

Maison Intelligente Réactive pour la sécurité des personnes : apport de la Théorie de Contrôle par Supervision

Antoine Butez*, Gregory Faraut*

* LURPA, ENS de Cachan
61 avenue du Président Wilson, 94235 Cachan Cedex - France
(prenom.nom@lurpa.ens-cachan.fr)

Résumé : Peu de travaux se basent sur les systèmes à événements discrets pour modéliser la sécurité des personnes à leur domicile. Ils ont pourtant l'avantage d'être peu coûteux, de respecter la vie privée car pauvre en information, et d'être particulièrement discrets. Dans cet article, nous proposons d'introduire des automates à états finis à priorité partielle pour modéliser des personnes à leur domicile, et les actionneurs et capteurs de leur habitat instrumenté, dans le but de veiller en temps-réel que les situations dangereuses ne se produisent pas. Pour cela, l'habitant est vu comme un générateur incontrôlable d'événements, et nous utilisons la théorie de contrôle par supervision pour éviter les situations dangereuses tout en autorisant le comportement le plus permissif possible de l'habitant. Un exemple basique est présenté pour montrer l'applicabilité de la proposition.

Mots clés : Automate, Théorie de Contrôle par Supervision, Maison Intelligente

1. INTRODUCTION

De nos jours la sécurité dans les domiciles est une problématique importante. Comme le montrent les études récentes [9; 12], la majorité des accidents ont lieu dans un domicile. De plus, les personnes les plus touchées sont les enfants de moins de 10 ans et les personnes âgées de plus de 65 ans. Ces chiffres sont en constante hausse chaque année et il est donc primordial d'assurer la sécurité de ces personnes à domicile. Ceci est d'autant plus important que dans le cas des personnes âgées, celles-ci sont le plus souvent seules à domicile, aggravant les risques en cas de problème.

De nombreux travaux se sont déjà penchés sur ce domaine. C'est le cas de [15; 16] qui ont étudié la reconnaissance d'activités de personnes à l'aide de capteurs non invasifs et par le biais d'algorithmes. Ils arrivent ainsi à reconstituer le comportement de la personne dans un appartement. Dans [2] une méthode hiérarchique, utilisant des structures de graphe de décompositions d'activités en sous-activités, permet de cibler celles-ci précisément et de connaître le comportement de la personne en temps réel. D'autres travaux se focalisent sur la chute de personnes et les problèmes de santé [14; 17; 10; 7; 8]. Ils se basent sur des méthodes d'analyse de données envoyées par des capteurs invasifs (microphones, caméras vidéos, ...) et non invasifs (détecteurs de mouvement, thermomètres, hydromètres, contacteurs de portes). Des recherches ont été menées récemment pour estimer la localisation des habitants par l'utilisation de modèles de Systèmes à Événements Discrets (SED) [5; 6; 3]. Selon une topologie connue de l'appartement et de l'ensemble des capteurs binaires présents à l'intérieur (détecteurs de mouvements infrarouges, contacteurs de portes et de fenêtres),

il est possible de modéliser le comportement des capteurs ainsi que la présence dans les pièces de la personne par un automate à états finis où les places représentent la position de la personne. Ce modèle permet de suivre en temps réel le positionnement des personnes dans son lieu de vie. Une extension de ces travaux à également permis de construire, sur la même base d'hypothèses, un modèle de comportement des habitudes de vie en vue de détecter des déviations de comportement [13].

Les travaux existant dans la littérature ne se focalisent que très rarement sur l'anticipation des situations à risques et peu proposent un modèle mathématique formel. Dans ce papier, nous proposons une démarche permettant de générer un automate représentant le comportement admissible (i.e. respectant toutes les conditions de sécurité pour les habitants), tout en leur permettant le comportement le plus libre possible. Pour ce faire, nous utilisons la Théorie de Contrôle par Supervision éprouvée dans le monde industrielle pour sa capacité à restreindre un comportement pour respecter des spécifications tout en assurant un comportement libre. Notre problématique ici se pose sur l'habitant, qui est par définition un élément incontrôlable. Nous montrons que tout en lui permettant de réaliser ce qu'il souhaite, nous pouvons contrôler son environnement afin que celui-ci respecte les principes de sécurité. De plus, cette démarche s'appuie sur les travaux de localisation et de modélisation des activités cités précédemment.

La section 2 présente la méthode de modélisation par Automates à États Finis (AEF), la Théorie de Contrôle par Supervision (SCT) et en montera les limites. La section 3 traitera des automates à priorités permettant d'adapter la SCT à un habitant incontrôlable. Enfin, avant de

conclure, la dernière section sera consacrée à l'applicabilité de la démarche avec un exemple basique de sécurité.

2. THÉORIE DE CONTRÔLE PAR SUPERVISION ET LIMITES

2.1 Formulation du problème

Dans le but de concevoir une maison intelligente et réactive, il est primordial de respecter certaines conditions:

- respect de la vie privée,
- pas de modèle commun de l'être humain,
- résultats exploitables et utilisables,
- comportement le plus libre possible.

Le premier point, qui est souvent le plus important au yeux des habitants, implique que la technologie employée doit être la moins intrusive possible afin d'avoir une acceptation des personnes pour pénétrer les habitations. Si les caméras permettent d'extraire de nombreuses informations, peu de personnes sont prêtes à en installer une, voir plusieurs, chez elles. Si nous rajoutons les problèmes de coût pour instrumenter une maison, tout nous oriente vers l'utilisation de capteurs binaires : ils sont bon marché, ont une information très pauvre donc respectent la vie privée, et sont extrêmement discrets. Concernant le deuxième point, nous partons du principe que les démarches proposées pour les maisons intelligentes doivent pouvoir s'adapter à n'importe quel habitant, quelles que soient ses habitudes de vies et ses activités. Nous ne pouvons donc pas partir d'un questionnaire ou d'un modèle *a priori* de connaissance sur le comportement de l'habitant. De plus, l'objectif de la démarche est de fournir un modèle permettant de rendre l'habitation intelligente et respectant des contraintes de sécurité. Enfin, rendre une maison intelligente et réactive sous-entend qu'elle sait réagir aux comportements que nous lui avons programmés. Cependant un habitant est capable de réaliser un très grand nombre de tâches différentes. Sauf à le restreindre dans son comportement, il est nécessaire d'être en mesure de fournir un modèle permettant le comportement le plus permissif possible, et ne restreignant que les situations dangereuses. Ainsi, tout est indiqué pour l'utilisation de la théorie de contrôle par supervision, qui s'appuie sur des événements discrets, permet de respecter les contraintes qu'on lui indique, et qui assure un comportement le plus permissif admis.

2.2 Automates à Etats Finis

Notre proposition se base sur la théorie de Ramadge et Wonham [11]. Cette théorie s'appuie sur une séparation entre les modèles représentant ce que le système peut faire (le procédé est ici l'être humain et est incontrôlable), ce que le système doit ou ne doit pas faire (les propriétés de sécurité), ce que le système devrait faire (le comportement désiré) et ce que le système fera (le comportement admis). L'automate $G = (X, E, \delta, x_0, X_m)$ modélise le procédé incontrôlable, avec X l'ensemble des états, E est l'ensemble fini des événements associés aux transitions de G , $\delta : X \times E \rightarrow X$ est la fonction partielle de transition, x_0 est l'état initial et $X_m \subseteq X$ est l'ensemble des états marqués.

Soit E^* l'ensemble de toutes les séquences d'événements de E , incluant le mot vide ε . La fonction δ est étendue à $\delta : X \times E^* \rightarrow X$. Tout sous-ensemble de E^* est appelé langage sur E . Les langages associés à G sont le comportement fermé $L(G) = \{s \in E^* | \delta(x_0, s)!\}$ et le comportement marqué $L_m(G) = \{s \in E^* | \delta(x_0, s) \in X_m\}$. $L(G)$ représente l'ensemble de toutes les trajectoires possibles, i.e. tous les comportements possibles du système, tandis que $L_m(G)$ décrit le sous-ensemble des trajectoires menant à un état marqué. Dans notre cas, tous les états de nos modèles seront marqués, on peut donc assimiler par la suite que $L(G) = L_m(G)$. En effet, un état marqué représente un état final du modèle, or tous les états de nos modèles peuvent être finaux.

Supposons que l'automate G modélise le comportement non contrôlé du procédé. Ce comportement n'est pas acceptable et doit être restreint à un sous-ensemble de $L(G)$. Soit la spécification représentée par l'automate $Sp = (Q, E, \xi, q_0, Q_m)$ avec Q l'ensemble des états, E le même alphabet que G , q_0 l'état initial et Q_m l'ensemble des états marqués. Cette spécification représente les conditions de vivacité et de sécurité du procédé. L'objectif est d'y joindre un superviseur, noté S , pour interagir avec G . Pour cela, l'alphabet E est décomposé en deux sous-ensembles disjoints E_c et E_{uc} , qui sont respectivement l'ensemble des événements contrôlables et l'ensemble des événements incontrôlables. Les événements contrôlables sont des événements qui peuvent être interdits par le superviseur S , les événements incontrôlables, quant à eux, ne peuvent pas l'être. Formellement, le superviseur S est une fonction définie sur le langage généré par G à valeurs dans l'ensemble des parties de E (l'ensemble de sous-ensembles de E) : $S : L(G) \rightarrow 2^E$. Notre but est de trouver le procédé contrôlé modélisé par l'automate $H = (Y, E, \tau, y_0, Y_m)$ tel que :

- Le langage marqué de H soit inclus dans celui de G : $L_m(H) \subseteq L_m(G)$.
- Le procédé contrôlé doit satisfaire la spécification : $L_m(H) \subseteq L_m(G \parallel Sp)$.
- Le procédé contrôlé est contrôlable, i.e. un superviseur S tel que $L(S/G) = L(H)$ existe.

Si $L(G \parallel Sp)$ est contrôlable en regard de $L(G)$, alors $H = G \parallel Sp$. Sinon, il est possible de déterminer un automate qui générera le plus grand sous-langage contrôlable de $L(G \parallel Sp)$ appelé *langage suprême contrôlable*. Si cet automate existe, le procédé contrôlé est non-bloquant et le moins restrictif possible.

2.3 Limites de la SCT

Cette méthode basique de modélisation reste trop restrictive du point de vue du résultat voulu. En effet, une humain est par définition incontrôlable, et quelle que soit la modélisation faite en utilisant la SCT, il existera toujours au moins un chemin incontrôlable menant vers un état interdit. Ainsi, la seule solution fournie par la SCT actuelle serait d'empêcher un être humain de bouger. Par exemple, si on considère que l'utilisation du gaz peut mener à une explosion, à un incendie ou à une brûlure, suivant les cas, et que l'ouverture du gaz est faite par l'habitant, le seul moyen de le protéger et d'empêcher l'ouverture du gaz purement et simplement.

Une solution triviale pour résoudre ce conflit est celle d'ajouter un actionneur "automatique" qui pourrait simuler les gestes de la personne lors de son absence comme par exemple l'ajout d'un système de vanne automatique de coupure de gaz lorsque l'on atteint un niveau critique. Cependant, cela ne permet toujours pas d'utiliser la SCT. En effet, d'un point de vue formel, l'ajout de ces actionneurs ne garantissent pas le respect des spécifications de sécurité car un événement incontrôlable menant à un état interdit (i.e explosion) peut toujours se produire avant un événement contrôlable (coupure du gaz). Ceci vient du fait que la SCT génère tous les chemins possibles (avant de chercher la possibilité de les restreindre).

3. CONTRIBUTION

La SCT classique considère que tous les chemins possibles, indépendamment des contraintes, peuvent être générés, rendant ainsi l'existence de chemin non désiré, car conduisant vers un état interdit, possible. Cependant, ceci ne reflète pas la réalité où certains événements peuvent être générés avant d'autres. Ceci repose sur l'hypothèse que le contrôleur est infiniment plus rapide que le procédé, i.e. que le contrôleur agissant sur la coupure de gaz agira plus vite que le temps nécessaire pour accumuler le gaz et mener vers une situation dangereuse. Une manière de modéliser cette hypothèse est de considérer que certains événements sont prioritaires devant d'autres. L'extension de la SCT pour prendre en compte des priorités entre événements est l'objet de notre contribution et est illustrée sur la figure 1.

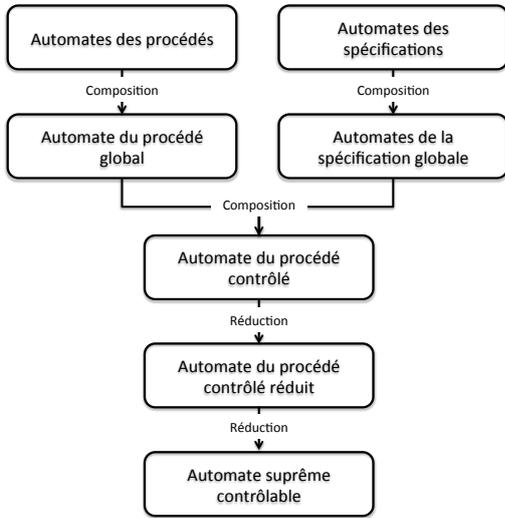


Fig. 1. Etapes de la démarche

3.1 Automates à priorité totale

Ce modèle se base sur les automates de la SCT classique. L'ensemble des événements contrôlable de l'automate composé $G \parallel Sp$ est divisé en deux sous-ensembles disjoints $E_c = E_p \cup E_{np}$ où E_p et E_{np} sont respectivement l'ensemble des événements prioritaires et l'ensemble des événements non prioritaires de E_c . La stratégie se base sur la réduction du langage de $G \parallel Sp$ en utilisant un algorithme de suppression des événements non prioritaires devant les prioritaires. L'algorithme 1 décrit la méthode proposée,

il se propose de construire un automate R , définie par son langage $L(R)$, étant l'automate réduit aux priorités de $G \parallel Sp$.

Algorithm 1 Algorithme de réduction des automates à priorités

Require: $L(G \parallel Sp)$, E_p , E_{np}

Ensure: $L(R)$

1. *Initialisation*

$L(R) = L(G \parallel Sp)$

2. *Réduction des séquences non prioritaires*

for all $s \in L(R)$ **do**

if $\exists(e_p, e_{np}) \in E_p \times E_{np}$ tel que $(se_p, se_{np}) \in (L(R))^2$

then

$L(R) = L(R) \setminus \{se_{np}\}$

end if

end for

3. *Retour du résultat*

Return $L(R)$

De cet automate R , il est possible alors d'en extraire l'automate suprême contrôlable H selon la technique mise en place par Ramadge et Wonham[11]. Cet automate est le procédé contrôlé admissible du système, c'est-à-dire le comportement admissible des personnes au regard des contraintes de sécurité. Les automates obtenus par cette méthode sont moins restrictifs que par le modèle des automates à états finis classiques. Néanmoins ce résultat n'est pas satisfaisant d'un point de vue possibilité d'action de la personne. En effet, en interprétant le résultat illustré sur la figure 2 : quand le gaz est mis en route dans la cuisine, il est instantanément coupé par l'événement de coupure automatique par question de sécurité. En conclusion, si la priorisation des événements permet de supprimer des chemins incontrôlables, il ne permet pas de réaliser des actions dangereuses (i.e. faisant partie d'un chemin menant vers une situation dangereuse). Il est donc nécessaire d'instaurer des conditions à la priorisation des événements, de manière à autoriser les chemins menant à des situations dangereuses sans pour autant les laisser aller jusqu'à l'état dangereux.

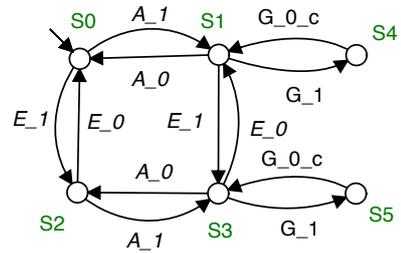


Fig. 2. Automate suprême contrôlable obtenu par les automates à priorité totale

3.2 Automates à priorité partielle

Pour obtenir des modèles moins restrictifs d'un point de vue théorique et ne pas autoriser que les événements prioritaires, il faut restreindre ces priorités à certains chemins possibles dans le langage de $L(G \parallel Sp)$. Pour ce faire, nous proposons de considérer la notion de priorité en y ajoutant des conditions. Cependant, le formalisme des

automates à états finis classiques n'est plus suffisant pour obtenir ses priorités sous conditions. Nous proposons donc d'utiliser le formalisme des *automates étendus*.

Un automate étendu se définit comme un septuplet $G = (X, E, A, Gu, \delta, x_0, X_m)$ avec :

- X est l'ensemble des états. $X = Q \times V$ où Q est l'ensemble des places et V le domaine de définition des variables.
- E est l'ensemble des événements de G . $E = E_c \cup E_{uc}$.
- A est l'ensemble des actions $a : V \rightarrow V$.
- Gu est l'ensemble des gardes construites sur V .
- δ est la fonction de transition. $\delta : X \times E \times A \times Gu \rightarrow X$.
- x_0 est l'état initial. $x_0 = (q_0, v_0)$.
- X_m est l'ensemble des états marqués. $X_m \subseteq X$.

Comme pour les automates classiques, les états marqués et les états des modèles sont identiques $X = X_m$.

Les automates étendus peuvent aussi être appelés *automates gardés*. A chaque transition de l'automate, une garde et une action y sont ajoutées. Une action correspond à l'affectation d'une valeur à une ou plusieurs variables, tandis que les gardes sont des conditions de franchissement des transitions. Une transition n'est franchissable que si les variables de l'état amont vérifient les conditions de la garde. Ce sont ces gardes et ces actions qui porteront la notion de priorité dans les automates. Pour cela, nous introduisons la variable de priorité $p \in \{0, 1\}$, $p = 0$ la transition n'est pas prioritaire, $p = 1$ la transition est prioritaire. De plus, nous introduisons les deux actions de priorité et non-priorité $Prio : p \mapsto 1$ et $NonPrio : p \mapsto 0$. Ces deux actions vont pouvoir déterminer la priorité d'action des actionneurs automatiques par rapports aux autres actions du système. $Prio$ priorisera les événements des actionneurs automatiques, tandis que $NonPrio$ les dépriorisera.

Pour pouvoir utiliser la théorie de contrôle par supervision, l'opération de composition des automates étendus doit être redéfinie : Pour deux automates

$B_1 = (X_1, E_1, A_1, Gu_1, \delta_1, x_{01}, X_{m1})$ et $B_2 = (X_2, E_2, A_2, Gu_2, \delta_2, x_{02}, X_{m2})$ l'automate composé $B_1 \parallel B_2$ est définie par : $B_1 \parallel B_2 = (X_1 \times X_2, E_1 \cup E_2, A_1 \cup A_2, Gu_1 \cup Gu_2, \delta, (x_{01}, x_{02}), X_{m1} \times X_{m2})$

Il est possible de remarquer que dans le modèle de l'automate composé, certaines transitions seront infranchissables. Par exemple, sur la figure 3, on remarque que pour l'étape amont des deux transitions, la variable de priorité vaut $p = 1$, or les gardes des deux transitions diffèrent; une a comme garde $p = 0$ et l'autre $p = 1$. Il est bien claire que la variable p valant toujours 1 en amont, il sera donc impossible de franchir la transition gardée par $p = 0$. Nous pouvons donc la supprimer du modèle pour réduire l'espace d'état. C'est ainsi qu'est mis en place l'algorithme 2 pour supprimer ces transitions infranchissables.

Une fois l'automate composé réduit, il est alors possible d'appliquer la SCT pour créer le contrôleur du graphe réduit. La théorie initiale ne prends pas en compte les gardes et les actions, mais l'automate étant réduit par l'algorithme 2, il n'oppose plus aucun conflit du point de

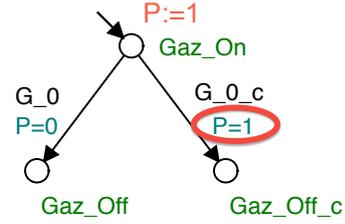


Fig. 3. Transition gardée infranchissable

Algorithm 2 Algorithme de réduction des automates à priorités partielles

Require: $B_1 \parallel B_2$

Ensure: Automate réduit R

1. *Initialisation*

$R = B_1 \parallel B_2$

2. *Réduction des séquences non prioritaires*

for all $(x_1, x_2) \in (X_1 \times X_2)^2$ tel que $\exists (e, a, g) \in (E_1 \cup E_2) \times (A_1 \cup A_2) \times (Gu_1 \cup Gu_2)$ et que $\delta(x_1, e, a, g) = x_2$

do

if $v_{x_1} \neq g$ **then**

δ n'est plus définie pour (x_1, e, a, g)

end if

end for

3. *Retour du résultat*

Return R

vue des gardes et des actions. Il est alors possible de considérer l'automate étendu à priorité partielle comme un automate à états finis classique. On obtient donc l'automate suprême contrôlable H , qui sera le moins restrictif possible car les priorités partielles permettent à l'expert concepteur du système de déterminer les séquences où les actionneurs automatiques ne seront plus prioritaires par rapports à d'autres événements produits par les personnes.

4. EXEMPLE

4.1 Contexte

Un problème persistant dans les maisons est celui des risques dus au gaz : explosion par accumulation, brûlure, intoxication, etc. C'est pourquoi nous nous proposons de considérer cette situation comme exemple applicatif simple.

4.2 Description et modélisation

Considérons le système suivant : deux habitants se trouvent dans un appartement : un adulte et un enfant. L'adulte est modélisé par l'automate G_A et l'enfant par G_E , illustrés respectivement par les figures 4 et 5. Les événements représentant l'entrée et la sortie des habitants dans la cuisine sont $A.1, A.0$ pour l'adulte et $E.1, E.0$ pour l'enfant. Ces événements sont évidemment considérés comme incontrôlables de par la nature de ceux qui les génèrent. En effet il est impossible de contrôler le moment où une personne va entrer ou sortir de la cuisine. De plus, nous considérons que seul un adulte peut allumer le gaz. Cette hypothèse est envisageable car nous savons quelle personne entre dans la pièce. Si nous détectons que l'enfant entre seul dans la cuisine (absence de l'adulte), il est

possible d'activer une sécurité qui l'empêchera d'allumer le gaz. Les événements d'allumage et d'extinction du gaz sont G_1, G_0 .

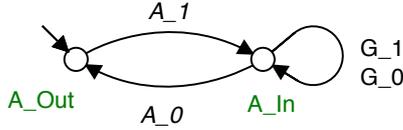


Fig. 4. Automate G_A modélisant l'adulte

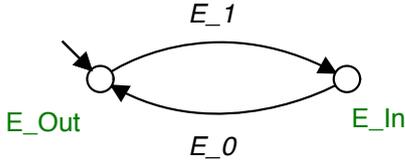


Fig. 5. Automate G_E modélisant l'enfant

Comme considéré dans la section 2.3, il est nécessaire d'ajouter un actionneur de coupure automatique dans le but de contrôler la coupure du gaz en cas d'alerte. C'est pourquoi l'automate de comportement du gaz G_G , illustré sur la figure 6, comporte en plus des événements d'allumage et de coupure manuel G_1, G_0 , l'événement $G_0.c$, qui correspond à la coupure automatique par une vanne de sécurité. De plus, on renseigne sur ce modèle les événements de passage de seuil du capteur de concentration de gaz dans l'air. Les priorités sont aussi ajoutées sur cet automate. L'événement de coupure $G_0.c$ est tirable uniquement lorsque la priorité est à 1, tandis que G_0 , $Seuil_1$, $Crit_1$ le sont quand la priorité est à 0.

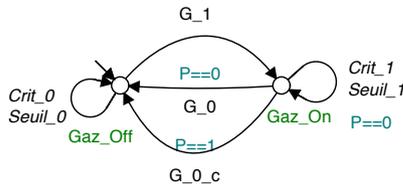


Fig. 6. Automate G_G modélisant le système de Gaz

Ce capteur de concentration de gaz dans l'air ambiant donne quant à lui quatre informations $Seuil_0$, $Seuil_1$, $Crit_0$, $Crit_1$. Ces informations sont celles de passage de la concentration du gaz dans l'air au seuil de prévention $Seuil$, et celui au seuil Critique $Crit$ (Risque d'explosion). Ces comportements sont regroupés dans l'automate G_C illustré par la figure 7. Les affectations de la variable priorité sont effectuées dans ce modèle; l'action $Prio$ est affectée à la transition associée à l'événement $Seuil_1$, et l'action $NonPrio$ est affectée à la transition associée à $Seuil_0$.

Le point important de la modélisation est celui des spécifications. En effet, cette dernière dépend de la traduction informelle/formelle faite par le concepteur. Pour cet exemple, on ne se concentrera que sur une seule spécification de sécurité : Si un niveau critique de gaz est atteint, alors celui-ci est immédiatement coupé. Cette

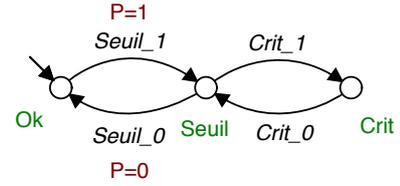


Fig. 7. Automate G_C modélisant les capteurs

spécification est modélisée par l'automate S , représenté par la figure 8.

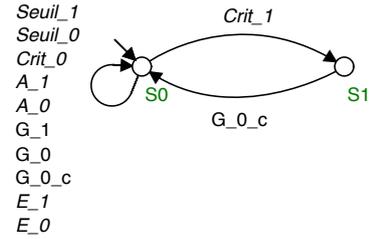


Fig. 8. Automate S modélisant la spécification

4.3 Résultats

A partir des modèles précédemment construits est créé l'automate du procédé G par la composition de tous les automates des procédés $G = G_A \parallel G_E \parallel G_G \parallel G_C$. L'automate du procédé G est alors composé avec l'automate de la spécification S pour obtenir l'automate du procédé contrôlé $G \parallel S$, illustré par la figure 9. Nous procédons ensuite à la réduction de cet automate en utilisant l'algorithme de réduction des priorités partielles 2. Le résultat de cette réduction est donnée par le graphe $(G \parallel S)_{Red}$ sur la figure 10. On remarque que le langage ainsi créé par l'automate réduit $(G \parallel S)_{Red}$ respecte les trois conditions que l'automate du procédé contrôlé doit respecter 2.2. Donc l'automate suprême contrôlable du système est alors $H = (G \parallel S)_{Red}$.

4.4 Discussion

L'automate H suprême contrôlable respecte bien les spécifications et assure la sécurité des habitants dans la maison. En effet, on constate que l'état critique du niveau de gaz dans l'air ambiant n'est jamais atteint, ainsi tous les risques d'accidents liés aux explosions sont écartés. Ce modèle ne restreint pas non plus le comportement des personnes à l'intérieur de la cuisine. Elles peuvent entrer et sortir à leur convenance, et allumer le gaz sans que celui-ci soit coupé à l'instant d'après.

Nous avons étendu cet exemple en ajoutant des actionneurs et des spécifications complémentaires, afin de se rapprocher d'une habitation instrumentée plus réaliste. Dans cet autre exemple, il est possible d'ouvrir, et fermer, les fenêtres et les portes de la cuisine lorsque le niveau critique de gaz a été atteint, tout en vérifiant de ne pas laisser les personnes coincées à l'intérieur de la cuisine. L'objectif étant qu'en cas de détection de gaz trop importante, il

| Automates | $ X $ | $ E $ | $ \rightarrow $ |
|-------------------------|-------|-------|-----------------|
| G | 146 | 15 | 406 |
| S | 8 | 15 | 54 |
| $G \parallel S$ | 188 | 15 | 754 |
| $(G \parallel S)_{Red}$ | 68 | 13 | 240 |

Tableau 1. Taille des automates pour l'étude complète

faut empêcher les habitants d'entrer tout en aérant pour réduire la quantité de gaz. Pour cet exemple, le tableau 1 donne les tailles des différents automates.

5. CONCLUSION

Cette contribution présente une méthode formelle permettant de modéliser le comportement d'une maison intelligente réactive dans le but de respecter certaines règles de sécurité. Les AEF sont un formalisme standard de modélisation des SED. Une extension de ce formalisme a été mis en place pour permettre d'assurer la sécurité des personnes dans leur environnement tout en restreignant au minimum leur comportement. Ce formalisme comprend des automates étendus qui permettent d'ajouter aux modèles de la SCT classique des conditions de priorités partielles.

Des futures travaux se porteront sur l'application de la démarche à des maisons instrumentées par un grand nombre de capteurs et d'actionneurs, d'y inclure comme spécifications les cas les plus répandus des accidents de la vie courante, et d'en extraire un contrôleur permettant d'éliminer définitivement les situations à risques.

RÉFÉRENCES

- [1] CASSANDRAS, C. G., AND LAFORTUNE, S. *Introduction to Discrete Event Systems*. Springer-Verlag New York, Inc., Secaucus, NJ, USA, 2006.
- [2] CHIKHAOUI, B., WANG, S., AND PIGOT, H. Activity recognition in smart environments: An information retrieval problem. In *Proc. of the 9th International Conference on Smart Homes and Health Telematics, ICOST'11* (Montreal, Canada, 2011).
- [3] DANANCHER, M., FARAUT, G., LESAGE, J.-J., AND LITZ, L. A DES Simulator for Location Tracking of Inhabitants in Smart Home. In *Proceedings of the 8th EUROSIM Congress on Modelling and Simulation - EUROSIM 2013* (Cardiff, Wales, United Kingdom, Sept. 2013), pp. 330–335. 6 pages.
- [4] DANANCHER, M., LESAGE, J.-J., AND LITZ, L. Indoor location tracking based on a discrete event model. In *Proc. of the 10th International Conference on Smart Homes and Health Telematics, ICOST'12* (Artimino, Italy, 2012).
- [5] DANANCHER, M., LESAGE, J.-J., LITZ, L., AND FARAUT, G. A Discrete Event Model for Multiple Inhabitants Location Tracking. In *9th IEEE International Conference on Automation Science and Engineering - CASE 2013* (Madison, WI, United States, Aug. 2013), pp. 922–927. 6 pages.
- [6] DANANCHER, M., LESAGE, J.-J., LITZ, L., AND FARAUT, G. Online Location Tracking of a Single Inhabitant based on a State Estimator. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics - SMC 2013* (Manchester, United Kingdom, Oct. 2013), pp. 391–396.
- [7] FLEURY, A. *Détection de motifs temporels dans les environnements multi-perceptifs. Application à la classification automatique des Activités de la Vie Quotidienne d'une personne suivie à domicile par télé-médecine*. PhD thesis, Université de Grenoble 1 – Joseph Fourier, 2008.
- [8] FLEURY, A., VACHER, M., AND NOURY, N. Svm-based multimodal classification of activities of daily living in health smart homes: sensors, algorithms, and first experimental results. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine* 14(2) (2010), 274 – 283.
- [9] INVS. Enquête permanente sur les accidents de la vie courante, résultats 2012. Tech. rep., novembre 2013.
- [10] NOURY, N., FLEURY, A., RUMEAU, P., BOURKE, A. K., LAIGHIN, G., RIALLE, V., AND LUNDY, J. E. Fall detection - Principles and Methods. *Conference proceedings : Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. 1* (2007), 1663–6.
- [11] RAMADGE, P., AND WONHAM, W. Supervisory control of a class of discrete event processes. *SIAM Journal on Control and Optimization* 25, 1 (1987), 206–230.
- [12] RICHARD, JEAN-BAPTISTE RICHARD; THÉLOT, B. B. F. Accidents de la vie courante : baromètre santé 2010. Tech. rep., INPES, 2013.
- [13] SAIVES, J., AND FARAUT, G. Automated Generation of Models of Activities of Daily Living. In *12th International Workshop on Discrete Event Systems-WODES 2014* (Cachan, France, May 2014), pp. 13–20.
- [14] SCHULZE, B., FLOECK, M., AND LITZ, L. Concept and design of a video monitoring system for activity recognition and fall detection. In *Proceedings of the 7th International Conference on Smart Homes and Health Telematics: Ambient Assistive Health and Wellness Management in the Heart of the City* (2009), ICOST '09, pp. 182–189.
- [15] TAPIA, E., INTILLE, S., AND LARSON, K. Activity recognition in the home using simple and ubiquitous sensors. *IEEE Pervasive Computing* (2004), 158–175.
- [16] TAPIA, E. M., INTILLE, S. S., HASKELL, W., LARSON, K., WRIGHT, J., KING, A., AND FRIEDMAN, R. Real-time recognition of physical activities and their intensities using wireless accelerometers and a heart monitor. In *Proc. Int. Symp. on Wearable Comp.* (2007), pp. 37 – 40.
- [17] VACHER, M., PORTET, F., FLEURY, A., AND NOURY, N. Challenges in the processing of audio channels for ambient assisted living. In *IEEE Health-Com 2010, 12th International Conference on E-health Networking, Application and Services* (Lyon, France, July 2010), pp. 330–338.

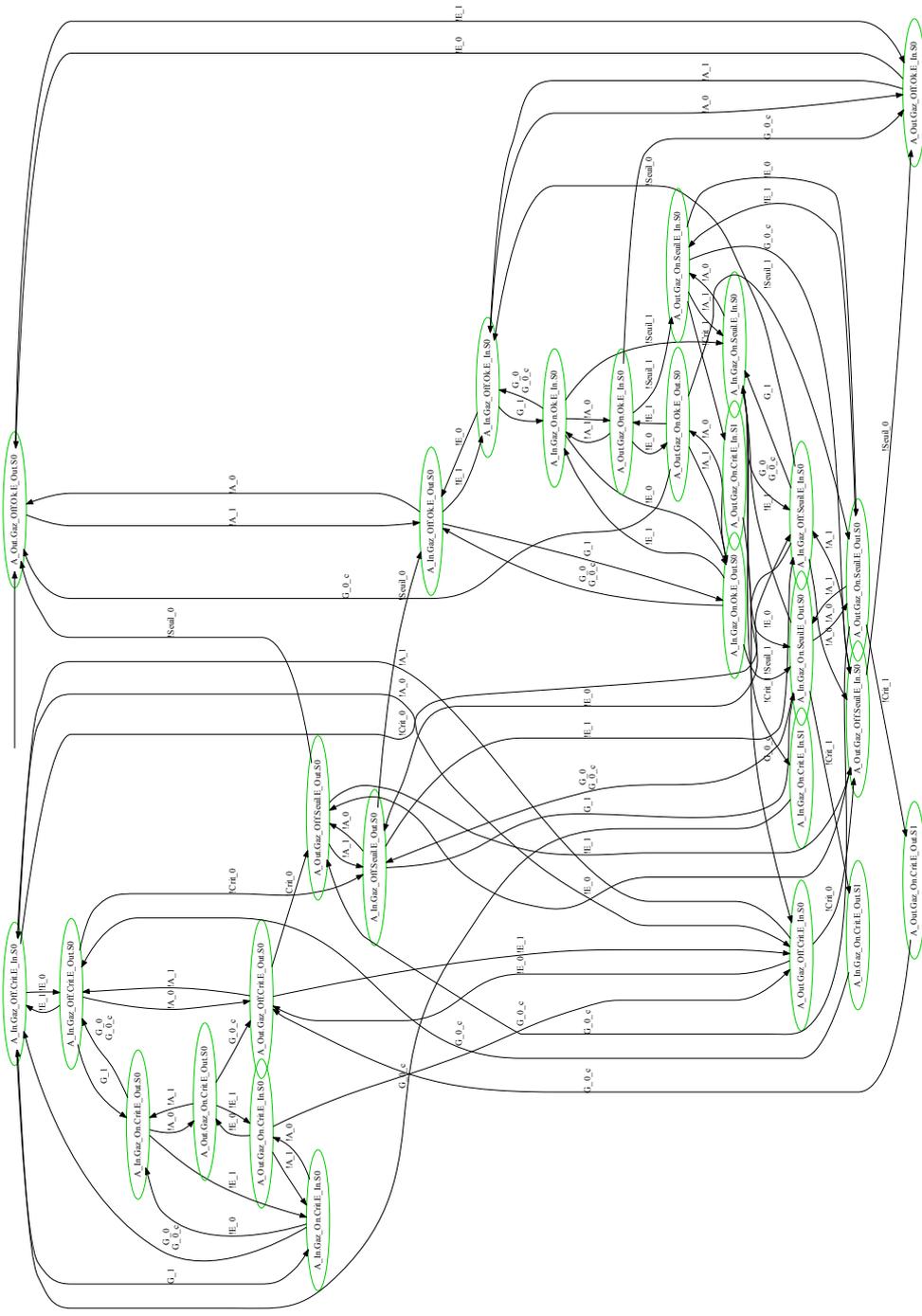


Fig. 9. Automate $G \parallel S$ modélisant le procédé contrôlé

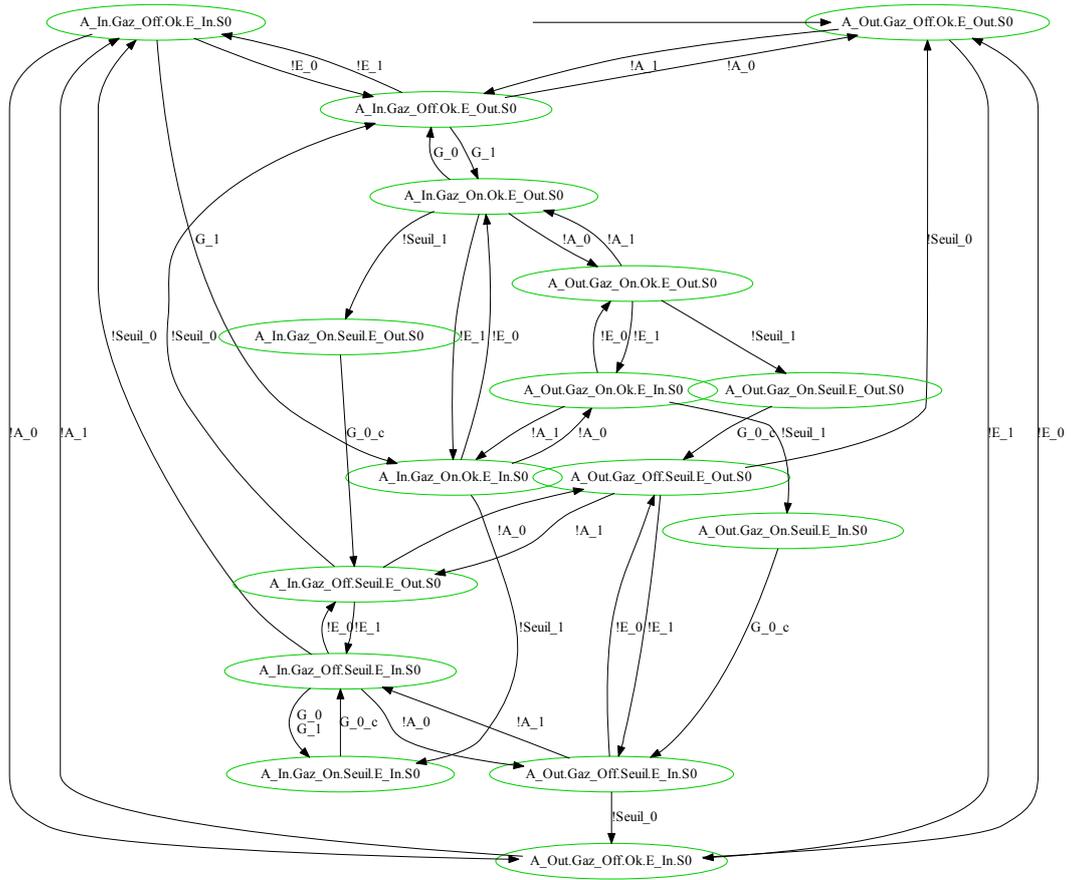


Fig. 10. Automate $H = (G \parallel S)_{Red}$ suprême contrôlable