filaires souvent très coûteuses, les box de domotique utilisent la puissance d'Internet et du sans-fil. Avec ou sans abonnement, elles permettent une utilisation ouverte et sont pilotables depuis un ordinateur, un smartphone ou une tablette tactile. L'installation est très simple, et se fait en quelques minutes par un

utilisateur non expert. La domotique est actuellement en pleine expansion grâce à cette démocratisation. Les applications sont nombreuses, et ce nouveau marché, qui a de nombreux liens avec celui des objets connectés, intéresse aussi bien les fournisseurs d'accès à Internet que les fabricants de console de jeu ou les chaînes de magasins grand public. Nous voulions avec Home I/O mettre en évidence cette évolution de la domotique. Les solutions logicielles adoptées par les fabricants de box de domotique ont donc été étudiées d'un point de vue fonctionnel afin que soit proposée une programmation proche de la réalité.

Avec Home I/O, l'élève va pouvoir assurer les deux rôles : concepteur du système de domotique et 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.

- Dans le mode externe, les entrées/sorties de chaque objet peuvent être utilisées avec le logiciel Connect I/O **5** ou des technologies tierces (logicielles ou matérielles) au moyen d'un SDK. Connect I/O est un automate

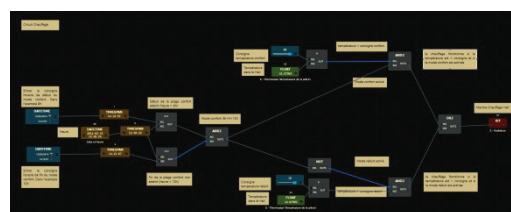
logiciel qui permet, entre autres, de réaliser graphiquement des programmes de pilotage pour Home I/O. Il s'interface au moyen de plugins à tout type de logiciel (serveur Modbus TCP, serveur OPC...) ou de matériel (Arduino, DAQ, Picaxe...). Les principaux blocs-fonctions de la norme IEC 61131-3 de programmation 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 Home I/O 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 semble particulièrement adapté au lycée (STI2D) et à l'enseignement supérieur.

### Les enseignants au cœur de la phase de test

Home I/O est un outil numérique innovant dans le monde pédagogique. Il a donc semblé important de le faire tester par des enseignants en vue d'en évaluer le potentiel pédagogique. Cette expérimentation a été conduite en étroite collaboration avec le RNR Technologie, la DAN de l'académie de Reims et le laboratoire de recherche en sciences de l'éducation de l'université de Reims Champagne-Ardenne, le Cerep. En 2013, une cinquantaine d'enseignants ont participé à cette



**5** Le principe de Connect I/O



phase de test et d'évaluation. La campagne s'est effectuée en quatre étapes séquentielles :

- **Formation** à Home I/O. Une version bêta, avec tous les inconvénients que cela représente (bugs, pas de documentation, en anglais, difficulté d'installation...), a été fournie aux enseignants testeurs.
- **Phase de découverte et d'évaluation** par les enseignants
- **Proposition de scénarios** pédagogiques
- **Tests** avec des élèves

Il n'est pas possible de décrire ici la méthodologie et l'ensemble des résultats obtenus. Nous avons toutefois pu valider le concept de Home I/O avec les trois modes de pilotage : câblé, console et externe. Les retours des enseignants ont conduit également à modifier et à ajouter des fonctionnalités au logiciel telles que la consommation énergétique (en kilowattheures et en euros), la gestion du système d'alarmes en mode externe, l'amélioration du mode console, une gestion des permissions pour contrôler les actions de l'élève... L'ergonomie et l'interaction homme-machine ont également fait l'objet d'améliorations.

Il est par exemple possible de visualiser sa position sur le mini-plan et de passer directement d'une pièce à une autre.

Tous les tests effectués avec les élèves ont montré qu'ils s'approprièrent le logiciel très rapidement, et que la motivation était au rendez-vous. Enfin, Home I/O et Connect I/O ont été utilisés à tous les niveaux : collège, lycée et université, validant ainsi l'idée d'une ressource numérique pédagogique commune. Cette expérimentation a également mis en évidence la nécessité de pouvoir partager les ressources pédagogiques autour de Home I/O et Connect I/O. Un site Web a donc été créé (voir « En ligne »). Les enseignants peuvent y trouver des séquences pédagogiques, des témoignages, des tutoriels et des ressources utilisant Home I/O et Connect I/O. Elles sont classées par niveaux : collège, lycée et enseignement supérieur. L'objectif dans le futur est d'enrichir le site et de créer une communauté autour de l'utilisation de Home I/O. Sur ce site, les enseignants en collège ou lycée peuvent également obtenir une licence gratuite de Home I/O pour expérimenter les possibilités de Home

I/O et de Connect I/O et préparer des séquences pédagogiques.

Ce produit est jeune et n'attend que vos retours pour évoluer et rester au plus près des besoins. ■

*En ligne*

Pour télécharger le logiciel et accéder à un espace de mutualisation et de retour d'expériences :

[www.teachathomeio.com](http://www.teachathomeio.com)



Des ressources pédagogiques, disponibles après inscription :

<http://confort-domotique.org/enseignants/connexion>







Le site officiel du développeur :

<http://www.realgames.pt/>



Retrouvez tous les liens sur <http://eduscol.education.fr/stj/revue-technologie>

*Les 6 fonctionnalités clés de Home I/O*

	174 appareils sont contrôlés au sein du logiciel. Plus de 400 point d'E/S sont disponibles. Les interactions se font avec le chauffage, l'éclairage, les dispositifs de sécurité et de motorisation. Le logiciel fonctionne selon 3 modes : câblé, console, externe
	Le logiciel simule le transfert de chaleur selon un mode simplifié. Ce modèle comprend le rayonnement, la convection, la conduction, et prend en compte les propriétés physiques des matériaux de construction
	L'environnement de la maison peut être changé au cours de la simulation. L'utilisateur peut modifier les conditions climatiques en ajustant entre autres la température, le taux d'humidité, la couverture nuageuse
	Tous les appareils peuvent fonctionner avec une télécommande centrale « virtuelle » qui peut être programmée pour automatiser la maison. On peut aussi créer des scénarios spécifiques (de sécurité, de surveillance, etc.).
	Un affichage permanent indique les consommations d'énergie instantanée, horaire, quotidienne, hebdomadaire, mensuelle
	Lorsqu'un appareil est en mode externe, il est automatiquement détecté et pilotable par Connect I/O. Cet outil permet également d'interfacer Home I/O avec des technologies tierces logicielles ou matérielles