

Etude de cas "gestion domotique de l'énergie" : Travaux Pratiques à l'ECL

Bertrand T. DAVID, Franck TARPIN-BERNARD, Denis CONTAMIN

Laboratoire GRACIMP
ECOLE CENTRALE DE LYON
Département MIS
36, avenue Guy de Collongue
B.P. 163
69131 Ecully cedex
david@cc.ec-lyon.fr
tarpin@cc.ec-lyon.fr

RÉSUMÉ

Pour mettre en évidence le déroulement d'une méthode de conception, nous avons soumis à un groupe d'étudiants, une étude de cas concernant la "gestion domotique de l'énergie" dans une cuisine. Ces derniers ont élaboré par groupe de deux (ou trois) un certain nombre de propositions. Nous relatons ici ces travaux et nous présentons les approches et les solutions les plus intéressantes.

MOTS CLÉS : Méthode de conception, architecture, simulateur d'asservissement.

INTRODUCTION

Dans le cadre de la 3^e année ECL, les élèves de l'option Informatique - Automatique peuvent suivre le cours d'ingénierie des interfaces utilisateurs. Ce cours de 22 heures est complété par 16 heures de "bureaux d'études" (BE) encadrés avec la possibilité de poursuivre pendant les soirées libres. Après une brève introduction à l'IHM, ce cours présente les thèmes suivants : principes des interfaces à manipulation directe, méthodes de développement (applications extensibles et SGIHM), architectures des IHM et des applications interactives, méthodologie de conception, règles ergonomiques, méthodes d'évaluation, nouvelles interfaces (interfaces adaptables, IHMM et interfaces pour le travail coopératif). Sur les quatre BE, deux ont été consacrés à l'étude de cas IHM'96 : "La gestion domestique de l'énergie - Si vous ne supportez pas la chaleur." Après avoir rappelé le cahier des charges initial et les modifications que nous lui avons apportées, nous relatons ensuite la démarche suivie et les résultats obtenus.

LE CAHIER DES CHARGES INITIAL

Celui-ci était organisé autour des besoins de l'utilisateur. Il s'agissait des 6 points suivants :

1 - La cuisine est généralement une pièce confortable, probablement à cause de ses murs épais. Pourtant, il peut

y faire trop chaud lorsque l'on fait de la cuisine, et cela même en hiver.

2 - La pièce contient deux radiateurs qui portent des thermostats individuels. Les radiateurs sont chauffés avec de l'eau chaude provenant d'une chaudière à gaz qui se trouve dans une autre pièce de la maison.

3 - Il n'y a pas de thermostat central relié à la chaudière; par contre, celle-ci est équipée d'une minuterie et d'un dispositif de réglage d'eau chaude pour fixer la température de l'eau. Toutefois, ces deux dispositifs ne sont pas situés dans la cuisine.

4 - La chaudière alimente d'autres radiateurs dans la maison. Il y a une hotte aspirante (un aspirateur ou extracteur d'air) au-dessus de la cuisinière, mais celle-ci est en panne.

5 - Les fenêtres, qui sont à double vitrage, sont difficiles à ouvrir à cause des dispositifs de sécurité qui en entravent l'ouverture. Il y a une porte, qui donne sur l'arrière de la maison, que l'on peut parfois ouvrir lorsque la pièce est très chaude.

6 - Une baisse de la facture de gaz est désirable.

Les besoins de l'utilisateur requièrent un artefact fait sur mesure pour résoudre le problème mentionné ci-dessus à un coût raisonnable par rapport aux bénéfices escomptés.

L'utilisateur est sensé être "D", qui est en train de faire la cuisine, mais, il y a un autre occupant dans la maison "J". Il est invraisemblable que l'utilisateur sera disposé à passer beaucoup de temps à utiliser ou à apprendre l'utilisation d'un nouvel artefact.

Il y a d'autres problèmes de gestion de l'énergie dans la maison, mais ceux-ci sortent du cadre de cette étude de cas et ne seront donc pas abordés ici.

REFORMULATION DU CAHIER DES CHARGES

La formulation initiale des besoins de l'utilisateur, constituant le cahier des charges de cette étude nous a posé quelques problèmes, dont les plus importants ont été :

- quelle importance joue la localisation de la minuterie et du dispositif pour fixer la température de l'eau ?
- pourquoi avoir une hotte aspirante en panne ?
- quel est le rôle des fenêtres bloquées ?
- quels sont les rôles des deux occupants par rapport au problème posé ?

Plus globalement, s'agit-il de concevoir l'interface homme-machine ou le dispositif complet de gestion de température et des odeurs ?

Pour pouvoir soumettre cette étude à nos étudiants nous l'avons reformulé de la façon suivante :

Etude de cas concernant le réglage du chauffage et des odeurs dans une cuisine :

- La cuisine contient deux radiateurs à eau.
- L'eau chaude est produite par une chaudière à gaz qui se trouve dans cette même pièce. Il n'y a pas de thermostat relié à la chaudière pour réguler la chaleur dans les pièces. Cependant la chaudière est équipée d'un programmeur et d'un dispositif pour régler la température de l'eau.
- La hotte aspirante au dessus de la cuisinière (plaque et four) sert à filtrer les odeurs.
- La pièce est très bien isolée par un double vitrage mais les fenêtres sont bloquées. Cependant il est possible d'aérer la pièce en ouvrant la porte qui donne sur l'arrière de la maison.
- Les habitants souhaitent réduire leur consommation de gaz.
- Les habitants souhaitent un dispositif fait sur mesure pour résoudre le problème ci-dessus (chaleur ambiante dans la cuisine) à un prix raisonnable par rapport aux bénéfices escomptés. L'utilisateur pressenti est la personne qui cuisine, ou une autre personne habitant la maison. L'utilisateur n'a pas le loisir de passer trop de temps à comprendre comment utiliser le dispositif. Enfin, il existe d'autres problèmes de gestion énergétique dans la maison qui sortent du cadre de cette étude.

Le travail demandé est le suivant :

On vous demande de concevoir l'application correspondante en suivant la démarche de conception étudiée en cours (identification des caractéristiques des utilisateurs, recherche des cas d'utilisation, inventaire des tâches, conception sémantique, conception syntaxique, conception lexicale, choix d'architecture, évaluation).

RESULTATS OBTENUS

Description de l'application

On désire réaliser un logiciel de domotique destiné à obtenir une chaleur ambiante raisonnable ainsi qu'une régulation des odeurs dans une cuisine possédant des appareils suivants : une chaudière, 2 radiateurs identiques, 2 plaques chauffantes, un four, une hotte aspirante, une porte. Il s'agit de tenir compte des divers

facteurs tels que la température extérieure, le réglage des radiateurs, l'utilisation du four, de la hotte,...

Le dispositif devra prendre en compte les données sur le fonctionnement des différents appareils et sur les températures extérieure et intérieure au moyen de capteurs et agir sur certains appareils (ex : le four en marche chauffe, mais le dispositif ne peut l'utiliser en tant que chauffage). Il proposera également à l'utilisateur, une interface lui permettant soit de fixer les objectifs, soit de fournir des réglages des appareils.

Identification des caractéristiques des utilisateurs

L'utilisateur pourra être n'importe quelle personne se trouvant dans la cuisine. Pour pouvoir répondre aux besoins de tous les utilisateurs, le dispositif devra avoir une interface extrêmement simple, conviviale, sécuritaire et ne nécessitant quasiment aucun apprentissage.

Limitations

Le dispositif ne s'occupera que des appareils identifiés se trouvant dans la cuisine. Il ne sera pas question ici de s'occuper de la gestion plus globale des énergies dans la maison, ni de la programmation à distance de l'ambiance et des activités (démarrage de la cuisson du poulet depuis la voiture).

Recherche des cas d'utilisation

Nous avons identifié trois cas d'utilisation correspondant aux trois modes d'exploitation du dispositif de gestion de température et d'énergie à concevoir :

Mode automatique (régulation) : dans ce mode l'utilisateur fixe les paramètres (température et niveau de ventilation) et en fonction de ce qu'il fait, le dispositif règle les différents appareils afin de satisfaire au mieux les souhaits exprimés.

Mode semi-automatique : dans ce mode l'utilisateur peut agir sur tous les appareils. Le dispositif régule "au mieux" (agit sur les éléments non contraints par l'utilisateur) et indique par des messages les situations de dépassement des limites autorisées.

Mode manuel : dans ce mode l'utilisateur agit librement sur tous les appareils et gère lui-même tous les paramètres de consommation et d'ambiance (température, odeurs), le dispositif de régulation étant hors service.

Analyse des tâches

Pour identifier les tâches nous examinons successivement les différents cas d'utilisation. Il semble naturel de commencer par les tâches qui correspondent à l'activité "préparation des repas" qui devra avoir lieu quelque soit le mode d'utilisation choisi. Les tâches correspondantes concernent :

- le four : marche/arrêt, réglage de la puissance;
- les plaques : marche/arrêt, réglage de la puissance.

Dans le mode automatique, les tâches suivantes peuvent être effectuées :

- choix de l'ambiance intérieure souhaitée sous forme de température,
- indication de la nature des préparations (poisson, steak, ...). La cuisine ne disposant pas de capteur d'odeurs, les réglages de niveau de ventilation et de température de four seront liés à ce paramètre.

Dans le mode semi-automatique, outre les tâches déjà évoquées ci-dessus, les tâches nouvelles concernent le réglage manuel des dispositifs d'ambiance :

- régler la température d'eau de la chaudière,
- régler le fonctionnement des radiateurs,
- ouvrir/fermer la porte,
- régler l'aspiration de la hotte.

Dans le mode manuel, on ne prend en compte que des réglages manuels de tous les appareils (de cuisine et d'ambiance).

Synthèse conceptuelle

La synthèse conceptuelle nous permet de découvrir rapidement les principaux objets du domaine :

- l'objet température intérieure : il pourra être caractérisé par un nombre décimal, modifiable interactivement ou non selon s'il s'agit de la température mesurée ou souhaitée;
- l'objet porte : il est caractérisé par ses états ouvert ou fermé;
- l'objet four : il est caractérisé par la puissance à laquelle il est réglé (entier entre 0 et 2000, par exemple);
- l'objet plaque : ses caractéristiques sont comparables à celles du four;
- l'objet hotte : il est caractérisé par son état : éteint, aspiration faible, aspiration forte;
- l'objet chaudière : il est caractérisé par la température d'eau qui circule dans le chauffage et éventuellement de la chaleur dégagée;
- l'objet radiateur : il est caractérisé par la position de son réglage : fermé, plus ou moins ouvert;
- l'objet dispositif de gestion d'ambiance : il est caractérisé par l'état objectif et s'appuie sur les états transmis par les appareils à prendre en compte.

Pour pouvoir tester le logiciel, nous allons devoir concevoir par ailleurs un simulateur d'évolution de la température. Ceci se traduit par la définition de deux nouveaux objets :

- l'objet température extérieure: il évolue automatiquement de manière pseudo-aléatoire;
- l'objet simulateur: il agit sur la température intérieure en tenant compte des quantités de chaleur dégagées.

Conception sémantique

La conception sémantique affine les objets dégagés lors de la synthèse conceptuelle et précise les opérations associées.

Sans reprendre ici tous les objets, nous pouvons décrire les trois exemples suivants :

- l'objet porte : l'utilisateur peut physiquement ouvrir ou fermer la porte de la cuisine.
- l'objet plaque : l'utilisateur peut physiquement choisir d'allumer la plaque à la puissance qu'il désire.
- l'objet radiateur : l'utilisateur peut physiquement régler le niveau d'ouverture du chauffage. Le dispositif peut aussi le télécommander.

Pour fonctionner, le dispositif mais aussi, selon le contexte (pilotage réel ou virtuel de l'installation), le simulateur, doivent connaître l'état des différents objets pré-cités. Deux stratégies sont alors possibles :

- une approche par capteur : le dispositif et le simulateur demandent à chaque instant aux différents objets leur état, voire directement la quantité de chaleur qu'il dégage.
- une approche informative : chaque fois qu'un objet change d'état, il en informe le dispositif et le simulateur. Ces derniers possèdent en permanence un état de l'environnement.

Le dispositif, dans son fonctionnement automatique ou semi-automatique doit être capable de réguler le fonctionnement, c'est-à-dire agir sur les objets influençant l'ambiance (marche/arrêt de la chaudière, température d'eau, réglage des radiateurs, fonctionnement de la hotte, ...).

Une formule pour régulation tenant compte de la température intérieure, de l'état de la porte (et donc de la température extérieure), des apports des plaques, du four et de la température de la chaudière détermine l'état des radiateurs.

De la même façon, à chaque instant, le simulateur détermine la température intérieure à partir de la température courante et des quantités de chaleur produite ou absorbée (porte ouverte l'hiver).

Conception syntaxique et articulatoire

Les étapes de conception syntaxique et articulatoire ont pour but de concrétiser l'interface. On reprend donc les objets identifiés que l'on enrichit en choisissant leur présentation et la façon de les manipuler. On peut également ajouter des nouveaux objets complémentaires utiles pour améliorer la lisibilité. C'est notamment le cas pour notre dispositif, qui peut montrer la variation des apports d'énergie, la consommation du gaz, les variations des températures,...

A titre d'exemple, nous donnons ci-dessous quelques indications sur la présentation des objets :

- l'objet température intérieure : choix de la température : texte éditable + étiquette "température souhaitée", pour la visualisation de la température réelle : texte + étiquette "température réelle";
- l'objet hotte : visualisation de l'état et boutons radio : arrêt, faible aspiration, forte aspiration.

De nombreuses interfaces ont été proposées par les élèves. Bien qu'elles ne proposent pas toutes des réponses à l'ensemble du cahier des charges, nous présentons en annexe quelque unes des propositions les plus abouties.

Architecture choisie

Un des objectifs de ce travail était d'insister sur l'importance de l'architecture logicielle. La séparation entre l'interface et le noyau fonctionnel est assez naturelle, car elle découle ou est au moins conditionnée par l'outil de développement qui est OWL de Borland C++ 4.0. L'aspect régulation montre clairement la séparation entre le comportement interactif et le traitement sémantique. Les différentes architectures proposées sont donc toutes basées sur une approche par objets spécialisés.

A titre d'illustration, nous proposons une modélisation AMF [1, 2, 3] d'une partie du logiciel. Pour ne pas surcharger le schéma, nous avons en effet représenté les agents correspondants aux objets suivants : le simulateur (le logiciel), le dispositif et la hotte. Pour représenter le schéma global, il faudrait ajouter tous les autres objets définis dans la conception. Leur structuration serait très semblable à celle de la hotte.

Sur les figures 1 et 2, les  représentent les ports activés par le système (ici Windows : événements WM_TIMER et WM_PAINT) tandis que les  représentent les ports activés par l'utilisateur (clic souris sur une zone de l'écran). Dans cette architecture, les clics sont traités au niveau le plus haut (agent simulateur) car nous n'utilisons pas de boutons mais seulement une grande image représentant la cuisine.

La figure 1 présente une architecture correspondant à la stratégie par capteur. A chaque calcul, le simulateur et le dispositif interrogent la hotte sur son état.

La figure 2 présente une architecture correspondant à la stratégie informative. Ainsi, chaque fois que la hotte change d'état, elle informe le simulateur et le dispositif qui modifient leurs états internes.

Validation et évaluation

Plusieurs solutions ont été menées à terme et nous pourrions les montrer lors de l'atelier. La validation fonctionnelle a été faite (le fonctionnement du simulateur a été testé avec succès). Par manque de temps, l'évaluation ergonomique a été plus sommaire.

BILAN ET PROLONGEMENTS

Cette étude a constitué un exercice intéressant. Il faut toutefois être conscient que son aspect pluridisciplinaire n'est pas nécessairement facile à mener dans tous les contextes. Nous avons sans doute bénéficié de la formation large de nos ingénieurs (généralistes), qui ont

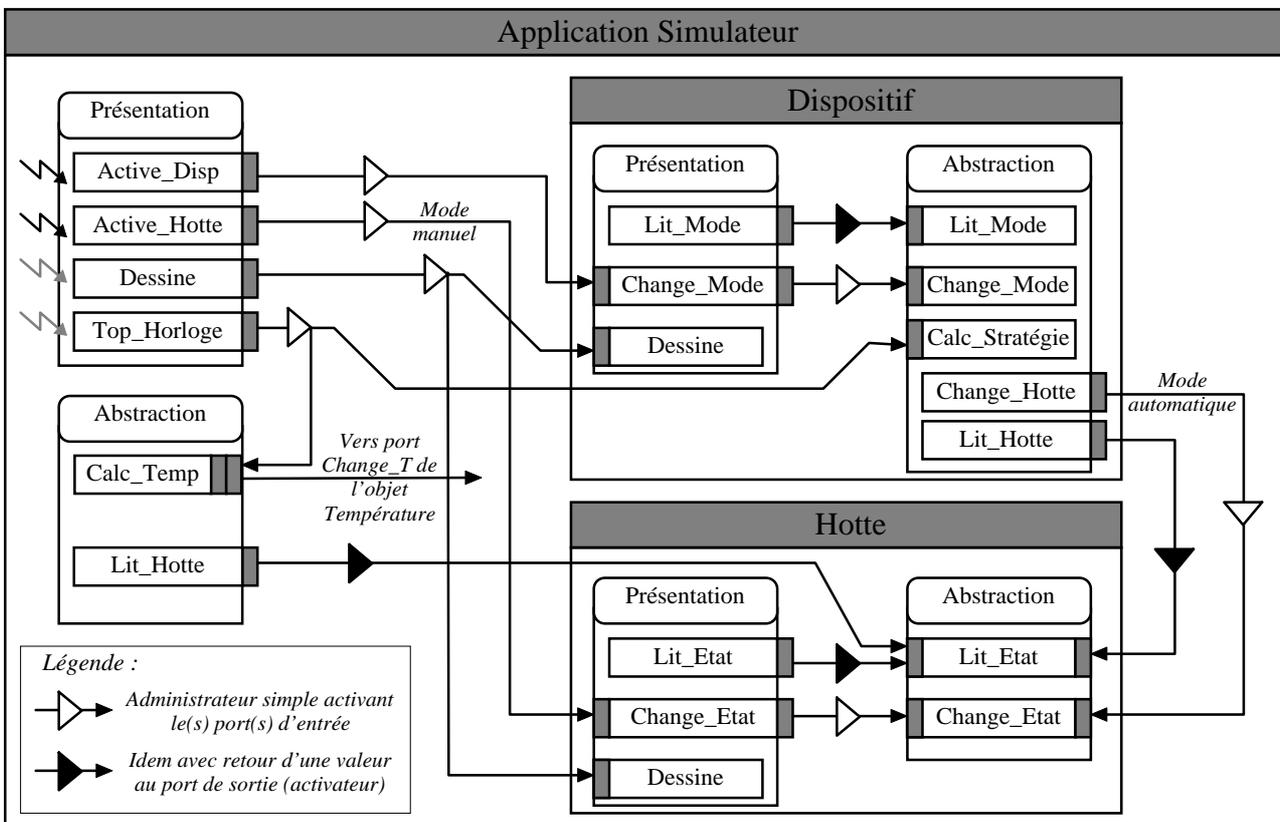


Figure 1: Modélisation AMF partielle du logiciel (stratégie par capteurs)

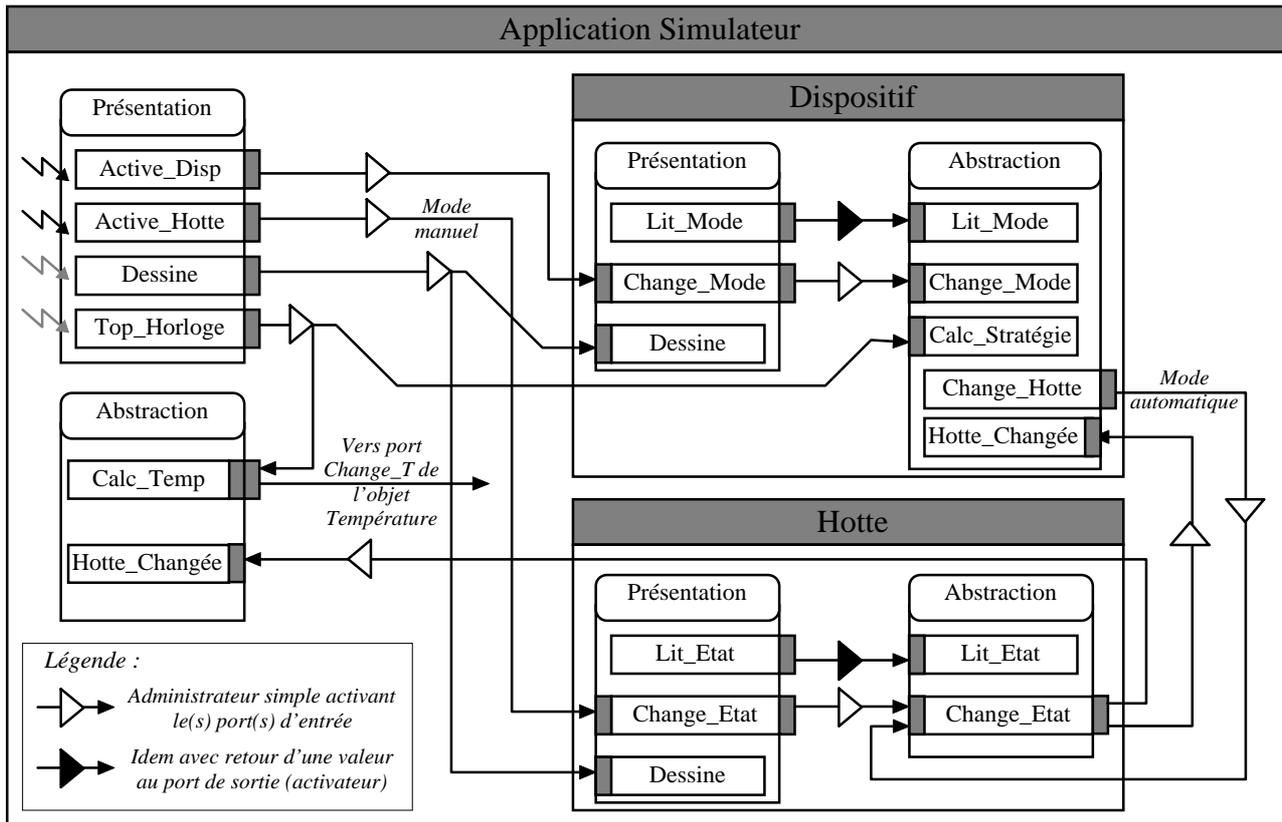


Figure 2: Modélisation AMF partielle du logiciel (stratégie informative)

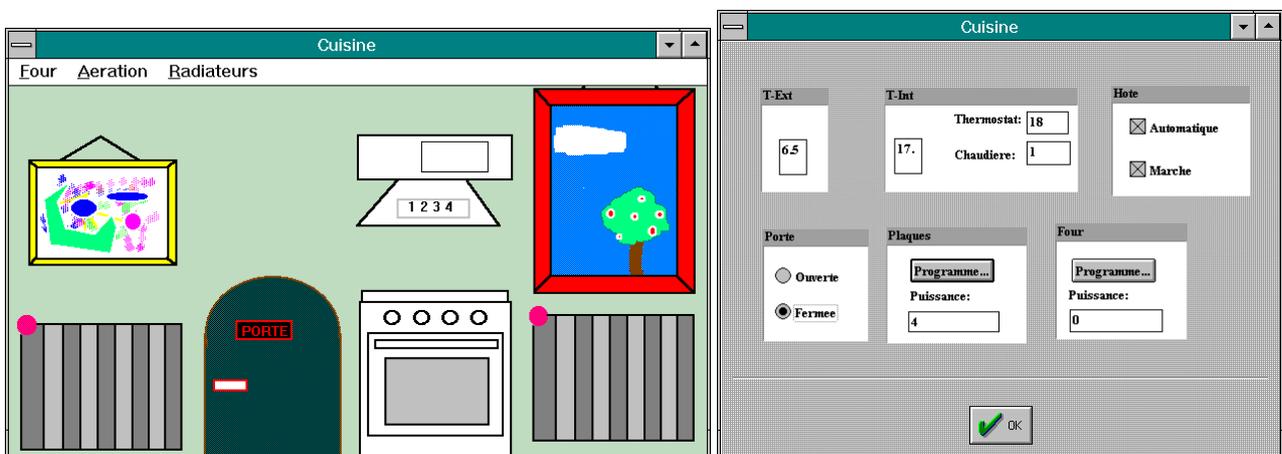
pris plaisir à intégrer leurs connaissances en automatique (régulation). Il faut donc bien déterminer si l'on conçoit l'interface ou l'application interactive toute entière.

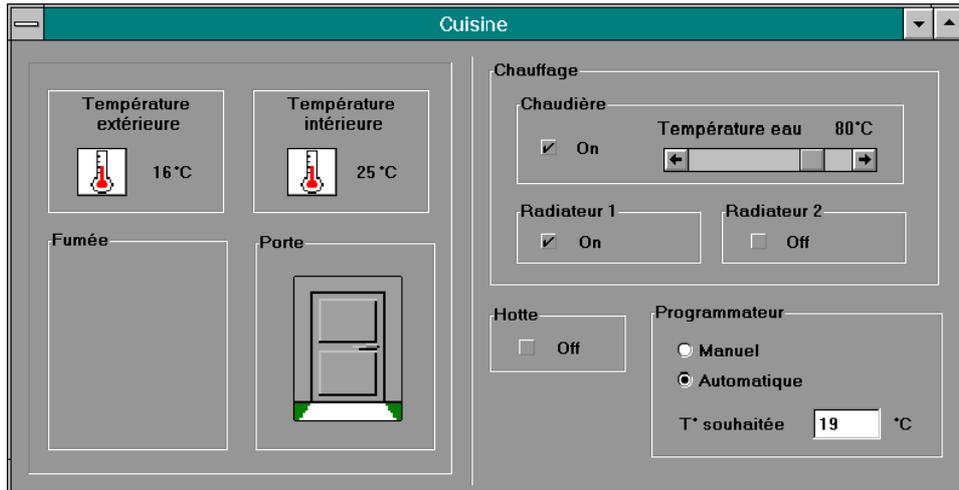
Nous nous proposons de montrer lors de l'atelier les solutions les plus intéressantes et de prolonger le travail déjà réalisé par des essais d'implémentation alternatifs au niveau architectural (d'autres modèles d'architecture) et au niveau ergonomique (d'autres présentations).

BIBLIOGRAPHIE

1. Ouadou K., AMF : Un modèle d'architecture multi-agent multi-facette pour Interfaces Homme-Machine et les outils associés, ThD, ECL, 1994
2. Tarpin-Bernard F. & al., Collecticiel: modèle d'architecture et validation sur un exemple, Interface mondes réels et virtuels, Montpellier 1995. 401-414
3. Tarpin-Bernard F., AMF Coopératif (AMF-C) : Un modèle d'architecture pour collecticiels synchrones, AGI'96, Tours, 6-7 Juin 1996

ANNEXE : Exemples d'interfaces pour la gestion domotique de l'énergie





Evolution de l'interface selon le mode de fonctionnement (manuel ou automatique)

