

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

RECONNAISSANCE D'ACTIVITÉS DE BASE À L'AIDE DE RÉSEAUX BAYÉSIENS
DANS
LE CADRE D'UN HABITAT INTELLIGENT EN TÉLÉSANTÉ

MÉMOIRE
PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN INFORMATIQUE

PAR
CÉLINE DESCHENEAUX

JANVIER 2007

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

À la mémoire de ma grand-mère, Rollande Descheneaux,
sculpteure, peintre et femme de tête,
À mes parents,
À mes amis d'ici et d'ailleurs,
Merci pour votre soutien et vos mots d'encouragement.

REMERCIEMENTS

J'aimerais exprimer toute ma reconnaissance à Monsieur Bernard Lefebvre, Professeur à l'Université du Québec à Montréal (UQAM) en sa qualité de directeur de recherche, qui a bien voulu « m'adopter » et me faire confiance. Merci pour m'avoir fait découvrir le domaine fascinant qu'est celui des habitats intelligents en télésanté. Merci également pour vos conseils, votre patience et votre soutien qui ont été pour moi une véritable source d'inspiration.

Merci à Madame Louise Laforest, Professeur à l'UQAM et coordonnatrice du cours de programmation 1, pour m'avoir accueillie au sein de son équipe en tant que chargée de cours.

Je n'oublierai sûrement pas l'équipe extraordinaire du laboratoire GDAC, principalement Fatiha Latfi, étudiante au Doctorat en Informatique Cognitive à l'UQAM, que je remercie pour son aide précieuse et pour les délices de la cuisine marocaine qu'elle m'a fait découvrir. Aussi, je remercie mes collègues du GDAC, passés et présents, dont Khaled, Mohamed, Patrick, Mahie, Philippe, Usef, Vincent, et les autres, qui ont contribué à rendre mon environnement de travail des plus agréables tout au long de ma maîtrise et sans qui l'équipe du GDAC ne serait pas complète.

Merci également à l'équipe du laboratoire DOMUS de l'Université de Sherbrooke et à mes anciens collègues du laboratoire LATECE. Merci aussi à Étienne Gagnon, Professeur à l'UQAM, pour m'avoir incité à poursuivre des études supérieures.

Enfin, que tous ceux et celles que je n'ai pas nommés et qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail, se reconnaissent dans ces lignes. Merci à toutes ces personnes.

La réalisation de cette recherche a été rendue possible en partie grâce à l'aide financière offerte par le CRSNG par l'intermédiaire d'une bourse de maîtrise qui m'a été octroyée.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES ILLUSTRATIONS.....	vii
LISTE DES TABLEAUX	ix
RÉSUMÉ.....	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I	
PRÉSENTATION DE LA PROBLÉMATIQUE	3
1.1 Introduction générale	3
1.2 Contexte de recherche.....	5
1.2.1 Besoin / Problématique.....	5
1.2.2 Solution possible	11
1.2.3 Reconnaissance d'activités et habitudes de vie	24
1.2.4 Buts et objectifs du présent travail	33
1.3 Conclusion	34
CHAPITRE II	
RÉSEAUX BAYÉSIENS	36
2.1 Réseaux bayésiens – un bref survol	36
2.2.1 Liaison linéaire	39
2.2.2 Liaison divergente	42
2.2.3 Liaison convergente.....	43
2.2.4 Définitions supplémentaires	46
2.2.5 Pourquoi les réseaux bayésiens?.....	50
2.2.6 Éléments à considérer lors de l'utilisation de réseaux bayésiens	55
2.2 Conclusion	56

CHAPITRE III	
SYSTÈME DE RECONNAISSANCE D'ACTIVITÉS ET D'APPRENTISSAGE DES	
HABITUDES DE VIE..... 58	
3.1	Introduction..... 58
3.2	Structure globale et configuration initiale du système..... 59
3.2.1	Sous réseaux spécialisés 61
3.2.2	Éléments influençant la structure des sous réseaux 66
3.2.3	Évolution des réseaux du système 70
3.2.4	Utilisation des données générées par les réseaux 72
3.2.5	Sous réseaux de la salle de bain..... 74
3.3	Conclusion 92
CHAPITRE IV	
PRÉSENTATION DES RÉSULTATS..... 94	
4.1	Méthodologie de tests et comparaison des différentes structures possibles 94
4.1.1	Collecte de données et instanciation des tables de probabilités..... 94
4.1.2	Tests et ajustements 96
4.2	Ajustements préliminaires des sous réseaux..... 97
4.3	Résultats des tests des sous réseaux..... 98
4.3.1	Résultats : Lavabo/miroir « Med #1 » 98
4.3.2	Résultats : Lavabo/miroir « Med #2 » 110
4.4	Développements futurs possibles..... 113
4.5	Conclusion 116
CONCLUSION..... 117	
ANNEXE A	
Apparition de nouvelles pathologies ayant un impact sur les habitudes de vie..... 119	
A1.	Infection urinaire..... 120
A2.	Dépression 121
A3.	Insuffisance cardiaque 121
ANNEXE B	

EXEMPLES DE DEUX DES RÉSEAUX ABANDONNÉS	123
ANNEXE C	
STRUCTURE DES RÉSEAUX MED#1 ET MED#2, ZONE BAIN/DOUCHE.....	128
ANNEXE D	
RÉSULTATS BRUTS PARTIELS DES TESTS.....	134
Résultats des tests, sous réseaux « Med #1 ».....	135
Lavabo/Miroir	135
Bain/Douche	142
Résultats des tests, sous réseaux « Med #2 ».....	148
Lavabo/Miroir	148
Bain/Douche	150
ANNEXE E	
CODE DU RÉSEAU MÉDICAL #1 DU LAVABO	153
ANNEXE F	
CODE DU RÉSEAU MÉDICAL #2 DU LAVABO	173
ANNEXE G	
QUESTIONNAIRE PRÉLIMINAIRE et QUESTIONNAIRE POUR LA ZONE DU LAVABO.....	187
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	191

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 - Âge des aidants naturels[38].....	7
Figure 2 - Âge des patients atteints de la maladie d'Alzheimer [38].....	7
Figure 3 - Répartition des aidants naturels selon le sexe et les liens familiaux [38].....	7
Figure 4 - Nouveaux cas de démence - 2006.	9
Figure 5 - Coûts sociaux annuels par personne atteinte d'Alzheimer en fonction du degré de sévérité de la maladie.....	11
Figure 6 - Appartement intelligent et ses différents composants	14
Figure 7 – Liaison linéaire	39
Figure 8 - Liaison linéaire – État de B1 inconnu.....	40
Figure 9 - Liaison linéaire – Introduction d’une certitude sur B1	41
Figure 10 - Liaison divergente	42
Figure 11 - Liaison divergente – État de B2 inconnu.....	42
Figure 12 - Liaison divergente – Introduction d’une certitude sur B2	42
Figure 13 - Liaison convergente.....	44
Figure 14 - Liaison convergente avec certitude sur C3	45
Figure 15 - Liaison convergente avec certitude sur B3 et C3 – Cas 1	46
Figure 16 - Liaison convergente avec certitude sur B3 et C3 – Cas 2	46
Figure 17 - Vue globale de haut niveau du système.....	59
Figure 18 - Interaction entre un réseau spécialisé et le réseau global	60
Figure 19 - Interaction entre 2 sous réseaux spécialisés.....	62
Figure 20 - Exemple classique de petit réseau bayésien dans un contexte médical (inspiré de [22]).....	83
Figure 21 - Réseau « Med #1 » lavabo/miroir – vue globale	84
Figure 22 - Réseau « Med #1 » lavabo/miroir avec tous les états possibles des nœuds.....	85
Figure 23 - Med #1, Activité la plus probable = se laver les mains	86
Figure 24 - Détection de deux activités effectuées en tandem, réseau "Med #1"	89
Figure 25 - Réseau « Med #2 » lavabo/miroir – vue globale	90
Figure 26 - Réseau « Med #2 » lavabo/miroir avec tous les états possibles des nœuds.....	91

Figure 27 - Med #2, Activité la plus probable = se laver les mains	92
Figure 28 – Influence des autres nœuds sur « BrushingTeeth ».....	99
Figure 29 - Influence des autres nœuds sur « WashingHands ».....	102
Figure 30 - Influence des autres nœuds sur « TeethOrDrinkingOrHands ».....	106
Figure 31 - Positif "par anticipation", réseau "Med #1", Lavabo/Miroir	108
Figure 32 - Prochaine action : utiliser de l'eau.....	109
Figure 33 - Influence des autres nœuds sur « CurrentActivity ».....	110
Figure 34 - Positif "par anticipation", réseau "Med #2", "Se laver les mains".....	112
Figure 35 – « Med #2 », Prochaine action pour se laver les mains : utiliser de l'eau	113
Figure 36 – Premier exemple de structure de réseau qui a été abandonnée	124
Figure 37 - Vue globale du réseau "Med #1b" Lavabo/Miroir.....	125
Figure 38 – Positif par "anticipation", réseau "Med #1b", Lavabo/Miroir	126
Figure 39 - Réseau "Med #1", Bain/Douche: Activité = Prendre une douche	129
Figure 40 - Réseau "Med #2", Bain/Douche: Activité = Prendre une douche	133

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Statistiques sur la maladie d'Alzheimer en 2006 au Canada	8
Tableau 2 - Projection de l'évolution des cas de démence au Canada.....	10
Tableau 3 - Activité et pièce de la maison	27
Tableau 4 - Activités et périodes de la journée	28
Tableau 5 - Caractéristiques intrinsèque des AVQ [16].....	29
Tableau 6 - Avantages et inconvénients des réseaux bayésiens [4]	54
Tableau 7- Déduction du réseau pour l'activité "Se brosser les dents" lors des tests automatisés.....	101
Tableau 8 - Déduction du réseau pour l'activité "Se laver les mains" lors des tests automatisés.....	103
Tableau 9 - Déduction du réseau pour l'activité "Boire de l'eau" lors des tests automatisés	104
Tableau 10 – Détection de situations potentiellement alarmantes (nœud PossEmergency) lors des tests automatisés	105
Tableau 11 - Déduction du réseau pour le nœud " <i>TeethOrDrinkingOrHands</i> " lors des tests automatisés.....	107
Tableau 12 - Dédutions du réseau pour l'activité en cours (nœud CurrentActivity)	111
Tableau 13 - Nœuds influençant le nœud "BrushingTeeth"	137
Tableau 14 - Nœuds influençant le nœud "WashingHands"	139
Tableau 15 - Nœuds influençant le nœud "TeethOrDrinkingOrHands".....	141
Tableau 16 - Nœuds influençant le nœud "Shower".....	143
Tableau 17 - Nœuds influençant le nœud "WashingHair"	145
Tableau 18 - Nœuds influençant le nœud "Bath"	146
Tableau 19 - Nœuds influençant le nœud "BathOrShower"	148
Tableau 20 – Nœuds influençant le nœud "CurrentActivity" (Réseau « Med #2 », zone du lavabo).....	150

Tableau 21 - Noeuds influençant le noeud "CurrentActivity" (Réseau « Med #2 », zone du bain/douche)..... 152

RÉSUMÉ

La proportion des personnes âgées au sein de notre société ne cesse d'augmenter à un rythme régulier. Ce phénomène, qui est partiellement explicable par les effets combinés d'une baisse du taux de natalité avec ceux d'une augmentation de l'espérance de vie, commence déjà à avoir un effet notable sur le système de la santé, tant au Canada qu'ailleurs dans le monde, et à soulever plusieurs questions d'ordre éthique, social, médical et économique. Le maintien à domicile le plus longtemps possible, dans des conditions sécuritaires pour l'occupant, est de loin préférable à l'institutionnalisation en milieu spécialisé. Par contre, comme le vieillissement va de pair avec plusieurs types de maladies, comment arriver à favoriser le maintien à domicile de nos aînés en perte d'autonomie cognitive ?

Nous croyons que les habitats intelligents en télé santé peuvent répondre en partie à cette question. Afin d'être « intelligents », de tels habitats devront être en mesure de déduire correctement les tâches que l'occupant effectue et, éventuellement, d'apprendre ses habitudes de vie. L'utilisation d'une combinaison de capteurs non invasifs (choisis en tenant compte de plusieurs considérations éthiques dont le respect de la vie privée et de la dignité de l'individu) et d'un module de reconnaissance d'activités basé sur les réseaux bayésiens devraient permettre à l'habitat intelligent de déterminer quelle AVQ (Activité de la Vie Quotidienne) et/ou quelle AIVQ (Activité Instrumentale à la Vie Quotidienne) l'occupant effectue. Un système complet de reconnaissance d'activité devrait, une fois complètement opérationnel, être en mesure non seulement de détecter les situations anormales et d'agir en conséquence, mais aussi de faire ressortir les changements inattendus dans la routine habituelle de l'occupant (ses habitudes de vie) pouvant indiquer un déclin des facultés cognitives de ce dernier ou l'apparition d'une nouvelle pathologie comme la diarrhée ou l'insomnie. Notre travail se concentre sur la reconnaissance d'un certain nombre d'activités pouvant être effectuées dans la salle de bain. Pour ce faire, nous utilisons des réseaux bayésiens spécialisés qui déduisent, en fonction des interactions de l'occupant avec son environnement, quelle est l'activité la plus probablement en cours.

Mots clés : Habitat intelligent, reconnaissance d'activité, habitudes de vie, réseaux bayésiens, perte d'autonomie, vieillissement, apprentissage, AVQ, « Aging in Place »

ABSTRACT

The percentage of elderly people in our society keeps on growing at a steady pace. This phenomenon is partly explainable by a lower birth rate and by an increase in the average life expectancy. As a consequence, we are faced with a new social problem which is supporting older adults in loss of cognitive autonomy who wish to continue living independently as opposed to being forced to live in an institutional care facility.

Smart Homes provide an answer to that problem. In order to be “smart”, such an apartment should be able to detect, what the occupant is doing in terms of his daily activities. We believe the use of unobtrusive sensors (carefully chosen in accordance with ethical considerations regarding privacy issues) combined with an activity recognition module based on Bayesian networks should enable the smart home to determine which ADL (Activity of Daily Living) and/or IADL (Instrumental Activity of Daily Living) the occupant is performing. It should also be able to detect emergency situations and act accordingly. Furthermore, once such a system is complete and fully operational, it should be able to detect anomalies or deviations in the occupant’s routine, also known as life habits, that could indicate a decline in his cognitive abilities or the apparition of a new pathology such as diarrhea or insomnia. Our current research revolves around activity recognition in the bathroom. We use specialized Bayesian networks to determine, based on the occupant’s interaction with his environment, what is the most probable activity being performed.

Keywords : Smart Home, activity recognition, life habits, Bayesian networks, loss of cognitive autonomy, ageing, learning, ADL, Aging in Place.

INTRODUCTION

« Toutes les personnes dépendantes ou susceptibles de le devenir, quels que soient leur âge, leur race, leurs convictions et la nature, l'origine et le niveau de sévérité de leur état, doivent avoir droit à l'assistance et à l'aide requises pour pouvoir mener une vie conforme à leurs capacités réelles et potentielles, au niveau le plus élevé possible. Par conséquent, elles doivent avoir accès à des services de bonne qualité et aux technologies les plus adaptées. »

(Recommandation n° R 98-9 du Conseil de l'Europe - comité des ministres, septembre 1998)

La citation précédente, à elle seule, est lourde de sens. Étant donné le vieillissement croissant de la population à l'échelle mondiale, cette recommandation a d'autant plus de poids.

Nous arrivons effectivement à un point tournant de notre société. Le vieillissement rapide de la population entraîne un surcroît des coûts reliés aux soins de la santé et contribue à augmenter l'engorgement des hôpitaux qui ont déjà du mal à gérer la situation actuelle. De plus, l'éclatement du noyau familial et le grand nombre de personnes âgées vivant seules nécessitent des changements au niveau même de la structure du système de la santé. Nous ne pouvons plus nous contenter de faire de la « gestion de crises ». Nous devons trouver les moyens d'encadrer les personnes à risque afin de leur assurer la meilleure qualité de vie possible et de prévenir, autant que faire se peut, les tragédies qui pourraient être évitées grâce à la mise en place d'infrastructures appropriées.

L'apparition de nouvelles technologies nous offre la possibilité de répondre en partie à ce besoin. Nous nous devons donc de trouver les moyens d'utiliser ces technologies à bon escient et de les mettre en œuvre au sein de la communauté afin d'en faire bénéficier les personnes les plus susceptibles d'en profiter.

Ainsi, l'objectif du présent travail consiste à explorer la possibilité d'utiliser les réseaux bayésiens pour faire de la reconnaissance d'activités à l'intérieur d'un habitat intelligent en télé santé. Nous croyons qu'un système de reconnaissance d'activité pourrait, une fois fonctionnel, servir à faire de l'aide à la tâche, à détecter les situations à risque et à dresser le portrait des habitudes de vie d'un individu dans le but de détecter l'apparition de nouvelles pathologies ou l'évolution d'une pathologie connue.

Le présent mémoire est composé de quatre chapitres. Le premier chapitre traitera du contexte de recherche. Nous parlerons des motivations qui nous poussent à aller de l'avant et de l'état de l'art en ce qui concerne les habitats intelligents et la reconnaissance d'activité.

Dans le deuxième chapitre, nous traiterons des réseaux bayésiens. Nous expliquerons ce en quoi ils consistent et donnerons quelques exemples intuitifs afin d'en illustrer le fonctionnement. Nous fournirons également certaines définitions et règles de base les concernant.

Le troisième chapitre, quant à lui, servira à présenter la structure d'un système de reconnaissance d'activité tel qu'il pourrait se dessiner et à regarder de plus près les réseaux spécialisés qui vont nous servir à effectuer nos tests de faisabilité.

Finalement, le quatrième chapitre servira à expliquer la démarche de nos tests, à présenter nos résultats (comportement des différents réseaux) et à parler des développements futures possibles.

CHAPITRE I

PRÉSENTATION DE LA PROBLÉMATIQUE

« Ne faut-il pas 'amarrer' la puissance de production technologique, si effective dans nos pays à fort développement technique et scientifique, aux besoins humains et sociétaux qui ne cessent de se développer ? (...) L'engouement pour Internet et pour les micro-technologies, capteurs intelligents, etc., pourrait être mis au service de ces besoins, pour peut qu'on harmonise les forces vives en présence : celles de la recherche, du champs médical, du champ social et du champ industriel et commercial. »[37]

1.1 Introduction générale

Avec la venue des nouvelles technologies, le phénomène grandissant de l'engorgement des hôpitaux qui ont de plus en plus de mal à répondre aux besoins de la population et la pénurie de personnel médical qualifié, nous entendons parler de plus en plus de « téléconsultation », de « télémédecine » ou « médecine à distance », de « téléassistance », de « télésurveillance », etc. Certaines personnes voient là une déshumanisation des soins de la santé alors que d'autres y voient une solution miracle à tous les maux. Dans les faits, la réalité est tout autre. Les outils technologiques ne resteront toujours que des **outils** d'aide à la décision médicale et d'assistance à l'utilisateur en cas de besoin. De plus, la relation « aidant – aidé » aura toujours une place primordiale dans le processus médico-social car il est absolument impensable, tant sur le plan humain que technologique, de tout automatiser. Il s'agit donc d'utiliser les nouvelles technologies intelligemment dans le but de répondre, autant que faire ce peut, aux besoins des patients ainsi qu'à ceux des intervenants médicaux et sociaux impliqués afin d'accroître, d'une part, l'efficacité des praticiens et, d'autre part, l'autonomie et la sécurité des patients.

Il existe de nombreux enjeux liés à l'utilisation des technologies dans un contexte d'aide aux personnes en perte d'autonomie comme le mentionnent [41]. Parmi ceux-ci notons ceux « *du handicap et de la dépendance dus à la maladie ou au vieillissement, de l'isolement* » ainsi que ceux « *des travailleurs sociaux qui rencontrent des difficultés de divers ordre, aussi bien que des médecins souvent trop peu nombreux et surchargés.* » Une utilisation intelligente et judicieuse des nouvelles technologies implique par conséquent la prise en considération de « *l'entrée en dépendance de la personne âgée, la quasi-nécessité économique de permettre au patient de rester chez lui lorsque les soins de santé qu'il requiert ne justifient pas une hospitalisation, le besoin respectable de plus en plus affirmé de rester chez soi lorsque seules de questions de communication de données sont requises par le service hospitalier concerné, etc.* »[41]

Bien entendu, le succès d'une telle entreprise ne pourra être assuré que si nous modifions également la structure même du système de la santé en impliquant tous les organismes publics et parapublics concernés. Sans une étroite collaboration, les nouvelles avancées technologiques dans le domaine de la santé ne resteront que de belles inventions pleines de potentiel inexploité. Fort heureusement, de nouvelles approches semblent vouloir voir le jour un peu partout à travers le monde. Le concept de « Aging in place » [14][27][36][42] fait partie de cette nouvelle vague. Comme il a été démontré que le fait de devoir déplacer les personnes âgées à risque vers des centres d'hébergement et/ou des unités de traitements spécialisées crée des situations de stress qui ont souvent pour conséquence une détérioration plus rapide de l'état de santé, tant mental que physique, des personnes ainsi déplacées, cette approche vise à permettre aux personnes âgées de vieillir à domicile dans la dignité dans un environnement qui s'adaptera au fur et à mesure de l'évolution de leur état de santé.

Dans ce chapitre, nous allons d'abord parler brièvement du vieillissement de la population et de la maladie d'Alzheimer. Par la suite, nous parlerons, de l'impact de ces phénomènes sur notre société. Finalement, nous allons proposer une solution possible afin de favoriser le maintien à domicile de personnes en perte d'autonomie cognitive et situer notre travail de recherche dans le cadre de cette solution.

1.2 Contexte de recherche

1.2.1 Besoin / Problématique

1.2.1.1 Vieillesse de la population

Le vieillissement de la population est un phénomène en pleine expansion non seulement dans les sociétés occidentales, mais également dans les pays du tiers monde. En fait, le nombre de personnes du 3^{ème} et du 4^{ème} âge est si élevé qu'en 1998, on estimait que 50% de tous les êtres humains qui ont vécu suffisamment longtemps pour atteindre l'âge de 65 ans et plus était toujours de ce monde [20]. Ce phénomène est partiellement explicable par la baisse du taux de natalité et la hausse de l'espérance de vie moyenne. Comme les personnes âgées sont davantage sujettes à être affligées par des troubles de santé de toutes sortes, tant sur le plan physique que cognitif, elles sont les plus grandes consommatrices de soins médicaux et paramédicaux de notre société. Le vieillissement de la population nous force donc à faire une prise de conscience sur les plans social, économique et médical. En effet, l'engorgement des hôpitaux, les coûts croissants reliés au système de santé, et le nombre de personnes âgées sans enfants et vivant seules (dont le conjoint est décédé) qui ne cesse d'augmenter sont des signaux d'alarme que nous ne pouvons plus ignorer.

Afin d'assurer la sécurité de nos aînées tout en leur assurant une bonne qualité de vie et un accès à des soins appropriés et ce, à des coûts raisonnables, nous devons repenser la structure même de notre système de santé, voir même celle de notre société. L'institutionnalisation hâtive des personnes à risque n'est pas une solution car elle dévalorise et infantilise ces dernières tout en étant très coûteuse et irréalisable étant donné l'état actuel du système de santé au Canada (et un peu partout ailleurs dans le monde). Tant sur le plan humain, que sur le plan social et le plan financier, il est donc préférable de prolonger l'autonomie et de favoriser le maintien à domicile des personnes âgées le plus longtemps possible.

1.2.1.2 Troubles cognitifs : La maladie d'Alzheimer

Comme nous l'avons mentionné dans la sous-section précédente, le vieillissement de la population va de paire avec l'augmentation du nombre de sujets atteints de divers troubles de santé parmi lesquels nous retrouvons les maladies dites « cognitives ». Dans le cadre de notre recherche, nous nous intéressons plus particulièrement à la maladie d'Alzheimer car elle constitue la forme la plus courante de démence (64% des cas). Il est cependant à noter que nos travaux pourront avoir un impact positif sur d'autres troubles cognitifs, comme nous le verrons plus loin.

Les principaux symptômes de la maladie d'Alzheimer sont la perte de mémoire; les problèmes de langage; la diminution graduelle et plus ou moins rapide des facultés de jugement, de raisonnement ainsi que de la capacité d'abstraction; l'apparition de problèmes d'orientation dans l'espace et le temps; la difficulté à exécuter des tâches familières; ainsi que des changements d'humeur, qui peuvent aller de la dépression profonde à l'agressivité extrême, et de comportement. Il s'agit d'une maladie dégénérative du cerveau qui est progressive et irréversible et pour laquelle il n'y a présentement pas de cure. Les cellules du cerveau se détruisent donc graduellement sans jamais se régénérer par la suite.

Selon la société Alzheimer du Canada, plus d'un Canadien sur deux connaît une personne atteinte de la maladie d'Alzheimer et il y a une personne qui est atteinte de cette maladie dans la famille d'un Canadien sur quatre. De plus, environ la moitié des personnes atteintes de démence vivent au sein de leur collectivité tandis que l'autre moitié se trouve dans des établissements de soins spécialisés. Ceci implique donc qu'environ la moitié des personnes atteintes de démence vit seule ou est prise en charge par des « aidants naturels » (aussi appelés « aidants familiaux ») qui leur prodiguent des soins à domicile. Dans le cadre de l'enquête ALICE: (Alzheimer, Information, Communication, Ethique), Vincent Rialle et al.[38] ont établi le profil général des sujets atteints de la maladie d'Alzheimer ainsi que celui de leurs aidants naturels (familiaux). Les trois figures ci-dessous résument les observations qui ont été faites à ce sujet.

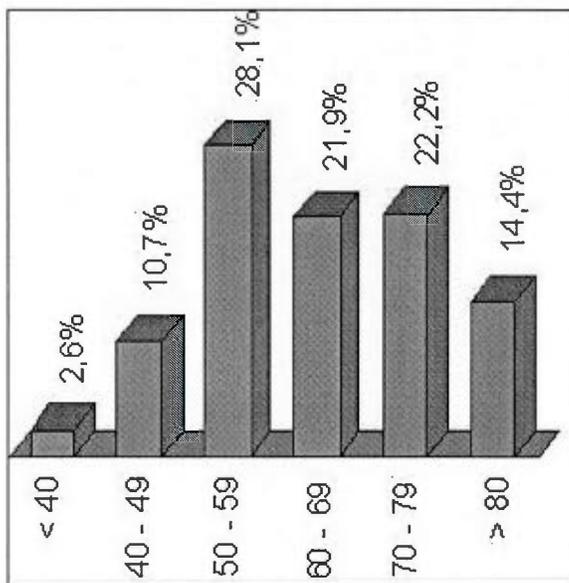


Figure 1- Âge des aidants naturels[38]

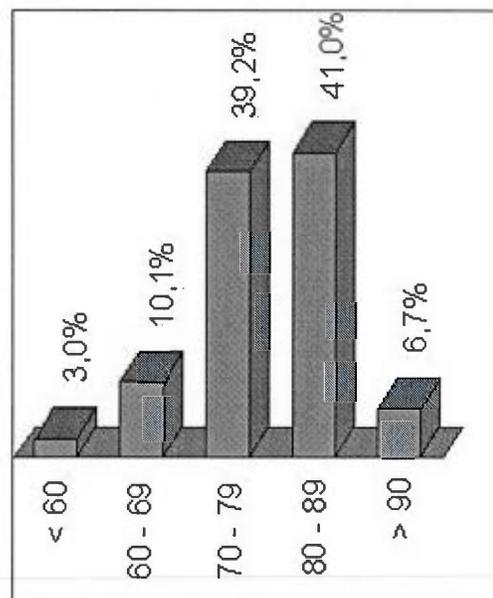


Figure 2 - Âge des patients atteints de la maladie d'Alzheimer [38]

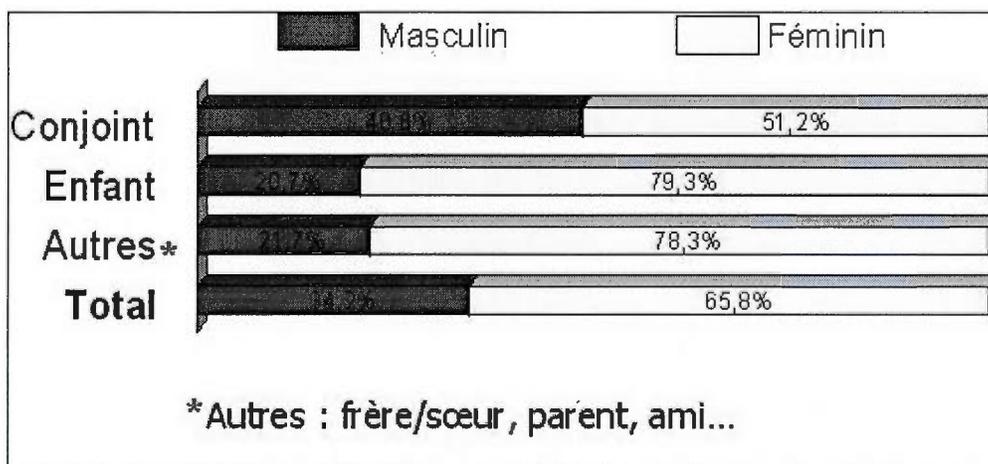


Figure 3 - Répartition des aidants naturels selon le sexe et les liens familiaux [38]

Comme nous pouvons le constater en regardant la Figure 1, la majorité des aidants naturels sont âgés entre 50 et 79 ans. Cela implique donc que beaucoup d'entre eux sont susceptibles

de souffrir de différentes maladies liées au vieillissement comme l'arthrite, l'ostéoporose, les troubles d'audition, etc. La tâche d'aidant naturel est une tâche épuisante tant sur le plan moral que sur le plan physique car la personne aidée a souvent besoin de soutien 24 heures sur 24. Très souvent, les aidants naturels se retrouvent isolés sur le plan social car ils ne peuvent pas se permettre de laisser la personne à leur charge sans surveillance. Même pour une personne relativement jeune, un tel travail peut conduire à l'épuisement chronique. C'est donc dire à quel point cela peut avoir des conséquences graves sur les aidants plus âgés. Il n'est d'ailleurs pas rare que les aidants naturels décèdent avant la personne dont ils avaient la charge.

La Figure 4 ainsi que le Tableau 1 dressent un portrait général de la situation au Canada en 2006 en ce qui a trait aux cas de démences en général et à la maladie d'Alzheimer en particulier. Là encore, la situation est grave.

Situation en 2006 :

- Environ 435 000 Canadiens âgés de plus de 65 ans sont atteints de la maladie d'Alzheimer et d'affections connexes.
 - 298 000 sont des femmes
 - 137 000 sont des hommes
- Environ 290 000 Canadiens âgés de plus de 65 ans sont atteints de la maladie d'Alzheimer.

Tableau 1 - Statistiques sur la maladie d'Alzheimer en 2006 au Canada¹

¹ Statistiques tirées de <http://www.alzheimer.ca/french/disease/stats-people.htm>

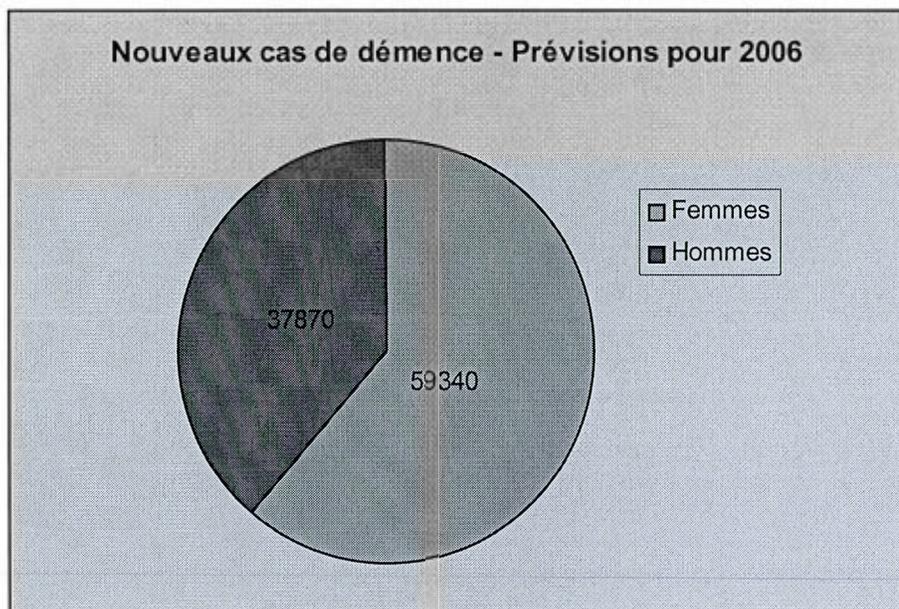


Figure 4 - Nouveaux cas de démence - 2006.²

Si nous regardons maintenant les projections futures à moyen et long termes, telles que décrites dans le Tableau 2, nous pouvons voir que la progression de la maladie n'a rien de réjouissant. Il s'agit donc bel et bien d'un problème de société réel qui n'est pas près de cesser de croître.

² Graphique basé sur les statistiques tirées de <http://www.alzheimer.ca/french/disease/stats-people.htm>

Projections futures :

D'ici 2011 :

- On estime qu'il y aura 111 560 nouveaux cas de démence chaque année
 - 67 680 seront des femmes
 - 43 880 seront des hommes

D'ici 2031 :

- On prévoit que plus de 750 000 Canadiens seront atteints de la maladie d'Alzheimer et d'affections connexes.

Tableau 2 - Projection de l'évolution des cas de démence au Canada³

Sur le plan mondial, il y a près de 24.5 millions de personnes atteintes d'une maladie cognitive irréversible – Alzheimer ou autre. On estime que ce nombre atteindra près de 42.5 millions d'ici 2020. Présentement, environ 60% des individus atteints d'une telle maladie vivent dans un pays en voie de développement. On estime que d'ici 2040, la proportion passera de 60% à 71%.⁴

En considérant l'impact sur le plan financier des maladies dites « neuro-dégénératives », comme le montre la Figure 5, nous pouvons voir que les coûts de ces maladies au Canada sont très importants. Ces coûts sont calculés en fonction de l'utilisation des soins en centres d'hébergement, de l'utilisation de médicaments, de l'utilisation des services de soutien communautaire ainsi que du temps non rémunéré des aidants.

³ Statistiques tirées de <http://www.alzheimer.ca/french/disease/stats-people.htm>

⁴ Statistiques tirées de Alzheimer's Disease International, www.alz.co.uk/media/dementia.html

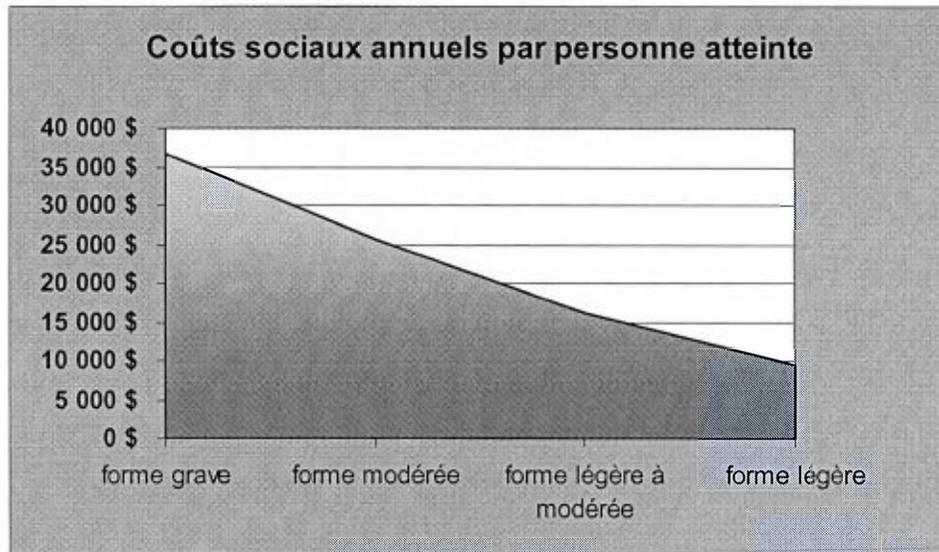


Figure 5 - Coûts sociaux annuels par personne atteinte d'Alzheimer en fonction du degré de sévérité de la maladie.⁵

Globalement, sur une base annuelle, nous dépensons environ 5,5 milliards de dollars au Canada pour les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer et d'affections connexes.

La maladie d'Alzheimer est donc un problème important et d'actualité étant donné le vieillissement des populations partout à travers le monde. En tant que société, nous ne pouvons nous permettre d'ignorer l'impact de ce vieillissement combiné avec l'augmentation des cas de démences de toutes sortes. Nous nous devons donc de chercher à trouver des solutions à court, moyen et long termes. Mais voilà, que pouvons-nous faire? La section qui suit tente de répondre en partie à cette question.

1.2.2 Solution possible

Bien qu'il n'y ait pas de solution miracle aux problèmes énoncés à la section 1.2.1, l'évolution des technologies de l'information (miniaturisation des appareils, apparition de

l'informatique diffuse, ordinateurs de plus en plus performants, etc.) et les coûts de plus en plus abordables reliés à l'implémentation et à l'utilisation de ces dernières nous offre l'opportunité d'y répondre en partie. En effet, si nous utilisons ces technologies à bon escient, nous croyons qu'il est possible, d'une part, de faciliter la tâche des différents intervenants – professionnels ou aidants naturels – qui œuvrent au sein du système de la santé et, d'autre part, de favoriser le maintien à domicile le plus longtemps possible des personnes âgées à risque, tout en leur assurant une bonne qualité de vie dans un environnement sécuritaire adapté à leurs besoins.

Pigot & al. [34], mentionnent qu'il y a deux grandes catégories de situations à risque, à savoir les situations représentant des risques immédiats (ou à court terme) parmi lesquelles nous retrouvons les chutes, les risques d'incendies, ainsi que la prise de médicaments inadéquate, et les situations de risques à long terme comme l'apparition de mauvaises habitudes alimentaires (les personnes atteintes d'Alzheimer oublient souvent de manger et de boire et sont, par conséquent, plus à risque à ce niveau) et un déclin de l'hygiène personnelle (encore une fois, dans le cas de la maladie d'Alzheimer, plus celle-ci progresse, plus le patient a tendance à négliger sa toilette). Un *environnement sécuritaire* doit donc être conçu de telle sorte qu'il puisse détecter de telles situations et y répondre de façon adéquate.

À titre d'exemple introductif, considérons le cas d'une personne âgée vivant seule qui fait une chute. Si, suite à cette chute, elle n'arrive pas à se relever car elle s'est cassée la hanche et ne peut se rendre près d'un téléphone pour appeler à l'aide, elle risque de ne jamais recevoir de l'aide dans des délais raisonnables, voir même, de ne jamais recevoir de l'aide du tout. L'utilisation de détecteurs de chute combinée avec celle d'un système capable de prendre des décisions, permettrait, dans un tel cas, d'alerter un proche ou une personne du service médical afin qu'on lui apporte l'aide nécessaire. Autre exemple : un feu de la cuisinière est resté allumé alors qu'il n'y a personne dans l'appartement. Tout dépendant de ce qui se trouve sur le feu et du temps écoulé, il peut y avoir risque d'incendie. Si la cuisinière

⁵ Graphique basé sur les *statistiques tirées de <http://www.alzheimer.ca/french/disease/stats-costs.htm>*

fait partie d'un « système intelligent », ce dernier pourrait prendre la décision d'éteindre le feu afin de prévenir une catastrophe.

1.2.2.1 Habitats intelligents en télésanté

Avant d'aller plus loin, regardons d'abord quelques définitions et applications telles que décrites dans [44].

Domotique : Précurseur de l'informatique diffuse, la domotique consiste en l'interconnexion des appareils électroménagers, des portes, et de différents dispositifs motorisés se trouvant dans une maison afin d'en permettre la programmation et le contrôle à distance. Parmi les applications dites « classiques » de la domotique, nous retrouvons le contrôle (programmé et à distance) d'appareils servant à la préparation de repas ou à l'éclairage du domicile ainsi que l'ouverture et la fermeture automatique des portes et des fenêtres.

Informatique diffuse : Système qui facilite les activités de la vie de tous les jours en intégrant la technologie informatique partout dans l'environnement de l'utilisateur potentiel (par exemple, dans les murs, la voiture, le métro, etc.) et ce de la façon la plus transparente et la moins invasive possible tout en éliminant l'utilisation d'interfaces compliquées. Un tel système vise à répondre aux besoins de l'utilisateur en lui fournissant les services et en lui donnant l'information nécessaires à la résolution et/ou à la prévention de problèmes. Nous retrouvons une foule d'applications diverses qui vont des objets intelligents jusqu'au réseautage spontané pouvant être adapté sur mesure en fonction des besoins.

Habitat intelligent : Maison équipée de senseurs, de détecteurs de mouvements ainsi que d'équipement informatique divers habituellement reliés à une centrale à distance et pouvant offrir une vaste gamme de services comme l'automatisation de certains événements, le contrôle à distance, la supervision à distance (télésurveillance), la télémédecine, etc. Plusieurs habitats intelligents expérimentaux sont présentement en cours de développement pour répondre aux besoins de différents types d'occupants (par exemple, des patients souffrants de troubles moteurs et/ou intellectuels, des personnes âgées en perte d'autonomie, etc.).

La Figure 6 est une représentation de l'habitat intelligent qui se trouve à la faculté de médecine de Grenoble.

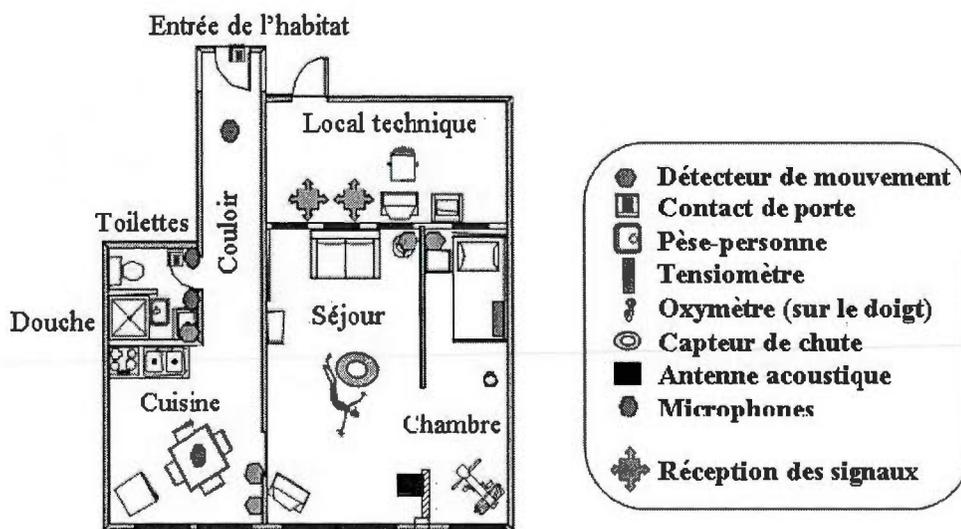


Figure 6 - Appartement intelligent et ses différents composants⁶

De façon générale, nous pouvons définir un **habitat intelligent pour personne en perte d'autonomie** comme étant un type de résidence qui fournit un environnement **sécuritaire** grâce à un système capable de **s'adapter** aux circonstances en fonction du **comportement** du patient et qui va être **capable de détecter** les situations où le patient a **besoin d'aide**, et **d'apporter l'aide nécessaire**, le cas échéant. Pour ce faire, le système de l'habitat repose sur trois niveaux ou couches [34] :

- la couche supérieure, qui offre des services de télésurveillance, d'aide à la tâche et d'interaction avec le monde extérieur.
- la couche inférieure, i.e. le « hardware », qui est chargée de la collecte d'informations et qui est constituée des différents composants physiques qui sont habituellement de deux types :

⁶ Appartement prototype mis en place à la faculté de médecine à Grenoble (France) au Laboratoire TIMC-IMAG

1. le matériel installé dans le logement comme, par exemple, les détecteurs de mouvements, les détecteurs d'activation d'appareils électroménagers, etc.
 2. les capteurs pouvant être portés par l'occupant pour recueillir certaines informations comme son rythme cardiaque ou sa température corporelle.
- La couche intermédiaire, i.e. le « middleware », qui assure une bonne cohésion entre les applications de la couche supérieure et les différents composants de bas niveau de la couche inférieure. Cette couche agit, en quelque sorte, comme un chef d'orchestre qui coordonne les différentes ressources afin d'assurer une collaboration efficace entre elles.

Conceptuellement, pour décrire l'appartement, ses différents composants ainsi que l'occupant pour qui l'appartement est destiné, il est possible d'utiliser des **ontologies** [23]. Comme chaque habitat intelligent ne sera pas nécessairement divisé de la même façon ni doté des mêmes composants, il est important de pouvoir avoir une description précise et adéquate de l'environnement concerné. De plus, comme chaque patient a des caractéristiques qui lui sont propres (comportement/habitudes de vie; capacités cognitives; caractéristiques physiologiques qui peuvent avoir une influence sur son comportement et ses habitudes de vie comme, par exemple, s'il souffre d'incontinence ou encore s'il est insomniaque), il faut également avoir accès à une description du patient afin de pouvoir personnaliser les interventions du système à son égard.

Bien entendu, un appartement doté de capteurs ne peut être qualifié d'« intelligent » s'il n'est pas également doté d'outils lui permettant d'analyser et d'interpréter correctement les données provenant des différents dispositifs de collecte d'information. Nous parlerons davantage de cet aspect dans les sections *Développement et recherche actuelle* et *Reconnaissance d'activités et habitudes de vie*.

Incitatifs au développement et à l'utilisation d'habitats intelligents

Le but ultime d'un habitat intelligent est de permettre « *aux praticiens d'accroître leur efficacité, aux patients de bénéficier de plus de sécurité et d'autonomie, et aux pouvoirs publics de mieux maîtriser les dépenses de soins* » [41]. Une fois fonctionnel, un habitat

intelligent pour personnes en perte d'autonomie cognitive devrait donc être en mesure de faire différents types d'interventions. Il pourrait interagir directement avec l'occupant dans le but de l'aider à effectuer ses activités quotidiennes de façon efficace et sécuritaire. Nous parlons ici d'aide à la tâche et de détection de situation à risque comme l'oubli d'un chaudron sur le feu. Il pourrait également alerter le personnel médical et/ou les proches de l'occupant dans des cas plus graves (ex : la personne est inconsciente suite à une chute) ou les informer de l'évolution de l'état du patient (ex : détérioration des facultés cognitives indiquant peut-être que le patient a atteint un stade plus élevé de la maladie d'Alzheimer ou apparition possible de nouveaux problèmes de santé comme l'incontinence ou l'insomnie – voir *Annexe A*). En maintenant à jour le profil de l'occupant en fonction de l'évolution de son état, le système permettrait au personnel médical de consulter l'historique du patient et de faire ressortir certaines statistiques pouvant les aider à prendre des décisions quant aux modifications et ajustements à apporter au traitement du patient et à l'évaluation de ses capacités à continuer à vivre seul.

Beaucoup de personnes âgées souffrant de troubles cognitifs se sentent infantilisées par leur entourage et ont, par conséquent, une très mauvaise estime d'elles-mêmes. Qui plus est, cette infantilisation et le manque de stimulation intellectuelle à laquelle elles font souvent face contribuent à accélérer le déclin de leurs facultés cognitives. Sur le plan humain, un tel habitat pourrait donc contribuer à faire en sorte que l'occupant se sente plus autonome et indépendant, ce qui pourrait avoir comme conséquences bénéfiques qu'il se sente davantage valorisé et qu'il soit davantage proactif (par opposition à « passif ») sur le plan cognitif. Un habitat intelligent pour personne en perte d'autonomie cognitive n'est pas là pour *faire* à la place de l'occupant, mais pour *l'aider à faire*. Du point de vue de l'occupant, il est là pour le prévenir en cas de dangers, lui suggérer des alternatives lorsqu'il a besoin d'aide pour effectuer une tâche, lui rappeler de prendre ses médicaments lorsqu'il y a oubli, etc., et se faire « oublier » le reste du temps lorsque aucune intervention de sa part n'est requise. Comme le mentionnent [42], il est facile de tomber dans le piège de la « prison technologique » où la conduite de l'occupant est dictée par un système informatique lui disant quand manger, quoi manger, quand dormir, quand aller aux toilettes, etc. Dans un habitat intelligent, l'occupant a toujours le contrôle, le choix, car la décision finale lui revient

(sauf en cas de forces majeures). En agissant de la sorte, l'habitat servirait à stimuler le patient sur le plan cognitif par différents moyens (messages sonores, signaux visuels ou autres, selon le patient) ce qui contribuerait à réduire son inactivité et à augmenter son interaction avec son environnement. Finalement, les proches, qu'ils soient aidants naturels ou non, seraient sans doute moins inquiets de savoir que, bien que l'occupant soit « seul » à son domicile, il n'en soit pas pour autant « abandonné » et, qu'en cas d'urgence, les secours seront alertés rapidement.

Une étude menée par Martin & al.[24] auprès des résidents d'un complexe intelligent destiné à des personnes souffrant de troubles moteurs a démontré que les occupants de ces appartements ont le sentiment d'être plus autonomes et d'avoir davantage le contrôle de leur destin. Le fait de pouvoir vivre au sein de la communauté plutôt que d'être condamnés à vivre en milieu hospitalier a un impact majeur sur leur santé émotionnelle et leur estime de soi. Être « chez soi » et avoir la possibilité de faire des activités sans demander l'aide de qui que ce soit leur donne le sentiment d'avoir repris leur vie en main. Bien que les besoins spécifiques des sujets atteints de troubles cognitifs diffèrent de ceux atteints de troubles moteurs, il reste néanmoins qu'ils ont en commun le besoin d'indépendance, le droit à la dignité et à la vie privée ainsi que celui de vivre dans un environnement sécuritaire. L'étude menée par [24] montre que les appartements de Hillmount Close semblent répondre à ces besoins et nous laisse croire que des appartements adaptés pour une clientèle souffrant de troubles cognitifs comme, par exemple, les premiers stades de la maladie d'Alzheimer, pourraient en faire autant.

D'autres études [14][25][42] ont également démontré que, contrairement à la croyance populaire, les personnes âgées sont généralement favorables à l'utilisation de nouvelles technologies si celles-ci peuvent les aider à avoir une meilleure qualité de vie.

Aspects éthiques

Comme le mentionnent Rialle et Stip dans [44], il existe plusieurs considérations d'ordre éthique liées à l'utilisation des habitats intelligents. Parmi celles-ci, notons le droit à la vie privée et à la dignité ainsi que la protection de l'information. Ainsi, nous pensons que

certains dispositifs, comme des caméras dans la chambre à coucher ou dans les WC, ne sont pas appropriés. De plus, l'accès aux données générées par le système doit être limité aux seules personnes et organismes autorisés à le faire dans le but d'apporter de l'aide à l'occupant. Il faut donc que le système informatique de l'habitat soit sécurisé au maximum non seulement pour contrôler l'accès aux données, mais aussi pour empêcher l'intrusion malveillante potentielle de « hackers » qui pourraient causer des dommages importants s'ils arrivaient à pénétrer dans le réseau.

Il y a également la question de consentement. En effet, nous ne pouvons pas forcer un patient à vivre dans un tel environnement à son insu et, dans le cas où le patient ne serait pas en mesure de donner son consentement, nous avons alors le devoir de nous assurer qu'une personne autorisée à le faire nous donne le feu vert.

Finalement, même si ce n'est pas nécessairement une considération éthique à proprement parler, des études, comme celles menées par [14], [25] et [35], devraient être effectuées afin de déterminer quels sont les besoins réels des personnes atteintes de troubles cognitifs en fonction du type de trouble dont elles souffrent et quels sont les dispositifs ainsi que les services qui seraient vraiment utiles pour répondre à leurs besoins ainsi qu'à ceux du personnel chargé de leur administrer des soins. Remplir un appartement de gadgets, au mieux, inutiles et, au pire, nuisibles car provoquant une détérioration de l'état du patient au lieu de favoriser son épanouissement, n'est PAS une solution. Pour rendre un appartement *intelligent*, encore faut-il utiliser la technologie *intelligemment*.

Développement et recherche actuelle

Sur le plan matériel i.e. en ce qui concerne l'équipement comme les capteurs, les réseaux, les ordinateurs, les écrans tactiles, etc., la recherche avance à grand pas. C'est d'ailleurs pour cette raison qu'un certain nombre de projets destinés aux personnes souffrants de troubles moteurs vont bon train. Par contre, en ce qui concerne l'aspect de l'*intelligence* au sens où nous l'entendons dans le cadre des habitats destinés à des gens en perte d'autonomie cognitive, bien qu'il y ait également beaucoup de recherche dans ce domaine, nous n'en sommes qu'aux premiers balbutiements. Cela est principalement dû au fait qu'il est très

difficile de modéliser un système capable de comprendre et d'anticiper les besoins de l'être humain, et cela est particulièrement vrai lorsque nous avons affaire à des personnes atteintes de troubles cognitifs. La plupart des projets se concentre donc sur des pathologies particulières ou encore cherche à détecter l'apparition de certains problèmes très spécifiques. Dans cette section, nous allons faire un bref survol des différents types de recherches effectuées dans le domaine des habitats intelligents.

Complexes résidentiels

Depuis Juillet 2003, des appartements spéciaux regroupés au sein de deux édifices à deux étages sont en place à Belfast, au Royaume-Uni [24]. Il s'agit du projet résidentiel Hillmount Close. Ces appartements, destinés principalement à des gens souffrants de différents troubles moteurs, sont équipés de différents senseurs et accessoires permettant d'automatiser certaines tâches que l'occupant, à cause de son handicap physique, ne peut effectuer seul. Une équipe des trois employés spécialisés dans les soins à domicile est également sur place afin de fournir, lorsque les résidents en font la demande, les services que la technologie ne peut leur donner.

Un autre projet domiciliaire expérimental destiné aux personnes âgées a vu le jour à Columbia au Missouri [14][36]. Il s'agit de *TigerPlace*, un complexe résidentiel de 33 appartements (phase 1 terminée au printemps 2004) spécialement équipés pour favoriser l'indépendance et le maintien à domicile de ses résidents. Ce projet a été développé par l'université du Missouri-Columbia et American Systems Inc. en collaboration avec différents spécialistes œuvrant au sein d'une équipe multidisciplinaire. Les résidents peuvent participer, sur une base volontaire, à différents projets de recherche dont le but est d'évaluer l'utilité et l'efficacité des nouvelles technologies pour aider les aînés à surmonter différents problèmes d'ordres cognitifs, moteurs et/ou sensoriels. Ces différentes études serviront à aider au développement d'équipements mieux adaptés aux besoins réels des personnes âgées.

Maisons et appartements expérimentaux

Le « Aware Home Residential Laboratory » [19][27][42], construit sur le campus Georgia Tech de l'Institut Technologique de Georgie aux États-Unis, est une résidence de deux étages. Nous y retrouvons deux appartements identiques, un par étage. Chaque appartement est doté d'une cuisine, de deux chambres à coucher, d'un bureau, d'un salon/salle à manger, de deux salles de bains et d'une salle de lavage. De l'équipement de toutes sortes y est installé (un faux plafond permet de cacher les différents câbles électriques et optiques, et de faciliter l'installation de senseurs). Un des appartements sert à la recherche et à l'expérimentation tandis que l'autre peut servir à accueillir de véritables résidents.

Parmi les projets axés sur la conception d'appartements intelligents adaptés à la télésurveillance médicale, nous retrouvons SmartBo [17] en Suède. Il s'agit d'un appartement de deux pièces géré par le Swedish Handicap Institute. Cet appartement est conçu pour des personnes souffrant de problèmes cognitifs et/ou moteurs. Différents capteurs ainsi que des mécanismes servant à contrôler l'éclairage, l'ouverture et la fermeture des portes et des fenêtres, etc., y sont installés. AID House [5], à Édimbourg au Royaume-Uni utilise différents dispositifs afin d'automatiser certaines tâches (ouverture/fermeture des portes, réglage de la température, tirer la chasse d'eau, etc.) afin de faciliter la vie de gens atteints de troubles moteurs ou autres. En Hollande, le projet de Van Berlo [49] utilise également différents senseurs et mécanismes de contrôle afin d'automatiser différentes tâches et de s'assurer que l'appartement est confortable (ex : réglage de la température et du chauffage ainsi que de l'éclairage). Au Japon, nous retrouvons « Smart House in Tokushima » [46] et la « Welfare Techno House » [47]. Ces deux projets intègrent tous les principes de la domotique afin de créer un environnement confortable et convivial. Toujours au Japon, Yamazaki et al. [51] ont inauguré un appartement intelligent, le « Ubiquitous Home », en 2004. Au premier coup d'oeil, cet appartement expérimental ressemble en tout point à un appartement ordinaire, bien qu'il soit équipé d'une foule de capteurs et de détecteurs de toutes sortes. La plate-forme « UKARI-Core » y est déployée afin d'assurer la communication entre les différents objets intelligents et de coordonner les différents services offerts par ceux-ci. En France, nous retrouvons l'habitat intelligent pour la santé qui se trouve à la faculté de

médecine de Grenoble [16][29][30][41][39][40] et dont le schéma se trouve à la page 14. Cet appartement expérimental est connecté à un réseau qui permet la gestion des informations recueillies sur les personnes télésurveillées, la gestion des alarmes ainsi que la gestion des utilisateurs du système. Au Canada, nous retrouvons le laboratoire DOMUS de l'université de Sherbrooke [3][34]. Un appartement expérimental de type « quatre et demi » est équipé de différents capteurs dont des détecteurs de mouvements, des contacts électromagnétiques pour les portes, les armoires ainsi que les tiroirs, des tapis tactiles, etc. Cet appartement peut être configuré de différentes façons ce qui permet à l'équipe du laboratoire DOMUS d'effectuer une foule de tests avec la collaboration de sujets atteints de troubles cognitifs variés (schizophrènes, déficients mentaux, traumatisés crâniens, etc.). Plusieurs travaux visant à améliorer la vie des patients atteints de troubles cognitifs y sont présentement en cours comme nous le verrons plus loin.

Recherche plus spécialisée

Comme nous l'avons mentionné plus tôt, rendre un appartement intelligent est une chose très complexe. Il est donc important de se concentrer sur des problèmes relativement restreints et/ou spécifiques. Nous allons donc faire maintenant un bref survol de certains sujets de recherche plus « pointus » reliés au domaine des habitats intelligents pour la santé.

F. Latfi et B. Lefebvre [23] travaillent sur la définition d'ontologies dans le cadre des habitats intelligents en télé santé. Les ontologies servent à définir « (...) a vocabulary of terms and some specification of their meaning. This includes definitions and indications on how concepts are interrelated which collectively impose a structure on the domain and constrain the possible interpretation of terms »[48]. Leurs travaux visent donc à standardiser le domaine des habitats intelligents. Parmi les ontologies développées par [23], nous retrouvons celle de la *Personne* qui se divise en deux sous-classes, à savoir celle du *Patient* et celle de l'*Acteur*. L'ontologie du *Patient* sert à décrire tout ce qui est spécifique à l'occupant de l'habitat intelligent comme, par exemple, les différentes pathologies (maladies et handicaps) dont il est atteint. La classe *Acteur* sert à décrire les rôles des différents intervenants. Nous

retrouvons également plusieurs autres ontologies dont celles de l'*Habitat*, du *Comportement* et de la *Décision*. Nous reparlerons davantage des ontologies au chapitre 3.

Elzabadani et al. [18] s'intéressent à l'intégration et à la reconnaissance automatique de nouvel équipement au sein d'un environnement intelligent. Idéalement, un habitat intelligent devrait pouvoir détecter l'ajout d'un nouvel équipement, en reconnaître la nature et la fonction et être capable de se reconfigurer en conséquence afin de l'utiliser/contrôler correctement. Pour se faire, ils proposent l'utilisation de fiches et de prises de courant intelligentes qui permettraient à l'habitat de localiser et de contrôler les objets intelligents lorsqu'ils sont ajoutés dans l'environnement. Leur système est basé sur OSGi (**O**pen **S**ervices **G**ateway **I**nitiative) et l'utilisation d'étiquettes RFID (**R**adio **F**requency **I**dentification). Ces prises et fiches intelligentes sont installées dans la « Gator Tech Smart House » en Floride.

À Toulouse, en France, le projet PROSAFE [8][9][45] tente de faire une description des activités nocturnes (déplacements, agitation au lit) des patients âgés hospitalisés en chambre. En conservant des données sur les déplacements d'un patient et sur son niveau d'activité, il est possible de produire des statistiques et d'établir son profil afin de faire ressortir les situations anormales. Dans le cadre de ce projet, des expériences avec des patients atteints de la maladie d'Alzheimer ont également été faites à l'Hôpital de Muret (<http://www.lass.fr/PROSAFE>). Le DMS (**D**ata **M**anagement **S**ystem) [32] est une architecture dont le but est de collecter les données provenant d'un environnement médical intelligent, de faire le lien entre ces données et les différents aspects sur lesquels elles peuvent avoir une incidence, et, finalement, de présenter le tout dans un format approprié afin de fournir aux professionnels de la santé une vue globale de l'état d'un patient, et ce, en temps réel, ce qui les aidera à prendre des décisions éclairées à son sujet et à réduire ainsi les erreurs médicales. Au Royaume Uni, Amaral et al. [1] s'intéressent à l'intégration du « **S**ingle **A**ssessment **P**rocess (**SAP**) » au sein d'un système d'analyse des activités qui permettrait de détecter l'apparition non seulement de pathologies et/ou situations demandant une intervention immédiate, mais aussi l'apparition à moyen et long terme de comportements susceptibles de servir d'indicateurs du déclin de l'état de santé physique et/ou mentale d'un individu. Leur approche fait le lien, entre autres choses, entre les différentes technologies

disponibles et les activités qu'elles seraient susceptibles d'aider à détecter ainsi qu'entre les activités et les différents aspects médicaux, interpersonnels ou autres, susceptibles de nous indiquer si une personne a des habitudes de vie saines ou non (tant sur le plan de la santé physique que mentale et émotive). Tout comme dans le projet PROSAFE, le système proposé [1] pourrait générer des statistiques et les présenter sous forme de graphiques pour mieux faire ressortir les tendances.

Une autre équipe de chercheurs [8] s'intéresse, quant à elle, à la problématique de la détection des situations critiques. Pour ce faire, ils procèdent à l'analyse des données provenant d'un ensemble de capteurs infrarouges qui détectent les mouvements dans une pièce.

France Télécom R&D et le laboratoire DOMUS de l'Université de Sherbrooke collaborent présentement sur un projet qui vise à créer un assistant intelligent pour faciliter les activités de la vie quotidienne pour les gens souffrant de troubles cognitifs [35][50]. Les membres du laboratoire DOMUS ont également fait des travaux dans le but de modéliser les activités de la vie quotidiennes afin de fournir une meilleure assistance à la tâche, parmi ceux-ci nous retrouvons [3] qui utilisent le langage XML (eXtensible Markup Language) afin d'implémenter leurs modèles d'activités.

Moore et al. [26] utilisent les HMM (Hidden Markov Models) et les réseaux bayésiens pour effectuer la reconnaissance des tâches et des activités. Les objets de l'environnement sont définis dans des classes qui servent à décrire leurs propriétés, leur(s) fonction(s), les actions pouvant être effectuées sur et/ou avec ceux-ci, ainsi que les relations pouvant exister entre différents objets. Ils utilisent des caméras afin de suivre le mouvement des mains du sujet observé dans le but de déterminer quels objets sont utilisés par ce dernier ainsi que quelles sont les manipulations effectuées sur ceux-ci. À ce niveau, leurs travaux s'inspirent de [7] qui utilisent des réseaux bayésiens pour évaluer ce qui se passe à partir de données obtenues par surveillance vidéo. En comparant les mouvements des mains avec les actions prédéfinies associées aux différents objets manipulés, [26] tentent de déterminer la ou les activités les plus probablement en cours d'exécution.

Dalal et al. [13], quant à eux, utilisent un système à base de règles ainsi qu'un certain nombre de capteurs afin de déterminer quelle est l'activité en cours et de détecter les situations à risque. Ces règles sont en fait des associations entre l'activation de certains senseurs (donc l'utilisation de certains éléments) et certaines activités de la vie quotidiennes i.e. dormir, manger, aller aux toilettes. En conservant l'information sur l'ensemble des activités de base effectuées par un individu donné pendant une période de temps X, ils arrivent à dresser un portrait général de certaines de ses habitudes de vie. Ce système a été testé sur une période de plusieurs mois dans une maison communautaire qui a servi, pour reprendre le terme employé par les auteurs, de « laboratoire vivant ». Les auteurs poursuivent présentement leurs recherches afin d'améliorer leur système dans le but de détecter un plus grand nombre d'activités, d'éliminer les « faux positifs » (mauvaise identification d'une activité X comme étant une activité Y), et de palier les limites d'une approche par règles comme, entre autres, la gestion de l'incertitude.

Bien qu'il ne s'agisse pas de recherche effectuée dans le cadre des habitats intelligents, les travaux de Bunt, Conati et al. [6][11][12] méritent d'être mentionnés ici car il existe des similitudes indéniables entre ceux-ci et la reconnaissance d'activité et l'aide à la tâche dans un environnement intelligent. Conati et al. traitent de la modélisation de la tâche et de la gestion de l'incertitude à l'aide de réseaux bayésiens dans le contexte des tutoriaux intelligents. Afin de pouvoir apporter de l'aide à un étudiant, le tuteur intelligent doit avoir une bonne idée de ses capacités (connaissances et maîtrise des notions apprises) ainsi que ce que ce dernier cherche à accomplir. Le fait que Conati et al. aient réussi à utiliser les réseaux bayésiens avec succès dans le cadre de leurs travaux de recherche est donc très intéressant car cela peut nous laisser entendre qu'il serait également profitable de les utiliser pour la reconnaissance d'activité.

1.2.3 Reconnaissance d'activités et habitudes de vie

Comme nous l'avons mentionné à la section précédente, un habitat intelligent devrait être en mesure de suivre l'évolution de l'état de santé de l'occupant, de détecter les cas de

comportements à risque, d'apporter une aide à la tâche au besoin, bref de permettre par tous les moyens possibles le maintien à domicile de la personne en perte d'autonomie cognitive, tout en lui assurant une bonne qualité de vie. Tout ceci est loin d'être simple et, bien que plusieurs chercheurs travaillent activement à la reconnaissance et à l'analyse d'activités (voir *Développement et recherche actuelle*), beaucoup de travail reste à faire. En effet, pour pouvoir répondre à une partie de ce contrat, il faut que l'habitat, suite aux observations qu'il aura faites du patient à l'aide des différents capteurs, soit en mesure non seulement de déduire correctement ce qui se passe, mais aussi d'apprendre à bien connaître les habitudes de vie du patient afin de mieux répondre à ses besoins.

Dans les deux sous-sections qui suivent, nous allons aborder de plus près la question des habitudes de vie et de la reconnaissance d'activité.

1.2.3.1 Activités et habitudes de vie

Avant d'aller plus loin, regardons d'abord quelques définitions qui vont nous être utiles tout au long de ce document.

Activités de la vie quotidienne (AVQ)

Les AVQ, aussi connue sous le nom d'ADL (Activities of Daily Living), sont des activités dites **de base** qui sont observables quotidiennement à l'intérieur de la routine d'un individu et qui sont axées sur l'individu lui-même, qu'il soit atteint de troubles cognitifs ou non. Parmi celles-ci nous retrouvons : dormir, se laver, manger, et répondre à l'appel de la nature (aller aux toilettes).

Activités instrumentales de la vie quotidienne (AIVQ)

Les AIVQ, aussi connue sous le nom d'IADL (Instrumental Activities of Daily Living), sont des activités plus complexes que les AVQ car elles sont généralement constituées d'un plus grand nombre de sous-tâches. De plus, ces activités ont souvent un caractère social et/ou utilitaire et ne sont, en général, pas aussi fréquentes que les AVQ. En fait, certaines de ces activités peuvent très bien n'être effectuées qu'un certain nombre de fois par semaine ou par

mois. À titre d'exemple, nous retrouvons : préparer un repas, parler au téléphone, faire le ménage, prendre les transports en commun pour effectuer ses déplacements, gérer son budget, etc.

Toutes les activités sont composées d'une suite plus ou moins longue de **tâches** ou sous-tâches simples. Par exemple, se faire du café implique de se rendre dans la cuisine, de mettre du café et de l'eau dans la cafetière, de la brancher dans la fiche de courant, et de la mettre en marche. Il est à noter qu'une ou plusieurs sous-tâches peuvent être communes à plus d'une activité. À titre d'exemple, la tâche « ouvrir le robinet d'eau froide » peut faire partie de l'activité « se brosser les dents » tout comme elle peut faire partie de l'activité « se laver les mains ». C'est donc dire que ce qui différencie une activité d'une autre, c'est l'ensemble des sous-tâches et des objets (interactions avec l'environnement) impliqués.

Habitudes de vie

Les habitudes de vie sont formées d'un **ensemble d'activités**. Elles constituent, en quelque sorte, la **routine** d'une personne à domicile en ce qui concerne ses activités quotidiennes, hebdomadaires, etc. Nous y retrouvons donc les activités quotidiennes que la personne à l'habitude de faire sur une **base régulière**. Parmi les activités régulières, nous retrouvons toutes les AVQ ainsi qu'un certain nombre d'activités plus complexes (IAVQ ou autres) qui varient selon la personne. Nous retrouvons également dans les habitudes de vie toutes les activités plus complexes qui ne sont pas nécessairement présentes sur une base quotidienne, mais qui peuvent l'être sur une base hebdomadaire, bimensuelle, etc. comme, par exemple, faire la lessive tous les jeudis après-midi ou encore préparer d'avance tous les repas de la semaine durant le week-end.

Éléments ayant une incidence sur les activités

Intuitivement, nous pouvons voir qu'il existe un lien étroit entre l'endroit où se trouve le sujet observé et les types d'activités qu'il est susceptible d'accomplir. En effet, il est raisonnable de supposer que personne n'a l'habitude de préparer ses repas dans la salle des toilettes.

Activités Possibles	Pièces					
	Chambre	Cuisine	Salon	Salle de Bain	Toilettes	Salle à Manger
Dormir						
Manger						
Préparation de nourriture						
Toilettage						
Répondre à l'appel de la nature						
Ménage						
...						

Tableau 3 - Activité et pièce de la maison

En utilisant les correspondances entre le lieu et les activités, nous pouvons déjà avoir une idée de certaines conditions ou probabilités initiales qui pourraient être imposées à un système chargé de la reconnaissance d'activité et de l'apprentissage des habitudes de vie. Si nous revenons à l'exemple de la préparation des repas au WC, il est raisonnable de supposer que la probabilité de base associée à cet événement va être nulle. Par contre, la probabilité à priori qu'un individu s'endorme le soir dans la salle de séjour ne sera pas nécessairement nulle car il peut très bien arriver qu'une personne s'endorme devant son « film du vendredi soir ».

Il est à noter que, dans le Tableau 3, une distinction est faite entre les toilettes et le reste de la salle de bain même s'il s'agit de la même pièce. Cela vient du fait que, conceptuellement, il est préférable de traiter ces deux zones comme s'il s'agissait de pièces différentes dans la mesure où rester 20 minutes devant le miroir n'a pas la même implication que rester assis 20 minutes sur le siège de la toilette. Dans le premier cas, cela peut tout simplement indiquer que le sujet fait sa toilette et se coiffe dans le but de sortir avec des amis, tandis que dans le deuxième cas, cela peut être dû à des problèmes intestinaux.

Période de la journée	Début de la période	Fin de la période	Quelques activités possibles					
			Dormir	Préparer de la nourriture	Manger	Se laver	Répondre à l'appel de la nature	Ménage
«Heure» du lever	07 :31	08 :30						
Avant-midi	08 :31	12 :00						
Dîner	12 :01	13 :00						
Après-midi	13 :31	17 :30						
Souper	17 :31	19 :00						
Soirée	19 :01	21 :00						
« Heure » du coucher	21 :01	23 :59						
Nuit	12 :00	07 :30						

Tableau 4 - Activités et périodes de la journée

Il existe également un lien entre la période de la journée et les types d'activités que le sujet est susceptible de faire. Le Tableau 4 est un exemple non exhaustif de correspondance entre les périodes de la journée et un ensemble d'activités possibles pour une personne quelconque. La fréquence et la durée sont aussi des caractéristiques des activités tout comme l'est l'ordre de réalisation, ou l'enchaînement, des activités entre elles. En effet, il existe aussi un lien entre l'activité précédente et l'activité probablement en cours. À titre d'exemple, les chances de se brosser les dents sont généralement plus élevées après avoir mangé qu'après avoir pris une douche tout comme la probabilité de se laver les mains est habituellement plus élevée après avoir été aux toilettes qu'après avoir regardé un film.

Dans un même ordre d'idée, F. Duchêne mentionne dans [16] qu'il existe des caractéristiques intrinsèques (fréquence, durée, période de la journée) et extrinsèques (enchaînement, contraintes, ...) pouvant être associées à chaque activité. Le Tableau 5 montre certaines caractéristiques intrinsèques des AVQ.

Activités de la Vie Quotidienne	
SOMMEIL	
<i>Fréquence</i>	1 à 2 fois par jour.
<i>Moment</i>	La nuit, et éventuellement une autre fois pour une sieste plus certainement l'après-midi.
<i>Durée</i>	Plusieurs heures pendant la nuit, mais plutôt 1 à 2 heures pendant la sieste.
<i>Lieu</i>	Dans la chambre, éventuellement dans le salon pour la sieste.
<i>Posture</i>	Allongée, avec des passages en postures assise et debout pendant le coucher et le lever.
<i>Dépenses énergétiques</i>	Dépenses énergétiques faibles pendant le sommeil, et plus élevées au coucher et au lever.
TOILETTE	
<i>Fréquence</i>	1 fois par jour.
<i>Moment</i>	Plutôt le matin.
<i>Durée</i>	Probablement moins d'une heure.
<i>Lieu</i>	Dans la salle de bain.
<i>Posture</i>	Debout essentiellement.
<i>Dépenses énergétiques</i>	Activité relativement coûteuse en énergie.
ALIMENTATION	
<i>Fréquence</i>	3 fois par jour.
<i>Moment</i>	Le matin, le midi et le soir, dans la cuisine.
<i>Durée</i>	L'alimentation peut durer d'un quart d'heure à une heure environ, voire plus pour de longues préparations. La préparation des repas concerne principalement les repas du midi et du soir, mais il est possible d'observer qu'une personne prépare en une fois plusieurs repas qui seront alors ensuite pris plus rapidement.
<i>Lieu</i>	Dans la cuisine, éventuellement dans le salon pour l'alimentation en elle-même.
<i>Posture</i>	Alternances fréquentes entre les postures assise et debout.
<i>Dépenses énergétiques</i>	L'alimentation en elle-même est peu coûteuse en énergie, mais par contre toutes les autres tâches liées à l'alimentation, et notamment la préparation des repas, le sont beaucoup plus.
PASSAGE AU CABINET	
<i>Fréquence</i>	Au moins une fois par jour.
<i>Moment</i>	-
<i>Durée</i>	Durée relativement courte.
<i>Lieu</i>	Dans les toilettes.
<i>Posture</i>	Assis.
<i>Dépenses énergétiques</i>	Activité plutôt coûteuse en énergie.

Tableau 5 - Caractéristiques intrinsèque des AVQ [16]

Évidemment, il existe des nuances plus ou moins prononcées selon les individus et c'est à ce stade que la partie apprentissage entrera en jeu. Mais voilà, avant même de pouvoir espérer faire l'apprentissage des habitudes de vie, il faut d'abord s'assurer que le système soit en mesure de reconnaître les activités qui sont en cours d'exécution.

1.2.3.2 Reconnaissance d'activités

Tout comme [3], nous croyons qu'il est impensable d'espérer faire de l'aide à la tâche sans d'abord faire de la reconnaissance d'activité. En fait, la reconnaissance d'activités est instrumentale à la réalisation de plusieurs fonctions d'un habitat intelligent pour personne en perte d'autonomie cognitive. Pour faire de l'aide à la tâche, un système intelligent doit être en mesure de reconnaître l'activité (ou la tâche) que l'occupant tente d'accomplir. Pour dresser le profil des habitudes de vie d'un individu, suivre l'évolution de son état de santé et faire ressortir certaines tendances à court, moyen et long termes, il faut également être en mesure de faire de la reconnaissance d'activités. Finalement, pour détecter les cas urgents nécessitant une intervention quelconque, il faut avoir conscience de ce qui se passe.

Dans ce qui suit, nous allons faire un bref survol de certains facteurs pouvant avoir un impact sur la reconnaissance d'activités. Ces éléments seront abordés plus en détails par la suite à l'intérieur des chapitres 2 et 3.

Points à considérer pour faire de la reconnaissance d'activité

Pour une personne qui ne souffre pas de troubles cognitifs et qui n'est pas susceptible d'en souffrir, un nombre très restreint d'information peut facilement suffire à déterminer ce qu'elle fait dans une pièce comme la salle de bain. Par exemple, si Monsieur X se trouve devant le lavabo et qu'il prend sa brosse à dent, il est raisonnable, pour ne pas dire évident, de supposer qu'il se brosse les dents. Même pour une personne souffrant de troubles cognitifs, si, au départ, elle est assez fonctionnelle et autonome pour effectuer sa toilette seule, le fait qu'elle se trouve devant le lavabo et qu'elle prenne sa brosse à dent est suffisant, à prime abord, pour

déterminer ce qu'elle fait. Par contre, comme la reconnaissance d'activités doit servir à dresser un profil de la personne en ce qui a trait à ses habitudes de vie et à sa capacité à effectuer des AVQ (pour détecter le déclin de ses facultés cognitives), nous avons besoin de plus d'informations car, dans bien des cas, nous voulons être en mesure de déterminer non seulement ce qu'elle fait, mais aussi si elle le fait **correctement**. Il en va de même si nous désirons être en mesure de détecter l'apparition de certains troubles physiologiques ou apporter de l'aide à la tâche. Ainsi, nous devons tenir compte, comme nous l'avons mentionné à la section précédente, des déplacements de la personne, du lieu où elle se trouve, de sa posture, de la période de la journée et d'un certain nombre d'objets qu'elle utilise i.e. de l'interaction de cette dernière avec son environnement. L'ensemble de ses informations servira à faire de la reconnaissance d'activités de façon utile et efficace dans le contexte qui nous préoccupe.

Après avoir déterminé le type d'information dont nous avons besoin, il faut déterminer COMMENT nous allons les obtenir. Contrairement à [26] qui utilisent des caméras afin de déterminer quels objets sont utilisés, nous préférons l'utilisation de capteurs ainsi que de divers autres dispositifs de collecte de données non invasifs en place dans l'habitat. Plusieurs raisons nous poussent à faire ce choix, comme nous le verrons plus en détails au chapitre 3. Pour l'instant, contentons-nous de dire que nous croyons qu'il est à la fois plus simple, fiable, et moins dérangeant d'utiliser des capteurs que d'utiliser des caméras à cet effet. Nous croyons également, tout comme [13], qu'il est possible de déterminer l'activité en cours en utilisant un nombre restreint de dispositifs. La question est donc de déterminer lesquels afin d'obtenir toute l'information dont nous avons besoin et d'avoir un système relativement simple, portable et efficace.

Un système de reconnaissance d'activités doit, dans le présent contexte, faire de la reconnaissance d'activités de façon « passive » la plupart de temps, i.e. sans demander de confirmation à l'occupant en ce qui a trait à l'activité qu'il effectue (*voir la section Développement et recherche actuelle, plus particulièrement la sous-section traitant de la Recherche plus spécialisée*). En effet, comme il serait tout à fait impensable qu'un système de reconnaissance d'activités intégré à un habitat intelligent pose à tout bout de champ des

questions comme : « *Est-ce que vous préparez un repas?* », ou encore, « *Est-ce que vous brossez les dents?* » car cela serait non seulement agressant, mais également totalement inefficace, cela implique qu'il faut considérer la notion d'incertitude lorsque vient le temps d'évaluer l'activité en cours. Pour faire de la reconnaissance d'activité, il faut donc déduire ce qui se passe de la façon la plus précise possible tout en tenant compte du fait qu'il est à peu près impossible d'être certain de quoi que ce soit à 100%. Les notions de probabilités et de degrés de certitude devront donc être introduites dans l'équation. Comme nous les verrons plus tard dans la suite de ce document, nous croyons qu'un moyen de gérer cette incertitude est l'utilisation de réseaux bayésiens.

D'autres points à considérer sont les interruptions (une activité peut très bien interrompre une autre) et le parallélisme (plusieurs activités peuvent très bien être effectuées en parallèle). Il y a aussi le fait que certaines activités se ressemblent en ce sens qu'elles utilisent un certain nombre de tâches, d'objets et/ou d'appareils en commun. Il faudra donc, si nous voulons faire de la reconnaissance d'activités de façon adéquate, être en mesure de faire la différence entre deux activités similaires ou, en cas de doute, pouvoir détecter qu'il existe plus d'une possibilité. Évidemment, plus le niveau de spécificité désiré dans la détection des activités est fin, plus ce genre d'ambiguïté risque de se produire. Par exemple, si nous voulons qu'un système de reconnaissance d'activité fasse la différence entre faire de la soupe et faire du café (deux activités qui ont à la fois de tâches, des objets et des appareils en commun) plutôt que de se contenter de dire « préparer de la nourriture », il devra être en mesure de gérer un plus grand nombre de capteurs et de faire les liens entre ceux-ci et un plus grand nombre d'activités possibles. Il est donc, encore une fois, important d'établir nos priorités et de partir du plus simple en allant graduellement vers le plus complexe.

Finalement, nous devons également déterminer le niveau de granularité que nous voulons atteindre en ce qui concerne la reconnaissance d'activités. Est-ce que le fait de savoir qu'une personne prépare un repas est suffisant ou bien est-ce qu'il est important de faire la différence entre faire de la soupe et faire des crêpes? Le niveau de granularité (ou de spécificité) dans la reconnaissance des activités est directement lié à l'utilisation que l'on veut en faire (et nous ramène au problème des activités similaires mentionné plus haut). S'il s'agit de faire le profil

des habitudes de vie et de déceler un déclin possible des facultés cognitives, un niveau moyen est suffisant. Par contre, pour effectuer de l'aide à la tâche, il faut être plus précis.

1.2.4 Buts et objectifs du présent travail

Comme nous l'avons mentionné à maintes reprises à l'intérieur de ce chapitre, rendre un habitat « intelligent » n'est pas une chose aisée et plusieurs chercheurs faisant partie d'équipes multidisciplinaires un peu partout à travers le monde travaillent activement sur cette problématique. L'intelligence, la faculté de raisonnement ou de jugement, l'auto adaptation sont autant d'habiletés faisant partie de la nature humaine que nous prenons souvent pour acquises. En effet, pour un être humain, ces facultés ou habiletés « vont de soit ». Par contre, pour un système informatique, il n'en va pas de même car, contrairement à l'être humain, un système informatique n'a pas d'âme, pas d'essence. Il n'a pas conscience de sa propre existence ni n'a de bagage d'expériences de vie sur lequel il peut se rabattre afin de porter un jugement. Un système informatique n'a pas d'enfance, ni d'adolescence. Il ne « souffre » pas, ni ne souffrira jamais. L'instinct, l'intuition, les sentiments, sont autant de concepts étrangers à un système informatique. Si nous pouvions mettre tout cela en bouteille, le problème de rendre un habitat « intelligent » n'en serait pas un. Si nous voulons nous rapprocher de ce but, nous n'avons donc d'autres choix que de commencer par la base en nous concentrant sur un petit sous-ensemble d'éléments.

Nous avons mentionné que, pour répondre en partie à son mandat, un habitat intelligent devrait être en mesure reconnaître les activités effectuées par l'occupant afin de lui apporter de l'aide, si nécessaire, et d'apprendre ses habitudes de vie afin de s'adapter à celui-ci et de dresser un profil de l'évolution de son état. Pour ce faire, nous devons considérer plusieurs facteurs parmi lesquels nous retrouvons ceux mentionnés à la section précédente.

Dans le cadre de ce travail, nous croyons qu'il n'est pas utile d'avoir un niveau de granularité très fin parce que nous voulons insérer la reconnaissance d'activités à l'intérieur d'un système d'apprentissage des habitudes de vie qui servira à dresser un portrait global et général des habitudes d'un individu et non pas à faire de l'aide à la tâche très poussée pour

l'instant, même si nous espérons que nos travaux puissent servir à ce niveau également. De plus, nous croyons fermement qu'avant de pouvoir faire de la reconnaissance d'activités plus « fines », il faut se concentrer de préférence sur des activités relativement simples. Évidemment, une fois les cas simples et de haut niveau traités, il faudra éventuellement avoir un niveau de granularité plus fin, particulièrement lorsque viendra le temps d'utiliser la reconnaissance d'activités pour effectuer de l'aide à la tâche de façon plus efficace, mais ceci dépasse largement le cadre de ce travail.

À ce stade-ci, nous allons donc chercher à reconnaître des activités qui ne sont ni interrompues, ni effectuées en parallèle. Encore une fois cela vient du fait que nous croyons qu'il est important d'avoir des bases solides avant de pouvoir espérer gérer des situations plus complexes. Évidemment, les interruptions ainsi que le parallélisme devront absolument être gérées ultérieurement dans le cadre de travaux plus poussés.

Dans les prochains chapitres, nous allons définir les grandes lignes d'un système de reconnaissance d'activités tel qu'il pourrait se dessiner. Nous allons également expliquer comment ce système pourrait éventuellement servir à l'apprentissage des habitudes de vie. Par la suite, nous allons passer à l'aspect pratique de notre travail c'est-à-dire que nous allons tenter de déterminer si l'utilisation de réseaux bayésiens combinée avec un minimum de capteurs est une option viable pour la reconnaissance d'activités. Pour ce faire, nous allons nous concentrer sur une seule pièce de l'habitat, à savoir la salle de bain. Le chapitre 3 de notre document expliquera certaines des raisons qui nous ont poussées à faire un tel choix.

1.3 Conclusion

Au cours du présent chapitre, nous avons présenté le cadre global de notre recherche ainsi que la problématique à laquelle nous voulons contribuer à répondre, à savoir fournir un environnement sécuritaire permettant le maintien à domicile de personnes atteintes de troubles cognitifs tout en leur assurant la meilleure qualité de vie possible. Pour ce faire, nous avons mentionné qu'une solution possible serait l'utilisation d'habitats intelligents qui, une fois mis sur pied et totalement fonctionnels, devraient être capables, entre autres choses, de

faire de la reconnaissance d'activité et de l'apprentissage des habitudes de vie. Nous avons également décrit la portée de ce travail et parlé de l'état de l'art dans le domaine des habitats intelligents.

Dans le chapitre qui suit, nous verrons de plus près le fonctionnement des réseaux bayésiens qui devraient nous servir à rendre l'habitat plus *intelligent*.

CHAPITRE II

RÉSEAUX BAYÉSIENS

Nous vivons dans un monde incertain. En effet, nous ne pouvons quasiment jamais affirmer quoi que ce soit avec certitude sauf, peut-être, le fait que nous allons tous mourir un jour. Malheureusement, ce genre de certitude ne nous est pas très utile. La notion de « monde incertain », nous amène donc à faire la constatation suivante : Si nous voulons faire de la reconnaissance d'activités, nous n'avons d'autres choix que de travailler avec des **PROBABILITÉS**. Comme il n'y a PAS d'absolu, nous allons donc chercher à savoir, dans un premier temps, quelle est l'activité qui est la **PLUS PROBABLEMENT** en cours. Pour ce faire, nous allons utiliser les réseaux bayésiens.

2.1 Réseaux bayésiens – un bref survol

Dans les réseaux bayésiens, qui sont souvent appelés réseaux probabilistes, causals ou de « croyances », les relations causales ne sont PAS absolues. Elles sont associées à une probabilité qui indique le degré de croyance, ou de confiance, que nous avons dans un événement donné. Les probabilités associées aux différents événements suivent la **règle de Bayes** qui s'énonce comme suit :

Pour tout couple d'événements A et B,

$$p(B|A) = p(A|B) \times p(B) / p(A)$$

Où $p(A)$ se lit comme étant la « probabilité de A »

Et $p(A|B)$ se lit comme étant la « probabilité de A sachant B » i.e. sachant que B est vrai.

Cette règle nous permet de mettre à jour toutes les probabilités du réseau dès qu'une nouvelle information est disponible. Afin d'illustrer la règle de Bayes, considérons l'exemple simple suivant :

Nous faisons les observations suivantes en hiver, dans un petit village d'Écosse :

- il pleut 50% du temps
- le ciel est nuageux 80% du temps.

Évidemment, nous **savons** que, lorsqu'il pleut, le ciel **est nuageux** dans 100% des cas.

À partir de ces deux observations, de notre connaissance de « sens commun », et de la règle de Bayes, nous pouvons maintenant calculer la probabilité qu'il puisse pleuvoir si le temps est nuageux.

$$p(\text{Pluie} \mid \text{Nuageux}) = p(\text{Pluie}) \times p(\text{Nuageux} \mid \text{Pluie}) / p(\text{Nuageux})$$

$$p(\text{Pluie} \mid \text{Nuageux}) = 0.5 \times 1.0 / 0.8 = 0.625 = 5/8$$

Nous pouvons donc dire qu'en hiver, dans notre petit village écossais, un temps nuageux signifie qu'il pleuvra dans environ 62.5% des cas.

La règle de Bayes peut être étendue pour prendre en compte un nombre plus grand de variables. Par contre, comme les équations résultantes peuvent être beaucoup plus complexes, nous allons laisser au lecteur le plaisir d'explorer le sujet par lui-même dans la littérature ☺. Parmi les références pertinentes, notons [33] et [43].

Définition 2.1 Un réseau bayésien est un ensemble de chemins composés de nœuds, qui représentent les variables du système, et d'arcs, qui représentent les relations de cause à effet entre ces variables. Chaque nœud peut avoir plusieurs états (valeurs) possibles. À chaque nœud est associée une table de probabilités conditionnelles énumérant les différentes

probabilités que le nœud soit dans l'un ou l'autre de ses états en fonction de tous les états possibles de son (ses) nœud(s) parent(s).

Essentiellement, un réseau bayésien est donc un **graphe** servant à modéliser une partie du « monde réel » en fonction des différents états possibles des éléments de ce monde (les nœuds de notre graphe) et de l'influence que l'état de chacun des nœuds peut avoir sur les autres. Pour construire un tel réseau, il faut d'abord déterminer quelles sont les variables pertinentes (les nœuds) à inclure et quelles sont les relations d'influence (les arcs), ou de cause à effet, entre les différentes variables. Ceci est habituellement fait en fonction de la connaissance du domaine à modéliser (dans certains cas, nous pouvons faire appel à des experts du domaine) et du bon sens, ou bon jugement, de celui qui crée le modèle.

Bien qu'il puisse exister plusieurs relations entre les variables du monde « réel », dans un réseau bayésien, seules les relations que nous considérons **pertinentes** au domaine modélisé sont incluses. En d'autres termes, les relations pertinentes sont explicitement déclarées dans le réseau par des arcs (et des tables de probabilités associées, appelées CPTs pour **Conditional Probability Tables**) tandis que les relations qui ne sont pas importantes, car elles n'ont pas vraiment d'impact sur notre environnement dans le contexte qui nous intéresse, sont tout simplement omises.

Les différents nœuds de notre réseau peuvent prendre un certain nombre fini de valeurs, appelées *états*. Par exemple, si nous modélisons un système pour diagnostiquer le cancer du poumon, une des variables à considérer serait sans doute de savoir si le patient est un fumeur ou non. Nous aurions donc besoin d'un nœud « fumeur » pouvant avoir comme état possible vrai ou faux. Il est à noter qu'un nœud peut très bien avoir plus de deux états. L'important c'est que chacun de ces états soit mutuellement exclusif et que l'ensemble des états du nœud corresponde à la totalité des états possibles dans lequel la variable du « vrai monde » puisse se trouver. Dans le cas de variables continues comme la durée ou l'âge, nous utilisons la notion d'intervalle afin de « discrétiser » les variables. Par exemple, nous pourrions décider d'avoir une variable âge qui pourrait avoir 3 états possibles : Enfant (pour l'intervalle d'âge

de 0 à 18 ans exclusivement), Adulte (de 18 ans à 65 ans exclusivement), Troisième Age (65 ans et plus).

Il y a 3 types de liaison (connexion ou relation) entre les nœuds – convergente, linéaire et divergente – et TOUT chemin d'un réseau bayésien est composé d'une ou de plusieurs de ces connexions.

Dans les sous-sections qui suivent, nous allons utiliser des exemples classiques simples afin d'illustrer les différents types de liaison, i.e. linéaire, divergente, et convergente. Par la suite, nous allons fournir des définitions plus formelles de certains concepts importants et introduire quelques-unes des principales propriétés des réseaux bayésiens ainsi que quelques-uns des avantages et inconvénients liés à leur utilisation.

2.2.1 Liaison linéaire

Liaison linéaire

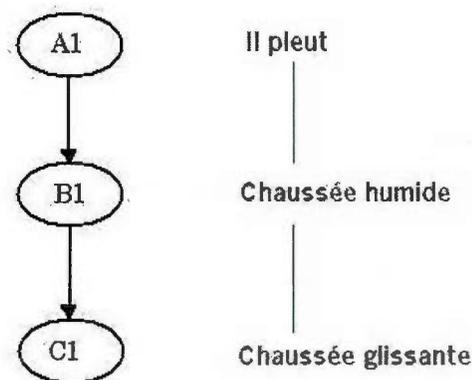


Figure 7 – Liaison linéaire

La Figure 7 illustre un exemple typique de liaison linéaire. Ici, comme dans tout autre type de liaison, le sens des flèches est important car il nous indique quelles sont les **causes** et quels sont les **effets** ou **conséquences probables** de ces causes. Ainsi, dans cet exemple, nous pouvons dire que le fait que la chaussée soit glissante (C1) a pour **cause probable** le fait qu'elle soit humide (B1). Nous pouvons également dire que si la chaussée est humide (B1),

cela est **probablement** dû au fait qu'il pleut (A1). Pour faire ces observations, nous avons lu le graphe dans le sens inverse des flèches. Maintenant, si nous suivons le sens des flèches, nous pouvons dire que le fait qu'il pleuve (A1) a pour **conséquence** ou **effet probable** B1 i.e. que la chaussée soit humide et le fait que la chaussée soit humide (B1) a pour **conséquence probable** qu'elle soit glissante (C1).

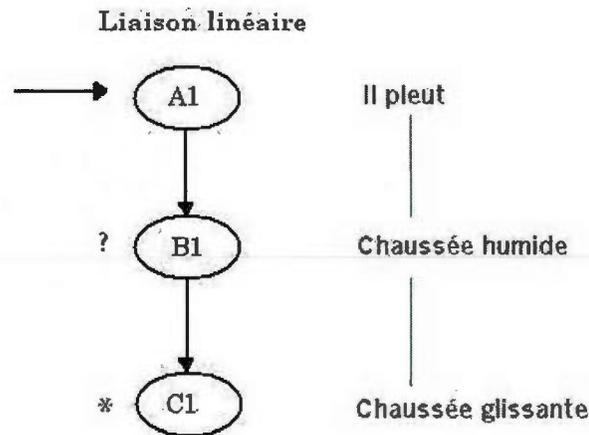


Figure 8 - Liaison linéaire – État de B1 inconnu

Supposons maintenant que nous cherchions à savoir s'il pleut (donc si A1 a des chances d'être vraie) et que pour prendre notre décision nous n'ayons aucune information concernant B1 (nous ne savons donc PAS si la chaussée est humide ou non) et ne disposions que de l'information C1 i.e. que la chaussée est effectivement glissante (voir Figure 8 - Liaison linéaire – État de B1 inconnu). La décision que nous allons prendre quant à la probabilité que A1 soit vraie dépend donc **entièrement** des connaissances que nous avons sur C1 puisque nous ne savons absolument rien sur B1. Par effet domino, le fait que nous sachions avec certitude que la chaussée est bel et bien glissante – C1 = vraie – va donc nous laisser croire que c'est peut-être parce que la chaussée est humide (la **probabilité** que B1 puisse être vraie **va donc augmenter** à nos yeux) ce qui nous influencera ensuite, par ricochet, lorsque viendra le temps d'évaluer la probabilité que A1 soit vraie (donc qu'il puisse pleuvoir).

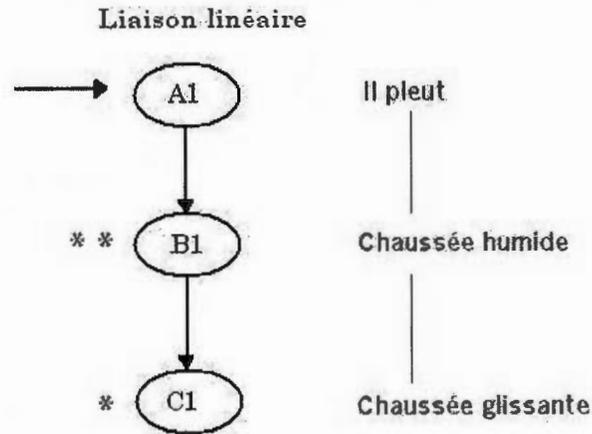


Figure 9 - Liaison linéaire – Introduction d’une certitude sur B1

Par contre, si nous introduisons une certitude quant à l’état de B1, à savoir que la chaussée est bel et bien humide (Figure 9), le fait que nous sachions que la chaussée est également glissante perd de son importance. En effet, pour décider si A1 a des chances d’être vraie ou non, nous n’allons nous baser que sur l’état de B1 (la chaussée **EST** humide) sans tenir compte de C1 car l’information que ce nœud contient est maintenant triviale.

Règle 1 : Une certitude à l’intérieur d’une liaison linéaire bloque la dépendance entre les 2 extrémités de celle-ci.

2.2.2 Liaison divergente

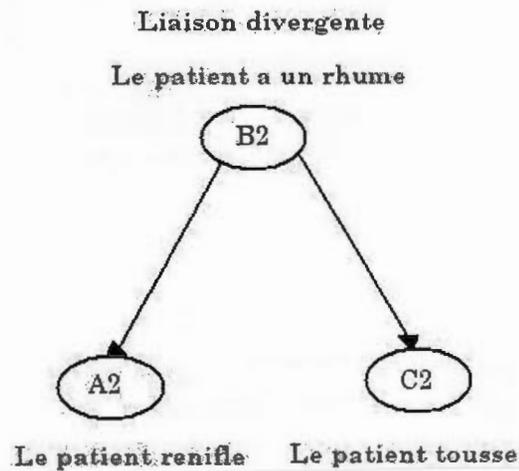


Figure 10 - Liaison divergente

Dans l'exemple de la Figure 10, B2, « le patient a un rhume », a comme effets probables A2 et C2 qui sont respectivement « le patient renifle » et « le patient tousse ». Cela signifie donc que A2 et C2 ont comme cause probable B2.

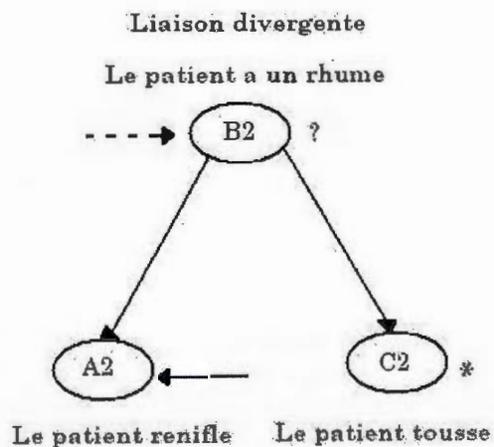


Figure 11 - Liaison divergente – État de B2 inconnu

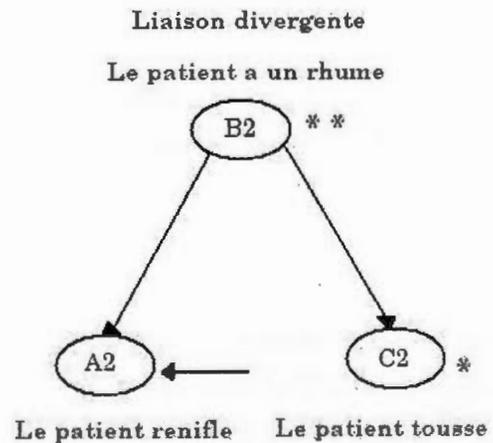


Figure 12 - Liaison divergente – Introduction d'une certitude sur B2

Si nous savons que C2 est vraie, que nous n'avons aucune idée de la valeur de vérité de B2, et que nous voulons ensuite estimer les chances que A2 soit vraie, nous n'aurons d'autre choix que de nous baser sur C2 pour prendre notre décision (Figure 11 - Liaison divergente – État de B2 inconnu). Le fait que nous sachions que le patient tousse – C2 = vraie – va faire en sorte que nous serons portés à croire que c'est *peut-être* parce que le patient a un rhume (donc que B2 puisse être vraie) ce qui va nous faire croire qu'il y a des chances que le patient puisse renifler aussi (la probabilité que A2 puisse être vraie va donc augmenter légèrement à nos yeux).

Par contre, à partir du moment où nous connaissons l'état de B2 (Figure 12 - Liaison divergente – Introduction d'une certitude sur B2) i.e. que nous **savons** que le patient a un rhume, nos connaissances en ce qui concerne l'état de C2 ne nous influenceront plus vraiment pour prendre notre décision concernant l'état probable de A2. En effet, si nous **SAVONS** que le patient a un rhume, le fait que nous sachions qu'il tousse ne nous influencera guère pour décider s'il a des chances de renifler. La certitude sur B2 provoque donc l'indépendance entre A2 et C2. Similairement au cas de la liaison linéaire, nous pouvons donc formuler la règle suivante :

Règle 2 : L'introduction d'une certitude à l'intérieur d'une liaison divergente bloque la dépendance entre les 2 extrémités de celle-ci.

2.2.3 Liaison convergente

Le dernier type de liaison est la liaison convergente. Dans l'exemple de la Figure 13, le graphe nous indique que la perte de feuille d'un arbre peut avoir comme causes probables le fait qu'il soit malade et/ou le fait que nous soyons en automne. Si nous interprétons le graphe dans le sens inverse des flèches, nous pouvons dire que la perte de feuille (B3) est une conséquence probable de A3, tout comme elle peut aussi être une conséquence probable de C3.

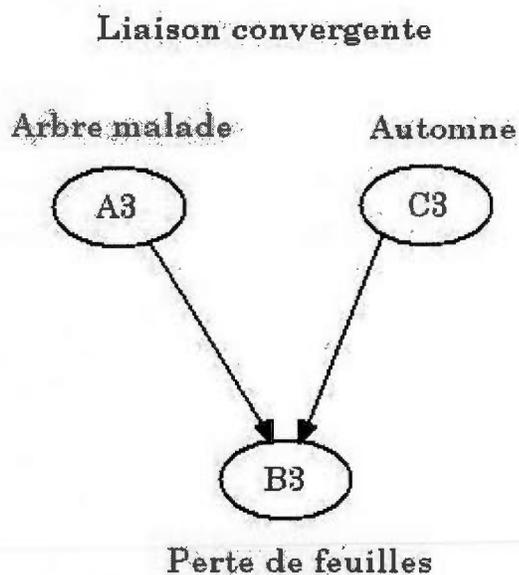


Figure 13 - Liaison convergente

Dans le cas des liaisons convergentes, l'introduction ou non d'une certitude quant à l'état d'un nœud intermédiaire a un effet différent de celui observé dans les deux cas précédents. En effet, prenons d'abord le cas où nous cherchons à estimer A3 (l'arbre est malade) alors que nous n'avons aucune information sur la perte de feuille (B3) et que la seule information que nous ayons soit le fait que nous soyons en automne (Figure 14). À prime abord, il n'y a aucun lien « naturel » entre le fait que l'arbre soit malade et le fait que nous soyons en automne ou non. Il n'existe donc aucune dépendance réelle entre ces deux nœuds car, à moins de disposer d'informations supplémentaires, rien ne nous permet de dire que le fait que nous soyons (ou ne soyons pas) en automne augmente ou non les chances que l'arbre soit malade.

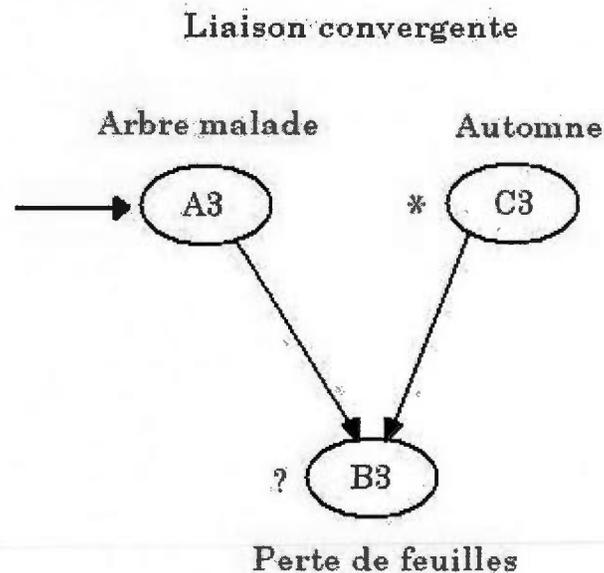


Figure 14 - Liaison convergente avec certitude sur C3

Par contre, si nous introduisons une nouvelle certitude quant à l'état de B3 à savoir qu'il y a bel et bien perte de feuilles (Figure 15), le fait que nous soyons en automne va influencer notre croyance concernant les chances que l'arbre soit malade. En effet, nous risquons fort de penser que la perte de feuilles est davantage liée au fait que nous soyons en automne et non au fait que l'arbre puisse être malade. L'introduction d'une certitude en B3 crée donc un lien (ou une dépendance) entre les nœuds A3 et C3 qui étaient préalablement indépendants.

De façon similaire, si nous savons qu'il y a perte de feuilles **ET** que nous ne sommes **PAS** en automne (Figure 16), nous allons accorder davantage de crédibilité au fait que l'arbre puisse être effectivement malade (donc que A3 puisse être vraie).

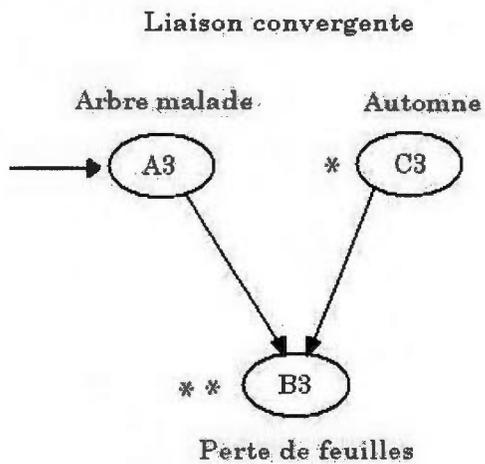


Figure 15 - Liaison convergente avec certitude sur B3 et C3 – Cas 1

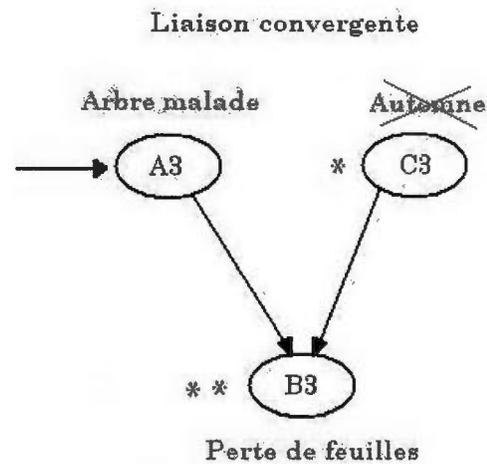


Figure 16 - Liaison convergente avec certitude sur B3 et C3 – Cas 2

Suite à ces exemples, nous pouvons donc introduire une troisième règle :

Règle 3 : L'introduction d'une certitude à l'intérieur d'une liaison convergente crée une dépendance entre les 2 extrémités de celle-ci.

2.2.4 Définitions supplémentaires

2.2.4.1 Bref rappel sur les graphes

Comme les réseaux bayésiens sont des graphes orientés (en fait, ils sont des *graphes connectés acycliques orientés*, CDAG, que nous définissons plus bas), regardons maintenant quelques définitions utiles.

Définition 2.2 Graphe

Soit V un ensemble fini. Soit A une partie de $V \times V$.

$G = (V, A)$ est appelé un *graphe* sur V .

Définition 2.3 Noeud

Soit $G = (V, A)$, un graphe. On appelle *nœud* un élément de V .

Définition 2.4 Arc

Soit $G = (V, A)$, un graphe. On appelle *arc* un élément de A .

Définition 2.5 Graphe orienté

Soit V un ensemble fini. Soit A une partie de $V \times V$ non réflexive telle que

$$\forall x \in V, (x, x) \notin A.$$

$G = (V, A)$ est appelé un *graphe orienté* sur V .

Définition 2.6 Graphe non orienté

Soit V un ensemble fini. Soit E une partie non réflexive et symétrique de $V \times V$ telle que $\forall x \in V, (x, x) \notin E$, $\forall y \in V, (y, y) \notin E$ et que $(x, y) \in E \Rightarrow (y, x) \in E$, alors

$G = (V, E)$ est appelé un *graphe non orienté* sur V .

Définition 2.7 Chemin

Soit $G = (V, A)$, un graphe. Une séquence de nœuds $[v_0, v_1, \dots, v_n]$ est un *chemin* dans G SSI :

$$\forall i, 1 \leq i \leq n, (v_{i-1}, v_i) \in A \text{ ou } (v_i, v_{i-1}) \in A$$

Définition 2.8 Chemin simple

Soit $G = (V, A)$, un graphe. Un chemin $[v_0, v_1, \dots, v_n]$ est un *chemin simple* dans G SSI :

$$\forall (i, j), 1 \leq i < j \leq n, v_i \neq v_j$$

Définition 2.9 Connexion

Soit $G = (V, A)$, un graphe. Soit u et v deux nœuds de G . Nous disons que u et v sont *connectés* et nous le notons $u - \dots - v$ SSI il existe un chemin $[u, v_0, v_1, \dots, v_n, v]$.

Définition 2.10 Graphe connecté

Soit $G = (V, A)$, un graphe. G est *connecté* si, entre deux nœuds quelconques, il existe au moins un chemin.

Définition 2.11 Chemin orienté

Soit $G = (V, A)$, un graphe orienté. Une séquence de nœuds $[v_0, v_1, \dots, v_n]$ est un *chemin orienté* dans G SSI :

$$\forall i, 1 \leq i < n, (v_{i-1}, v_i) \in A$$

Définition 2.12 Chemin convergent

Soient $G = (V, A)$, un graphe orienté, et S , un chemin $[v_0, v_1, \dots, v_n]$. Nous disons que S *converge* au nœud v_i si $(v_{i-1}, v_i) \in A$ et $(v_{i+1}, v_i) \in A$.

Définition 2.13 Chemin divergent

Soient $G = (V, A)$, un graphe orienté, et S , un chemin $[v_0, v_1, \dots, v_n]$. Nous disons que S *diverge* au nœud v_i si $(v_i, v_{i-1}) \in A$ et $(v_i, v_{i+1}) \in A$.

Définition 2.14 Chemin en série

Soient $G = (V, A)$, un graphe orienté, et S , un chemin $[v_0, v_1, \dots, v_n]$. Nous disons que S est *en série* au nœud v_i s'il n'est ni convergent ni divergent.

Définition 2.15 Cycle

Soit $G = (V, A)$, un graphe. Un *cycle* est un chemin simple $[v_0, v_1, \dots, v_n, v_0]$.

Définition 2.16 Cycle orienté

Soit $G = (V, A)$, un graphe orienté. Un *cycle orienté* est un chemin orienté $[v_0, v_1, \dots, v_{n-1}, v_0]$.

Définition 2.17 Graphe connecté acyclique orienté (CDAG)

Soit $G = (V, A)$, un graphe orienté. G est *acyclique* s'il ne contient aucun cycle orienté.

Définition 2.18 Parent, Enfant

Soit $G = (V, A)$, un graphe orienté. Si $(u, v) \in A$, alors u est un *parent* de v , et v est un *enfant* de u .

Définition 2.19 Ascendant, Descendant

Soit $G = (V, A)$, un graphe orienté et u, v deux noeuds. S'il existe un chemin orienté de u à v , alors u est un *ascendant* de v , et v est un *descendant* de u .

Définition 2.20 Feuille, Racine

Une *feuille* d'un graphe est un nœud sans enfant. Une *racine* d'un graphe est un nœud sans parent.

2.2.5 Pourquoi les réseaux bayésiens?

L'utilisation de réseaux bayésiens comporte à la fois des avantages et des inconvénients. Dans cette section, nous allons parler des avantages liés à l'utilisation des réseaux bayésiens tandis que nous aborderons les inconvénients, ou éléments restrictifs, dans la section suivante.

Un des aspects intéressants des réseaux bayésiens est leurs côtés intuitif et visuel en ce qui concerne la représentation des connaissances. Comme ces réseaux sont des graphes connectés acycliques orientés dans lesquels les causes et les effets sont reliés par des flèches, il est relativement facile de comprendre le sens, i.e. la signification, du graphe. Du point de vue de la **lisibilité**, les réseaux bayésiens sont donc très intéressants.

Évidemment, l'aspect gestion de *l'incertitude* par l'utilisation de probabilités est également un point important en faveur de l'utilisation de réseaux bayésiens. Comme une des raisons d'être de tels réseaux est de calculer la probabilité d'une hypothèse (dans notre cas, la probabilité qu'une activité X soit en cours d'exécution) en fonction d'un certain nombre d'observations (l'activation ou la non activation de capteurs dans le contexte de notre travail), il nous semble tout à fait approprié de faire appel à ces réseaux. Un des points faibles du système de reconnaissance d'activité à base de règles sur lequel travaillent [13] et dont nous avons brièvement parlé au chapitre précédent est justement la gestion de l'incertitude. Afin de pallier cette faiblesse, ils envisagent l'introduction de probabilités dans une version future

de leur système. Comme nous choisissons de travailler avec des réseaux bayésiens, non seulement nous gérons l'incertitude de façon *naturelle*, mais en plus nous pouvons considérer les relations entre les nœuds (arcs) comme étant l'équivalent, en quelque sorte, des règles du « système à base de règles » → nous avons donc un peu le meilleur des deux mondes. De plus, avec les réseaux bayésiens, nous n'avons pas besoin d'avoir toutes les informations à notre disposition pour pouvoir calculer la probabilité d'un *fait* ou d'un *événement*. Nous pouvons connaître la valeur de certaines variables (nœuds) avec certitude; pour d'autres variables, sans vraiment savoir quelle sont les valeurs de ces dernières, nous pouvons savoir que certaines valeurs sont exclues étant donné le contexte; finalement, les valeurs les plus probables pour les nœuds pour lesquels nous n'avons pas de certitude seront calculées en fonction des relations entre les différents nœuds du réseau et des certitudes (exemple : capteur X = activé) sur les autres nœuds. Même avec un nombre limité de nœuds, nous pouvons faire des prédictions. Donc, même si certains capteurs tombaient en panne, il nous serait toujours possible de faire des estimations. Plus nous avons des informations sur l'état des différents nœuds et plus les nœuds envisagés sont pertinents, plus notre estimation de la probabilité de l'événement X sera précise. Avec le temps et à l'usage, nous pourrions déterminer quels seront les nœuds à ajouter ou à enlever afin d'augmenter la rectitude de nos prédictions. Ceci nous amène donc au point suivant : les réseaux bayésiens sont également, règle générale, assez facilement modifiables. Il est possible de les construire avec un certain nombre de nœuds et d'ajouter ou d'enlever des « morceaux de réseau » plus tard. Par exemple, comme plusieurs nœuds de nos réseaux correspondent, comme nous le verrons au chapitre 3, à des capteurs, et que les capteurs à notre disposition dépendent de l'évolution de la technologie, il est tout à fait raisonnable de penser que nous allons éventuellement ajouter de nouveaux dispositifs et en enlever d'autres.

Dans les réseaux bayésiens, nous pouvons extraire une foule d'informations utiles par le biais de **requêtes** plus ou moins complexes : nous pouvons chercher à savoir non seulement quelle sera la valeur la plus probable d'un nœud en fonction des informations à notre disposition, mais nous pouvons également trouver la ou les causes les plus probables (aussi appelée explication la plus probable) de l'état d'un nœud donné. Ainsi, dans un système tel que celui que nous décrivons dans le chapitre 3, nous pourrions donc non seulement arriver à déduire

quelle est l'activité la plus probablement en cours, mais aussi à prédire quelle sera celle qui risque d'être effectuée par la suite. Dans un même ordre d'idée, nous pourrions également être en mesure de déterminer, en fonction des capteurs activés (qui correspondent aux nœuds des réseaux) et de la tâche probablement en cours, quels sont les autres capteurs qui seront activés si le sujet observé effectue sa tâche jusqu'au bout de façon « normale » ce qui pourra s'avérer être utile lorsque viendra le temps de faire de l'aide à la tâche. Nous pourrions aussi produire différents rapports statistiques afin de faire ressortir l'apparition de tendances à court, moyen et long termes.

Nous pouvons aussi procéder à une analyse de sensibilité liée à l'introduction d'une nouvelle information dans le réseau i.e. mesurer comment la probabilité d'une hypothèse augmente ou diminue suite à une observation donnée. Suite à une telle analyse, nous pourrions donc nous rendre compte que certains capteurs ne nous apportent pas d'information pertinente et, par conséquent, qu'il vaudrait mieux les enlever. Similairement, nous pourrions être en mesure de déterminer, à l'usage, quels sont les dispositifs qui nous apportent le plus d'informations pertinentes.

Les réseaux bayésiens peuvent également être modifiés afin de devenir des diagrammes d'influences qui sont en fait une forme plus spécialisée des réseaux bayésiens dans laquelle nous ajoutons des variables pour aider à la prise de décision comme, par exemple, la notion de coût. Ce type de réseaux bayésien « amélioré » pourrait nous aider à décider si nous devons déclencher une alarme prioritaire ou simplement avertir l'occupant d'un danger potentiel, selon les circonstances.

Un autre aspect intéressant est qu'il est possible pour un réseau bayésien d'initialiser ses tables de probabilités (CPTS) en apprenant à partir de cas réels en utilisant des algorithmes d'apprentissage éprouvés. Ceci constitue un avantage de taille pour nous, comme nous le verrons au chapitre suivant. Le fait que les réseaux bayésiens soient en mesure d'évoluer et de s'adapter (ajuster leurs tables de probabilités conditionnelles) en fonction des interactions et des tendances récentes est aussi un point en leur faveur. (Nous aborderons le sujet plus en détails au chapitre 3).

Le Tableau 6 résume les avantages et les inconvénients des réseaux bayésiens selon [4] par rapport à quatre autres alternatives. La première colonne représente une liste de caractéristiques (avantages) et de problèmes à « résoudre » tandis que les colonnes suivantes correspondent aux différentes techniques évaluées. Le symbole ☼ signifie que l'approche utilisée est celle qui est la meilleure pour gérer le problème ou encore qu'elle est celle qui comporte le plus d'avantages. Le symbole ✓ signifie que l'approche, bien qu'elle ne soit pas la meilleure, est tout de même capable de gérer le problème, ou a cet avantage, selon le cas.

Une alternative ne se trouvant pas dans le Tableau 6 et qui aurait pu s'avérer intéressante est celle des HMM (**H**idden **M**arkov **M**odels). Quoiqu'il en soit, nous n'avons pas choisi cette approche car les réseaux bayésiens offrent plus de possibilités pour la représentation de la problématique de reconnaissance d'activités que les HMM. En effet un HMM peut être considéré comme étant un cas particulier réseau bayésien de type dynamique (**D**ynamic **B**aysian **N**etwork). Un **DBN** représente ce que l'on appelle un processus de Markov de premier ordre et tous les **DBN** discrets sont donc des HMM.

Finalement, plusieurs applications dans le domaine du diagnostic médical, environnemental ou mécanique (ex : Mycin, Caduceus, Prospector, etc.) [10][33] ainsi que dans le cadre de tutoriaux [6][11][12] utilisent avec succès les réseaux bayésiens ce qui est encourageant, car, comme nous le verrons au chapitre suivant, il existe un lien entre ce type d'applications et la reconnaissance d'activités dans le cadre des habitats intelligents.

Connaissances	Analyse de données	Réseaux neuronaux	Arbres de décision	Systèmes experts	Réseaux bayésiens
ACQUISITION					
Expertise seulement				☀	✓
Données seulement	✓	☀	✓		✓
Mixte	✓	✓	✓		☀
Incrémental		✓			☀
Généralisation	✓	☀	✓		✓
Données incomplètes		✓			☀
REPRÉSENTATION					
Incertitude				✓	☀
Lisibilité	✓		✓	✓	☀
Facilité		✓	☀		
Homogénéité					☀
UTILISATION					
Requêtes élaborées	✓			✓	☀
Utilité économique	✓	✓			✓
Performances	✓	☀			

Tableau 6 - Avantages et inconvénients des réseaux bayésiens [4]

2.2.6 Éléments à considérer lors de l'utilisation de réseaux bayésiens

Dans cette section, nous présentons certains aspects des réseaux bayésiens pouvant être considérés comme étant restrictifs. Certains de ces inconvénients, fort heureusement, ne sont pas insurmontables ou encore ne s'appliquent tout simplement pas à l'utilisation que nous comptons en faire.

Dans la section précédente, nous avons mentionné qu'un point fort des réseaux bayésiens est leur lisibilité. Cela est habituellement vrai. Par contre, il arrive que cela s'avère faux dans les cas où les graphes sont très gros et très complexes (à la fois beaucoup de nœuds et de relations de dépendance). Par contre, comme nous le verrons au chapitre suivant, cela ne nous posera pas de problèmes car nos réseaux seront relativement « simples » (donc de petite taille) puisque nous allons opter pour une spécialisation des différents réseaux par opposition à l'utilisation d'un seul « gros réseau ».

La plupart des algorithmes développés pour les réseaux bayésiens, tant pour l'inférence que pour l'apprentissage, ne traitent pas directement les variables continues. Cependant, comme nous l'avons mentionné au début de ce chapitre, nous pouvons utiliser la notion d'intervalle pour « discrétiser » les variables continues. À titre d'exemple, afin de déterminer l'activité la plus probablement en court et, éventuellement, d'apprendre les habitudes de vie de l'occupant d'un habitat intelligent, nous devons considérer la notion de *durée*. Nous avons donc un nœud *durée* dans nos réseaux et les valeurs (ou états) possibles de ce nœud sont des intervalles (ex : moins d'une minute, entre une minute et trois minutes, etc.).

L'attribution des probabilités de départ associées aux différents états des nœuds n'est pas toujours une chose aisée. En fait, il s'agit de la « bête noire » des réseaux bayésiens. Lorsqu'une grande quantité de données est à notre disposition, il devient relativement facile de calibrer le ou les réseau(x) car nous pouvons nous en servir pour initialiser les CPTs (Conditional Probability Tables). Par contre, en l'absence d'une banque de données, il faut procéder autrement. Nous pouvons faire appel à des « experts » et/ou utiliser notre « bon sens » afin de déterminer les probabilités a priori. Cela n'est cependant pas toujours évident.

En effet, autant le processus de création de la structure du réseau, i.e. le choix des nœuds et des relations, est habituellement instinctif, autant l'attribution des probabilités ne l'est pas dans bien des cas. Même pour des experts, cela peu s'avérer difficile. Dans le cas de la reconnaissance d'activités dans le cadre de notre travail, nous ne pouvons pas faire appel à de tels « experts » car il n'y en a pas vraiment et utiliser uniquement notre « bon sens » n'est pas une solution suffisante selon nous. Nous devons donc trouver un moyen d'obtenir des données réalistes et représentatives afin de calibrer nos réseaux. Nous verrons, au chapitre 4, la façon dont nous avons procédé afin d'y arriver.

Un autre aspect important est ce que nous appelons le phénomène de « l'explosion » des tables de probabilités. Lorsqu'un nœud X a plusieurs causes probables (donc plusieurs parents) et qu'en plus, chacun des nœuds représentant les causes a plusieurs états possibles, la table de probabilités associée au nœud X peut devenir EXTRÊMEMENT grosse et difficile à gérer. Si, en plus, il n'y a pas suffisamment de données pour initialiser nos tables de probabilités (plus les tables sont grosses et complexes, plus nous avons besoin d'un grand échantillonnage), les algorithmes d'apprentissage servant à l'initialisation du réseau perdent de leur efficacité et sont loin d'être optimaux. De plus, plus les tables sont complexes, plus l'ajout d'un nouveau nœud *parent* risque de créer des problèmes de mises à jour de l'ensemble du réseau. Ceci est donc une considération importante puisque les réseaux utilisés pour la reconnaissance d'activités seront appelés à être modifiés en fonction des avancées technologiques (capteurs et autres dispositifs), pour ne mentionner que cela. Les différents impacts de l'explosion des tables ont d'ailleurs eu pour effet de nous faire abandonner certaines structures, comme nous le verrons plus loin dans le document.

2.2 Conclusion

À travers ce chapitre, nous avons fait un bref survol des principaux concepts liés aux réseaux bayésiens. Ainsi, nous avons présenté quelques règles, théorèmes et définitions et nous avons utilisé quelques exemples simples afin d'illustrer le tout. Nous avons également parlé des avantages des réseaux bayésiens ainsi que de certains pièges liés à leur utilisation comme la

possibilité de se retrouver avec des tables trop complexes et le fait qu'il n'est pas toujours évident de déterminer quelles seront les probabilités originales.

L'utilisation de réseaux bayésiens pour la reconnaissance d'activités étant le cadre spécifique du présent travail, nous allons voir plus en détails dans le chapitre suivant les éléments et considérations influençant la structure de nos différents réseaux ainsi que les deux structures qui ont été retenues.

CHAPITRE III

SYSTÈME DE RECONNAISSANCE D'ACTIVITÉS ET D'APPRENTISSAGE DES HABITUDES DE VIE

3.1 Introduction

Bien que nous nous soyons concentré sur une seule pièce dans le cadre de ce travail, i.e. la salle de bain, pour des fins de tests et d'évaluation, il est bon de regarder brièvement l'ensemble du système de reconnaissance d'activités et d'apprentissage des habitudes de vie tel qu'il pourrait se dessiner, des interactions possibles entre les sous réseaux le composant, ainsi que des diverses considérations pouvant avoir un impact sur l'ensemble des réseaux du système.

Le présent chapitre se subdivise de la façon suivante : d'abord, nous allons donner une vue d'ensemble du système global auquel nos réseaux traitant la salle de bain pourraient appartenir. Nous allons parler de la structure du système et de la configuration initiale des réseaux le composant ainsi que de l'initialisation des tables de probabilités (CPTs – Conditional Probability Tables). Nous allons également parler de divers éléments à considérer lors de la conception des réseaux. Par la suite, nous allons parler de l'évolution du système ainsi que du stockage éventuel de l'information générée par les réseaux et de l'utilisation à laquelle cette information pourrait servir. Finalement, nous allons regarder de plus près les sous réseaux chargés de faire la reconnaissance d'activités dans la salle de bain et présenter les deux types de structures que nous avons retenues dans le cadre de ce travail.

3.2 Structure globale et configuration initiale du système

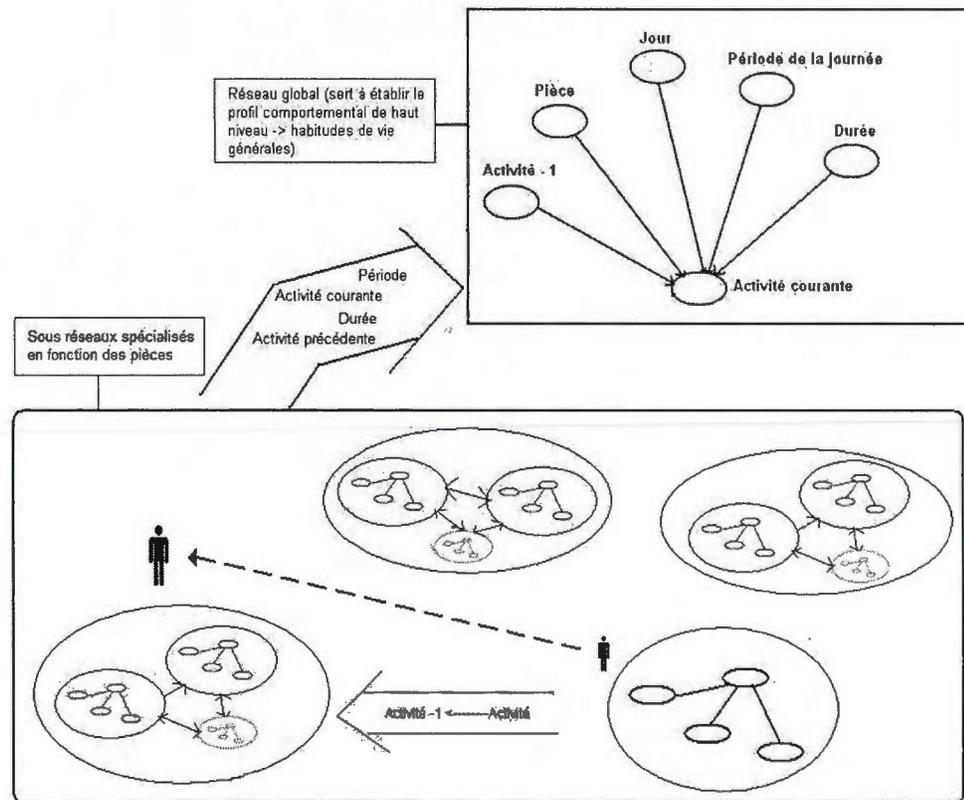


Figure 17 - Vue globale de haut niveau du système

Dans le but de dresser le profil d'un individu en ce qui concerne ses habitudes de vie, nous envisageons l'utilisation d'un système composé de plusieurs réseaux bayésiens dont le niveau de granularité variera en fonction de leur spécialisation. Comme le montre la Figure 17, un réseau général se trouve en haut de la hiérarchie de réseaux. Ce dernier est composé de 6 nœuds, soient l'activité précédente (*Activité - 1*), la pièce, le jour, la période de la journée, la durée, ainsi que l'activité courante, et servira uniquement à apprendre les habitudes de vie générales de l'occupant ainsi qu'à dresser le portrait global, sous forme de statistiques, tendances et prédictions, de ces mêmes habitudes (il ne servira donc pas à la reconnaissance d'activités proprement dite). Il sera alimenté par différents sous réseaux spécialisés chargés

de la reconnaissance d'activités à l'intérieur d'une pièce en particulier. Dès que l'occupant entre dans une pièce et interagit avec son environnement, le réseau sous-jacent entre en action afin de déduire ce qui se passe et envoie un certain nombre d'informations au réseau global (dont l'activité courante déduite, la durée, la période de la journée, etc.).

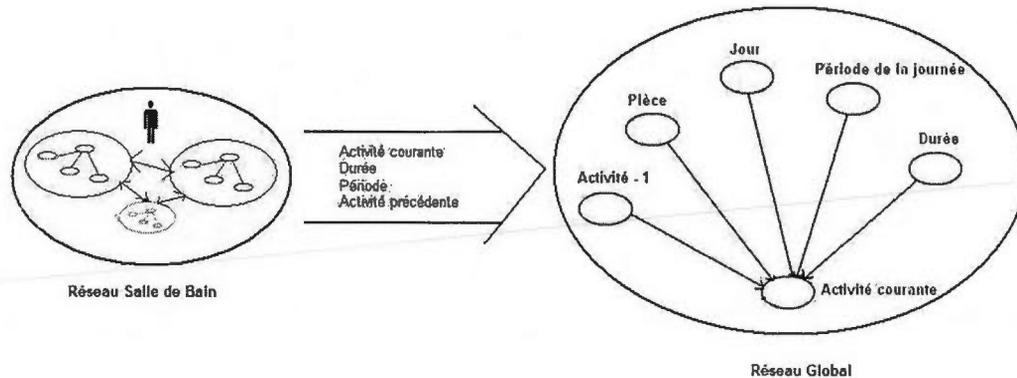


Figure 18 - Interaction entre un réseau spécialisé et le réseau global

Un réseau spécialisé peut également être divisé en plusieurs sous réseaux spécialisés en fonction de la zone de la pièce comme, dans le cas de la salle de bain, la zone du lavabo, celle du bain et celle de la toilette (nous décrirons brièvement le fonctionnement des réseaux spécialisés à la section suivante).

Pour créer et initialiser les différents réseaux du système en fonction d'un habitat et d'un occupant particulier, nous proposons l'utilisation d'ontologies telles que décrites dans [23]. L'ontologie **Habitat** permettra de savoir quelles sont les pièces de l'appartement ainsi que les capteurs qui s'y trouvent, tandis que l'ontologie du **Patient** nous permettra de connaître certaines caractéristiques/pathologies du patient qui pourraient avoir une influence sur son comportement et ses habitudes de vie (par exemple, s'il est insomniaque -> la probabilité qu'il dorme sur une longue période va être plus faible).

Le principal problème des réseaux bayésiens, dans notre cas, est l'assignation des probabilités initiales (voir 2.2.6). Même si nous pouvons tous avoir une idée de la distribution

générale des probabilités dans le contexte de la salle de bain ainsi que dans celui des autres pièces, nous considérons, contrairement à [6], qu'il n'est pas raisonnable de se contenter d'utiliser notre « bon jugement » afin d'initialiser nos tables avec des probabilités à priori attribuées instinctivement. Comme il n'existe pas de données statistiques exhaustives dans ce domaine, les probabilités devraient, idéalement, être obtenue suivant une méthode similaire à celle utilisée par [13]. Ces derniers ont équipé un appartement à l'aide de « (...)non-invasive sensors to monitor ambulation, overall activity levels, and use of bathroom, shower, and stove, as well as time in / out of bed, pulse while in bed, and restlessness in bed. (...)with an extended set of kitchen switches (23 sensors in total: 1 stove-top temperature sensor, 15 kitchen cabinet/drawer switches including one on the microwave oven's door and one on the gas oven's door, and seven motion sensors placed throughout the house), (...) for 37 days to monitor a middle-aged healthy individual living alone. The subject was given a personal digital assistant (PDA), running custom activity diary software, and asked to record activities in real-time. » Les différents dispositifs de collecte de données de l'habitat qui seront pris en considération correspondront à un ensemble de noeuds se trouvant dans les différents réseaux et nous indiqueront quels éléments ont été utilisés par le volontaire pour faire les différentes activités qu'il aura entrées dans son PDA. Évidemment, une fois en place dans un véritable habitat intelligent opérationnel, les tables de probabilités devront probablement s'ajuster quelque peu en fonction de chaque combinaison individu / habitat à laquelle elles seront associées.

Dans la section suivante, nous allons parler brièvement du fonctionnement des différents sous réseaux spécialisés pouvant se trouver dans le système.

3.2.1 Sous réseaux spécialisés

Tel que mentionné à la section 1.2.3.1, le lieu (pièce) où l'occupant se trouve impose une certaine limite quant aux activités qu'il est susceptible de faire. C'est donc en partant de ce principe ainsi que de celui de « diviser pour régner », que nous avons opté pour l'utilisation de sous réseaux spécialisés par pièce de l'appartement. Ces réseaux « par pièce » peuvent

eux-mêmes être divisés en plusieurs sous réseaux plus petits spécialisés en fonction de certaines zones-clés de la pièce (cela est particulièrement pertinent dans la salle de bain, comme nous le verrons plus loin).

Presque tous les nœuds des sous réseaux, à l'exception de ceux que nous verrons à la section 3.2.1.1, correspondent à un dispositif de collecte de données (détecteur de mouvement, détecteur d'ouverture et de fermeture de porte ou de tiroir, détecteur d'activation d'appareils électriques, détecteur de chute, etc.). Ces réseaux ont donc un niveau de granularité beaucoup plus fin que celui du réseau global. C'est l'ontologie *Habitat* qui nous permettra de savoir quelles seront les pièces et quels seront les dispositifs associés présents au sein d'un habitat donné.

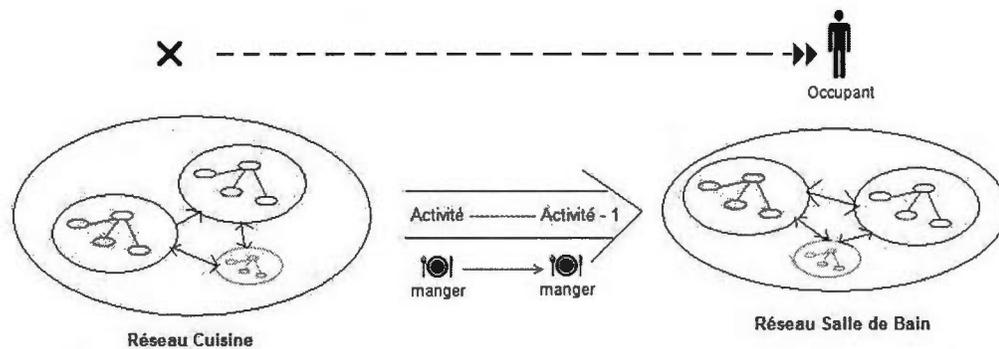


Figure 19 - Interaction entre 2 sous réseaux spécialisés

Dès qu'un individu est dans une pièce, le réseau concerné est à « l'écoute ». Au fur et à mesure que l'occupant interagit avec son environnement, des capteurs sont activés et/ou désactivés et le réseau calcule les probabilités reliées à l'activation ou à la non activation des autres capteurs ainsi qu'à l'activité la plus probablement en cours. Lorsqu'un réseau spécialisé effectue ses calculs, il prend en considération non seulement l'information provenant des différents dispositifs de collecte de données avec lesquels il est lié, mais également l'activité précédente (*Activité - 1*) qui a été déduite par le dernier réseau à avoir été activé par la présence de l'occupant dans la pièce où il se trouvait précédemment. Dans la

Figure 19, le réseau de la salle de bain (pièce où se trouve présentement l'occupant) reçoit l'ancienne activité courante déduite par le réseau qui s'occupait de la pièce où se trouvait précédemment l'occupant, i.e. la cuisine dans notre exemple.

3.2.1.1 Nœuds se retrouvant dans tous les sous réseaux spécialisés

Bien que la plupart des nœuds des sous réseaux soient spécifiques à ceux-ci car ils dépendent de l'environnement physique de chaque pièce i.e. des éléments qui sont munis de capteurs et autres appareils de collecte de données (ex : les portes, les armoires, les tiroirs, les appareils électroménagers, etc.), il existe un certain nombre de nœuds communs à chacun d'entre eux. C'est ainsi que les nœuds correspondant à la période de la journée, à la durée, à l'activité précédente ainsi qu'à l'activité courante se retrouvent dans chacun des sous réseaux spécialisés. À l'exception du nœud correspondant à la période de la journée, la liste des différents états dans lesquels les nœuds peuvent se trouver varie en fonction du contexte i.e. en fonction de la pièce ou de la zone de la pièce, selon le cas.

Activité courante

La présence d'un ou de plusieurs nœuds pour l'activité courante est évidemment indispensable puisqu'il s'agit de ce que nous voulons déterminer. Le choix des *activités courantes possibles* correspond à des activités qui font partie d'un sous-ensemble des activités qu'il est raisonnable d'associer à la pièce (nous ne retrouverons donc pas une activité comme « préparer un repas » parmi les choix d'activités courantes possibles dans la chambre à coucher). Ce sous-ensemble correspond donc aux *activités courantes possibles* que nous voulons détecter de façon **explicite**.

Tout dépendant du type de réseau (*voir la section 3.2.5.3*), les activités courantes possibles sont représentées par un seul nœud ayant plusieurs états correspondant aux activités possibles ou par plusieurs nœuds d'activité, un pour chacune des activités envisagées.

Durée

Comme le temps consacré à une activité dépend de l'activité en question et que, tel que nous l'avons mentionné au point précédent, les activités varient d'une pièce à l'autre, cela fait en sorte que le nombre et la nature des états possibles pour ce nœud varie également d'un sous-réseau à l'autre. La durée est calculée en fonction du temps durant lequel l'occupant interagit avec les différents éléments de son environnement. Par exemple, lorsque qu'un individu prend sa douche, un détecteur de présence (tapis ou détecteur de mouvement) prévient d'abord le système de telle sorte que ce dernier se rende compte qu'il y a quelqu'un dans cette zone. Tant et aussi longtemps que l'occupant se trouve dans cette zone et qu'il active différents capteurs ou que certains dispositifs sont toujours en cours d'utilisation (ex : eau chaude, eau froide, etc.), la durée totale de l'activité n'est pas connue car l'activité est toujours en cours d'exécution. Une fois que l'eau chaude, l'eau froide, etc., ne sont plus utilisées et que l'occupant n'est plus sous la douche, la durée est calculée (heure de fin – heure de début). Les états possibles de ce nœud correspondent à des intervalles.

Activité précédente

L'activité précédente correspond en fait à un ensemble de probabilités associées aux différentes activités précédentes possibles. Ces probabilités proviennent du dernier réseau spécialisé ayant été activé par la présence de l'occupant dans sa zone de contrôle et correspondent donc aux probabilités associées à l'activité courante précédente. Tout dépendant du contexte, certaines activités précédentes ont un impact sur l'activité courante tandis que d'autres n'ont pas vraiment d'impact notable à ce sujet. Comme l'activité précédente d'un sous-réseau correspond à « l'ancienne activité courante » (donc à l'*activité - I*) et que cette activité peut provenir de différents sous-réseaux ayant un choix variable d'activités courantes possibles, nous devons trouver un moyen de filtrer l'information. C'est ainsi que, lorsque des *activités précédentes* envoyées par un sous-réseau X à un sous-réseau Y ne correspondent pas à des activités précédentes considérées comme pouvant avoir un impact de taille sur l'activité courante (i.e. qu'elles ne font pas explicitement partie des états possibles du nœuds *activité précédente* du sous-réseau Y), ces activités ainsi que les probabilités qui y sont associées sont automatiquement associées à l'activité « autre » (état *Other* du nœud *activité précédente*). Évidemment, lorsqu'une *activité - I* reçue fait partie de

la liste des activités précédentes significatives, les probabilités qui s'y rattachent sont associées explicitement à l'activité précédente concernée.

Période de la journée

Le nœud correspondant à la période de la journée est le seul nœud, parmi les nœuds communs à tous les sous réseaux, dont la liste des états possibles ne varie pas d'un sous réseau à l'autre pour des raisons évidentes. Effectivement, l'heure du dîner reste l'heure du dîner peut importer la pièce où l'on se trouve. Nous avons divisé la journée en 8 périodes (donc 8 « états ») qui correspondent aux intervalles suivants :

1 -- "Heure" du lever (7:31 -- 8:30)

Nom de l'état : WakeUpTime

2 -- Avant-midi (8:31 -- 12:00)

Nom de l'état : Morning

3 -- Dîner (12:01 -- 13:30)

Nom de l'état : DinnerTime

4 -- Après-midi (13:31 -- 17:30)

Nom de l'état : Afternoon

5 - Souper (17:31 -- 19:00)

Nom de l'état : SupperTime

6 -- Soirée (19:01 -- 21:00)

Nom de l'état : Evening

7 - « Heure » du coucher (21:01 -- 23:59)

Nom de l'état : BedTime

8 -- Nuit (12:00 -- 7:30)

Nom de l'état : NightTime

3.2.2 Éléments influençant la structure des sous réseaux

Dans cette section, nous allons éclaircir certains points importants, notamment les éléments pouvant avoir une influence sur la structure des réseaux (nœuds et relations entre ceux-ci).

3.2.2.1 Aspects humains

« *En médecine plus qu'ailleurs, l'informatique et les technologies avancées de capteurs d'informations, sont (...) faites pour 'se faire oublier'. La souffrance tient assez de place pour ne pas lui ajouter des contraintes ou des lourdeurs d'appareillages. Des capteurs peu invasifs existent, sont en cours de développement ou peuvent être imaginés en fonction des besoins.* »[37] Comme un de nos buts est d'**améliorer** le plus possible la **qualité de vie** de l'occupant d'un habitat intelligent, nous ne voulons surtout pas envahir son espace vital ni le forcer à porter de l'équipement encombrant. Nous devons donc essayer d'évaluer quels seront les capteurs susceptibles de nous apporter les informations les plus utiles tout en étant les plus discrets possibles. Idéalement, nous voulons que les dispositifs de collecte de données soient transparents, i.e. virtuellement « invisibles », du point de vue de l'occupant afin qu'il ne se sente pas agressé par ceux-ci. En effet, nous ne voulons pas que l'occupant ait l'impression d'être envahi par une foule de gadgets, ni qu'il se sente espionné par une entité à la « Big Brother ». Cette considération est d'autant plus importante étant donné le fait que nous voulons **aider** des personnes souffrant de divers troubles **cognitifs**, comme la maladie d'Alzheimer, la schizophrénie, etc., et non pas aggraver leur état en augmentant leur niveau de stress ou en créant un sentiment de paranoïa. De plus, comme nous nous adressons à des personnes potentiellement affligées par d'autres handicaps d'ordre physique et/ou moteur, nous ne voulons pas non plus les forcer à porter de l'équipement qui pourrait nuire à ce niveau. Il est donc bien important de déterminer quelles sont les informations **VRAIMENT** pertinentes pouvant être récoltées de la façon la moins intrusive possible.

Nous devons également tenir compte de certaines considérations d'ordre éthique comme nous l'avons mentionné dans la sous-section 1.2.2.1- *Habitats intelligents en télésanté* car il y a certains types de dispositifs qui peuvent s'avérer plus ou moins « acceptables » tout

dépendant de la nature de ceux-ci. À titre d'exemple, nous avons mentionné dans le chapitre 1 que nous croyons qu'il ne serait pas approprié de mettre des caméras dans la chambre à coucher ou dans la salle de bain. En fait, l'utilisation de caméras est loin d'être indispensable car il est tout à fait possible d'obtenir les informations pertinentes dont nous avons besoin à l'aide d'un ensemble de capteurs variés. Nous sommes d'ailleurs d'avis qu'il est préférable d'éviter les caméras le plus possible et de limiter leur utilisation aux seules fins de communications interpersonnelles comme la vidéoconférence. Nous croyons, tout comme [41], que l'utilisation abusive de caméras « *encourt le risque de prendre un caractère carcéral ou dévalorisant pour la personne lorsqu'elle s'inscrit dans un système de télésurveillance* ». Qui plus est, [14] ont démontré, lors d'une étude menée auprès de personnes âgées généralement favorables au concept d'habitat intelligent, que l'utilisation de caméras était mal vue car elle était perçue comme une invasion de leur vie privée.

3.2.2.2 Aspects techniques

Dans la section 1.2.3.1, traitant des habitudes de vie, nous avons mentionné qu'il existe des liens entre l'activité précédente et l'activité possiblement en cours d'exécution ainsi qu'entre la période de la journée et l'activité courante. Cet état de chose va avoir un impact sur la composition des réseaux puisque cela nous indique que la présence de nœuds pour la période de la journée ainsi que pour l'activité précédente pourrait s'avérer pertinente (Par contre, l'inclusion d'un nœud pour l'activité précédente soulève un problème, comme nous le verrons à la fin de cette sous-section).

Deux autres aspects à considérer sont le nombre et le type des différents dispositifs de collecte de données à notre disposition. La nature et le nombre des dispositifs en place dans l'habitat vont avoir un impact non seulement sur la structure des réseaux quant à leur complexité, mais aussi sur le **degré de certitude** avec lequel nous pourrions affirmer qu'une activité X est bel et bien en cours d'exécution. Plus nous avons un vaste échantillonnage de dispositifs de monitoring judicieusement choisis à notre disposition, plus nous pouvons espérer arriver à faire des interprétations correctes des tâches et des activités. Par contre, un nombre trop élevé de dispositifs et/ou une mauvaise combinaison de ceux-ci peut nuire à

l'efficacité globale du système. En effet, plus nous ajoutons de dispositifs, plus le système de réseaux devient complexe à gérer et à modifier/mettre à jour (nous n'avons qu'à penser à la taille potentielle de certaines tables qui pourrait littéralement faire augmenter de façon exponentielle le nombre de probabilités à calculer). Nous arrivons donc forcément à un point où l'ajout d'un dispositif NUIT davantage qu'il n'aide. De plus, certains dispositifs peuvent ne pas vraiment apporter d'informations pertinentes pouvant augmenter le degré de certitude ou la « croyance » qu'une activité X se déroule présentement. C'est donc dire à quel point le choix des dispositifs est important. Ainsi, nous devons donc essayer de trouver :

- la **combinaison minimale** « *acceptable* » ou « *souhaitable* » (qui va influencer le type et le nombre de nœuds) nécessaire pour faire des déductions avec un niveau de fiabilité correct (encore là, il faut s'entendre sur ce qu'on considère comme étant « correct »).
- la **combinaison** « *optimale* » à partir de laquelle l'ajout d'un nouveau composant n'améliore en rien le taux de succès de la reconnaissance d'activité.

L'importance de ces combinaisons « minimales optimales » vient également du fait que nous espérons éventuellement utiliser les ontologies, comme mentionné précédemment, afin de générer les réseaux de reconnaissance d'activité en fonction d'un habitat donné. Comme ces ontologies serviront, entre autres choses, à décrire les pièces et les composants d'un habitat intelligent ainsi que les caractéristiques de l'occupant pouvant avoir une influence sur ses habitudes (donc ses activités), elles seront toutes indiquées pour l'instanciation des réseaux i.e. la création des nœuds et des relations entre ceux-ci. Nous devons donc, dans un premier temps, éviter à tout prix les structures trop complexes car elles seront totalement ingérables et irréalisables sur le plan pratique, et, dans un second temps, imposer, énoncer ou, du moins suggérer, certaines exigences quant aux caractéristiques de base des réseaux de reconnaissance en terme de leur structure, i.e. du nombre et de la nature des nœuds et des relations essentiels afin d'avoir un système relativement universel. Évidemment, il faudra éventuellement être en mesure de fournir des mécanismes permettant de modifier la structure des différents réseaux, une fois la version de base de ceux-ci initialisée, pour permettre l'ajout de certains nœuds et de certaines relations selon les besoins spécifiques d'un habitat particulier.

Nous devons aussi prévoir le cas où certains dispositifs tomberaient en panne. En effet, même si nous ne voulons pas avoir un nombre de capteurs trop élevé, nous devons faire un compromis entre un nombre relativement petit de capteurs (notre fameuse combinaison minimale) et une sélection de capteurs nous permettant d'avoir une certaine « redondance » de sources de données susceptibles de nous indiquer de façon suffisamment précise si une activité particulière est probablement en cours. Par exemple, si nous n'utilisons qu'une brosse à dent munie d'un tag RFID afin de déterminer si l'occupant se brosse les dents, et que ce dernier change de brosse à dents sans qu'un nouveau tag soit mis dessus, nous perdons une source d'information ayant un impact de taille sur notre capacité à détecter si l'individu se brosse les dents ou non. Par contre, si la salle de bain est munie d'un distributeur de pâte à dents (similaire à un distributeur de savon) dans lequel se trouve un dispositif nous permettant de savoir si le distributeur a été activé ou non, nous pourrions tout de même arriver à déterminer, avec un degré de certitude raisonnable, si l'occupant se brosse les dents ou non. En procédant de cette manière, si un capteur normalement associé à une activité X tombe en panne, nous aurons quand même accès aux données d'un (ou de plusieurs) autre(s) dispositif(s) pouvant nous éclairer.

Bien entendu, les technologies disponibles vont également être un facteur à considérer. Certains dispositifs, bien que désirables en théorie, peuvent ne pas être suffisamment fiables dans la pratique parce qu'encore au stade de prototypes, alors que d'autres, auparavant inexistantes, sont maintenant disponibles et parfaitement opérationnels grâce aux nouvelles avancées technologiques.

Problématique de « l'activité précédente »

Contrairement aux nœuds associés aux différents capteurs qui reçoivent des données dont la valeur est *certaine* car nous **savons** si un capteur est activé ou non, donc si l'élément correspondant a été utilisé (sauf s'il y a des bris mécaniques, évidemment), l'état du nœud correspondant à l'activité précédente est *incertain*. Comme l'activité précédente (qu'on peut appeler « activité courante -1 ») nous est fournie par le dernier sous réseau qui a été activé (elle correspond à l'activité courante ayant été détectée par ce sous réseau), nous ne recevons

donc pas de certitude, **mais un ensemble de probabilités concernant l'activité précédente**. Tout dépendant de l'efficacité de nos réseaux et du poids accordé à l'activité précédente pour la détermination de l'activité courante, nous pourrions éventuellement décider de ne pas utiliser ce nœud pour la reconnaissance d'activités dans les réseaux spécialisés et décider qu'il est uniquement pertinent de l'inclure dans le réseau de haut niveau chargé de déterminer les habitudes de vie. C'est à l'usage, lorsque nous aurons des sous réseaux pour plusieurs pièces et que nous ferons des tests en laboratoire avec plusieurs sujets sur de longues périodes (un peu comme [13]) que nous verrons s'il faut repenser ou non la structure de nos réseaux à ce niveau. Dans le cadre de ce travail, nous supposons que l'activité précédente est connue avec certitude.

3.2.3 Évolution des réseaux du système

Une caractéristique intéressante des réseaux bayésiens est que ceux-ci peuvent évoluer en fonction des données qu'ils reçoivent. Ainsi, suite aux observations faites quant à l'interaction de l'occupant de l'habitat avec son environnement (utilisation des divers appareils électroménagers, déplacements, activation de capteurs, etc.), les différents réseaux du système pourront mettre à jour leurs tables de probabilités (CPTs) pour que celles-ci correspondent davantage aux particularités de l'occupant.

L'évolution des réseaux du système à ce niveau est donc liée à l'aspect **apprentissage**. C'est donc à ce stade que ceux-ci vont s'ajuster en calculant de nouvelles probabilités conditionnelles à partir des observations faites sur le sujet et en mettant à jour l'instance de l'ontologie du comportement associée à l'occupant de l'habitat suite à ces mêmes observations.

Il y a deux types d'évolutions possibles : l'évolution « *normale* », acceptée par le système sans broncher, et l'évolution « *anormale* » qui provoquera diverses réactions de la part du système (intervention immédiate comme le déclenchement d'une alarme ou intervention

différée comme l'envoi d'un message signalant une détérioration possible des facultés cognitives du patient ou l'apparition d'une nouvelle pathologie, etc.).

L'évolution « normale » peut être due aux ajustements des probabilités conditionnelles en fonction des observations du comportement du sujet à court et à moyen terme. À titre de premier exemple, il est fort possible que nous supposions, **au DÉPART** lors de l'initialisation des CPTs, que la probabilité qu'un individu dorme dans sa chambre soit plus élevée que la probabilité qu'il dorme dans le salon. Mais voilà, il n'est pas exclu que cela puisse s'avérer être faux pour un individu en particulier. En effet, nous pouvons très bien *découvrir* que le sujet dort en fait plus souvent dans le salon que dans sa chambre car il y fait toutes ses siestes en plus d'avoir l'habitude de s'endormir le soir devant la télé. Autre exemple : bien que beaucoup de gens ait l'habitude de manger à table dans la salle à manger, certaines personnes peuvent préférer manger dans le salon ou dans la cuisine. Dans un tel cas, les tables de probabilités des différents réseaux impliqués vont donc s'ajuster en ce sens, ce qui aura pour conséquences que la probabilité que l'individu mange dans la salle à manger va diminuer tandis que celle(s) qu'il mange dans le salon et/ou la cuisine va (vont) augmenter.

L'évolution « normale » des CPTs du système peut également être liée aux changements apportés au dossier du patient suite à l'évolution de son état de santé telle que constatée par différents membres du personnel médical. Comme nous l'avons mentionné au début de la section 3.2 - *Structure globale et configuration initiale du système* à la page 59, nous comptons utiliser diverses *ontologies* afin d'initialiser et de mettre à jour les réseaux. Parmi ces *ontologies*, nous retrouvons celle du *Patient* qui contient toutes les informations sur son état de santé, tant physique et que cognitive. Si, suite à un examen médical, un médecin constate l'apparition d'une nouvelle pathologie, un déclin du patient en ce qui concerne une pathologie déjà connue ou encore décide de prescrire de nouveaux médicaments ayant certains effets secondaires, les nouvelles informations/modifications apportées au dossier médical du patient seront transférées dans l'*ontologie du Patient* et auront un impact direct sur la façon dont le système va réagir suite à l'apparition d'un nouveau comportement. Par exemple, si le patient prend de nouveaux médicaments qui causent la somnolence et qui peuvent causer la diarrhée, le système va considérer comme étant « normal » le fait que le patient ait tendance à faire plus de siestes et/ou à dormir plus longtemps. De plus, si le patient

va plus souvent aux toilettes, cette situation ne sera pas considérée comme étant inquiétante à prime abord. En d'autres termes, le système ne considérera pas ces changements dans les habitudes de l'occupant comme étant un indicateur de « problèmes potentiels » (ou comme étant « *anormaux* ») à moins que ces derniers ne soient vraiment hors normes par rapport aux effets secondaires escomptés.

L'évolution « *anormale* », quant à elle, est habituellement causée par des comportements radicalement différents des habitudes du patient et qui ne peuvent être expliqués par le profil médical et/ou comportemental courant de l'occupant. Par exemple, si un individu qui a l'habitude de dormir entre 22h45 et 7h15 et de rarement faire de siestes semble avoir de la difficulté à dormir la nuit et est de moins en moins actif le jour (fait la sieste plus souvent et plus longtemps) cela peut indiquer le début d'une dépression (voir *Apparition de nouvelles pathologies ayant un impact sur les habitudes de vie* à la page 119). Autre exemple, le système peut constater que l'occupant semble avoir de plus en plus de difficultés au niveau de son hygiène personnelle. L'occupant effectue sa toilette de moins en moins souvent et/ou de façon incomplète : il oublie de prendre du savon pour se laver, il ne se lave plus ou très rarement les cheveux, etc. Comme un des symptômes de la perte d'autonomie cognitive est l'incapacité à effectuer des AVQs, un déclin au niveau de la fréquence à laquelle un individu effectue sa toilette et une difficulté à se laver « correctement » (oublier la pâte à dent, oublier de fermer le rideau de douche, etc.) sont souvent des indicateurs de la dégradation des facultés cognitives d'une personne.

Dans la section suivante, nous verrons brièvement comment les différentes observations et déductions faites par les réseaux ainsi que leur évolution pourraient être stockées et présentées sous forme de différents rapports qui pourraient aider à la prise de décision.

3.2.4 Utilisation des données générées par les réseaux

Les données générées par les réseaux pourront éventuellement être utilisées pour l'aide à la tâche et/ou pour produire différents rapports permettant d'évaluer l'état de santé du patient en fonction de ses habitudes de vie.

En conservant les données sur les activités que l'occupant a l'habitude de faire (nature de l'activité, heure, durée, fréquence, lieu, etc.) dans des fichiers de cas propres à l'occupant, nous pourrions établir le profil habituel de la personne en ce qui concerne ses activités. Par exemple, combien de temps l'occupant prend-il pour faire telle ou telle tâche, a-t-il l'habitude de sortir souvent (ce qui indiquerait une vie sociale active), combien de temps est-il inactif en moyenne, parle-t-il souvent au téléphone, a-t-il tendance à s'isoler (peu ou aucune visite et/ou sortie), etc. Les données pourront être présentées sous forme de rapports variés dans différents formats (histogrammes, statistiques, courbes de tendance, etc.). Nous pouvons également conserver les tables de probabilités des réseaux en totalité, ou en partie, afin de comparer l'évolution de ceux-ci suite aux observations et déductions qu'ils auront faites en ce qui concerne l'occupant.

En conservant un historique des observations faites à court, moyen et long termes cela permettra de faire ressortir certaines tendances difficilement détectables autrement. En effet, certains changements peuvent être plus subtils que d'autres et ne pas être apparents au premier coup d'œil. Par exemple, l'occupant dors de plus en plus fréquemment et de plus en plus longtemps de façon graduelle, ou encore il quitte de moins en moins souvent son domicile. De tels changements dans la routine d'un individu peuvent être des indicateurs de l'évolution de son état et indiquer l'apparition possible d'une nouvelle pathologie → insomnie, troubles digestifs, dépression (voir annexe *Apparition de nouvelles pathologies ayant un impact sur les habitudes de vie*) ou encore montrer qu'un traitement X n'a pas les effets escomptés. En faisant ressortir ces observations de façon claire sous forme de rapports adaptés aux besoins des différents intervenants, comme les membres du personnel médical tel le médecin traitant, cela leur permettra de prendre des décisions plus éclairées. Cela pourrait inciter le médecin à effectuer, par exemple, certains tests afin de réévaluer le patient sur le plan physique/et ou cognitif ou encore à modifier le traitement du patient.

Les réseaux pourraient également servir à faire de l'aide à la tâche. En effet, chaque fois que l'occupant interagit avec son environnement, le réseau qui gère la pièce où il se trouve calcule non seulement l'activité la plus probablement en cours, mais aussi les objets et ou

appareils les plus susceptibles d'être utilisés. A titre d'exemple, si le réseau de la cuisine détermine que l'occupant veut se faire du café mais qu'il a oublié une ou plusieurs étapes (ex : c'est l'heure du déjeuner, l'occupant vient tout juste de terminer de manger, il ouvre la porte de l'armoire où se trouve le café, il prend du café et en met dans la cafetière, il met de l'eau dans la cafetière, il s'installe à table SANS avoir mis la cafetière en marche alors que la probabilité de mettre la cafetière en marche est de 97.9%), un module servant à l'aide à la tâche pourrait utiliser ces informations afin d'envoyer un signal sonore ou visuel à l'occupant pour lui demander s'il n'aurait pas oublié de mettre la cafetière en marche.

3.2.5 Sous réseaux de la salle de bain

Dans cette section, nous allons d'abord expliquer pourquoi nous avons opté pour la salle de bain afin de tester l'utilité des réseaux bayésiens pour la reconnaissance d'activités au sein d'un habitat intelligent pour personne en perte d'autonomie cognitive. Par la suite, nous allons regarder de plus près un des trois sous réseaux chargés de la reconnaissance d'activités dans la salle de bain, à savoir celui chargé de la zone du lavabo (des images d'un autre sous réseau, celui de la zone bain/douche, se trouvent cependant à l'annexe C). Nous allons également décrire les deux types de structures qui ont été retenues et comparées dans le présent travail.

3.2.5.1 Pourquoi la salle de bain?

Sur le plan stratégique, comme nous avons établi dès le départ l'importance de commencer par quelque chose de relativement simple avant de s'attaquer à quelque chose de plus complexe, il nous a fallu évaluer le potentiel de chacune des pièces en ce qui concernait la pertinence des informations que nous pouvions en tirer versus la facilité de collecte de données pour initialiser les tables de nos réseaux ainsi que la complexité de gestion et de simulation des différents capteurs nécessaires afin de d'arriver à nos fins pour pouvoir tester les réseaux de façon satisfaisante. En effet, comme nous n'avons pas accès à un véritable habitat intelligent, nous n'avons pas, entre autres choses, d'équipement spécialisé pour tout ce qui est aspect physiologique comme la qualité du sommeil, le rythme cardiaque, etc. Cela nous a donc fait éliminer d'emblée la chambre à coucher car, à moins de disposer de tels

types d'équipement (car il est impensable de simuler les données à ce niveau), l'information que nous pouvons en tirer est insignifiante. Par rapport à la cuisine, maintenant, la salle de bain est moins complexe à gérer (le nombre de capteurs à considérer est plus faible et les règles/liens unissant ceux-ci avec les activités potentielles auxquelles ils sont associés sont plus simples) tout en étant relativement riche en information. Le type (nature) des activités possibles est également plus restreint et plus précis (activités plus spécifiques, moins de variantes) que dans les autres pièces. La salle de bain nous permet donc de vérifier certaines hypothèses relativement facilement (sur une petite échelle avec un nombre réduit d'activités et de capteurs) en ce qui a trait à l'utilité et l'efficacité des réseaux bayésiens pour la reconnaissance d'activités. De plus, les observations ainsi faites peuvent nous permettre de faire des projections/extrapolations quant à la pertinence à l'efficacité potentielle des RB (**Réseaux Bayésiens**) pour la reconnaissance d'activités dans la cuisine et ainsi que dans le reste de l'habitat.

Sur le plan pratique, la salle de bain est potentiellement très révélatrice de l'apparition ainsi que de l'évolution de certaines pathologies comme les troubles rénaux, la diarrhée, les problèmes de digestion, etc. ce qui fait qu'il pourrait être utile de commencer par cette pièce. De plus, comme nous l'avons mentionné au chapitre 1, un déclin au niveau de l'hygiène personnelle est considéré comme étant un très bon indicateur de l'apparition et/ou de l'évolution de certains cas de démence chez les personnes âgées. En effet, comme les activités reliées à l'hygiène corporelle font partie des AVQ les plus fondamentales effectuées par tout être humain (*voir la section 1.2.3.1*), celles-ci font partie des facteurs déterminant qui permettent d'évaluer l'aptitude d'une personne à être autonome. Ici, un système de reconnaissance d'activités et des habitudes de vie serait fort utile car il nous permettrait de faire ressortir certaines tendances comme :

- Un souci d'hygiène personnelle moins élevé que par le passé. La personne âgée se lave de moins en moins souvent par rapport à ses habitudes passées (habitudes préalablement établies par la reconnaissance d'activités).
 - Par exemple, une personne qui avait TOUJOURS l'habitude de se laver les mains après avoir été aux toilettes cesse de le faire. Cela peut sembler

anodin, mais, si nous combinons cela avec d'autres facteurs, cela peut être un signe avant-coureur de certains troubles cognitifs.

- Autre exemple, une personne qui avait l'habitude de prendre sa douche trois fois par semaine, dont une fois pour se laver les cheveux (détectée par l'utilisation du shampoing), semble ne se laver sommairement qu'une fois tous les 7 ou 8 jours.
- Dernier exemple, la personne cesse d'utiliser du papier hygiénique lorsqu'elle va aux toilettes.
- Difficulté à se souvenir COMMENT se laver i.e. quoi utiliser (donc diminution de la capacité à effectuer une AVQ)
 - Par exemple, la personne active l'eau chaude et l'eau froide ainsi que le levier pour la douche mais ne ferme pas le rideau de douche lorsqu'elle est sous la douche.
 - Autre exemple, la personne n'utilise plus de savon pour prendre son bain ni de shampoing bien qu'elle semble toujours avoir le réflexe de prendre sa douche ou son bain (les capteurs pour la douche et le bain étant toujours activés de façon régulière durant la semaine). Elle a donc encore le réflexe de se laver, mais semble avoir de la difficulté à compléter l'activité correctement.

Étant donné l'utilité potentielle des informations qui pourraient éventuellement être générées à partir d'un réseau de reconnaissance d'activités chargé de la salle de bain, il est donc naturel de considérer cette pièce comme étant une candidate de premier ordre.

3.2.5.2 Choix des nœuds et des dispositifs associés (capteurs, etc.)

La salle de bains est divisée en trois zones « logiques » i.e. celle du lavabo, celle du bain (et de la douche) et celle de la toilette. Chaque région a son propre sous réseau qui est chargé de déterminer l'activité la plus probablement en cours.

Puisque nous voulons faire de la reconnaissance d'activités afin d'arriver à dresser le profil d'un individu en ce qui concerne ses habitudes de vie, à faire de l'aide à la tâche et à détecter

éventuellement le déclin de ses facultés cognitives ainsi que l'apparition de certains troubles physiologiques, nous devons nous assurer d'avoir un certain nombre d'informations, comme nous l'avons expliqué à la section 1.2.3.2. Le nombre et la nature des dispositifs et, par conséquent, des nœuds des réseaux de la salle de bain, doivent donc refléter cet état de choses. Nous devons également prendre en considération les aspects techniques et humains mentionnés aux sections 3.2.2.1 et 3.2.2.2.

Dans le cadre de ce travail, nous ne considérons qu'un nombre restreint d'activités possibles ce qui signifie que le nombre de nœuds et de capteurs associés est relativement petit. Cela nous permettra de voir si l'utilisation de réseaux bayésiens est une option viable pour la reconnaissance d'activités et si cela vaut la peine de l'explorer plus en profondeur dans le cadre de travaux plus poussés. Dans des travaux à venir, nous aurons accès à un véritable habitat intelligent équipé avec divers capteurs ce qui nous permettra de faire des expériences en laboratoire afin de tenter de reconnaître un plus grand nombre d'activités et de tester plusieurs combinaisons de capteurs différentes.

La liste des nœuds qui suit ne concerne que les nœuds que nous avons utilisés dans ce travail. Au chapitre 4, nous mentionnerons certains nœuds supplémentaires que nous croyons pertinent d'ajouter aux différents réseaux de la salle de bain afin de les rendre plus complets. De plus, dans le contexte de notre travail, nous supposons que les informations concernant l'activité précédente sont connues et valides (dans le système complet, cette information proviendra des autres sous réseaux de reconnaissance d'activités et sera transmise sous forme de probabilités associées aux différentes activités précédentes possibles).

Liste des nœuds des réseaux et dispositifs de collecte de données associés

Dans le cadre de notre travail, le réseau s'occupant de la zone Lavabo/Miroir a les nœuds suivants :

TimeElapsed : Ce nœud correspond à la durée de l'activité en minutes. Sa valeur est un intervalle qui correspond au temps passé dans la zone durant lequel l'utilisateur a interagit avec les différents objets qui s'y trouvent.

DrinkingWC : Ce nœud correspond à l'activité *boire de l'eau* qui est une des activités que le réseau cherche à détecter de façon explicite. Il s'agit en fait d'une activité « substitut » pour l'activité *prise de médicaments*. Comme nous n'avons pas accès à un véritable habitat équipé de capteurs pour l'ouverture et la fermeture d'armoires et de tiroirs et que les individus qui ont acceptés de nous servir de cobayes ne prennent pas de médicaments sur une base régulière, nous avons décidé d'inclure cette activité car elle ressemble vaguement à celle consistant à prendre des médicaments dans la mesure où elle nécessite l'utilisation d'un verre et de l'eau. De plus, comme cette activité ressemble à l'activité *se brosser les dents*, elle nous permettra de vérifier si, avec un nombre très restreint de capteurs, le réseau arrive à faire la différence entre deux activités qui utilisent plusieurs éléments en commun. Ce nœud a deux états possibles, *True* ou *False*. Le réseau détermine la probabilité de chacun de ces états en fonction des interactions de l'occupant avec son environnement. Ce nœud n'est présent que dans le réseau de type « Med #1 » (voir section 3.2.5.3).

TimeOfDay : Ce nœud correspond à la période de la journée. Ses valeurs possibles sont des intervalles (voir 3.2.1.1 *Nœuds se retrouvant dans tous les sous réseaux spécialisés*). Sa valeur est déterminée par l'heure de la journée (heure système / horloge interne).

WashingHands : Ce nœud correspond à l'activité *se laver les mains* et est une autre des activités que le réseau cherche à détecter de façon explicite. Il a deux états possibles, *True* ou *False*. Le réseau détermine la probabilité de chacun de ces états en fonction des interactions de l'occupant avec son environnement. Ce nœud n'est présent que dans le réseau de type « Med #1 » (voir section 3.2.5.3).

Soap : Ce nœud indique si le savon a été utilisé (ou la probabilité qu'il soit utilisé, selon le cas) et il a deux valeurs possibles : *Used* et *NotUsed*. Dans l'habitat, le savon devra se trouver dans un flacon pompe spécial dans lequel se trouve un dispositif permettant de savoir si la pompe a été activée ou non ce qui permettra au réseau de savoir si l'occupant a utilisé du savon.

ToothPaste : Ce nœud indique si la pâte à dent a été utilisée (ou la probabilité qu'elle soit utilisée, selon le cas) et il a deux valeurs possibles : *Used* et *NotUsed*. Dans l'habitat, la pâte à dent devra se trouver, tout comme le savon, dans un flacon pompe spécial dans lequel se trouve un dispositif permettant de savoir si la pompe a été activée ou non ce qui permettra au réseau de savoir si l'occupant a utilisé de la pâte à dent.

Glass : Ce nœud indique si le verre a été utilisé (ou la probabilité qu'il soit utilisé, selon le cas) et il a deux valeurs possibles : *Used* et *NotUsed*. Le verre devra être muni d'un tag RFID qui permettra au réseau de savoir s'il a été utilisé ou non.

ToothBrush : Ce nœud indique si la brosse à dents a été utilisée (ou la probabilité qu'elle soit utilisée, selon le cas) et il a deux valeurs possibles : *Used* et *NotUsed*. La brosse à dent devra se trouver dans un porte brosse à dent spécial ou être muni d'un tag RFID pour permettre au réseau de savoir si elle a été utilisée ou non.

Previous_Activity : Ce nœud correspond à l'activité précédente. Dans le cadre de notre travail, les informations concernant l'activité précédente sont connues et valides (elles ne proviennent d'aucun dispositif). Évidemment, comme nous l'avons mentionné plus tôt, dans un système de reconnaissance d'activités complet, les probabilités associées aux valeurs possibles de ce nœud proviendront des autres sous réseaux de reconnaissance d'activités.

BrushingTeeth : Ce nœud correspond à l'activité *se brosser les dents* et est une autre des activités que le réseau cherche à détecter de façon explicite. Il a deux états possibles, *True* ou *False*. Le réseau détermine la probabilité de chacun de ces états en fonction des interactions de l'occupant avec son environnement. Ce nœud n'est présent que dans le réseau de type « Med #1 » (voir section 3.2.5.3).

TeethOrDrinkingOrHands : Il s'agit d'un nœud intermédiaire qui sert à simplifier les tables de probabilités de certains nœuds qui correspondent majoritairement à divers capteurs pouvant être activés et ayant comme cause probable commune l'une des trois activités suivantes : *se brosser les dents*, *boire*, ou *se laver les mains*. Il a deux états possibles : *True*

ou *False*. Les probabilités associées à chacun de ces deux états dépendent des probabilités des trois activités qui s'y rattachent (*se brosser les dents, boire, et se laver les mains*), ainsi qu'à l'utilisation d'objets communs à ces trois activités. Ce nœud n'est présent que dans le réseau de type « Med #1 » (voir section 3.2.5.3).

PossEmergency : Ce nœud sert à déterminer s'il y a risque de situation critique. Il est à noter qu'une situation potentiellement inquiétante peut survenir en parallèle avec la détection d'une activité comme se brosser les dents ou se laver les mains puisqu'un individu peut très bien avoir un malaise en effectuant l'une ou l'autre de ces activités (il n'est donc pas exclus que l'état de ce nœud soit mis à vrai en même temps que le nœud correspondant à une activité X). Dans le cadre de notre travail, l'état de ce nœud est déterminé par la position de l'occupant (s'il est couché, le réseau considère qu'il y a peut-être un problème). Dans un réseau plus complet, il faudra inclure des nœuds supplémentaires concernant l'état de certains paramètres physiologiques de l'occupant, comme le rythme cardiaque et/ou la pression artérielle, afin de vraiment pouvoir porter un jugement à ce sujet. Cela implique donc le port d'équipement miniaturisé pouvant recueillir ce type d'informations. Ce nœud n'est présent que dans le réseau de type « Med #1 » (voir section 3.2.5.3).

CurrentActivity : Ce nœud correspond à l'activité courante possible que nous voulons détecter (pour une description plus détaillée, voir la section 3.2.1.1). Dans le cadre de notre travail, il a 6 états possibles *BrushingTeeth, TeethAndHands, DrinkingWC, WashingHands, Emergency* et *Other*. Ce nœud ne se retrouve que dans le réseau de type « Med #2 » (voir section 3.2.5.3).

Position : Ce nœud a trois états possibles : *Upright, LyingDown* et *Seated*. Afin de déterminer la position d'une personne, il faudra que cette dernière porte un dispositif spécial, tel que décrit dans [16].

ColdWater : Ce nœud indique si l'eau froide a été utilisée ou non (ou la probabilité qu'elle soit utilisée, selon le cas) et à trois valeurs possibles : *On, Off* et *OffWasOn*. Un détecteur d'activation permet de savoir si l'occupant se sert ou non de l'eau froide. Ce type de

dispositif fait habituellement partie de l'équipement standard de la plupart des habitats intelligents.

HotWater : Ce nœud indique si l'eau chaude a été utilisée ou non (ou la probabilité qu'elle soit utilisée, selon le cas) et à trois valeurs possibles : *On*, *Off* et *OffWasOn*. Un détecteur d'activation permet de savoir si l'occupant se sert ou non de l'eau chaude. Ce type de dispositif fait habituellement partie de l'équipement standard de la plupart des habitats intelligents.

Afin d'activer le réseau pour que celui-ci soit « à l'écoute » de ce qui se passe, un détecteur de présence dans la zone gérée par ce dernier devra être en place (en plus d'un détecteur d'entrée/sortie de la pièce). Un simple tapis spécialement conçu à cet effet pourra faire l'affaire.

Évidemment, dans un réseau plus complet, nous espérons détecter un plus grand nombre d'activités comme, possiblement, la prise de médicaments, le rasage, le ménage, etc. Cela implique donc la nécessité d'inclure d'autres nœuds pour les activités possibles et pour les dispositifs qui nous permettraient de détecter ces activités.

La liste des nœuds pour les réseaux « Med #1 » et « Med #2 » chargés de la zone *Bain/Douche* se trouve à l'annexe C.

3.2.5.3 Structures retenues

Dans ce qui suit, nous allons présenter les deux des structures de réseau qui ont été retenues parmi celles qui ont été évaluées dans le cadre de ce travail de recherche. Comme plusieurs structures (variations dans le nombre et type de nœuds et de dépendances) ont été évaluées, nous croyons qu'il serait trop long de décrire chacune d'entre elles (nous fournissons cependant, à l'annexe B, deux exemples de réseaux qui ont été abandonnés). Dans un but de concision, nous allons donc nous limiter aux deux structures « finalistes » - « Med #1 » et « Med #2 » - parmi toutes celles qui ont été envisagées. De plus, nous allons uniquement

nous servir du sous réseau chargé de la zone du lavabo/miroir pour expliquer le fonctionnement de nos deux types de structure dans cette section-ci. Des illustrations des sous réseaux assignés à la zone bain/douche sont toutefois disponibles à l'annexe C pour fins de consultation.

Nos réseaux, qu'ils soient de type « Med #1 » ou « Med #2 », s'inspirent de l'approche utilisée pour construire des réseaux bayésiens destinés au diagnostic médical. La raison de cet état de chose est qu'il existe un parallèle évident entre le diagnostic médical et la reconnaissance d'activités à l'aide de différents capteurs, comme nous le verrons plus loin.

Les réseaux chargés de faire des diagnostics au niveau médical sont habituellement construits selon les règles de base suivantes :

- Les facteurs de risque sont au niveau supérieur (ce sont donc les nœuds *racines* du graphe)
- Les maladies et autres conditions non observables constituent les nœuds intermédiaires (ce sont donc des nœuds avec des *parents* ET des *enfants*).
 - Note : Il est possible d'avoir plusieurs nœuds intermédiaires reliés entre eux car plusieurs maladies peuvent s'influencer l'une l'autre.
- Les *feuilles* du graphe (nœuds sans *enfants*) représentent les symptômes observables.
- Les facteurs de risques sont reliés par des flèches aux maladies qu'ils influencent.
- Les noeuds représentant les maladies ont comme *enfants* les nœuds représentant leurs symptômes.

Avant d'aller plus loin, nous allons utiliser un petit exemple classique pour illustrer le principe de diagnostic médical à l'aide d'un réseau bayésien.

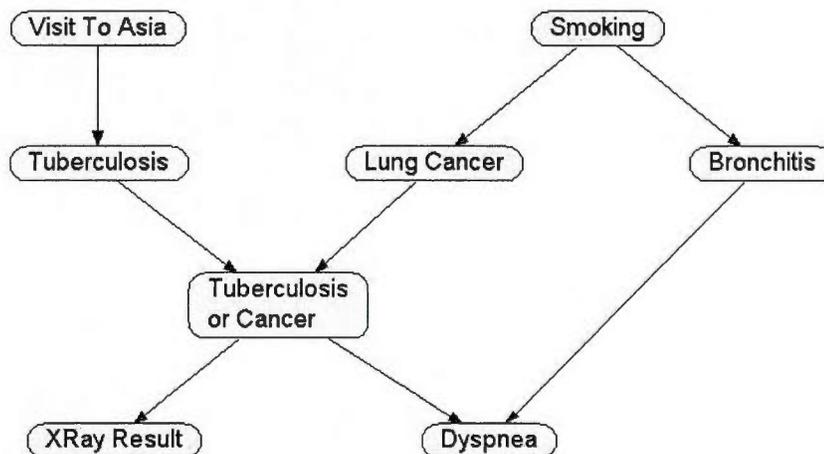


Figure 20 - Exemple classique de petit réseau bayésien dans un contexte médical (inspiré de [22])

La Figure 20 est une version simplifiée d'un réseau bayésien utilisé pour le diagnostic médical de certaines maladies pulmonaires [22]. Les deux nœuds supérieurs (les *racines* du graphe) représentent des **facteurs de risques** qui influencent les chances qu'un patient soit, ou ne soit pas, atteint d'une ou de plusieurs maladies pulmonaires. Les **maladies** à diagnostiquer (tuberculose, cancer du poumon et bronchite) sont les nœuds intermédiaires du graphe. Finalement, les *feuilles* du graphe représentent les **symptômes** pouvant être associés aux différentes maladies. Dans le chapitre sur les réseaux bayésiens, nous avons expliqué comment lire un graphe en fonction des nœuds et des arcs qui le compose. Si nous appliquons ce que nous avons vu au chapitre précédent, nous pouvons décrire sommairement les relations entre les différents nœuds de ce réseau comme suit :

- Tout d'abord, nous pouvons voir qu'il existe un lien entre le fait d'avoir visité l'Asie et les chances d'être ou de ne pas être atteint de la tuberculose (pour le moment, comme nous n'avons pas accès aux tables de probabilités sous-jacentes, nous ne pouvons pas décrire de façon plus précise l'impact de « Visit To Asia » sur « Tuberculosis ». Nous pouvons cependant *deviner* qu'une visite en Asie augmente les chances d'être atteint de la tuberculose).

- Ensuite, nous voyons que le fait de fumer (« Smoking ») augmente les chances d'être atteint du cancer du poumon tout comme celles d'avoir une bronchite. Dans ce cas-ci, bien que nous n'ayons toujours pas accès aux tables de probabilités, nous ne nous sommes pas contentés de dire qu'il y avait « un lien » entre le fait d'être fumeur et celui d'avoir le cancer du poumon et/ou une bronchite puisque nous nous basons sur des connaissances d'ordre général.
- Si nous regardons maintenant les symptômes, nous voyons que nos trois maladies peuvent provoquer des troubles respiratoires (*Dyspnea*). Par contre, seuls la tuberculose et le cancer des poumons peuvent être apparent sur des radiographies.

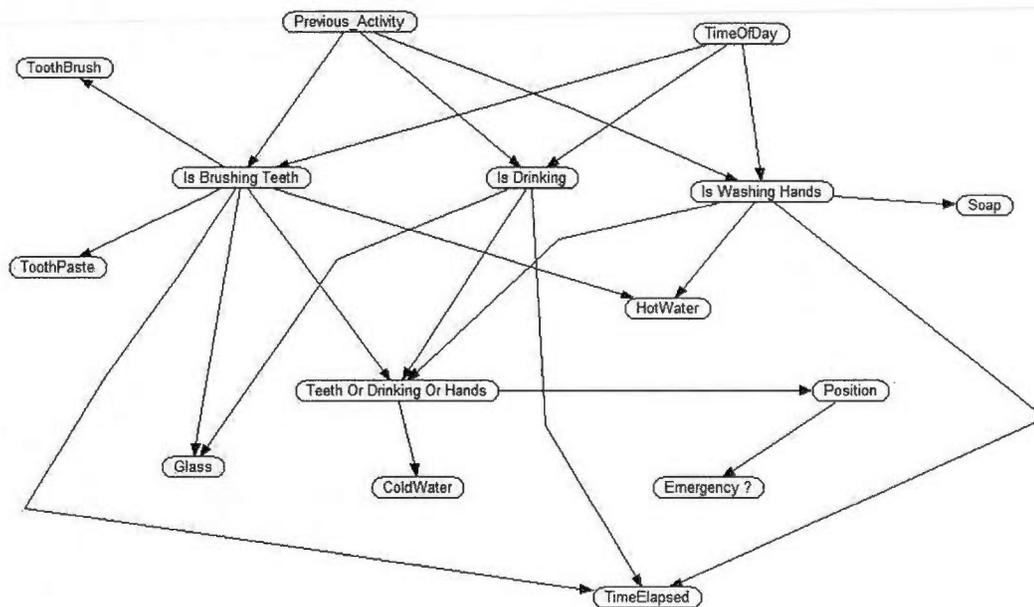


Figure 21 - Réseau « Med #1 » lavabo/miroir – vue globale

Nos réseaux de reconnaissance d'activités de type « Med #1 » sont ceux qui suivent le plus fidèlement l'approche utilisée pour le diagnostic médical telle que décrite précédemment. La Figure 21 représente une vue globale du sous réseau de la zone du lavabo/miroir. Les nœuds correspondant l'activité précédente (*Previous_Activity*) et à la période de la journée (*TimeOfDay*) sont considérés comme des facteurs de risques (un peu comme le fait d'avoir

visité l'Asie ou d'être fumeur dans l'exemple du petit réseau de diagnostique présenté plus tôt) tandis que les différents capteurs et autres dispositifs activés représentent nos « symptômes » visibles. Finalement, les nœuds des activités correspondent aux « maladies » que l'on désire « diagnostiquer ». Évidemment, comme nous utilisons plusieurs capteurs (voir section 3.2.5.2) et comme le réseau de la Figure 20 est un exemple simplifié, notre réseau est un peu plus complexe que celui ayant servi à illustrer l'utilisation d'un réseau bayésien dans le cadre médical.

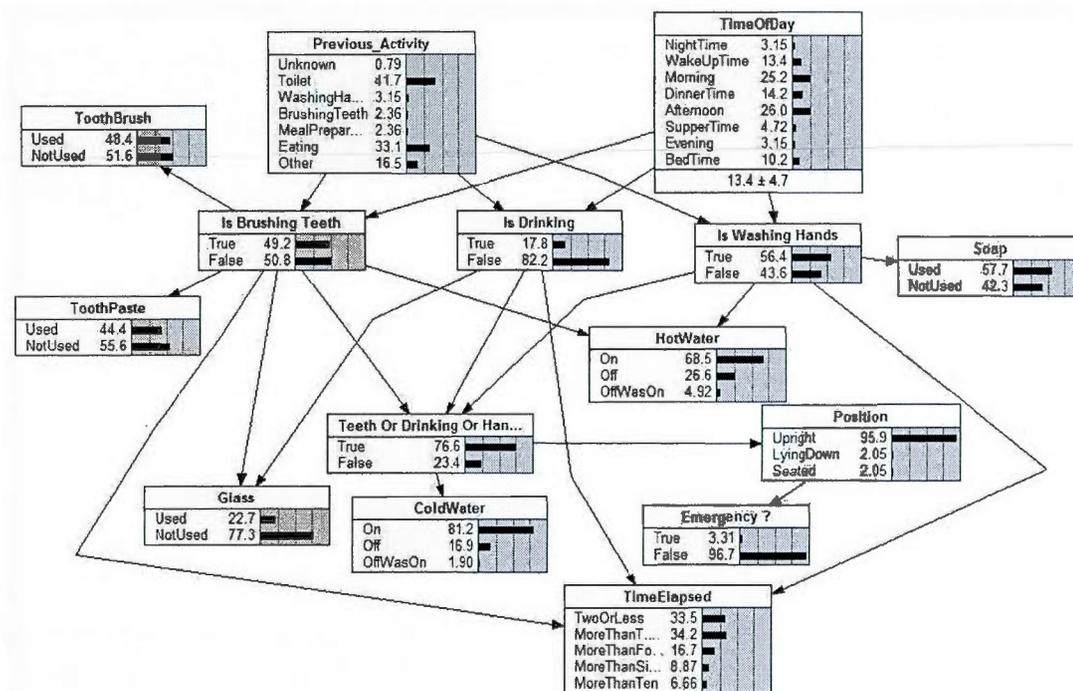


Figure 22 - Réseau « Med #1 » lavabo/miroir avec tous les états possibles des nœuds

La figure ci-dessus est une vue plus détaillée du sous réseau « Med #1 » dédié à la zone du lavabo/miroir après que celui-ci ait été compilé. Toutes les CPTs des différents nœuds ont été préalablement initialisées à partir de fichiers de cas. Le réseau est présentement « au repos » dans la mesure où le réseau n'est pas encore actif. Les probabilités affichées forment, en quelque sorte, un résumé condensé de l'ensemble des probabilités reliées à chacun des états possibles des nœuds. On voit, entre autres choses, que l'activité la plus susceptible de se

produire dans la zone du lavabo/miroir est *se laver les mains*, que l'activité précédente la plus probable est *aller aux toilettes* (répondre à l'appel de la nature) et que la durée la plus fréquente des activités effectuées dans cette zone est entre 2 minutes et 4 minutes.

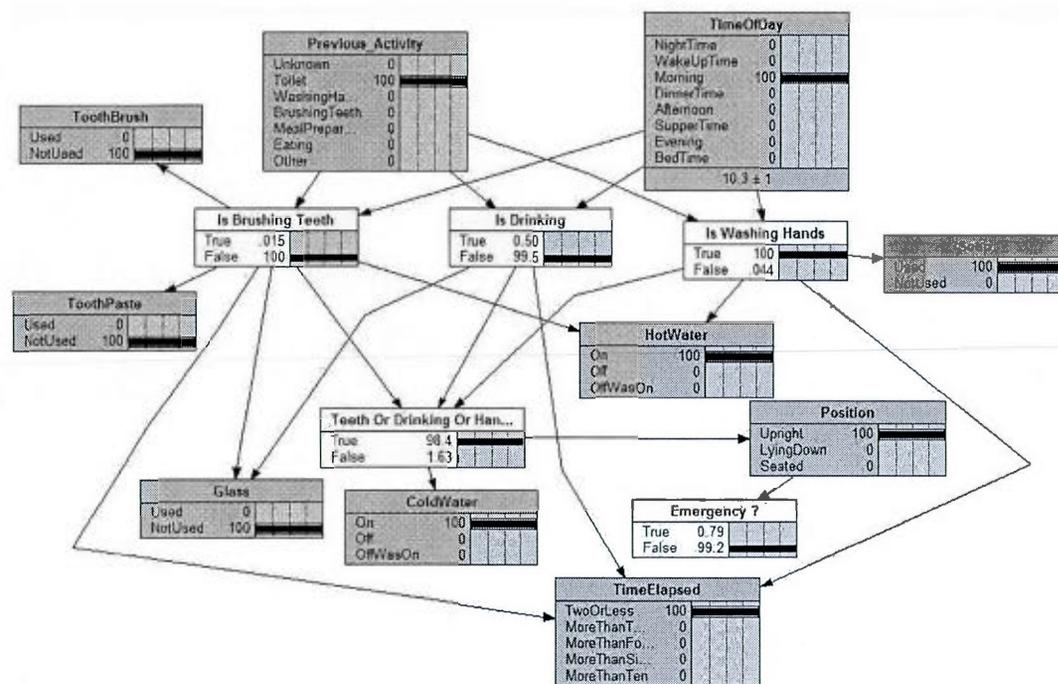


Figure 23 - Med #1, Activité la plus probable = se laver les mains

Pour la reconnaissance d'activités dans le but d'apprendre les habitudes de vie de l'occupant, le réseau se comporte de la façon suivante (nous verrons, à la section 4.3.1.4, que le comportement du réseau sera légèrement différent pour l'aide à la tâche) : à partir du moment où un individu entre dans la zone gérée par le réseau, les nœuds correspondant aux capteurs associés aux différents objets susceptibles d'être utilisés sont initialisés à l'état « non utilisé » (Off ou NotUsed, selon le cas). Par la suite, lorsque la personne interagit avec son environnement et qu'un ou plusieurs capteurs est (sont) activé(s), les probabilités associées aux différents états de tous les nœuds s'ajustent au fur et à mesure afin de déterminer ce qui se passe (ou ce qui est susceptible de se passer). La Figure 23 illustre le cas où le réseau déduit, en fonction des éléments utilisés et des éléments non utilisés, que l'activité qui est

probablement en cours est « se laver les mains ». Les nœuds en gris sont ceux dont nous connaissons l'états (ils sont associés aux différents dispositifs de collecte de données installés dans la salle de bain dans la zone du lavabo) tandis que les autres représentent les activités (et le cas d'urgence) susceptibles de se dérouler étant données les circonstances.

Comme le montrent la Figure 22 ainsi que la Figure 23, la plupart des nœuds correspondant aux capteurs ont deux états possibles (*Used, NotUsed*) mais il arrive qu'un nœud *symptôme* ait trois ou quatre états possibles. Par ailleurs, les nœuds correspondant aux activités courantes à détecter ont tous deux états possibles, soit vrai ou faux (*True, False*). Nos facteurs de risques, par contre, ont plusieurs états possibles. Le nombre d'états possibles peut varier, en ce qui concerne les activités précédentes, selon le réseau (voir les sections 3.2.1.1 et 3.2.5.2).

Dans un tel type de réseau, l'ajout ou la suppression de nœuds correspondant aux différents capteurs est assez aisé car il ne provoque pas de changements au niveau de la structure des CPTs des autres nœuds du réseau (contrairement au cas du premier réseau décrit à l'annexe B). Si nous supprimons un capteur, nous n'avons qu'à enlever le nœud correspondant et les liens qui le reliaient avec ses parents. Si nous ajoutons un capteur, il ne suffit que de construire la CPTs du nouveau nœud correspondant en fonction des liens qui l'unissent à ses nœuds parents et de mettre à jour les probabilités du reste du réseau (sans changer, cependant, la structure des tables sous-jacentes). Évidemment, cela n'est pas toujours évident, mais c'est loin d'être insurmontable et cela fait partie des conséquences normales de l'utilisation de réseaux bayésiens (voir les sections 2.2.6 et 3.2). Bien que l'ajout d'une nouvelle activité à détecter ait plus d'impact sur la structure de certaines tables que celui d'un nœud *capteur*, il s'agit d'un tout de même d'un impact localisé car il n'affectera, sur le plan structurel, que les tables de probabilités des nœuds *capteurs* lui servant de « symptômes ». Ces réseaux sont donc relativement faciles à modifier en fonction des besoins, ce qui constitue un avantage indéniable étant données l'évolution des technologies liées aux capteurs et la diversité possible de l'équipement en place dans différents habitats intelligents.

Lorsque le réseau fonctionne correctement, i.e. lorsqu'il n'y a aucun bris matériel, les seuls nœuds dont nous ne connaissons pas l'état (ceux dont nous devons calculer la probabilité en

fonction des interactions de l'utilisateur avec son environnement) sont ceux correspondant aux activités courantes possibles. En effet, nous **savons** (le *réseau* sait) si un capteur est activé ou non tout comme nous **connaissons** (le *réseau* connaît) la période de la journée en fonction de l'heure. Nous pouvons également **calculer la durée** en fonction du temps que la personne passe dans la zone prise en charge par le réseau (et en fonction de la fin des interactions de l'occupant avec les différents éléments de son environnement. Exemple : la personne ferme les robinets d'eau chaude et d'eau froide et dépose sa brosse à dent sur le comptoir ce qui nous indique que, bien qu'elle soit toujours devant le lavabo, elle a terminée de se brosser les dents). Évidemment, il reste toujours la fameuse problématique de l'activité précédente telle que décrite à la page 69 du présent document. Quoiqu'il en soit, dans le cadre de ce travail, nous supposons que **nous connaissons cette activité** (dans le système de reconnaissance d'activités complet, **nous aurons les probabilités associées** aux activités précédentes).

Pour déduire correctement l'activité courante la plus probable, il faut regarder non seulement celle dont la probabilité est la plus élevée, mais aussi celle dont la probabilité augmente le plus par rapport aux autres lorsqu'un nouveau nœud *capteur* est activé. Ce type de réseau permet de faire ressortir les cas où deux activités complémentaires sont effectuées l'une après l'autre sans que l'on puisse établir de façon claire le moment où la première activité se termine et celui où la seconde commence. Afin d'expliquer plus clairement ce que nous entendons par cela, nous allons utiliser deux exemples. Dans un premier temps, si l'occupant ne fait que se brosser les dents, il utilisera, par exemple, l'eau froide, possiblement l'eau chaude s'il préfère se brosser les dents à l'eau tiède, la brosse à dent et la pâte à dent. Lorsqu'il aura terminé, il fermera l'eau et remettra sa brosse à dent à sa place. La fin de cette activité est donc indiquée lorsque tous les nœuds impliqués sont remis à leur état initial par défaut (i.e. non utilisés, pour la plupart). Par contre, lorsqu'un individu se brosse les dents ET se lave les mains par la suite (ou inversement), le début d'une de ces activités et la fin de l'autre n'est pas si nette (en plus de ne pas être très pertinent à déterminer selon nous). Il est donc intéressant de pouvoir envisager la possibilité que l'individu effectue les deux activités durant la durée X. Donc, lorsque l'occupant se trouve devant le lavabo et que les capteurs pour l'eau chaude, l'eau froide, le savon, la brosse à dents et la pâte à dents sont activés à

tour de rôle, le système peut conclure que le sujet est « atteint des deux maladies » i.e. qu'il s'est brossé les dents ET qu'il s'est lavé les mains et que la durée totale de ces deux activités est la durée X (la Figure 24 illustre un tel cas), qui a été calculée une fois que tous les capteurs impliqués ont été remis à leur état initial (il est à noter cependant qu'il existe un léger décalage entre la remise des capteurs à l'état initial et la remise des nœuds correspondant à leur état équivalent. Cela vient du fait que la détermination de l'activité courante est basée sur un « snapshot » de tous les éléments utilisés durant la durée X. Sans ce décalage, les nœuds correspondant aux capteurs seraient remis à l'état inactif avant d'avoir pu servir à déterminer l'activité qui a été effectuée).

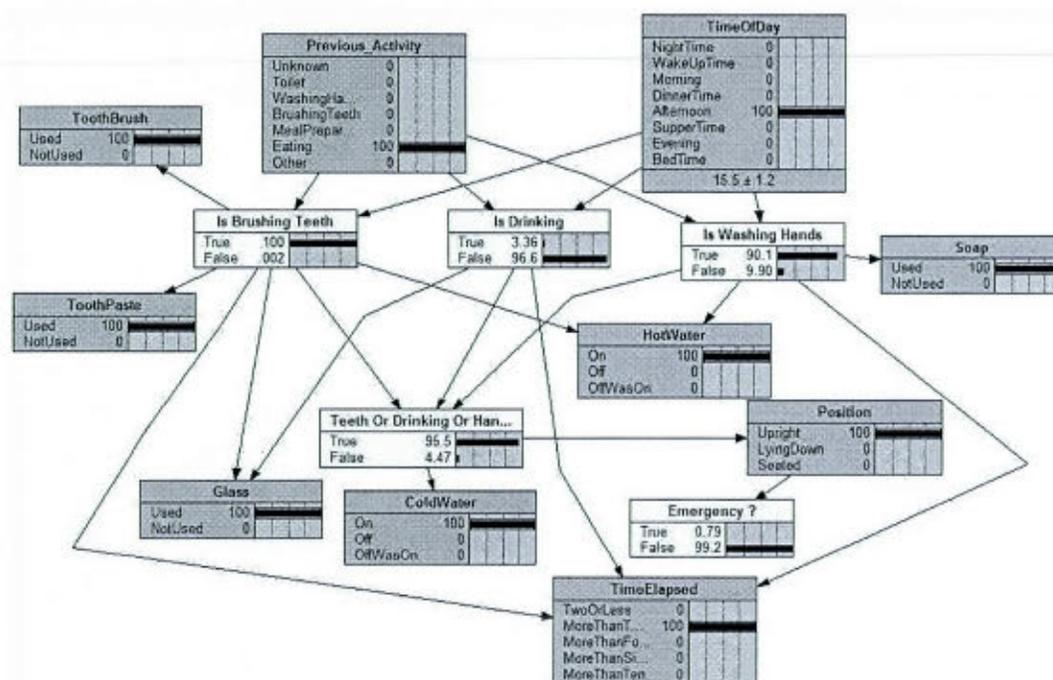


Figure 24 - Détection de deux activités effectuées en tandem, réseau "Med #1"

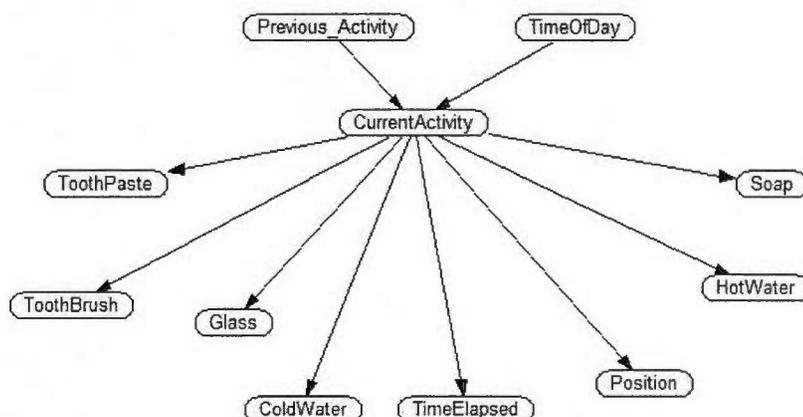


Figure 25 - Réseau « Med #2 » lavabo/miroir – vue globale

La Figure 25 illustre notre deuxième type de réseau, soit le type « Med #2 ». Il est similaire en tout point au type « Med #1 » SAUF en ce qui concerne l'activité courante. En effet, au lieu d'avoir un nœud distinct pour chacune des activités courantes possibles que nous désirons détecter, ce réseau a un seul nœud *CurrentActivity* dont les états correspondent aux activités courantes possibles. Ce réseau est plus lourd que le réseau précédent du point de vue des tables de probabilités puisqu'une telle configuration fait en sorte que la table de probabilité de chaque nœud, à l'exception des nœuds *racines*, est beaucoup plus grosse. De plus, l'ajout d'une nouvelle activité à détecter provoque des changements structurels majeurs au niveau des CPTs de **tous** les nœuds correspondants aux capteurs et autres dispositifs de collecte de données, en plus de provoquer la mise à jour des probabilités elles-mêmes. En ce qui a trait à la suppression d'un nœud *capteur* (une feuille du graphe), l'impact, ou plutôt le manque d'impact, est le même que pour le type « Med #1 ». Par contre, l'ajout d'un nouveau nœud *capteur* est plus problématique que dans le cas de la structure de réseau précédente car la CPT qui lui est associée est plus complexe à construire.

Malgré les inconvénients liés à la complexité accrue de ce type de réseau, nous croyons cependant qu'il vaut la peine d'envisager et de tester l'utilisation d'un nœud unique aux multiples états pour l'activité courante. Dans un tel réseau, l'activité « *Other* » représente de

façon explicite la probabilité qu'une activité *autre* que celles envisagées par le réseau soit en cours d'exécution. Dans le type de réseau « *Med #1* », la possibilité qu'une activité *autre* soit en cours d'exécution se présente lorsque les probabilités des activités représentées explicitement par des nœuds d'activité ainsi que celle du nœud « *TeethOrDrinkingOrHands* » sont faibles.

Tout comme dans le cas du réseau « *Med #1* », le réseau « *Med #2* » a des informations quant à l'état de tous les nœuds SAUF celui qui correspond à l'activité courante.

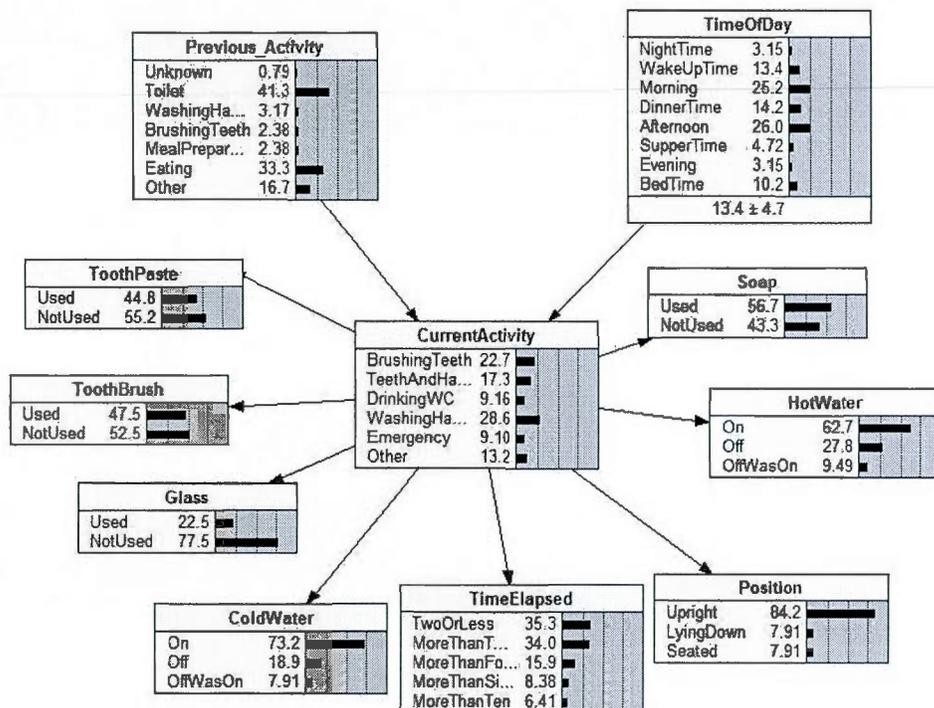


Figure 26 - Réseau « *Med #2* » lavabo/miroir avec tous les états possibles des nœuds

La Figure 26 représente le réseau « *Med #2* » après initialisation des CPTs et compilation tandis que la Figure 27 illustre le cas où le réseau déduit, en fonction des mêmes éléments utilisés (et non utilisés) que ceux de la Figure 23, que l'activité la probablement en cours est « se laver les mains ».

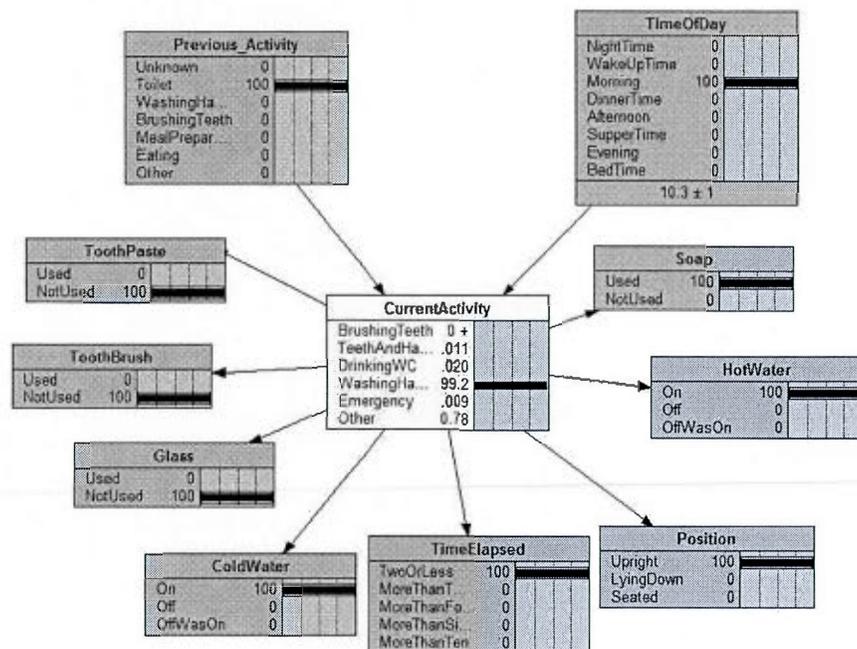


Figure 27 - Med #2, Activité la plus probable = se laver les mains

3.3 Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons décrit, dans les grandes lignes, un système de reconnaissance d'activités tel qu'il pourrait être envisagé dans le cadre des habitats intelligents pour personne en perte d'autonomie cognitive. Nous avons également mentionné que l'utilisation de réseaux bayésiens pourrait s'avérer pertinente dans un tel système. Nous avons ensuite précisé que ce système pourrait être composé de plusieurs sous réseaux spécialisés en fonction de la pièce de l'appartement ainsi que, dans certain cas, de la zone de la pièce où se trouve l'occupant, et parlé de l'utilisation qui pourrait être faite des informations générées par le système. Nous avons aussi regardé de plus près les réseaux chargés de la reconnaissance d'activités dans la salle de bain et expliqué pourquoi nous avons choisi de nous concentrer sur cette pièce dans le cadre de notre travail. Par la suite, nous avons fait un parallèle entre l'utilisation des réseaux bayésiens pour la reconnaissance

d'activités et l'utilisation de réseaux bayésiens pour le diagnostic médical. Finalement, nous avons présenté les deux structures de réseau qui ont été retenues dans le cadre de ce travail.

CHAPITRE IV

PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Dans le cadre de notre travail, nous avons évalué différentes structures de réseaux et effectué une foule de tests afin de déterminer quelles étaient les structures les plus prometteuses. Dans un soucis de concision et afin de protéger l'environnement (sauvons les arbres, s'il vous plaît! ☺), nous allons nous contenter de faire un survol de ce qui a été fait.

Dans ce chapitre, nous expliquons notre démarche de simulation i.e. le processus de collecte de données ainsi que les grandes lignes des tests effectués dans le but de comparer les performances des différents types de réseaux envisagés. Par la suite, nous présentons un résumé des performances de nos deux types de réseaux finalistes, i.e. « Med #1 » et « Med #2 ». Finalement, nous abordons brièvement la question des développements futurs possibles.

4.1 Méthodologie de tests et comparaison des différentes structures possibles

4.1.1 Collecte de données et instanciation des tables de probabilités

Dans le but d'avoir des probabilités de base réalistes, nous avons procédé à une collecte de données par l'intermédiaire de questionnaires qui ont été distribués à un certain nombre de volontaires. Il est à noter que ces volontaires ne souffrent pas de troubles cognitifs, il s'agit donc de sujets dits « normaux ». La raison de ce choix est qu'il faut d'abord essayer de voir s'il est possible de reconnaître des activités se déroulant « normalement » avant de pouvoir espérer faire de la reconnaissance d'activités à partir d'activités déviant potentiellement de la norme.

Les sujets sélectionnés devaient remplir un questionnaire préliminaire afin que nous puissions nous assurer qu'ils ne souffraient d'aucune maladie ni ne prenaient de médicaments pouvant résulter en des habitudes hors normes au niveau de la salle de bain. Nous avons également recueilli des données quant à l'âge et au sexe des participants, ces deux points pouvant aussi avoir un impact sur leurs habitudes (ex : au niveau des toilettes). L'âge de nos participants varie entre 32 ans à 67 ans, avec une moyenne de 46.5 ans. Deux répondants sur trois sont de sexe masculin.

Les formulaires sont au nombre de trois : un pour la zone du lavabo/miroir, un pour la toilette et un pour la zone du bain / de la douche. Ils ont été remplis sur une période de deux jours, consécutifs ou non, au choix des volontaires (certains répondants ont cependant rempli les questionnaires sur une période plus longue, soit de 4 à 7 jours), chaque fois que ceux-ci effectuaient une activité dans l'une des trois zones de la salle de bain. Il s'agit de formulaires à choix multiples dans lesquels il faut cocher l'activité précédente, l'activité effectuée ainsi que tous les éléments utilisés afin de l'accomplir. La liste d'éléments utilisés correspond aux dispositifs qui auraient été activés si l'activité s'était déroulée dans un habitat muni des détecteurs correspondants (à chacun de ces éléments correspond un nœud à l'intérieur d'un réseau). Le sujet doit également indiquer l'heure de début et l'heure de fin de l'activité (ce qui nous permettra de déterminer la période de la journée ainsi que la durée de l'activité). Un exemple de questionnaire se trouve à l'annexe G.

Afin d'avoir des probabilités réalistes tout au long d'une journée (24 heures), les trois questionnaires ont été remplis par les sujets non seulement lorsque ceux-ci se trouvaient à leur domicile, mais aussi lorsqu'ils se trouvaient à l'extérieur de celui-ci (ex : au travail). Sans cette mesure, nous n'aurions eu que des informations concernant les activités se déroulant le matin et le soir (du moins pour les individus ayant rempli les questionnaires en semaine plutôt que durant le weekend). Évidemment, cette façon de faire n'est pas parfaite, mais elle nous a tout de même permis de compiler des statistiques à l'aide desquelles nous avons pu générer des fichiers de cas afin d'initialiser, de tester et d'évaluer nos réseaux dans le but de déterminer s'ils peuvent être efficaces et, par conséquent, s'avérer utiles comme outils pour la reconnaissance d'activités.

Une fois les questionnaires remplis, les données provenant de la moitié des questionnaires ont subi un traitement manuel de base avant d'être envoyées à un programme chargé de générer des fichiers de cas de format approprié. Nous avons ensuite envoyé ces fichiers aux sous réseaux de la salle de bain afin qu'ils remplissent leurs tables de probabilités de façon automatique. Nous espérions ainsi avoir des réseaux dont les tables de base étaient relativement représentatives de la réalité. Les réseaux ainsi mis à jour ont été ensuite sauvegardés, testés et modifiés au besoin. Dans la section suivante, nous allons maintenant regarder de plus près le processus de tests et d'évaluation.

4.1.2 Tests et ajustements

Les tests et ajustements ont été faits en deux phases. Dans un premier temps, nous avons testé les réseaux « sur le terrain » (cela nécessitait l'utilisation d'un ordinateur portable sur lequel les réseaux étaient implantés) en activant les nœuds correspondant aux objets utilisés dans la salle de bain au fur et à mesure que nous effectuions une activité. Cela nous a permis de voir si les réseaux arrivaient à déduire correctement ce qui se passait dans un environnement *réel*.

Par la suite, nous avons utilisé les données provenant de l'autre moitié des questionnaires (ceux qui n'ont pas servi à générer les fichiers de cas qui ont contribué à l'initialisation des CPTs originales) afin de tester de façon plus exhaustive les réseaux. Encore une fois, cela nous a permis de voir si les réseaux arrivaient à la bonne conclusion quant à l'activité en cours. Selon nous, il était important d'effectuer ces tests avec des données différentes de celles qui nous ont servi à initialiser les tables des réseaux. En effet, si nous avions utilisé les mêmes données, cela n'aurait rien prouvé car, les réseaux ayant été calibrés à l'aide de ces dernières, auraient obligatoirement été en mesure de reconnaître assez facilement les activités correspondantes. Évidemment, certains pourraient argumenter que, puisque nous utilisons un nombre restreint de capteurs et qu'il n'y a pas une infinité de façons de faire pour se laver les mains ou se brosser les dents, de tels tests ne sont pas nécessaires. Nous pensons cependant que nous aurions très bien pu retrouver une proportion plus élevée de certaines variantes dans la façon de faire des gens dans la deuxième moitié des questionnaires. À titre d'exemple,

certaines personnes peuvent très bien se laver les mains uniquement à l'eau froide ou encore se brosser les dents à l'eau tiède (car elles ont les dents sensibles). Il faut donc voir si le réseau réagit bien à ce genre de choses. Et quand bien même il n'y aurait pas vraiment de variations significatives, la 2^{ème} série de tests a quand même son utilité, ne serait-ce que pour indiquer - justement - qu'il n'y a **pas** de différences significatives entre les 2 groupes. Cela *pourrait* nous laisser sous-entendre que les données qui nous ont servi à calculer les probabilités initiales des réseaux sont assez représentatives de la « vraie vie ».

Une fois ces tests effectués, nous avons utilisé les données extraites du 2^{ème} groupe de questionnaires afin de générer d'autres fichiers de cas qui nous ont servi à réajuster les tables de probabilités de nos réseaux. Nous avons ensuite comparé les performances, i.e. la « justesse » des déductions, des 2 versions de réseaux (i.e. les réseaux dont les tables ont été générées à l'aide des informations provenant de la première moitié des formulaires et les réseaux dont le contenu des tables provient de l'ajustement des probabilités des tables des réseaux précédents effectué à l'aide des données provenant des informations extraites du 2^{ème} groupe de formulaires). Le raisonnement derrière ces tests est que, si les performances - en terme de reconnaissance d'activités des réseaux - sont similaires (donc que l'ajustement des probabilités par l'ajout de nouveaux cas dans la deuxième version des réseaux n'a pas eu d'impact significatif), cela peut nous laisser croire que notre premier groupe de données était suffisamment gros et représentatif de la réalité pour faire une bonne estimation des probabilités originales. Dans le cas contraire, cela nous permet de voir que ce n'était peut-être pas le cas et nous incite à faire des ajustements supplémentaires. Sans être une méthode infaillible, cela constitue tout de même un indicateur pertinent qui mérite d'être considéré.

4.2 Ajustements préliminaires des sous réseaux

Après avoir extrait et traité les données provenant des questionnaires, nous avons constaté que seules un nombre TRÈS restreint d'activités précédentes avait un impact réel notable sur l'activité courante pour chacun des 3 réseaux de la salle de bain. En effet, seul un petit groupe d'activités précédentes, parmi celles initialement envisagées, était mentionné sur une base régulière par tous nos répondants. Avant même de générer nos CPTs (Conditional Probability

Tables) à l'aide des données que nous avons recueillies par l'intermédiaire des questionnaires et de faire nos tests, nous avons donc procédé à certains ajustements de nos réseaux. C'est ainsi que nous avons réduit le nombre d'états possibles des nœuds *activité précédente* de chacun des sous réseaux afin de ne garder explicitement que ceux correspondant aux activités précédentes qui revenaient fréquemment dans les questionnaires remplis par nos volontaires. Les autres *activités précédentes*, c'est-à-dire celles que ne venaient que de façon ponctuelle ou qui n'étaient jamais sélectionnées parmi les choix de réponses, ont été fusionnées dans une catégorie générale, la catégorie « *Other* ».

Suite au traitement des données, nous avons également constaté qu'un bon nombre de répondants se brossaient les dents à l'eau tiède (eau froide et eau chaude utilisées) contrairement à notre supposition de base qui voulait que seule l'eau froide soit utilisée. Nous avons donc ajouté un arc entre l'activité consistant à se brosser les dents et le nœud *eau chaude* dans le réseau de type « *Med #1* » chargé de la zone du lavabo/miroir. Nous avons aussi vu qu'un nombre plus important de personnes que ce à quoi nous nous attendions ne se servait pas du verre pour se rincer la bouche à la fin du brossage de dents. Par contre, cette observation ne nous a pas fait éliminer le lien entre le brossage de dents et le nœud *verre* dans le réseau « *Med #1* » car l'utilisation du verre fait tout de même partie des « symptômes » du brossage de dents dans un certain nombre de cas.

4.3 Résultats des tests des sous réseaux

Dans cette section, nous allons présenter un résumé des résultats des différents tests effectués sur les deux versions « finales » des réseaux (les résultats bruts se trouvent à l'annexe D) et commenter certains aspects que nous croyons importants de souligner. Nous allons également suggérer certains changements possibles qui pourraient être apportés aux réseaux suite aux observations que nous avons faites.

4.3.1 Résultats : Lavabo/miroir « Med #1 »

Dans cette section, nous allons regarder de plus près le comportement du réseaux « *Med #1* » qui, comme nous l'avons mentionné au chapitre précédent, s'inspire le plus fortement des

réseaux utilisés pour le diagnostic médical. Pour ce faire, nous allons uniquement présenter une partie des résultats associés aux performances du sous réseau chargé de la zone du lavabo/miroir. Pour le lecteur qui voudrait avoir plus d'informations concernant les performances du sous réseau chargé de la zone bain/douche, nous avons inclus, à l'annexe D, une partie des résultats bruts de certains des tests qui ont été effectués.

Dans l'ensemble, les performances du réseau « Med #1 » sont plutôt encourageantes. Bien que nous ne considérons pas beaucoup d'activités dans le cadre de ce travail, les résultats observés laissent tout de même présager que ce type de réseau pourrait être agrandi de façon incrémentale par l'ajout d'autres nœuds d'activités et de capteurs reliés entre eux par des arcs servant à décrire les relations les unissant. Nous pourrions ensuite tester chaque nouvelle version des réseaux et mesurer l'impact de l'ajout (ou de la suppression) de nœuds et d'arcs afin de faire les ajustements nécessaires pour que les prédictions des réseaux reflètent le plus fidèlement possible la réalité.

4.3.1.1 Brossage de dents

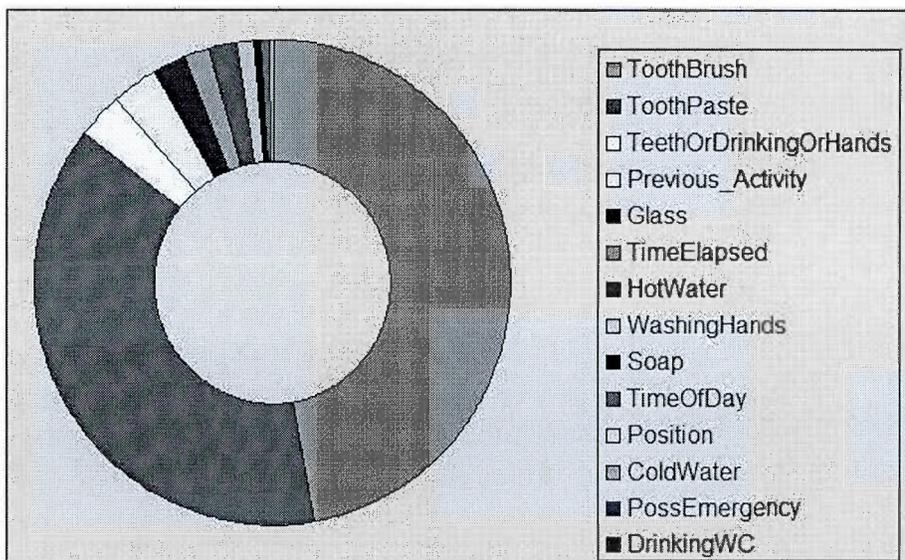


Figure 28 – Influence des autres nœuds sur « BrushingTeeth »

Regardons d'abord brièvement les nœuds qui ont joués un rôle déterminant sur l'activité consistant à se brosser les dents. Comme nous pouvons nous y attendre, les deux nœuds ayant la plus grande influence sur le fait que le réseau décide si l'occupant se brosse les dents ou non sont ceux correspondant à la brosse à dent et à la pâte à dent. Le troisième nœud en importance en ce qui concerne l'influence qu'il exerce sur l'état de *BrushingTeeth* est *ToDoH* (*TeethOrDrinkingOrHands*). Cet état de chose est tout à fait normal étant donnée la fonction de ce « nœud combiné » qui est de simplifier la structure de certaines tables en servant d'intermédiaire entre les « symptômes » communs à chacune des trois principales activités que nous voulons détecter et ces mêmes activités. Si un ou plusieurs nœuds *symptomatiques* ont une probabilité élevée, la probabilité que *ToDoH* soit vrai va augmenter, ce qui va évidemment faire augmenter légèrement la probabilité de *BrushingTeeth*. C'est ainsi que même si, de façon directe, les nœuds *ColdWater* et *Position* n'ont pas une grande influence sur *BrushingTeeth*, ils se rattrapent en passant par la porte de « derrière » par l'intermédiaire de *ToDoH*.

L'activité précédente a également un impact qui était plutôt prévisible, bien que moins important, étant donné le fait que beaucoup de gens ont l'habitude de se brosser les dents tout de suite après avoir mangé plutôt que de faire toute autre activité dans la salle de bain (un certain nombre de répondants ont indiqué qu'ils se lavaient les mains tout de suite après avoir mangé, mais c'était plus rare que le fait de se brosser les dents). Donc, dès que l'activité précédente est « manger », les probabilités qu'un individu décide de se brosser les dents augmentent légèrement. Il reste néanmoins que les deux principaux facteurs déterminants sont l'usage de la brosse à dent et l'usage de la pâte à dent, suivit en troisième lieu par la valeur du nœud *TeethOrDrinkingOrHands* (qui inclus de façon indirecte l'influence d'un certain nombre d'autres nœuds).

Les nœuds pour l'eau chaude et, plus particulièrement, pour l'eau froide ont un impact négligeable. Bien que cela puisse surprendre, à prime abord, cela s'explique assez facilement. En effet, comme l'utilisation de l'eau va de paire avec toutes les activités courantes qui sont considérées de façon explicites dans le réseau, il est normal que le seul fait d'activer l'eau ne soit pas un facteur décisif important. De plus, comme nous l'avons mentionné au début de

cette section, l'influence de certains nœuds comme celui de l'eau froide se fait sentir à travers celle de *TeethOrDrinkingOrHand*.

Lorsque nous avons effectué nos tests de reconnaissance à partir des fichiers de cas générés en fonctions des réponses de la seconde moitié des individus qui ont remplis les questionnaires, le taux reconnaissance était de 100% (error rate 0%).

Conclusions du réseau en fonctions des cas de tests		
Vrai	Faux	Bonne Réponse
60	0	Vrai
0	65	Faux

Tableau 7- Déduction du réseau pour l'activité "Se brosser les dents" lors des tests automatisés

Comme le montre le tableau ci-dessus, le réseau a deviné correctement que l'activité courante était (ou n'était pas) se brosser les dents dans tous les cas de tests.

Les résultats des certains tests supplémentaires qui ont été effectués sur le réseau « Med #1 » pour la zone du lavabo se trouvent à l'annexe D.

4.3.1.2 Se laver les mains

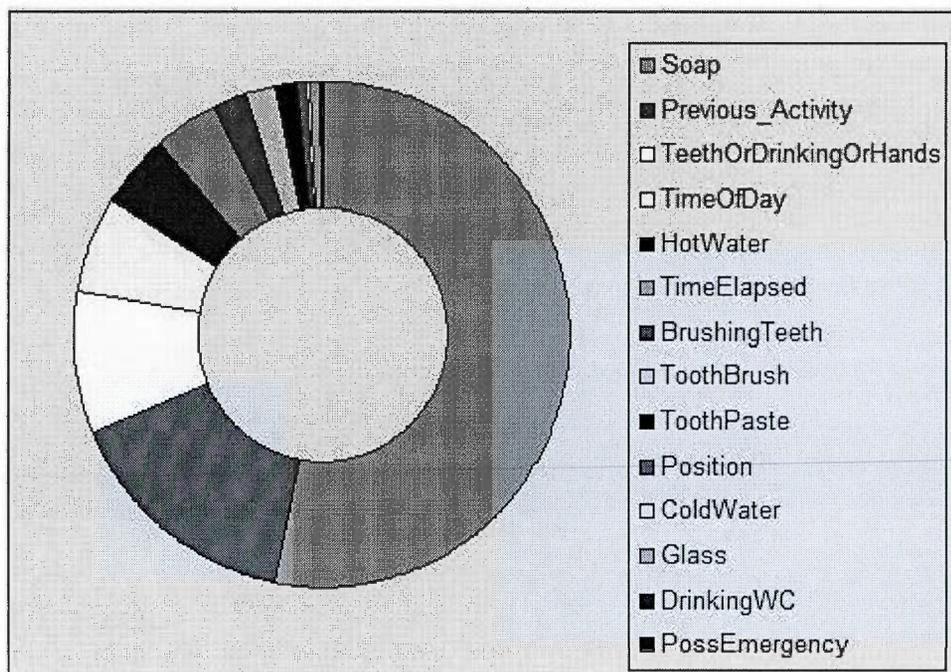


Figure 29 - Influence des autres nœuds sur « WashingHands »

Le nœud ayant la plus grande incidence sur l'attribution des probabilités concernant l'activité « *se laver les mains* » est *Soap* (utilisation du savon). Tout comme dans le cas précédent, cela n'est pas surprenant puisque le savon est le seul élément qui n'est utilisé que dans le cadre de cette activité (si nous avions considéré dans notre réseau une autre activité du genre « se laver le visage » les choses auraient peut-être été différentes). Le deuxième nœud ayant un impact important est celui de l'activité précédente. Cela pourrait potentiellement être problématique, dans la mesure où l'état de ce nœud sera éventuellement déterminé par les autres sous réseaux de reconnaissance d'activités (il ne s'agira donc pas d'une certitude, contrairement à l'activation ou à la non activation de capteurs). Quoiqu'il en soit, si les différents réseaux sont bien conçus et bien calibrés au moment de la création de leurs CTPs, cela ne devrait pas être trop inquiétant d'autant plus que l'une des deux activités précédentes ayant le plus d'impacte est « aller aux toilettes » et que cette activité est assez facilement reconnaissable.

Tout comme dans le cas de la détection du brossage de dent, le nœud *TeethOrDrinkingOrHands* a aussi une influence, pour des raisons similaires, sur l'attribution des probabilités de *WashingHands*.

Lorsque nous avons effectué nos tests de reconnaissance à partir des fichiers de cas générés en fonctions des réponses de la seconde moitié des individus qui ont rempli les questionnaires, le taux reconnaissance était de 98,4% (error rate 1,6%).

Conclusions du réseau en fonctions des cas de tests		
Vrai	Faux	Bonne Réponse
69	1	Vrai
1	54	Faux

Tableau 8 - Dédution du réseau pour l'activité "Se laver les mains" lors des tests automatisés

Comme l'indique le tableau ci-dessus, le réseau c'est trompé à deux reprises en déduisant une fois que l'activité en cours était bel et bien se laver les mains alors que cela était faux, et une fois en déduisant que l'activité en cours n'était pas se laver les mains alors que cela était vrai.

4.3.1.3 Résultats des autres nœuds

Dans cette sous-section, nous allons brièvement regarder les résultats associés aux trois nœuds suivants :

- *DrinkingWC* qui sert à reconnaître l'activité qui consiste à boire de l'eau.
- *PossEmergency* qui indique qu'une situation anormale potentiellement alarmante est peut-être présente.
- *TeethOrDrinkingOrHands* qui est un nœud intermédiaire servant à simplifier les relations et les tables de probabilités des nœuds qui correspondent, dans la plupart des cas, aux éléments pouvant être utilisés par l'une ou l'autre des trois activités suivantes : *se brosser les dents, boire, ou se laver les mains*.

Boire de l'eau

Comme nous l'avons mentionné au chapitre 3, cette activité nous a servi, d'une part, de substitut pour l'activité *prise de médicaments* et, d'autre part, à introduire une activité pouvant potentiellement être confondue avec nos deux autres activités principales i.e. *se brosser les dents* et *se laver les mains*. Dans des travaux ultérieurs, nous espérons avoir accès à un environnement muni de capteurs permettant de détecter l'ouverture de l'armoire à médicaments et, possiblement, de savoir, grâce à l'utilisation de tags spéciaux, si l'occupant sort certains contenants de l'armoire.

Conclusions du réseau en fonctions des cas de tests		
Vrai	Faux	Bonne Réponse
1	0	Vrai
0	124	Faux

Tableau 9 - Déduction du réseau pour l'activité "Boire de l'eau" lors des tests automatisés

Puisque très peu de sujets parmi ceux qui ont rempli nos questionnaires ont effectué cette activité, les fichiers de cas construits à partir des formulaires n'ont pas pu nous permettre de tester de façon exhaustive, lors de nos tests automatisés, le nœud chargé de détecter l'activité consistant à boire de l'eau dans la zone du lavabo/miroir de la salle de bain. Par contre, lors de simulation « sur le terrain » (en utilisant un ordinateur portable sur lequel les réseaux étaient implantés et en activant les nœuds correspondant aux objets utilisés dans la salle de bain au fur et à mesure que nous effectuions une activité) le réseau a été en mesure de faire la distinction entre cette activité et le fait de se brosser les dents ou de se laver les mains dans tous les cas de tests « live ». Cela nous laisse donc présager que, si nous ajoutons des nœuds supplémentaires pour la prise de médicaments et que nous incluons les arcs (relations) adéquats, nous aurons de bonnes chances d'arriver à détecter cette nouvelle activité. En effet, comme celle-ci implique l'utilisation d'éléments spécifiques qui la distinguent encore plus des activités *se brosser les dents* et *se laver les mains* que ne l'est l'activité *boire de l'eau*, il est raisonnable de penser que nous aurons un bon taux de succès.

Détection de situations potentiellement inquiétantes, nœud *PossEmergency*

Conclusions du réseau en fonctions des cas de tests		
Vrai	Faux	Bonne Réponse
2	0	Vrai
0	125	Faux

Tableau 10 – Détection de situations potentiellement alarmantes (nœud *PossEmergency*) lors des tests automatisés

Dans le but de tester des cas d'urgence, nous avons ajouté 2 cas spéciaux dans le fichier qui nous a servi à tester de façon automatique les réseaux de la zone du lavabo. Nous avons également fait des simulations lors des nos tests dans un environnement réel avec ordinateur portable dans la salle de bain. Dans tous les cas, le réseau s'est bien comporté. Bien entendu, comme le seul facteur considéré présentement afin de déterminer si une situation potentiellement inquiétante semble se produire est si le patient est couché pendant plus de quelques minutes, les résultats pour ce nœud sont loin d'être « scientifiques » et des tests supplémentaires plus exhaustifs devront être faits lors de travaux ultérieurs au cours desquels des nœuds pour la pression artérielle, la température et le rythme cardiaque devront être ajoutés.

Nœud intermédiaire *TeethOrDrinkingOrHands*

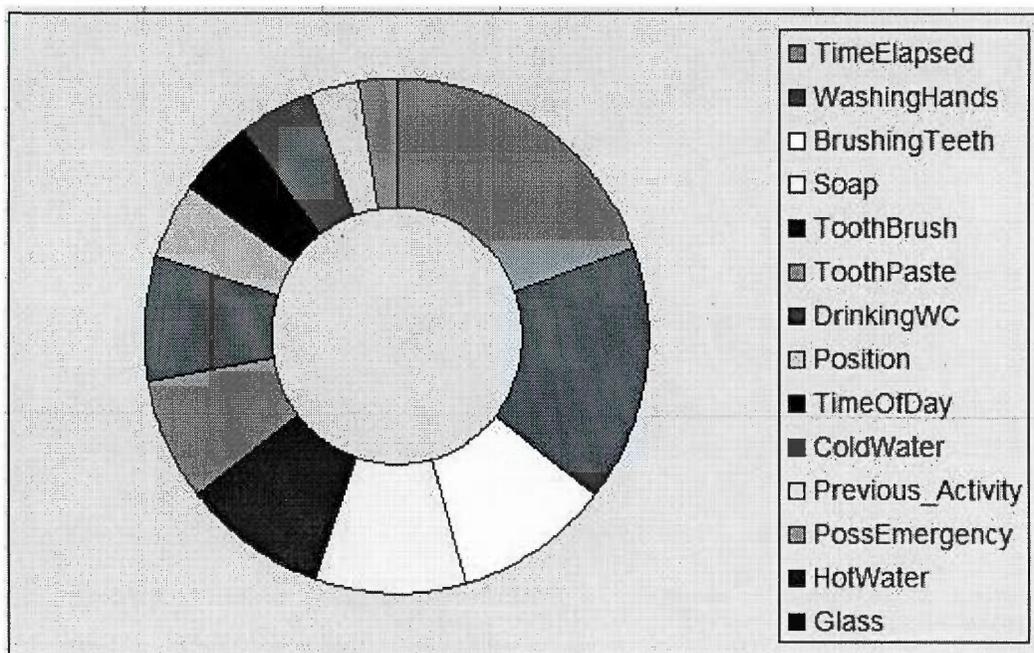


Figure 30 - Influence des autres nœuds sur « *TeethOrDrinkingOrHands* »

Contrairement aux nœuds d'activité servant à détecter le lavage de mains et le brossage de dents dont l'état était majoritairement influencé par deux nœuds, l'état de *TeethOrDrinkingOrHands* est influencé de façon plus ou moins égale par un ensemble de nœuds. Étant donnée la nature de *TeethOrDrinkingOrHands*, cela n'est pas surprenant. En effet, comme un de ses rôles est de simplifier le réseau en agissant en tant qu'intermédiaire entre certaines activités et les éléments qu'elles ont en commun, il est tout à fait normal qu'il soit affecté de façon plus importante par l'état des autres nœuds.

Lors des tests automatisés, nous avons obtenu un taux d'erreur de 0.8%. Le Tableau 11 montre que dans un cas de test, l'état le plus probable de ce nœud a été considéré comme étant vrai alors qu'il aurait dû être faux.

Conclusions du réseau en fonctions des cas de tests		
Vrai	Faux	Bonne Réponse
111	0	Vrai
1	13	Faux

Tableau 11 - Déduction du réseau pour le nœud "TeethOrDrinkingOrHands" lors des tests automatisés

4.3.1.4 Apparition de positifs par « anticipation »

Les tests précédents ont été fait à partir de fichiers de cas créés à partir des réponses que nos volontaires ont fournies dans nos questionnaires (*voir section 4.1.1*). Cela signifie que nous avons testé nos réseaux avec des cas complets SANS erreur car, à titre d'exemple, aucun de nos répondants n'a essayé de se laver les mains en utilisant du savon SANS eau après avoir été aux toilettes. Comme nous l'avons vu, dans des situations « normales », les différents réseaux de type « Med #1 » se sont très bien comportés. Par contre, comme nos réseaux devront être utilisés dans le cadre d'habitats intelligents pour personnes en **perte d'autonomie cognitive**, certains tests supplémentaires s'imposaient. C'est ainsi que nous avons décidé de faire quelques tests de scénarios « incomplets » ou « erronés » comme le fait de prendre le savon sans activer l'eau dans la zone du lavabo après avoir été aux toilettes le matin. Dans un tel cas, le réseau chargé de la zone Lavabo/Miroir indiquait tout de même que l'activité la plus probablement en cours était « se laver les mains » comme le montre la Figure 31.

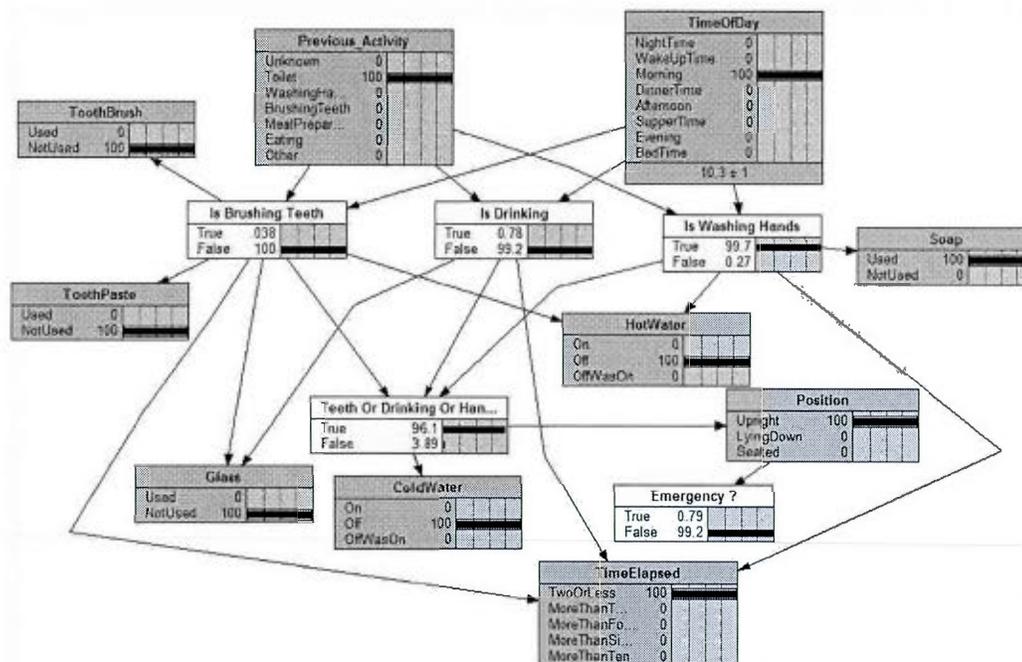


Figure 31 - Positif "par anticipation", réseau "Med #1", Lavabo/Miroir

Pourquoi de tels cas de positifs par « anticipation » se produisent-ils parfois? Tout d'abord, nous n'avons pas inclus de scénarios incomplets dans les fichiers de cas qui ont servi à initialiser nos CPTs (puisque ces cas sont extraits de questionnaires remplis par des répondants ayant effectués différentes activités « correctement »). Ensuite, comme nous l'avons vu à la section 4.3.1.2, les nœuds ayant un plus grand impact sur la prise de décision concernant l'activité « se laver les mains » est *Soap* suivi de *Previous_Activity*. Donc, pour le réseau, à partir du moment où l'activité précédente est « aller aux toilettes » et que le nœud « savon » est à l'état *Used*, le réseau conclut que l'activité la plus probablement en cours est « se laver les mains ». Le réseau ne fait donc pas la différence entre l'activité la plus probablement en cours et l'activité que le sujet risque probablement de faire par la suite. En d'autres termes, le fait qu'un individu prenne le savon après avoir été aux toilettes nous indique qu'il a probablement *l'intention* de se laver les mains MAIS cela **ne peut pas** nous indiquer qu'il se lave probablement les mains tant et aussi qu'il n'a pas activé un robinet (eau chaude et/ou eau froide) car il est **IMPOSSIBLE** de se laver les mains en utilisant du savon SANS eau.

Le réseau, tel qu'il est conçu et tel qu'il a été initialisé semble donc plus adapté pour faire de la reconnaissance d'activités dans un contexte d'aide à la tâche, puisqu'en cas de situations « erronées » ou « incomplètes » i. e. lorsque nous ne prenons / n'activons pas tous les objets nécessaires à l'accomplissement de notre tâche, il semble être « conscient » de **ce que nous voulons faire** (ex : nous laver les mains après avoir été aux toilettes) même si nous ne le faisons pas correctement. Dans de tels cas, il peut nous indiquer quels sont les éléments que nous devrions utiliser par la suite. La Figure 32, montre l'état du réseau lorsque l'occupant prends du savon après avoir été aux toilettes le matin (noeuds gris). Le réseau déduit que l'intention de l'occupant est probablement de se laver les mains (99.2% de chances d'être vrai) et indique que les éléments qui devraient probablement être utilisés sont l'eau chaude (81.7% de chances d'être à *On*) et l'eau froide (84.2% d'être à *On*). Dans tous les cas de positifs par « anticipation » que nous avons détectés, le réseau indiquait correctement quels éléments devraient être utilisés afin de faire l'activité correctement.

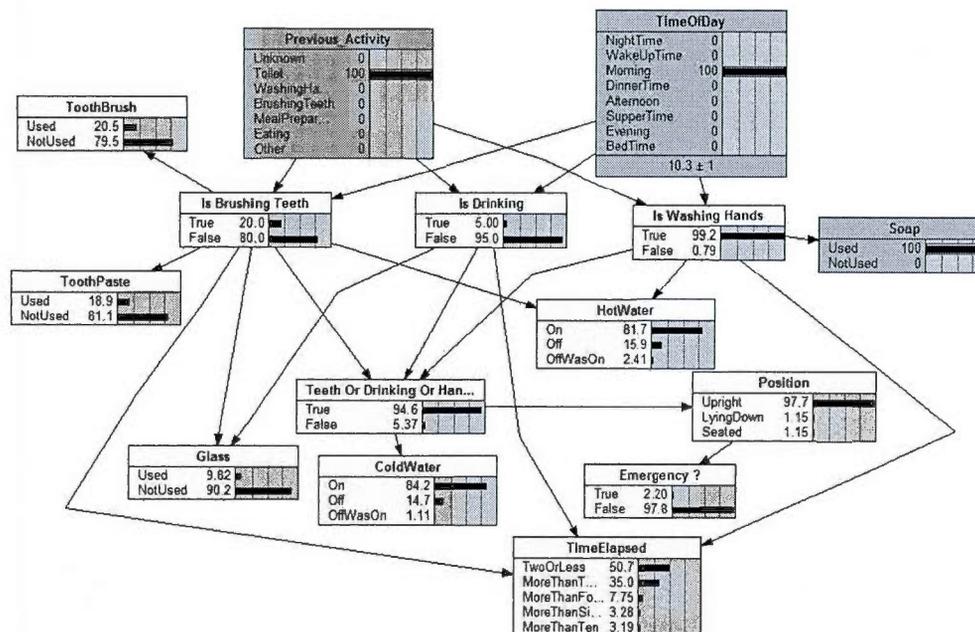


Figure 32 - Prochaine action : utiliser de l'eau

Cela étant dit, nous devons éventuellement inclure des descriptions de cas spéciaux dans les fichiers servant à initialiser les différentes tables de probabilités conditionnelles des réseaux pour indiquer de façon explicite que certaines conclusions (comme se laver les mains sans eau) sont impossibles. Des nœuds intermédiaires ainsi que des arcs supplémentaires pourront également être ajoutés afin de décrire certaines relations (restrictions) liées à l'utilisation d'un certain nombre d'éléments dans le but de réaliser une activité donnée. Finalement, nous devons également ajouter des nœuds pour l'activité que le sujet semble vouloir accomplir (par opposition à celle qui semble se dérouler) pour que le réseau fasse la différence de façon explicite entre l'activité la plus probablement en cours et l'activité que l'occupant veut probablement faire.

4.3.2 Résultats : Lavabo/miroir « Med #2 »

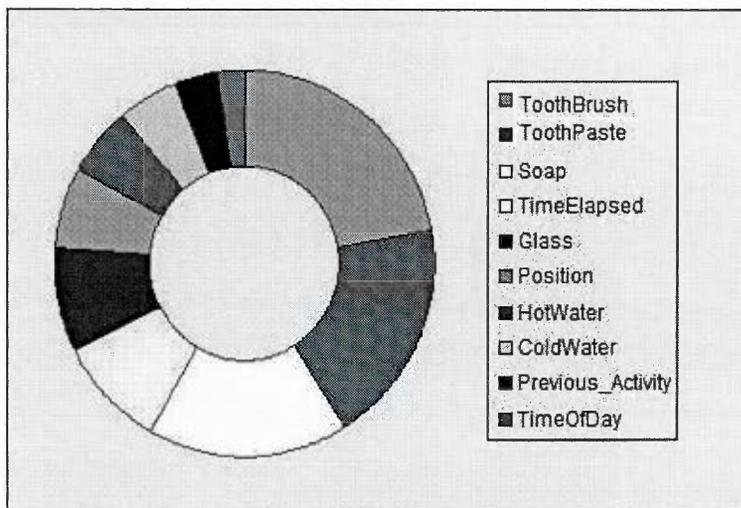


Figure 33 - Influence des autres nœuds sur « CurrentActivity »

Comme le nœud *CurrentActivity* de « Med #2 » correspond, en quelque sorte, à la fusion de tous les nœuds d'activités du réseau « Med #1 », il est tout à fait normal que les trois nœuds ayant une influence majeure sur le calcul des probabilités de ce dernier soient *ToothBrush*,

ToothPaste et *Soap*. Le nœud *Glass* a également une influence notable alors que ce n'était pas toujours le cas du réseau précédent car cela variait en fonction de chaque nœud d'activité.

En regardant la Figure 33, nous pouvons voir que l'activité précédente a un impact beaucoup plus faible que dans le cas du réseau « Med #1 ». Cela pourrait s'avérer intéressant si l'on considère la problématique de l'activité précédente telle que décrite à la page 69.

Lors des tests effectués avec les fichiers de cas « normaux » construit à partir des données extraites des formulaires, le taux d'erreur dans la reconnaissance de l'activité était de 2.4%.

Le Tableau 12 montre un résumé d'une partie des résultats des tests.

Conclusions du réseau en fonctions des cas de tests						Bonne Réponse
BrushingTeeth	TeethAndHands	DrinkingWC	WashingHands	Emergency	Other	
40	0	0	0	0	0	Brushing Teeth
0	19	0	0	0	0	TeethAnd Hands
0	0	1	0	0	0	Drinking WC
0	1	0	49	0	0	Washing Hands
0	0	0	0	2	0	Emergency
0	0	0	2	0	13	Other

Tableau 12 - Dédutions du réseau pour l'activité en cours (nœud CurrentActivity)

4.3.2.1 Apparition de positifs par « anticipation »

Tout comme dans le cas du réseau « Med #1 », nous avons observé ce que nous appelons des positifs par « anticipation » lors de tests supplémentaires effectués avec des scénarios servant à simuler l'utilisation incomplète ou erronée de différentes combinaisons d'éléments.

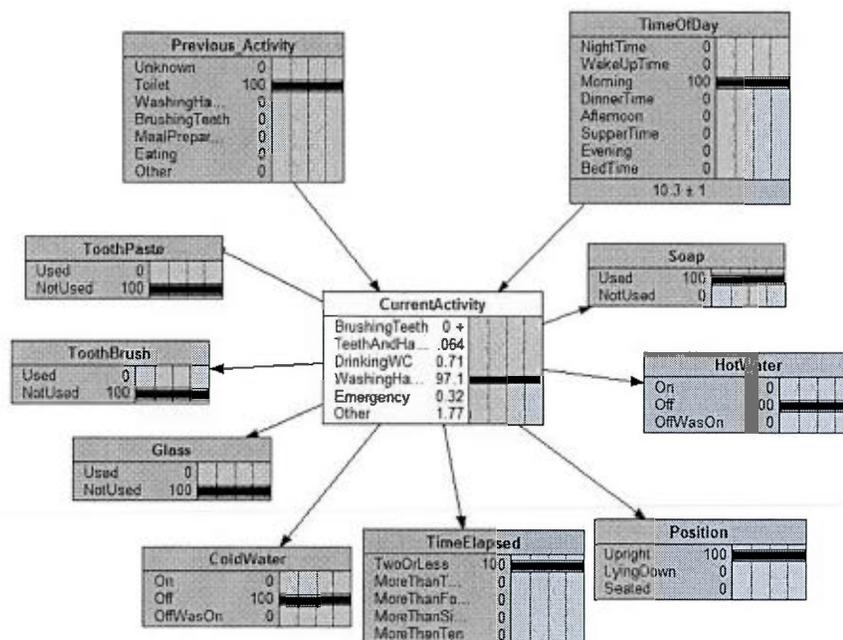


Figure 34 - Positif "par anticipation", réseau "Med #2", "Se laver les mains"

La Figure 34 illustre ce qui se produit lorsque l'occupant prend du savon, sans jamais activer les robinets d'eau chaude et d'eau froide, après avoir été aux toilettes. Le réseau « Med #2 » arrive à la même conclusion que le réseau « Med #1 » i.e. qu'il conclut que l'occupant s'est probablement lavé les mains. Si nous voulons que le réseau « Med #2 » puisse faire la différence de façon explicite entre l'activité qui s'est probablement déroulée et celle que le sujet avait probablement l'intention de faire lors de scénarios incomplets ou erronés, nous devons donc lui apporter des modifications similaires à celles mentionnées à la section 4.3.1.4.

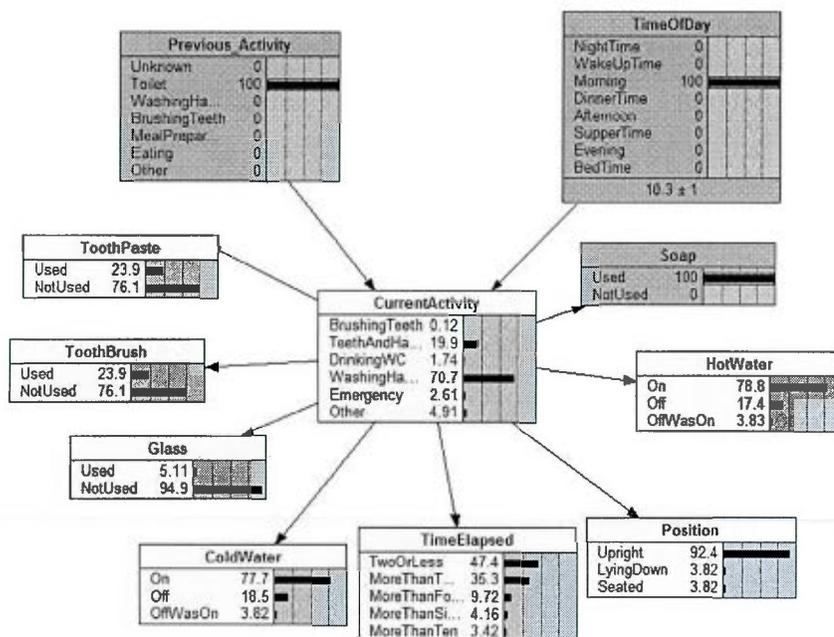


Figure 35 – « Med #2 », Prochaine action pour se laver les mains : utiliser de l'eau

La figure ci-dessus nous montre que, dans un contexte d'aide à la tâche, le réseau « Med #2 » pourrait s'avérer efficace car, tout comme le réseau « Med #1 », il arrive à déduire correctement l'activité qui devrait probablement être effectuée (se laver les mains, dans ce cas-ci) ainsi que les éléments les plus susceptibles d'être utilisés étant données les circonstances. Bien qu'instinctivement nous croyons que le réseau « Med #1 » soit le mieux adapté à l'aide à la tâche, c'est à l'usage, lors de tests plus exhaustifs, que nous pourrions vraiment déterminer quel type de réseau est plus efficace pour ce genre de chose.

4.4 Développements futurs possibles

Nous croyons sincèrement que l'utilisation de réseaux bayésiens pour effectuer de la reconnaissance d'activités est une option intéressante. Évidemment, des tests plus poussés devront être effectués à l'intérieur d'un véritable habitat intelligent. De plus, afin d'attribuer les probabilités initiales de nos réseaux, il faudra effectuer des collectes de données (telles

que décrites brièvement dans la section 3.2) dans un milieu plus contrôlé i.e. un habitat équipé de différents capteurs et fournir un PDA à nos « cobayes » plutôt que de leur donner des questionnaires.

Une foule de projets de développements peuvent être envisagés dans le cadre de travaux plus poussés (au niveau doctoral, par exemple).

Dans le but d'être plus complets, les différents réseaux de la salle de bain devront éventuellement avoir un plus grand nombre de nœuds afin de pouvoir détecter un plus grand nombre d'activités (comme la prise de médicament, le rasage, faire le ménage, etc.) et de dresser un profil historique plus complet de l'occupant. La question des positifs par « anticipation » abordée à la section 4.3.1.4 et à la section 4.3.2.1 devra également être gérée. Les réseaux devront aussi être plus robustes en ce qui concerne la détection de cas d'urgence possibles et tenir compte de plusieurs facteurs supplémentaires pouvant influencer leur décision comme la fréquence cardiaque, la température et/ou la pression artérielle de l'occupant. Dans tous les cas, ceci implique la présence de nœuds correspondant à certains paramètres physiologiques de l'occupant ainsi qu'à des capteurs additionnels permettant de détecter l'ouverture de l'armoire à médicaments ou encore l'utilisation d'une distributrice de médicaments comme celle développée par [31], etc., etc.

Les réseaux pour la cuisine et la chambre à coucher devront également être construits et testés séparément. Tout comme dans le cas des réseaux de la salle de bain, il faudra tout d'abord se concentrer sur un nombre limité d'activités avant d'aller plus loin par la suite. Il faudra aussi ensuite ajouter le réseau global mentionné à la section 3.2.

Les formats des différents rapports pouvant être générés à partir des fichiers de cas et des statistiques associés à un individu ainsi que les mécanismes (interfaces) permettant d'extraire les données sont autant d'éléments qui devront être considérés afin de compléter le système de reconnaissance d'activités.

L'utilisation de diagrammes d'influence (réseaux bayésiens spécialisés dans lesquels on ajoute des variables pour aider à la prise de décision -> par exemple, nous pouvons ajouter la notion de **coût**) pourra éventuellement être envisagée. Cela pourrait peut-être s'avérer utile pour faire de l'aide à la tâche ou pour aider à la prise de décision lors de situations qui semblent être anormales.

Nous avons mentionné à plusieurs reprises tout au long de ce document que certains facteurs, comme la prise de médicaments et les pathologies connues dont souffre l'occupant, pouvaient avoir une incidence sur ses habitudes de vie. Cela signifie donc que des mécanismes de dialogue entre les différents réseaux et les ontologies *Habitat*, *Patient*, *Comportement*, etc. devront être développés afin de permettre, entre autres, l'interaction avec l'ontologie *Patient*, pour l'ajustement de certaines probabilités pouvant être influencées par les informations se trouvant dans le dossier médical du patient, et la mise à jour de l'ontologie du comportement suite aux observations faites par le système de reconnaissance d'activités. L'ajout de nœuds pour un certain nombre de pathologies pourrait donc s'avérer pertinent. Cela permettrait non seulement d'inclure et de considérer de façon explicite certaines maladies, ou la prise de certains médicaments, comme étant des facteurs de risques importants ayant une influence notable sur les habitudes de vie d'un individu, mais aussi de calculer les probabilités liées à l'apparition ou à l'évolution de certaines maladies en fonction des habitudes de vie de l'occupant. Évidemment, nous pourrions également envisager de construire des réseaux spécialement conçus pour détecter l'apparition de certaines pathologies en fonction du comportement de l'occupant. Ceux-ci pourraient ensuite dialoguer avec les réseaux de reconnaissance d'activités.

Présentement, nous ne faisons pas de gestion du « bruit ». Pourtant, il arrive régulièrement que des activités coupent ou interrompent momentanément d'autres activités (exemple : répondre au téléphone au beau milieu de la préparation d'un repas). Certaines activités peuvent également se faire de façon concurrente. Ces situations devront donc être gérées éventuellement dans le cadre d'un système de reconnaissance d'activités plus complexe.

La liste des possibilités est très longue car il y a énormément de choses à faire dans le domaine des habitats intelligents et de la reconnaissance d'activités. Dans cette section, nous n'avons donc fait qu'effleurer quelques-uns des développements futurs possibles.

4.5 Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons expliqué notre démarche de collecte de données et nous avons présenté un résumé des performances des réseaux « Med #1 » et « Med #2 » suite aux tests qui ont été effectués. Nous avons également mentionné certaines modifications qui pourront être apportées à ces réseaux afin qu'ils puissent gérer plus adéquatement ce que nous avons appelé les positifs par « anticipation ». De façon générale, les résultats obtenus sont plutôt encourageants et nous incitent à vouloir poursuivre nos recherches afin de construire des réseaux plus complets qui pourront détecter un plus grand nombre d'activités dans un plus grand nombre de pièces. Plusieurs développements futurs, dont ceux mentionnés à la fin de ce chapitre, sont donc envisageables.

CONCLUSION

Les progrès de la médecine, de meilleures conditions de vie ainsi qu'une baisse du taux de natalité entraînent un vieillissement de la population à l'échelle mondiale. Le désir légitime des personnes âgées de demeurer à domicile le plus longtemps possible combiné avec l'engorgement des hôpitaux et la hausse des coûts reliés aux soins de la santé font en sorte que nous devons, en tant que société, tenter de trouver des alternatives à l'institutionnalisation en milieu spécialisé des personnes âgées en perte d'autonomie.

Depuis quelques années déjà, plusieurs équipes de recherche un peu partout à travers le monde travaillent activement à répondre à ce besoin grandissant. Une des solutions envisagées est l'utilisation d'habitats intelligents en télésanté.

Ainsi, dans le premier chapitre, nous avons présenté le contexte de recherche dans le cadre duquel s'intègre notre projet. Nous avons d'abord parlé de la maladie d'Alzheimer, qui est la principale cause de démence chez les personnes âgées. Par la suite, nous avons parlé de l'état de l'art dans le domaine des habitats intelligents et nous avons abordé la problématique de la reconnaissance des activités ainsi que de l'apprentissage des habitudes de vie.

Au cours du deuxième chapitre, nous avons parlé des réseaux bayésiens. Nous avons illustré leur fonctionnement à l'aide d'exemples intuitifs et avons expliqué pourquoi nous croyons pertinent d'utiliser de tels réseaux afin de faire de la reconnaissance d'activités.

Le troisième chapitre nous a servi à dresser le portrait général d'un système de reconnaissance d'activités tel que nous l'envisageons et à présenter les deux types de réseaux qui ont été retenus dans le cadre de ce travail pour faire de la reconnaissance d'activités dans la salle de bain.

Le quatrième et dernier chapitre, quant à lui, est consacré à l'aspect pratique de notre travail i.e. aux tests des différents réseaux envisagés. Nous y avons donc décrit, dans un premier

temps, nos démarches de collecte de données et de tests, et, dans un second temps, présenté un résumé des résultats. Finalement, nous avons parlé des développements futurs possibles.

Dans l'ensemble, nous considérons que les résultats que nous avons obtenus sont encourageants et nous pensons que l'utilisation des réseaux bayésiens est une option viable pour la reconnaissance d'activités dans le contexte des habitats intelligents pour personnes en perte d'autonomie cognitive. Évidemment, d'autres travaux plus poussés devront être effectués dans un véritable habitat équipé de capteurs et il n'est pas exclu d'explorer la possibilité d'utiliser d'autres méthodes en conjonction avec les réseaux bayésiens afin d'arriver à faire de la reconnaissance d'activités de façon plus efficace.

ANNEXE A

**Apparition de nouvelles pathologies ayant un impact
sur les habitudes de vie**

Cette annexe présente quelques situations inquiétantes d'une personne âgée à domicile qui pourraient être détectées par un système de reconnaissance d'activités et d'apprentissage des habitudes de vie. En effet, comme chacune des trois pathologies décrites plus bas ont un impact direct sur les habitudes de vie de la personne concernée, le système pourrait, en comparant le nouveau comportement de la personne avec son comportement habituel, arriver à la conclusion qu'il s'agit d'une « déviation anormale » des habitudes de l'occupant. Il pourrait par la suite contacter la ou les personnes ressources appropriées afin de leur faire part de ce changement.

La description de l'évolution du comportement du malade est tirée de [16]. Il s'agit de scénarios très spécifiques qui se dessinent graduellement à moyen terme : l'infection urinaire, la dépression et l'insuffisance cardiaque. Ces scénarios décrivent l'impact que l'évolution de chacune de ces pathologies a sur les habitudes de vie quotidienne de la personne qui en est affligée.

A1. Infection urinaire

« Une infection urinaire ne s'installe pas progressivement mais apparaît au contraire d'un coup. Une personne concernée par cette infection va beaucoup plus souvent aux toilettes : 10 et 12 fois par jour, avec jusqu'à 2 levers nocturnes. L'apparition possible d'une incontinence implique parfois des passages supplémentaires dans la chambre et la salle de bain après les passages aux toilettes. La personne est gênée et bouge beaucoup sur place, se lève parfois brutalement et marche plus vite. Des interruptions sont possibles même en pleine activité pour se rendre aux toilettes.

(...) une personne souffrant d'une infection urinaire a tendance à boire moins. (...) Dans le cas d'une pyélonéphrite – infection urinaire profonde – la personne âgée est "abattue", avec la fièvre. Elle passe alors ses journées allongée ou semi-allongée, le plus souvent sur son lit. »[16]

A2. Dépression

« La dépression chez les personnes âgées survient suite à un facteur déclenchant, tel qu'une petite fille qui s'éloigne, et s'installe en moins d'une semaine (5-6 jours). L'angoisse peut cependant être déjà présente avant, se traduisant par des problèmes de sommeil. Globalement, l'activité diminue, la personne concernée sort moins, se désinvestit. Elle devient apathique – ne réagit pas, paraît sans volonté, sans énergie. Elle fait moins la cuisine, les plats sont moins élaborés. Elle mange même parfois sans se mettre à table.

La personne est également souvent couchée. Par exemple une sieste habituellement d'1/2 heure à 1 heure dure parfois jusqu'à 4 heures. Par contre la personne se couche tard (vers minuit) et se lève tôt (vers 5h00) : l'angoisse les empêche de dormir. Le sommeil est plus agité, avec des mouvements plus réguliers que ceux d'un rythme de sommeil habituel. Malgré le manque de sommeil, la personne peut par contre rester plus longtemps dans sa chambre, voire même au lit (par exemple, jusque vers midi).

La dépression peut également être associée à une constipation. La personne ne va pas plus souvent aux toilettes mais par contre y passe plus de temps, jusqu'à 30 minutes. »[16]

A3. Insuffisance cardiaque

« L'insuffisance cardiaque s'installe progressivement, sur 1 mois environ, et les premiers signes notables apparaissent 15 jours plus avant. Elle peut exceptionnellement s'installer brutalement s'il y a en plus une infection. Globalement, une personne concernée bouge moins, mange moins, se déplace moins vite, et chute même éventuellement plus souvent. La position allongée n'est plus supportée, le sommeil est par conséquent mauvais, et la personne passe moins de temps au lit pour plus de temps dans un fauteuil au séjour. Quand elle est dans son lit, elle choisit alors une position semi assise mais bouge beaucoup.

(...) *La personne affectée prend également du poids à cause de l'apparition d'œdèmes – "Accumulation anormale de liquide séreux dans les espaces intercellulaires du tissu conjonctif". »[16]*

ANNEXE B

EXEMPLES DE DEUX DES RÉSEAUX ABANDONNÉS

Dans cette annexe, nous allons brièvement parler de deux types de réseaux qui ont été testés et abandonnés dans le cadre de notre travail de recherche. Nous avons évidemment envisagé plusieurs autres types de réseaux mais, dans un but de concision, nous allons nous limiter aux deux exemples qui suivent.

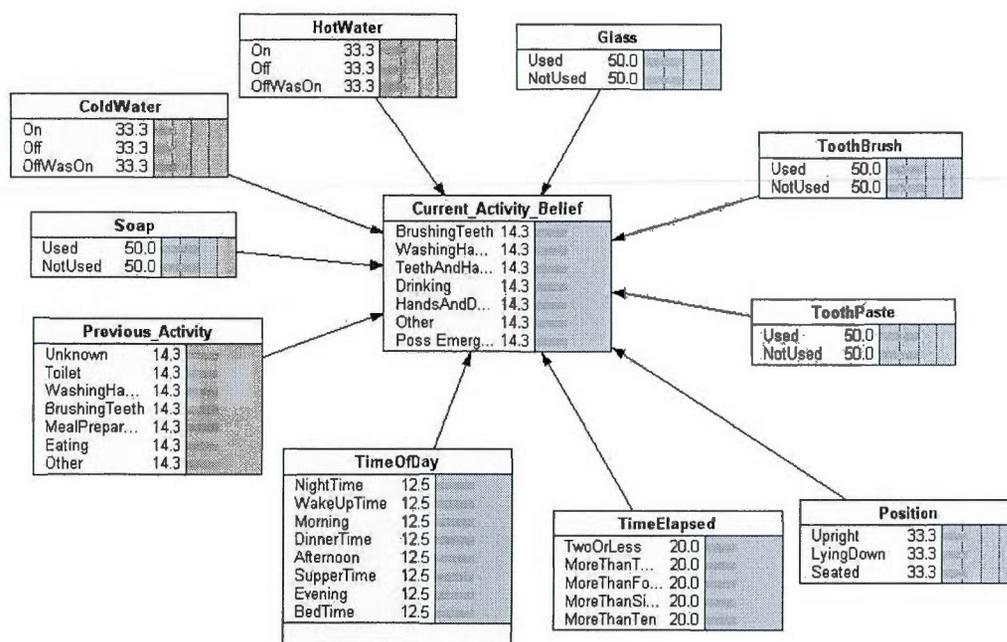


Figure 36 – Premier exemple de structure de réseau qui a été abandonnée

La figure ci-dessus représente un des réseaux qui ont été abandonnés. Ce réseau ressemble au réseau « Med #2 » sauf que le sens des flèches est inversé. Dans ce réseau, nous ne nous inspirons pas de l'approche médicale mais plutôt de celle de certains réseaux de croyance plus traditionnels. Chaque nœud est un facteur d'influence (et non de risque) qui va influencer la croyance (belief) que nous avons dans le fait que l'activité X, Y ou Z est bel et bien en cours. En regardant ce réseau, il est facile de voir que la table de probabilités associée au nœud *Current_Activity_Belief* est ÉNORME. En effet, si nous prenons en considération tous les états possibles des nœuds ayant un impacte direct sur la table des probabilités

conditionnelles de *Current_Activity_Belief*, il y a 846 720 probabilités différentes ($3*2*2*2*3*5*8*7*2*3*7 = 846\ 720$) à calculer et à mettre à jour! Si nous ajoutons des nœuds supplémentaires, le nombre de probabilité à calculer « explose », comme nous l'avons expliqué à la section 2.2.6 - *Éléments à considérer lors de l'utilisation de réseaux bayésiens*. Une telle structure est donc totalement impensable.

La Figure 37 et la Figure 38 représentent un autre réseau qui a été abandonné. Contrairement au réseau précédent, la taille de différentes tables ne posait aucun problème notable. Ce réseau est en fait une variante du réseau de type « Med #1 ». Dans cette version, que nous appellerons « Med #1b », les nœuds pour l'eau chaude et l'eau froide ont été fusionnés pour former le nœud *Water* tandis que les nœuds pour la pâte à dent et pour la brosse à dent ont été fusionnés pour produire le nœud *ToothBrushPaste*. Finalement, un noeud *SoapAndWater* ainsi que divers arcs supplémentaires servant à décrire certaines dépendances ont été ajoutés.

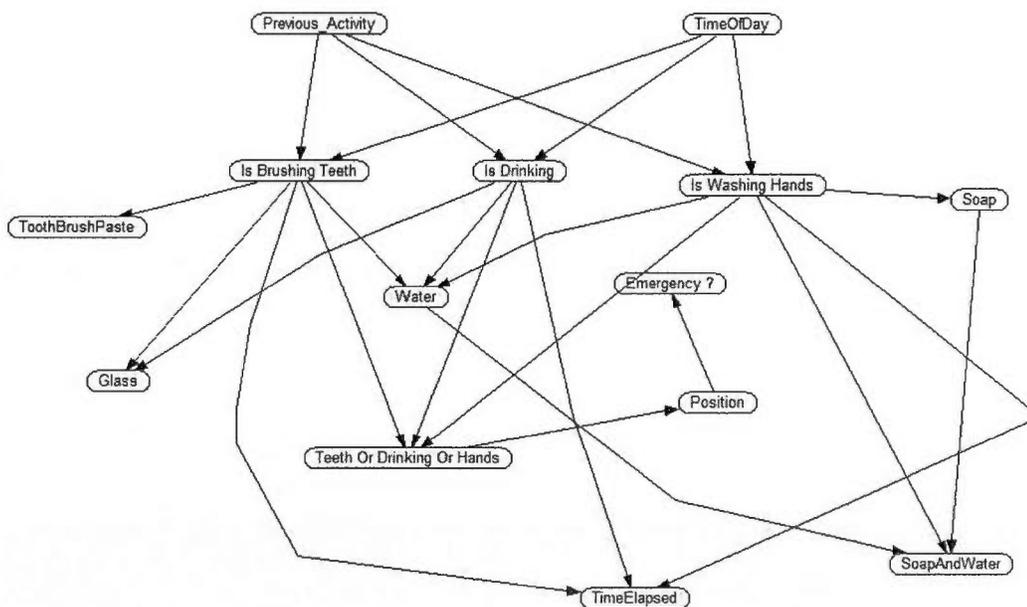


Figure 37 - Vue globale du réseau "Med #1b" Lavabo/Miroir

Après avoir initialisé les tables de ce réseau avec les mêmes cas que ceux qui ont servi à initialiser le réseau « Med #1 », nous avons effectués les mêmes tests de cas normaux et de positifs par « anticipation » (voir section 4.3.1.4) que ceux qui ont servi à tester la version « Med #1 ». Le taux d'erreur de la version « Med #1b » en ce qui a trait au cas normaux était similaire à celui de la version « Med #1 ».

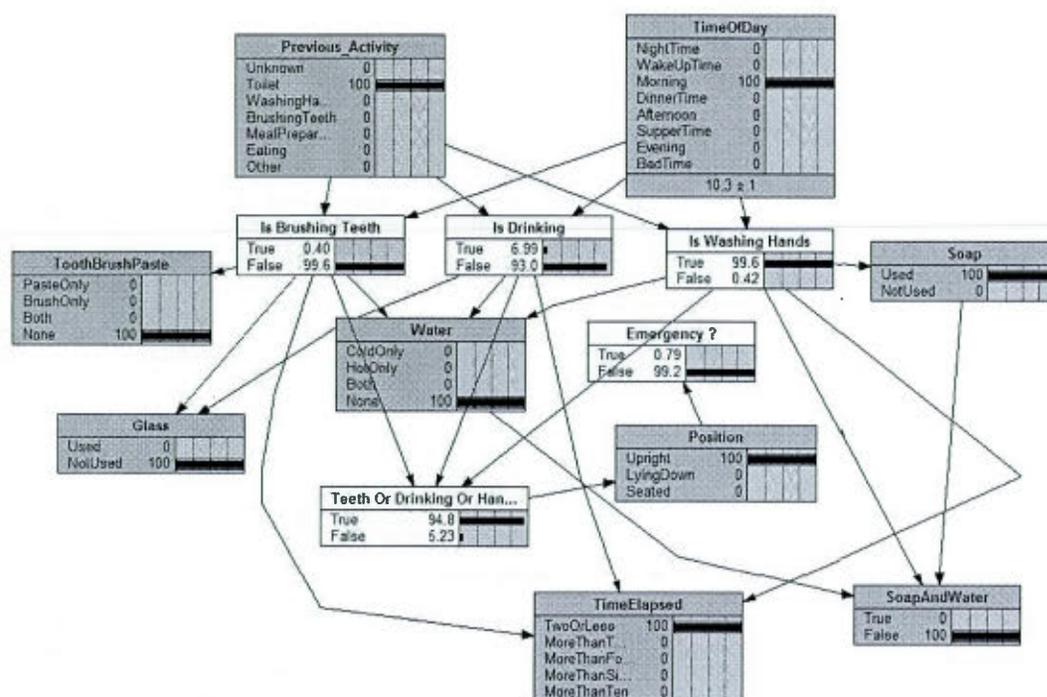


Figure 38 – Positif par "anticipation", réseau "Med #1b", Lavabo/Miroir

Par contre, en ce qui concerne notre positif par « anticipation », bien que le réseau « Med #1b » attribue également des probabilités plus élevées à l'activité « se laver les mains », comme le montre la figure ci-dessus, la probabilité de l'activité « IsDrinking » est passé de 0.78% dans la version « Med #1 » de la page 108 à 6.99% dans la version « Med #1b », ce qui est tout à fait insensé. Dans tous les cas de tests de positifs par « anticipation », le réseau « Med #1 » calculait des probabilités qui avaient du sens dans la mesure où, bien qu'elles ne pouvaient pas correspondre à l'activité la plus probablement en cours (voir section 4.3.1.4), elles indiquaient tout de même correctement l'intention probable de l'occupant quant à

l'activité qu'il semblait vouloir effectuer ainsi que les activités qui ne risquaient pas d'être effectuées en fonction du contexte. Donc, si un individu se trouvait devant le lavabo après avoir été aux toilettes et qu'il prenait uniquement du savon sans utiliser quoi que ce soit d'autre et qu'il quittait ensuite la zone de contrôle du réseau, le réseau « Med #1 » concluait que cela indiquait que le sujet avait probablement eu l'intention de se laver les mains (la probabilité de cette activité augmentait considérablement alors que les probabilités de toutes les autres activités diminuait pour être presque nulles). Dans le cas du réseau « Med #1b », nous retrouvons certains effets de bord indésirables i.e. l'augmentation inattendue de certaines probabilités liées à certaines activités ne **pouvant pas** faire partie des activités que le sujet semblait vouloir faire en fonction du contexte (comme dans le cas illustré à la Figure 38 où il y a augmentation de la probabilité de *IsDrinking* alors que ni le verre ni l'eau n'ont été utilisés). Ce comportement aberrant nous a donc poussé à mettre le réseau « Med #1b » de côté.

ANNEXE C

**STRUCTURE DES RÉSEAUX MED#1 ET MED#2, ZONE
BAIN/DOUCHE**

Dans cette annexe, nous décrivons brièvement les différents nœuds qui font partie des réseaux « Med #1 » et « Med #2 » s'occupant de la zone *bain/douche*. Les résultats partiels de certains tests qui ont été effectués sur ces deux réseaux se trouvent à l'annexe D avec ceux des tests qui ont été effectués sur les réseaux chargés de la zone *lavabo/miroir*.

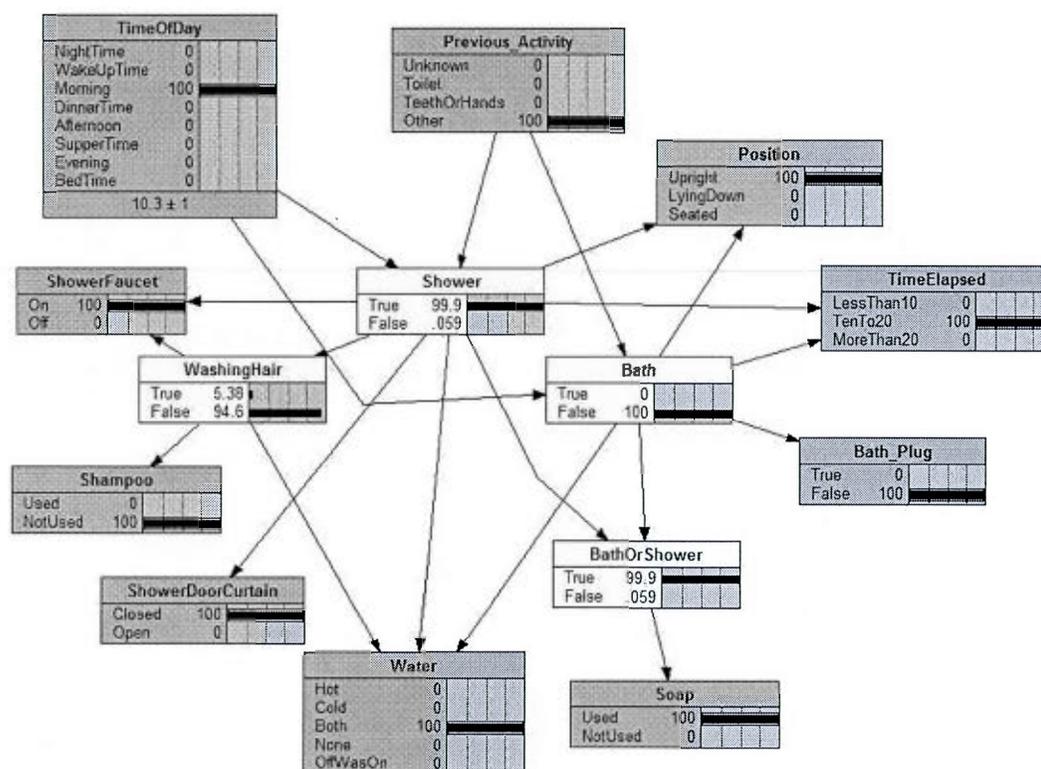


Figure 39 - Réseau "Med #1", Bain/Douche: Activité = Prendre une douche

Le réseau s'occupant de la zone « Bain/Douche » a été conçu en fonction d'une salle de bain dans laquelle le bain et la douche ne sont pas séparés. Il est à noter que nous n'avons pas inclus un nœud pour la détection des situations potentiellement inquiétantes dans le réseau « Med #1 » pour cette zone. Nous comptons cependant inclure tel un nœud dans une version future. La figure ci-dessus illustre un exemple de la détection de l'activité *prendre une douche* par le réseau « Med #1 » tandis que la Figure 40 (à la page 133) illustre le même exemple avec le réseau « Med #2 ».

Liste des nœuds des réseaux et dispositifs de collecte de données associés

Water : Ce nœud indique si l'eau (chaude et/ou froide) a été utilisée ou non (ou la probabilité qu'elle soit utilisée, selon le cas) et à cinq valeurs possibles : *Hot*, *Cold*, *Both*, *None* et *OffWasOn*. Un détecteur d'activation permet de savoir si l'occupant se sert ou non de l'eau froide et/ou de l'eau chaude. Ce type de dispositif fait habituellement partie de l'équipement standard de la plupart des habitats intelligents.

ShowerFaucet : Ce nœud indique si le levier (ou robinet) de douche a été activé (ou la probabilité qu'il soit activé, selon le cas) et il a deux valeurs possibles : *On* et *Off*. Un détecteur d'activation permet de savoir si l'occupant active ou non le robinet de douche. Ce type de dispositif fait habituellement partie de l'équipement standard de la plupart des habitats intelligents.

ShowerDoorCurtain : Ce nœud indique si la porte (ou le rideau) de la douche est fermée ou non (ou la probabilité qu'il / qu'elle soit fermé(e), selon le cas) et il a deux valeurs possibles : *Closed* et *Open*. Un détecteur de fermeture de la porte (ou un tag spécial sur le rideau ou la tringle de rideau) permet de savoir si l'occupant ferme ou non la porte (le rideau) de la douche.

BathPlug : Ce nœud indique si le bouchon du bain est en place ou non (ou la probabilité qu'il le soit, selon le cas) et il a deux valeurs possibles : *True* et *False*. Il existe divers types de dispositifs sur le marché pouvant permettre de savoir si le bouchon du bain est en place ou non.

Soap : Ce nœud indique si le savon a été utilisé (ou la probabilité qu'il soit utilisé, selon le cas) et il a deux valeurs possibles : *Used* et *NotUsed*. Dans l'habitat, le savon devra se trouver dans un flacon pompe spécial dans lequel se trouve un dispositif permettant de savoir si la

pompe a été activée ou non ce qui permettra au réseau de savoir si l'occupant a utilisé du savon.

Shampoo : Ce nœud indique si le shampoing a été utilisé (ou la probabilité qu'il soit utilisé, selon le cas) et il a deux valeurs possibles : *Used* et *NotUsed*. Dans l'habitat, le shampoing devra se trouver dans un flacon pompe spécial dans lequel se trouve un dispositif permettant de savoir si la pompe a été activée ou non ce qui permettra au réseau de savoir si l'occupant a utilisé du shampoing.

TimeElapsed : Ce nœud correspond à la durée de l'activité en minutes. Sa valeur est un intervalle qui correspond au temps passé dans la zone durant lequel l'utilisateur a interagit avec les différents objets qui s'y trouvent.

TimeOfDay : Ce nœud correspond à la période de la journée. Ses valeurs possibles sont des intervalles (voir 3.2.1.1 *Nœuds se retrouvant dans tous les sous réseaux spécialisés*). Sa valeur est déterminée par l'heure de la journée (heure système / horloge interne).

Previous_Activity : Ce nœud correspond à l'activité précédente. Dans le cadre de notre travail, les informations concernant l'activité précédente sont connues et valides (elles ne proviennent d'aucun dispositif). Évidemment, comme nous l'avons mentionné plus tôt, dans un système de reconnaissance d'activités complet, les probabilités associées aux valeurs possibles de ce nœud proviendront des autres sous réseaux de reconnaissance d'activités.

Position : Ce nœud a trois états possibles : *Upright*, *LyingDown* et *Seated*. Afin de déterminer la position d'une personne, il faudra que cette dernière porte un dispositif spécial, tel que décrit dans [16].

WashingHair : Ce nœud correspond à l'activité *se laver les cheveux* et est une des activités que le réseau cherche à détecter de façon explicite. Il a deux états possibles, *True* ou *False*. Le réseau détermine la probabilité de chacun de ces états en fonction des interactions de l'occupant avec son environnement. Il est à noter que cette activité se déroule normalement

en même temps que celle qui consiste à prendre sa douche et que les tables de probabilités conditionnelles sont donc calibrées en conséquence. Ce nœud n'est présent que dans le réseau de type « Med #1 » (voir section 3.2.5.3).

Bath : Ce nœud correspond à l'activité *prendre un bain* et est une autre des activités que le réseau cherche à détecter de façon explicite. Il a deux états possibles, *True* ou *False*. Le réseau détermine la probabilité de chacun de ces états en fonction des interactions de l'occupant avec son environnement. Ce nœud n'est présent que dans le réseau de type « Med #1 » (voir section 3.2.5.3).

Shower : Ce nœud correspond à l'activité *prendre une douche* et est une autre des activités que le réseau cherche à détecter de façon explicite. Il a deux états possibles, *True* ou *False*. Le réseau détermine la probabilité de chacun de ces états en fonction des interactions de l'occupant avec son environnement. Ce nœud n'est présent que dans le réseau de type « Med #1 » (voir section 3.2.5.3).

BathOrShower : Il s'agit d'un nœud intermédiaire qui sert, entre autres choses, à illustrer la relation entre le savon et les activités *Bath* et *Shower* ainsi qu'à simplifier la table de probabilités du nœud Soap (car le savon peut être utilisé sous la douche ou lorsque l'utilisateur prend un bain). Il est à noter cependant que, bien que l'eau soit aussi utilisée à la fois par l'activité *Bath* et l'activité *Shower*, le nœud correspondant à l'eau n'est pas directement relié avec le nœud *BathOrShower*. Cela est dû au fait que nous avons également inclus l'activité *se laver les cheveux* dans le réseau et que la meilleure façon de calculer les probabilités respectives des activités *prendre une douche*, *prendre un bain* et *se laver les cheveux* en fonction de l'activation de l'eau et de l'influence de l'ensemble des nœuds considérés dans le réseau est de relier directement chacune de ces activités au nœud *Water*. *BathOrShower* a deux états possibles : *True* ou *False*. Ce nœud n'est présent que dans le réseau de type « Med #1 » (voir section 3.2.5.3).

Poss_Current_Activity : Ce nœud correspond à l'activité courante possible que nous voulons détecter (pour une description plus détaillée, voir la section 3.2.1.1). Dans le cadre de

notre travail, il a 4 états possibles *Bath*, *Shower*, *Poss_Emergency* et *Other*. Ce nœud ne se retrouve que dans le réseau de type « Med #2 » (voir section 3.2.5.3).

Évidemment, tout comme dans le cas du réseau chargé de la zone lavabo/miroir, un détecteur de présence dans la zone *bain/douche* devra être en place afin que celui-ci soit « à l'écoute » dès que l'occupant entre dans son champ d'action.

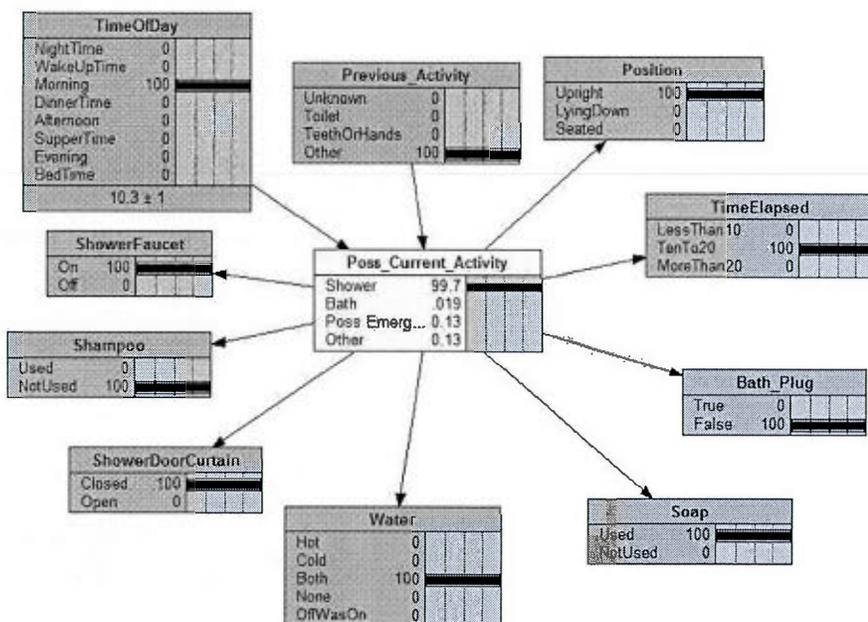


Figure 40 - Réseau "Med #2", Bain/Douche: Activité = Prendre une douche

ANNEXE D

RÉSULTATS BRUTS PARTIELS DES TESTS

Résultats des tests, sous réseaux « Med #1 »

Lavabo/Miroir

Nœud pour l'activité « Boire de l'eau »

For DrinkingWC: Is Drinking

Confusion:

```

...Predicted..
  True  False  Actual
-----  -----  -----
          1     0    True
          0    124   False

```

Error rate = 0%

Scoring Rule Results:

```

Logarithmic loss = 0.05318
Quadratic loss   = 0.01145
Spherical payoff = 0.9957

```

Calibration:

```

True      0-1:    0 | 1-5:    0 | 5-10:    0 | 10-100:  6.25 |
False     0-95:  97.9 | 95-98:   100 | 98-99.5: 100 | 99.5-100: 100 |
Total     0-1:    0 | 1-5:    0 | 5-10:    0 | 10-90:   50 | 90-
95:      100 | 95-98:   100 | 98-99.5: 100 | 99.5-100: 100 |

```

Times Surprised (percentage):

```

.....Predicted Probability.....
State  < 1%      < 10%      > 90%      > 99%
-----  -----  -----  -----  -----
True    0.00 (0/33)  0.00 (0/109)  0.00 (0/1)  0.00 (0/0)
False   0.00 (0/0)  0.00 (0/1)   0.00 (0/109)  0.00 (0/33)
Total   0.00 (0/33)  0.00 (0/110)  0.00 (0/110)  0.00 (0/33)

```

Quality of Test:

Cutoff	Sensitivity	Specificity	Predictive	Predict-Neg
0	100.00	0.00	0.80	100.00
100	0.00	100.00	100.00	99.20

Nœud pour l'activité « Se brosser les dents »

For BrushingTeeth: Is Brushing Teeth

Confusion:

...Predicted..		Actual
True	False	
60	0	True
0	65	False

Error rate = 0%

Scoring Rule Results:

Logarithmic loss = 0.001603
 Quadratic loss = 2.79e-005
 Spherical payoff = 1

Calibration:

True	0-0.05: 0	0.05-0.2: 0	0.2-99.9: 30.8	99.9-100: 100	
False	0-0.005: 0	0.005-0.05:0	0.05-99.9:66.7	99.9-100: 100	
Total	0-0.005: 0	0.005-0.05:0	0.05-0.2: 0	0.2-10: 0	10-
	99.9: 100	99.9-100: 100			

Times Surprised (percentage):

StatePredicted Probability.....			
	< 1%	< 10%	> 90%	> 99%
True	0.00 (0/62)	0.00 (0/65)	0.00 (0/60)	0.00 (0/59)
False	0.00 (0/59)	0.00 (0/60)	0.00 (0/65)	0.00 (0/62)
Total	0.00 (0/121)	0.00 (0/125)	0.00 (0/125)	0.00 (0/121)

Quality of Test:

Cutoff	Sensitivity	Specificity	Predictive	Predict-Neg
0	100.00	0.00	48.00	100.00
99.9	86.67	100.00	100.00	89.04
100	0.00	100.00	100.00	52.00

Sensitivity of 'BrushingTeeth' due to a finding at another node:

Node	Mutual	Quadratic
----	Info	Score
BrushingTeeth	0.99986	0.2499526
ToothBrush	0.84122	0.2270894
ToothPaste	0.68373	0.1924266
TeethOrDrinkingOrHan	0.05398	0.0180191
Previous_Activity	0.05131	0.0175271
Glass	0.04090	0.0138464
HotWater	0.04045	0.0138112
TimeElapsed	0.03108	0.0106644
WashingHands	0.01965	0.0067798
Soap	0.01192	0.0041199
TimeOfDay	0.00913	0.0031447
Position	0.00241	0.0008235
ColdWater	0.00132	0.0004520
PossEmergency	0.00112	0.0003842
DrinkingWC	0.00001	0.0000043

Tableau 13 - Noeuds influençant le noeud "BrushingTeeth"

Nœud pour l'activité « Se laver les mains »

For WashingHands: Is Washing Hands

Confusion:

...Predicted..		Actual
True	False	
-----	-----	-----
69	1	True
1	54	False

Error rate = 1.6%

Scoring Rule Results:

Logarithmic loss = 0.07394

Quadratic loss = 0.03135

Spherical payoff = 0.9845

Calibration:

True	0-5:	0		5-80:	17.4		80-99:	100		99-99.9:	100		99.9-100:	100	
False	0-0.5:	0		0.5-2:	0		2-60:	4.35		60-98:	100		98-100:	100	
Total	0-0.5:	0		0.5-1:	0		1-5:	0		5-30:	3.33		30-90:	78.6	
	90-98:	100		98-99.5:	100		99.5-100:	100							

Times Surprised (percentage):

StatePredicted Probability.....			
	< 1%	< 10%	> 90%	> 99%
True	0.00 (0/13)	0.00 (0/41)	0.00 (0/61)	0.00 (0/42)
False	0.00 (0/42)	0.00 (0/61)	0.00 (0/41)	0.00 (0/13)
Total	0.00 (0/55)	0.00 (0/102)	0.00 (0/102)	0.00 (0/55)

Quality of Test:

Cutoff	Sensitivity	Specificity	Predictive	Predict-Neg
0	100.00	0.00	56.00	100.00
90	87.14	100.00	100.00	85.94
98	68.57	100.00	100.00	71.43
99.5	35.71	100.00	100.00	55.00
99.9	12.86	100.00	100.00	47.41
100	0.00	100.00	100.00	44.00

Sensitivity of 'WashingHands' due to a finding at another node:

Node	Mutual	Quadratic
----	Info	Score
WashingHands	0.98798	0.2458463
Soap	0.49693	0.1502192
Previous_Activity	0.14425	0.0466017
TeethOrDrinkingOrHan	0.08714	0.0292482
TimeOfDay	0.05685	0.0190560
HotWater	0.04370	0.0148893
TimeElapsed	0.03959	0.0134775
BrushingTeeth	0.01977	0.0067073
ToothBrush	0.01795	0.0060971
ToothPaste	0.01518	0.0051685
Position	0.00389	0.0013370
ColdWater	0.00343	0.0011765
Glass	0.00322	0.0011034
DrinkingWC	0.00196	0.0006721
PossEmergency	0.00181	0.0006240

Tableau 14 - Noeuds influençant le noeud "WashingHands"

Nœud combiné pour « Se laver les mains ou se brosser les dents ou boire »

For TeethOrDrinkingOrHands: Teeth Or Drinking Or Hands

Confusion:

```

...Predicted..
  True  False  Actual
-----  -----  -----
    111     0   True
     1    13   False

```

Error rate = 0.8%

Scoring Rule Results:

```

Logarithmic loss = 0.08544
Quadratic loss   = 0.0333

```

Spherical payoff = 0.9839

Calibration:

True	0-90:	41.7		90-95:	100		95-98:	100		98-99:	100		99-100:	100
False	0-2:	0		2-5:	0		5-10:	0		10-90:	58.3			
Total	0-2:	0		2-5:	0		5-10:	0		10-40:	4.35		40-90:	92
	90-95:	100		95-98:	100		98-99:	100		99-100:	100			

Times Surprised (percentage):

StatePredicted Probability.....			
	< 1%	< 10%	> 90%	> 99%
True	0.00 (0/0)	0.00 (0/0)	0.00 (0/101)	0.00 (0/15)
False	0.00 (0/15)	0.00 (0/101)	0.00 (0/0)	0.00 (0/0)
Total	0.00 (0/15)	0.00 (0/101)	0.00 (0/101)	0.00 (0/15)

Quality of Test:

Cutoff	Sensitivity	Specificity	Predictive	Predict-Neg
0	100.00	0.00	88.80	100.00
90	90.99	100.00	100.00	58.33
95	70.27	100.00	100.00	29.79
98	36.04	100.00	100.00	16.47
99	13.51	100.00	100.00	12.73
99.5	0.00	100.00	100.00	11.20
100	0.00	100.00	100.00	11.20

Sensitivity of 'TeethOrDrinkingOrHands' due to a finding at another node:

Node	Mutual	Quadratic
----	Info	Score
TeethOrDrinkingOrHan	0.78395	0.1789440
TimeElapsed	0.10391	0.0271426
WashingHands	0.08562	0.0209045
BrushingTeeth	0.05398	0.0129001
Soap	0.05101	0.0127031
ToothBrush	0.04908	0.0117201
ToothPaste	0.04213	0.0099312
DrinkingWC	0.04096	0.0113969
Position	0.02680	0.0081776
TimeOfDay	0.02549	0.0065104
Previous_Activity	0.01691	0.0041293
ColdWater	0.01498	0.0044885
PossEmergency	0.01276	0.0038159
HotWater	0.00022	0.0000548
Glass	0.00001	0.0000017

Tableau 15 - Noeuds influençant le noeud "TeethOrDrinkingOrHands"

Noeud pour « Urgence possible »

For PossEmergency: Emergency ?

Confusion:

...Predicted..		
True	False	Actual
-----	-----	-----
2	0	True
0	125	False

Error rate = 0%

Scoring Rule Results:

Logarithmic loss = 0.01231
 Quadratic loss = 0.002091

Spherical payoff = 0.9992

Calibration:

True	0-1:	0		1-100:	100	
False	0-99.5:	98.4				
Total	0-1:	0		1-99.5:	98.4	

Times Surprised (percentage):

StatePredicted Probability.....			
	< 1%	< 10%	> 90%	> 99%
True	0.00 (0/125)	0.00 (0/125)	0.00 (0/0)	0.00 (0/0)
False	0.00 (0/0)	0.00 (0/0)	0.00 (0/125)	0.00 (0/125)
Total	0.00 (0/125)	0.00 (0/125)	0.00 (0/125)	0.00 (0/125)

Quality of Test:

Cutoff	Sensitivity	Specificity	Predictive	Predict-Neg
0	100.00	0.00	1.57	100.00
100	0.00	100.00	100.00	98.43

Bain/Douche

Nœud pour l'activité « Prendre une douche »

For Shower:

Confusion:

...Predicted..		Actual
True	False	
10	0	True
0	2	False

Error rate = 0%

Scoring Rule Results:

Logarithmic loss = 0.001184

Quadratic loss = 8.839e-006

Spherical payoff = 1

Calibration:

True	0-100:	83.3
False	0-100:	16.7
Total	0-100:	50

Times Surprised (percentage):

StatePredicted Probability.....			
	< 1%	< 10%	> 90%	> 99%
-----	-----	-----	-----	-----
True	0.00 (0/2)	0.00 (0/2)	0.00 (0/10)	0.00 (0/10)
False	0.00 (0/10)	0.00 (0/10)	0.00 (0/2)	0.00 (0/2)
Total	0.00 (0/12)	0.00 (0/12)	0.00 (0/12)	0.00 (0/12)

Quality of Test:

Cutoff	Sensitivity	Specificity	Predictive	Predict-Neg
0	100.00	0.00	83.33	100.00
100	0.00	100.00	100.00	16.67

Sensitivity of 'Shower' due to a finding at another node:

Node	Mutual	Quadratic
----	Info	Score
Shower	0.96659	0.2385108
ShowerFaucet	0.55592	0.1539794
BathOrShower	0.39268	0.1098879
ShowerDoorCurtain	0.35977	0.1118534
Position	0.10376	0.0334762
Soap	0.07584	0.0253230
Water	0.06728	0.0212197
TimeElapsed	0.06301	0.0210380
TimeOfDay	0.01472	0.0049239
Previous_Activity	0.00844	0.0027770
Bath	0.00100	0.0003314
Bath_Plug	0.00100	0.0003314
WashingHair	0.00000	0.0000000
Shampoo	0.00000	0.0000000

Tableau 16 - Noeuds influençant le noeud "Shower"

Nœud pour l'activité « Se laver les cheveux »

For WashingHair:

Confusion:

```

...Predicted..
  True  False  Actual
-----  -----  -----
      2     0    True
      0    10   False
  
```

Error rate = 0%

Scoring Rule Results:

```

Logarithmic loss = 0.1082
Quadratic loss   = 0.04428
Spherical payoff = 0.9793
  
```

Calibration:

```

True      0-100:   16.7 |
False     0-100:   83.3 |
Total     0-95:    45.5 | 95-100:  100 |
  
```

Times Surprised (percentage):

```

.....Predicted Probability.....
State  < 1%      < 10%      > 90%      > 99%
-----  ----      -----      -----      -----
True    0.00 (0/2)  0.00 (0/10)  0.00 (0/0)  0.00 (0/0)
False   0.00 (0/0)  0.00 (0/0)  0.00 (0/10)  0.00 (0/2)
Total   0.00 (0/2)  0.00 (0/10)  0.00 (0/10)  0.00 (0/2)
  
```

Quality of Test:

Cutoff	Sensitivity	Specificity	Predictive	Predict-Neg
0	100.00	0.00	16.67	100.00
100	0.00	100.00	100.00	83.33

Sensitivity of 'WashingHair' due to a finding at another node:

Node	Mutual	Quadratic
----	Info	Score
WashingHair	0.81128	0.1875000
Shampoo	0.29810	0.0833333
ShowerFaucet	0.14966	0.0261034
Water	0.00638	0.0016463
BathOrShower	0.00000	0.0000000
ShowerDoorCurtain	0.00000	0.0000000
Soap	0.00000	0.0000000
TimeOfDay	0.00000	0.0000000
Previous_Activity	0.00000	0.0000000
Bath	0.00000	0.0000000
Shower	0.00000	0.0000000
Bath_Plug	0.00000	0.0000000
TimeElapsed	0.00000	0.0000000
Position	0.00000	0.0000000

Tableau 17 - Noeuds influençant le noeud "WashingHair"

Nœud pour l'activité « Prendre un bain »

For Bath:

Confusion:

...Predicted..

True	False	Actual
-----	-----	-----
2	0	True
0	10	False

Error rate = 0%

Scoring Rule Results:

Logarithmic loss = 0

Quadratic loss = 0

Spherical payoff = 1

Calibration:

True	0-100:	16.7	
False	0-100:	83.3	
Total	0-100:	50	

Times Surprised (percentage):

StatePredicted Probability.....			
	< 1%	< 10%	> 90%	> 99%
-----	-----	-----	-----	-----
True	0.00 (0/10)	0.00 (0/10)	0.00 (0/2)	0.00 (0/2)
False	0.00 (0/2)	0.00 (0/2)	0.00 (0/10)	0.00 (0/10)
Total	0.00 (0/12)	0.00 (0/12)	0.00 (0/12)	0.00 (0/12)

Quality of Test:

Cutoff	Sensitivity	Specificity	Predictive	Predict-Neg
0	100.00	0.00	16.67	100.00
100	0.00	100.00	100.00	83.33

Sensitivity of 'Bath' due to a finding at another node:

Node	Mutual	Quadratic
----	Info	Score
Bath	0.96659	0.2385108
Bath_Plug	0.96659	0.2385108
BathOrShower	0.19643	0.0459912
Position	0.10376	0.0334762
Water	0.06728	0.0212197
TimeElapsed	0.06301	0.0210380
Soap	0.03543	0.0105984
TimeOfDay	0.01472	0.0049239
Previous_Activity	0.00844	0.0027770
Shower	0.00100	0.0003314
ShowerFaucet	0.00064	0.0002140
ShowerDoorCurtain	0.00047	0.0001554
WashingHair	0.00000	0.0000000
Shampoo	0.00000	0.0000000

Tableau 18 - Noeuds influençant le noeud "Bath"

Nœud combiné « Prendre un bain ou une douche »

For BathOrShower:

Confusion:

```

...Predicted..
  True  False  Actual
-----  -----  -----
      12     0    True
      0     0    False

```

Error rate = 0%

Scoring Rule Results:

```

Logarithmic loss = 0.001184
Quadratic loss   = 8.839e-006
Spherical payoff = 1

```

Calibration:

```

True      0-100:   100 |
False     0-100:    0  |
Total     0-100:   50  |

```

Times Surprised (percentage):

```

.....Predicted Probability.....
State  < 1%      < 10%      > 90%      > 99%
-----  ----      -----      -----      -----
True    0.00 (0/0)  0.00 (0/0)  0.00 (0/12)  0.00 (0/12)
False   0.00 (0/12) 0.00 (0/12)  0.00 (0/0)   0.00 (0/0)
Total   0.00 (0/12)  0.00 (0/12)  0.00 (0/12)  0.00 (0/12)

```

Quality of Test:

Cutoff	Sensitivity	Specificity	Predictive	Predict-Neg
0	100.00	100.00	100.00	100.00
100	0.00	100.00	100.00	0.00

Sensitivity of 'BathOrShower' due to a finding at another node:

Node	Mutual	Quadratic
----	Info	Score
BathOrShower	0.77735	0.1768945
Shower	0.39268	0.0814997
ShowerFaucet	0.20173	0.0526151
Bath_Plug	0.19643	0.0341100
Bath	0.19643	0.0341100
ShowerDoorCurtain	0.15147	0.0382206
Soap	0.14172	0.0407642
Position	0.02860	0.0070691
Water	0.02537	0.0058850
TimeElapsed	0.00387	0.0009560
Previous_Activity	0.00113	0.0002751
TimeOfDay	0.00072	0.0001780
WashingHair	0.00000	0.0000000
Shampoo	0.00000	0.0000000

Tableau 19 - Noeuds influençant le noeud "BathOrShower"

Résultats des tests, sous réseaux « Med #2 »

Lavabo/Miroir

For CurrentActivity:

Confusion:

.....Predicted.....						
Brushi	TeethA	Drinki	Washin	Emerge	Other	Actual
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
40	0	0	0	0	0	BrushingTeeth
0	19	0	0	0	0	TeethAndHands
0	0	1	0	0	0	DrinkingWC
0	1	0	49	0	0	WashingHands
0	0	0	0	2	0	Emergency
0	0	0	2	0	13	Other

Error rate = 2.4%

Scoring Rule Results:

Logarithmic loss = 0.1416
 Quadratic loss = 0.05127
 Spherical payoff = 0.9747

Calibration:

BrushingTe	0-0.002: 0		0.002-0.02:0		0.02-2: 0		2-98: 74.2	
	98-100: 100							
TeethAndHa	0-0.02: 0		0.02-0.1: 0		0.1-1: 0		1-98: 28	
	98-100: 100							
DrinkingWC	0-0.1: 0		0.1-0.2: 0		0.2-1: 0		1-100: 5.56	
WashingHan	0-0.01: 0		0.01-0.2: 4.17		0.2-40: 0		40-98: 93.8	
	98-100: 100							
Emergency	0-0.05: 0		0.05-0.2: 0		0.2-0.5: 0		0.5-100: 0	
Other	0-0.02: 0		0.02-0.2: 0		0.2-2: 0		2-20: 4.35	
	20-100: 87.5							
Total	0-0.001: 0		0.001-0.005:0		0.005-0.02:0		0.02-0.05:0	
	0.05-0.1: 0		0.1-0.2: 1		0.2-0.5: 0		0.5-1: 0	
	1-2: 0		2-5: 0		5-15: 3.57		15-85: 52	
	85-95: 96.6		95-98: 97.1		98-99.5: 100		99.5-100: 100	

Times Surprised (percentage):

StatePredicted Probability.....			
	< 1%	< 10%	> 90%	> 99%
BrushingTe	0.00 (0/74)	0.00 (0/85)	0.00 (0/38)	0.00 (0/11)
TeethAndHa	0.00 (0/88)	0.00 (0/104)	5.00 (1/20)	0.00 (0/11)
DrinkingWC	0.00 (0/107)	0.00 (0/122)	0.00 (0/0)	0.00 (0/0)
WashingHan	1.79 (1/56)	1.47 (1/68)	0.00 (0/40)	0.00 (0/9)
Emergency	0.00 (0/116)	0.00 (0/123)	0.00 (0/0)	0.00 (0/0)
Other	0.00 (0/69)	0.00 (0/101)	0.00 (0/4)	0.00 (0/0)
Total	0.20 (1/510)	0.17 (1/603)	0.98 (1/102)	0.00 (0/31)

Sensitivity of Test:

BrushingTe	0	100		95	80		98	42.5		99.5	7.5		100	0
TeethAndHa	0	100		99	57.9		99.9	0		100	0			
DrinkingWC	0	100		100	0									
WashingHan	0	100		90	80		98	38		99	18		99.5	0
		100	0											

```

Emergency 0   -1.#J | 100  -1.#J |
Other      0   100   | 85   46.7 | 100  0   |

```

Sensitivity of 'CurrentActivity' due to a finding at another node:

Node	Mutual	Quadratic
----	Info	Score
CurrentActivity	2.45525	0.6496470
ToothBrush	0.60292	0.0347162
ToothPaste	0.51214	0.0289442
Soap	0.46550	0.0297660
TimeElapsed	0.24834	0.0154858
Glass	0.24164	0.0097805
Position	0.18468	0.0087354
HotWater	0.15881	0.0079205
ColdWater	0.13296	0.0059518
Previous_Activity	0.10944	0.0094464
TimeOfDay	0.05710	0.0031571

Tableau 20 – Noeuds influençant le noeud "CurrentActivity" (Réseau « Med #2 », zone du lavabo)

Bain/Douche

For Poss_Current_Activity:

Confusion:

```

.....Predicted.....
Shower  Bath  Poss_E  Other  Actual
-----  -----  -----  -----  -----
      10     0     0     0    Shower
       0     2     0     0     Bath
       0     0     0     0  Poss_Emergency
       0     0     0     0     Other

```

Error rate = 0%

Scoring Rule Results:

```

Logarithmic loss = 0.007218
Quadratic loss   = 0.0001279

```

Spherical payoff = 1

Calibration:

Shower	0-100:	83.3		
Bath	0-100:	16.7		
Poss_Emerg	0-100:	0		
Other	0-100:	0		
Total	0-0.2:	0		0.2-99.9: 60

Times Surprised (percentage):

StatePredicted Probability.....			
	< 1%	< 10%	> 90%	> 99%
-----	----	-----	-----	-----
Shower	0.00 (0/2)	0.00 (0/2)	0.00 (0/10)	0.00 (0/8)
Bath	0.00 (0/10)	0.00 (0/10)	0.00 (0/2)	0.00 (0/0)
Poss_Emerg	0.00 (0/12)	0.00 (0/12)	0.00 (0/0)	0.00 (0/0)
Other	0.00 (0/12)	0.00 (0/12)	0.00 (0/0)	0.00 (0/0)
Total	0.00 (0/36)	0.00 (0/36)	0.00 (0/12)	0.00 (0/8)

Sensitivity of Test:

Shower	0	100		99.9	0		100	0	
Bath	0	100		100	0				
Poss_Emerg	0	-1.#J		100	-1.#J				
Other	0	-1.#J		100	-1.#J				

Sensitivity of 'Poss_Current_Activity' due to a finding at another node:

Node	Mutual	Quadratic
----	Info	Score
Poss_Current_Activity	1.93719	0.5349079
Position	0.26414	0.0382458
Water	0.25617	0.0461265
Bath_Plug	0.23835	0.0261218
ShowerDoorCurtain	0.23835	0.0261218
ShowerFaucet	0.23835	0.0261218
TimeElapsed	0.15280	0.0173618
Soap	0.12630	0.0110363
Shampoo	0.04673	0.0042035
TimeOfDay	0.02512	0.0028405
Previous_Activity	0.01106	0.0010942

Tableau 21 - Noeuds influençant le noeud "CurrentActivity" (Réseau « Med #2 », zone du bain/douche)

ANNEXE E

CODE DU RÉSEAU MÉDICAL #1 DU LAVABO

```

bnet Lavabo_Diag {
whenchanged = 1168151139;

visual V1 {
    defdispform = LABELBOX;
    nodelabeling = TITLE;
    nodefont = font {shape= "Arial"; size= 10;};
    linkfont = font {shape= "Arial"; size= 9;};
    windowposn = (22, 22, 646, 349);
    resolution = 72;
    drawingbounds = (1531, 998);
    showpagebreaks = FALSE;
    usegrid = TRUE;
    gridspace = (6, 6);
    PrinterSetting A {
        margins = (1270, 1270, 1270, 1270);
        landscape = FALSE;
        magnify = 1;
    };
};

node TimeOfDay {
    kind = NATURE;
    discrete = FALSE;
    chance = CHANCE;
    states = (NightTime, WakeUpTime, Morning, DinnerTime, Afternoon, SupperTime,
            Evening, BedTime);
    levels = {0, 7.5, 8.5, 12, 13.5, 17.5, 19, 21, 24};
    parents = ();
    probs =
        // NightTime    WakeUpTime    Morning    DinnerTime    Afternoon
        // SupperTime   Evening      BedTime
        (0.03149606, 0.1338583, 0.2519685, 0.1417323, 0.2598425,
        0.04724409, 0.03149606, 0.1023622);
    numcases = 127;
    comment = "Noeud représentant la période de la journée.\n\
Heure du lever (7:31 - 8:30) -> état correspondant : \
WakeUpTime\n\
Avant-midi (8:31 - 12:00) -> état correspondant : Morning\n\
D\EEner (12:01 - 13:30) -> état correspondant : DinnerTime\n\
Après-midi (13:31 - 17:30) -> état correspondant : Afternoon\
\n\
Souper (17:31 - 19:00) -> état correspondant : SupperTime\n\

```

```

    Soirée (19:01 - 21:00) -> état correspondant : Evening\n\
    Heure du coucher (21:01 - 23:59) -> état correspondant : \
    BedTime\n\
    Nuit (12:00 - 7:30) -> état correspondant : NightTime";
whenchanged = 1168151002;
belief = (0.0314961, 0.133858, 0.251969, 0.141732, 0.259843, 0.0472441,
          0.0314961, 0.102362);
visual V1 {
    center = (696, 90);
    dispform = BELIEFBARS;
    height = 8;
};
};

node Previous_Activity {
    kind = NATURE;
    discrete = TRUE;
    chance = CHANCE;
    states = (Unknown, Toilet, WashingHands, BrushingTeeth, MealPreparation,
             Eating, Other);
    parents = ();
    probs =
        // Unknown Toilet WashingHands BrushingTeeth MealPreparation
        // Eating Other
        (0.007936508, 0.4126984, 0.03174603, 0.02380952, 0.02380952,
         0.3333333, 0.1666667);
    numcases = 126;
    comment = "Ce noeud représente l'activité précédente qui a été\n\
             déduite par le système. L'information de ce noeud provient\n\
             des différents réseaux de reconnaissance d'activité.";
    whenchanged = 1168151002;
    belief = (0.00793651, 0.412698, 0.031746, 0.0238095, 0.0238095, 0.333333,
             0.166667);
    visual V1 {
        center = (336, 90);
        dispform = BELIEFBARS;
        height = 14;
    };
};

node WashingHands {
    kind = NATURE;
    discrete = TRUE;

```

```

chance = CHANCE;
states = (True, False);
parents = (Previous_Activity, TimeOfDay);
probs =
    // True          False          // Previous_Activity TimeOfDay
    ((0.5,          0.5),          // Unknown           NightTime
     (0.5,          0.5),          // Unknown           WakeUpTime
     (0.5,          0.5),          // Unknown           Morning
     (0.5,          0.5),          // Unknown           DinnerTime
     (0.5,          0.5),          // Unknown           Afternoon
     (0.5,          0.5),          // Unknown           SupperTime
     (0.5,          0.5),          // Unknown           Evening
     (0.5,          0.5)),         // Unknown           BedTime
    ((0.5,          0.5),          // Toilet            NightTime
     (0.3333333,   0.6666667),     // Toilet            WakeUpTime
     (0.95,         0.05),          // Toilet            Morning
     (0.8571429,   0.1428571),     // Toilet            DinnerTime
     (0.9230769,   0.07692308),    // Toilet            Afternoon
     (0.8,          0.2),           // Toilet            SupperTime
     (0.75,         0.25),          // Toilet            Evening
     (0.9,          0.1)),         // Toilet            BedTime
    ((0.5,          0.5),          // WashingHands      NightTime
     (0.3333333,   0.6666667),     // WashingHands      WakeUpTime
     (0.3333333,   0.6666667),     // WashingHands      Morning
     (0.5,          0.5),           // WashingHands      DinnerTime
     (0.5,          0.5),           // WashingHands      Afternoon
     (0.5,          0.5),           // WashingHands      SupperTime
     (0.5,          0.5),           // WashingHands      Evening
     (0.3333333,   0.6666667)),    // WashingHands      BedTime
    ((0.5,          0.5),          // BrushingTeeth     NightTime
     (0.5,          0.5),          // BrushingTeeth     WakeUpTime
     (0.5,          0.5),          // BrushingTeeth     Morning
     (0.75,         0.25),         // BrushingTeeth     DinnerTime
     (0.5,          0.5),          // BrushingTeeth     Afternoon
     (0.5,          0.5),          // BrushingTeeth     SupperTime
     (0.5,          0.5),          // BrushingTeeth     Evening
     (0.5,          0.5)),         // BrushingTeeth     BedTime
    ((0.5,          0.5),          // MealPreparation   NightTime
     (0.5,          0.5),          // MealPreparation   WakeUpTime
     (0.5,          0.5),          // MealPreparation   Morning
     (0.5,          0.5),          // MealPreparation   DinnerTime
     (0.75,         0.25),         // MealPreparation   Afternoon
     (0.5,          0.5),          // MealPreparation   SupperTime

```

```

(0.5,      0.5),      // MealPreparation Evening
(0.5,      0.5)),    // MealPreparation BedTime
((0.5,     0.5),     // Eating NightTime
(0.2,     0.8),     // Eating WakeUpTime
(0.2222222, 0.7777778), // Eating Morning
(0.5833333, 0.4166667), // Eating DinnerTime
(0.4117647, 0.5882353), // Eating Afternoon
(0.5,      0.5),     // Eating SupperTime
(0.6666667, 0.3333333), // Eating Evening
(0.2,     0.8)),    // Eating BedTime
((0.2,     0.8),     // Other NightTime
(0.1,     0.9),     // Other WakeUpTime
(0.1428571, 0.8571429), // Other Morning
(0.5,      0.5),     // Other DinnerTime
(0.6666667, 0.3333333), // Other Afternoon
(0.5,      0.5),     // Other SupperTime
(0.5,      0.5),     // Other Evening
(0.5,      0.5));    // Other BedTime ;

numcases =

// Previous_Activity TimeOfDay
(2, // Unknown NightTime
2, // Unknown WakeUpTime
2, // Unknown Morning
2, // Unknown DinnerTime
2, // Unknown Afternoon
2, // Unknown SupperTime
2, // Unknown Evening
2), // Unknown BedTime
(2, // Toilet NightTime
6, // Toilet WakeUpTime
20, // Toilet Morning
7, // Toilet DinnerTime
13, // Toilet Afternoon
5, // Toilet SupperTime
4, // Toilet Evening
10), // Toilet BedTime
(2, // WashingHands NightTime
3, // WashingHands WakeUpTime
3, // WashingHands Morning
2, // WashingHands DinnerTime
2, // WashingHands Afternoon
2, // WashingHands SupperTime
2, // WashingHands Evening

```

```

3),          // WashingHands      BedTime
(2,          // BrushingTeeth      NightTime
2,          // BrushingTeeth      WakeUpTime
2,          // BrushingTeeth      Morning
4,          // BrushingTeeth      DinnerTime
2,          // BrushingTeeth      Afternoon
2,          // BrushingTeeth      SupperTime
2,          // BrushingTeeth      Evening
2),         // BrushingTeeth      BedTime
(2,          // MealPreparation    NightTime
2,          // MealPreparation    WakeUpTime
2,          // MealPreparation    Morning
2,          // MealPreparation    DinnerTime
4,          // MealPreparation    Afternoon
2,          // MealPreparation    SupperTime
2,          // MealPreparation    Evening
2),         // MealPreparation    BedTime
(2,          // Eating              NightTime
5,          // Eating              WakeUpTime
9,          // Eating              Morning
12,         // Eating              DinnerTime
17,         // Eating              Afternoon
4,          // Eating              SupperTime
3,          // Eating              Evening
5),         // Eating              BedTime
(5,         // Other               NightTime
10,        // Other               WakeUpTime
7,         // Other               Morning
2,         // Other               DinnerTime
6,         // Other               Afternoon
2,         // Other               SupperTime
2,         // Other               Evening
2));       // Other               BedTime ;

title = "Is Washing Hands";
whenchanged = 1168151002;
belief = (0.562464, 0.437536);
visual V1 {
    center = (714, 228);
    dispform = BELIEFBARS;
    height = 9;
    link 1 {
        path = ((433, 120), (546, 156), (651, 201));
    };
};

```

```

};

};

node DrinkingWC {
  kind = NATURE;
  discrete = TRUE;
  chance = CHANCE;
  states = (True, False);
  parents = (Previous_Activity, TimeOfDay);
  probs =
    // True          False          // Previous_Activity TimeOfDay
    ((0.5,          0.5),          // Unknown           NightTime
     (0.5,          0.5),          // Unknown           WakeUpTime
     (0.5,          0.5),          // Unknown           Morning
     (0.5,          0.5),          // Unknown           DinnerTime
     (0.5,          0.5),          // Unknown           Afternoon
     (0.5,          0.5),          // Unknown           SupperTime
     (0.5,          0.5),          // Unknown           Evening
     (0.5,          0.5)),         // Unknown           BedTime
    ((0.5,          0.5),          // Toilet            NightTime
     (0.1666667,   0.8333333),     // Toilet            WakeUpTime
     (0.05,         0.95),          // Toilet            Morning
     (0.1428571,   0.8571429),     // Toilet            DinnerTime
     (0.07692308,  0.9230769),     // Toilet            Afternoon
     (0.2,          0.8),           // Toilet            SupperTime
     (0.25,         0.75),          // Toilet            Evening
     (0.1,          0.9)),         // Toilet            BedTime
    ((0.5,          0.5),          // WashingHands      NightTime
     (0.3333333,   0.6666667),     // WashingHands      WakeUpTime
     (0.3333333,   0.6666667),     // WashingHands      Morning
     (0.5,          0.5),          // WashingHands      DinnerTime
     (0.5,          0.5),          // WashingHands      Afternoon
     (0.5,          0.5),          // WashingHands      SupperTime
     (0.5,          0.5),          // WashingHands      Evening
     (0.3333333,   0.6666667)),     // WashingHands      BedTime
    ((0.5,          0.5),          // BrushingTeeth     NightTime
     (0.5,          0.5),          // BrushingTeeth     WakeUpTime
     (0.5,          0.5),          // BrushingTeeth     Morning
     (0.25,         0.75),          // BrushingTeeth     DinnerTime
     (0.5,          0.5),          // BrushingTeeth     Afternoon
     (0.5,          0.5),          // BrushingTeeth     SupperTime
     (0.5,          0.5),          // BrushingTeeth     Evening
     (0.5,          0.5)),         // BrushingTeeth     BedTime

```

```

(0.5,      0.5),      // MealPreparation  NightTime
(0.5,      0.5),      // MealPreparation  WakeUpTime
(0.5,      0.5),      // MealPreparation  Morning
(0.5,      0.5),      // MealPreparation  DinnerTime
(0.25,     0.75),     // MealPreparation  Afternoon
(0.5,      0.5),      // MealPreparation  SupperTime
(0.5,      0.5),      // MealPreparation  Evening
(0.5,      0.5)),     // MealPreparation  BedTime
(0.5,      0.5),      // Eating           NightTime
(0.2,      0.8),      // Eating           WakeUpTime
(0.1111111, 0.8888889),    // Eating           Morning
(0.08333334, 0.9166667), // Eating           DinnerTime
(0.05882353, 0.9411765), // Eating           Afternoon
(0.25,     0.75),     // Eating           SupperTime
(0.3333333, 0.6666667), // Eating           Evening
(0.2,      0.8)),     // Eating           BedTime
(0.4,      0.6),      // Other            NightTime
(0.1,      0.9),      // Other            WakeUpTime
(0.1428571, 0.8571429), // Other            Morning
(0.5,      0.5),      // Other            DinnerTime
(0.1666667, 0.8333333), // Other            Afternoon
(0.5,      0.5),      // Other            SupperTime
(0.5,      0.5),      // Other            Evening
(0.5,      0.5));     // Other            BedTime ;

numcases =

// Previous_Activity TimeOfDay
(2,      // Unknown           NightTime
 2,      // Unknown           WakeUpTime
 2,      // Unknown           Morning
 2,      // Unknown           DinnerTime
 2,      // Unknown           Afternoon
 2,      // Unknown           SupperTime
 2,      // Unknown           Evening
 2),     // Unknown           BedTime
(2,      // Toilet            NightTime
 6,      // Toilet            WakeUpTime
 20,     // Toilet            Morning
 7,      // Toilet            DinnerTime
 13,     // Toilet            Afternoon
 5,      // Toilet            SupperTime
 4,      // Toilet            Evening
 10),    // Toilet            BedTime
(2,      // WashingHands      NightTime

```

```

3,          // WashingHands    WakeUpTime
3,          // WashingHands    Morning
2,          // WashingHands    DinnerTime
2,          // WashingHands    Afternoon
2,          // WashingHands    SupperTime
2,          // WashingHands    Evening
3),        // WashingHands    BedTime
(2,         // BrushingTeeth    NightTime
2,         // BrushingTeeth    WakeUpTime
2,         // BrushingTeeth    Morning
4,         // BrushingTeeth    DinnerTime
2,         // BrushingTeeth    Afternoon
2,         // BrushingTeeth    SupperTime
2,         // BrushingTeeth    Evening
2),        // BrushingTeeth    BedTime
(2,         // MealPreparation  NightTime
2,         // MealPreparation  WakeUpTime
2,         // MealPreparation  Morning
2,         // MealPreparation  DinnerTime
4,         // MealPreparation  Afternoon
2,         // MealPreparation  SupperTime
2,         // MealPreparation  Evening
2),        // MealPreparation  BedTime
(2,         // Eating            NightTime
5,         // Eating            WakeUpTime
9,         // Eating            Morning
12,        // Eating            DinnerTime
17,        // Eating            Afternoon
4,         // Eating            SupperTime
3,         // Eating            Evening
5),        // Eating            BedTime
(5,         // Other             NightTime
10,        // Other             WakeUpTime
7,         // Other             Morning
2,         // Other             DinnerTime
6,         // Other             Afternoon
2,         // Other             SupperTime
2,         // Other             Evening
2));      // Other             BedTime ;

```

```

title = "Is Drinking";
whenchanged = 1168151002;
belief = (0.178811, 0.821189);
visual V1 {

```

```

center = (492, 216);
dispform = BELIEFBARS;
height = 15;
});

};

node BrushingTeeth {
  kind = NATURE;
  discrete = TRUE;
  chance = CHANCE;
  states = (True, False);
  parents = (Previous_Activity, TimeOfDay);
  probs =
    // True      False      // Previous_Activity TimeOfDay
    ((0.5,      0.5),      // Unknown      NightTime
     (0.5,      0.5),      // Unknown      WakeUpTime
     (0.5,      0.5),      // Unknown      Morning
     (0.5,      0.5),      // Unknown      DinnerTime
     (0.5,      0.5),      // Unknown      Afternoon
     (0.5,      0.5),      // Unknown      SupperTime
     (0.5,      0.5),      // Unknown      Evening
     (0.5,      0.5)),     // Unknown      BedTime
    ((0.5,      0.5),      // Toilet      NightTime
     (0.5,      0.5),      // Toilet      WakeUpTime
     (0.2,      0.8),      // Toilet      Morning
     (0.4285714, 0.5714286), // Toilet      DinnerTime
     (0.3076923, 0.6923077), // Toilet      Afternoon
     (0.2,      0.8),      // Toilet      SupperTime
     (0.25,     0.75),     // Toilet      Evening
     (0.5,      0.5)),     // Toilet      BedTime
    ((0.5,      0.5),      // WashingHands NightTime
     (0.6666667, 0.3333333), // WashingHands WakeUpTime
     (0.6666667, 0.3333333), // WashingHands Morning
     (0.5,      0.5),      // WashingHands DinnerTime
     (0.5,      0.5),      // WashingHands Afternoon
     (0.5,      0.5),      // WashingHands SupperTime
     (0.5,      0.5),      // WashingHands Evening
     (0.6666667, 0.3333333)), // WashingHands BedTime
    ((0.5,      0.5),      // BrushingTeeth NightTime
     (0.5,      0.5),      // BrushingTeeth WakeUpTime
     (0.5,      0.5),      // BrushingTeeth Morning
     (0.25,     0.75),     // BrushingTeeth DinnerTime
     (0.5,      0.5),     // BrushingTeeth Afternoon

```

```

(0.5,      0.5),      // BrushingTeeth  SupperTime
(0.5,      0.5),      // BrushingTeeth  Evening
(0.5,      0.5)),     // BrushingTeeth  BedTime
(0.5,      0.5),      // MealPreparation NightTime
(0.5,      0.5),      // MealPreparation WakeUpTime
(0.5,      0.5),      // MealPreparation Morning
(0.5,      0.5),      // MealPreparation DinnerTime
(0.25,     0.75),     // MealPreparation Afternoon
(0.5,      0.5),      // MealPreparation SupperTime
(0.5,      0.5),      // MealPreparation Evening
(0.5,      0.5)),     // MealPreparation BedTime
(0.5,      0.5),      // Eating          NightTime
(0.2,      0.8),      // Eating          WakeUpTime
(0.8888889, 0.1111111),    // Eating          Morning
(0.6666667, 0.3333333),    // Eating          DinnerTime
(0.5882353, 0.4117647),    // Eating          Afternoon
(0.75,     0.25),     // Eating          SupperTime
(0.3333333, 0.6666667),    // Eating          Evening
(0.4,      0.6)),     // Eating          BedTime
(0.6,      0.4),      // Other           NightTime
(0.9,      0.1),      // Other           WakeUpTime
(0.8571429, 0.1428571),    // Other           Morning
(0.5,      0.5),      // Other           DinnerTime
(0.5,      0.5),      // Other           Afternoon
(0.5,      0.5),      // Other           SupperTime
(0.5,      0.5),      // Other           Evening
(0.5,      0.5));     // Other           BedTime ;

```

```
numcases =
```

```

// Previous_Activity TimeOfDay
(2,      // Unknown      NightTime
 2,      // Unknown      WakeUpTime
 2,      // Unknown      Morning
 2,      // Unknown      DinnerTime
 2,      // Unknown      Afternoon
 2,      // Unknown      SupperTime
 2,      // Unknown      Evening
 2),     // Unknown      BedTime
(2,      // Toilet      NightTime
 6,      // Toilet      WakeUpTime
 20,     // Toilet      Morning
 7,      // Toilet      DinnerTime
 13,     // Toilet      Afternoon
 5,      // Toilet      SupperTime

```

```

4,          // Toilet          Evening
10),       // Toilet          BedTime
(2,        // WashingHands      NightTime
3,         // WashingHands      WakeUpTime
3,         // WashingHands      Morning
2,         // WashingHands      DinnerTime
2,         // WashingHands      Afternoon
2,         // WashingHands      SupperTime
2,         // WashingHands      Evening
3),       // WashingHands      BedTime
(2,        // BrushingTeeth     NightTime
2,         // BrushingTeeth     WakeUpTime
2,         // BrushingTeeth     Morning
4,         // BrushingTeeth     DinnerTime
2,         // BrushingTeeth     Afternoon
2,         // BrushingTeeth     SupperTime
2,         // BrushingTeeth     Evening
2),       // BrushingTeeth     BedTime
(2,        // MealPreparation   NightTime
2,         // MealPreparation   WakeUpTime
2,         // MealPreparation   Morning
2,         // MealPreparation   DinnerTime
4,         // MealPreparation   Afternoon
2,         // MealPreparation   SupperTime
2,         // MealPreparation   Evening
2),       // MealPreparation   BedTime
(2,        // Eating            NightTime
5,         // Eating            WakeUpTime
9,         // Eating            Morning
12,        // Eating            DinnerTime
17,        // Eating            Afternoon
4,         // Eating            SupperTime
3,         // Eating            Evening
5),       // Eating            BedTime
(5,        // Other             NightTime
10,        // Other             WakeUpTime
7,         // Other             Morning
2,         // Other             DinnerTime
6,         // Other             Afternoon
2,         // Other             SupperTime
2,         // Other             Evening
2));      // Other             BedTime ;

```

```
title = "Is Brushing Teeth";
```

```

whenchanged = 1168151022;
belief = (0.493113, 0.506887);
visual V1 {
    center = (252, 216);
    dispform = BELIEFBARS;
    height = 1;
};

node TeethOrDrinkingOrHands {
    kind = NATURE;
    discrete = TRUE;
    chance = CHANCE;
    states = (True, False);
    parents = (DrinkingWC, BrushingTeeth, WashingHands);
    probs =
        // True      False      DrinkingWC BrushingTeeth WashingHands
        (((0.5,      0.5),      // True      True      True
         (0.5,      0.5)),      // True      True      False
         ((0.5,      0.5),      // True      False     True
          (0.6666667, 0.3333333))), // True      False     False
        (((0.9545454, 0.04545455), // False     True      True
         (0.9761904, 0.02380952)), // False     True      False
         ((0.9807692, 0.01923077), // False     False     True
          (0.0625,    0.9375)))); // False     False     False
;

numcases =
        // DrinkingWC BrushingTeeth WashingHands
        (((2,      // True      True      True
         2),      // True      True      False
         (2,      // True      False     True
          3)),      // True      False     False
        ((22,      // False     True      True
         42),      // False     True      False
         (52,      // False     False     True
          16)));      // False     False     False
;

title = "Teeth Or Drinking Or Hands";
whenchanged = 1168151139;
belief = (0.766563, 0.233437);
visual V1 {
    center = (390, 402);
    dispform = BELIEFBARS;
    height = 2;
};

```

```

link 3 {
    path = ((637, 245), (534, 270), (419, 375));
};

};

node TimeElapsed {
    kind = NATURE;
    discrete = TRUE;
    chance = CHANCE;
    states = (TwoOrLess, MoreThanTwoToFour, MoreThanFourToSix, MoreThanSixToTen,
             MoreThanTen);
    parents = (WashingHands, DrinkingWC, BrushingTeeth);
    probs =
        // TwoOrLess MoreThanTwoToFour MoreThanFourToSix MoreThanSixToTen
        // MoreThanTen WashingHands DrinkingWC BrushingTeeth
        (((0.2,      0.2,      0.2,      0.2,      0.2),
        // True      True      True
         (0.2,      0.2,      0.2,      0.2,      0.2)),
        // True      True      False
         ((0.16,    0.56,    0.2,      0.04,    0.04),
        // True      False     True
         (0.6181818, 0.3090909, 0.03636364, 0.01818182, 0.01818182))),
        // True      False     False
         (((0.2,      0.2,      0.2,      0.2,      0.2),
        // False     True      True
         (0.3333333, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667)),
        // False     True      False
         ((0.4,      0.4,      0.1555556, 0.02222222, 0.02222222),
        // False     False     True
         (0.05263158, 0.2105263, 0.368421, 0.2631579, 0.1052632))));
    // False     False     False     ;
    numcases =
        // WashingHands DrinkingWC BrushingTeeth
        ((5,      // True      True      True
         5),      // True      True      False
         (25,     // True      False     True
         55)),    // True      False     False
        ((5,      // False     True      True
         6),      // False     True      False
         (45,     // False     False     True
         19));    // False     False     False     ;
    whenchanged = 1168151002;

```

```

belief = (0.334421, 0.342342, 0.167732, 0.0888361, 0.066668);
visual V1 {
    center = (612, 582);
    dispform = BELIEFBARS;
    height = 3;
    link 1 {
        path = ((748, 256), (966, 426), (709, 540));
    };
    link 2 {
        path = ((495, 244), (522, 432), (582, 532));
    };
    link 3 {
        path = ((235, 244), (198, 300), (132, 390), (60, 504), (516,
            569));
    };
};

node Soap {
    kind = NATURE;
    discrete = TRUE;
    chance = CHANCE;
    states = (Used, NotUsed);
    parents = (WashingHands);
    probs =
        // Used      NotUsed      // WashingHands
        ((0.9166667, 0.08333334), // True
        (0.1403509, 0.8596491)); // False      ;
    numcases =
        // WashingHands
        (72, // True
        57); // False      ;
    whenchanged = 1168151002;
    belief = (0.577, 0.423);
    visual V1 {
        center = (912, 240);
        dispform = BELIEFBARS;
        height = 10;
    };
};

node HotWater {
    kind = NATURE;

```

```

discrete = TRUE;
chance = CHANCE;
states = (On, Off, OffWasOn);
parents = (WashingHands, BrushingTeeth);
probs =
    // On          Off          OffWasOn      WashingHands  BrushingTeeth
    ((0.6956522,  0.2608696,  0.04347826), // True      True
     (0.8490566,  0.1320755,  0.01886792)), // True      False
    ((0.4883721,  0.4186046,  0.09302326), // False     True
     (0.7222222,  0.2222222,  0.05555556)); // False     False
;

numcases =
    // WashingHands BrushingTeeth
    ((23, // True      True
     53), // True      False
     (43, // False     True
     18)); // False     False      ;

whenchanged = 1168151002;
belief = (0.697274, 0.252371, 0.050355);
visual V1 {
    center = (630, 330);
    dispform = BELIEFBARS;
    height = 6;
};
};

node Glass {
    kind = NATURE;
    discrete = TRUE;
    chance = CHANCE;
    states = (Used, NotUsed);
    parents = (BrushingTeeth, DrinkingWC);
    probs =
        // Used          NotUsed          // BrushingTeeth DrinkingWC
        ((0.5, 0.5), // True      True
         (0.2903226, 0.7096774)), // True      False
        ((0.6666667, 0.3333333), // False     True
         (0.01515152, 0.9848485)); // False     False      ;

    numcases =
        // BrushingTeeth DrinkingWC
        ((2, // True      True
         62), // True      False
         (3, // False     True

```

```

        66));          // False      False      ;
whenchanged = 1168151002;
belief = (0.228032, 0.771968);
visual V1 {
    center = (210, 468);
    dispform = BELIEFBARS;
    height = 11;
    link 2 {
        path = ((434, 244), (336, 288), (228, 441));
    };
};

node ToothBrush {
    kind = NATURE;
    discrete = TRUE;
    chance = CHANCE;
    states = (Used, NotUsed);
    parents = (BrushingTeeth);
    probs =
        // Used      NotUsed      // BrushingTeeth
        ((0.9677419, 0.03225806), // True
        (0.01492537, 0.9850746)); // False      ;

    numcases =
        // BrushingTeeth
        (62, // True
        67); // False      ;

    whenchanged = 1168151002;
    belief = (0.484771, 0.515229);
    visual V1 {
        center = (96, 120);
        dispform = BELIEFBARS;
        height = 13;
    };
};

node ToothPaste {
    kind = NATURE;
    discrete = TRUE;
    chance = CHANCE;
    states = (Used, NotUsed);
    parents = (BrushingTeeth);
    probs =

```

```

        // Used      NotUsed      // BrushingTeeth
        ((0.8870968, 0.1129032), // True
         (0.01492537, 0.9850746)); // False      ;
numcases =
        // BrushingTeeth
        (62, // True
         67); // False      ;
whenchanged = 1168151002;
belief = (0.445004, 0.554996);
visual V1 {
    center = (90, 294);
    dispform = BELIEFBARS;
    height = 12;
};
};

node Position {
    kind = NATURE;
    discrete = TRUE;
    chance = CHANCE;
    states = (Upright, LyingDown, Seated);
    parents = (TeethOrDrinkingOrHands);
    probs =
        // Upright      LyingDown      Seated      // TeethOrDrinkingOrHands
        ((0.9824561, 0.00877193, 0.00877193), // True
         (0.8823529, 0.05882353, 0.05882353)); // False      ;
numcases =
        // TeethOrDrinkingOrHands
        (114, // True
         17); // False      ;
whenchanged = 1168151002;
belief = (0.959088, 0.0204558, 0.0204558);
visual V1 {
    center = (792, 402);
    dispform = BELIEFBARS;
    height = 7;
};
};

node ColdWater {
    kind = NATURE;
    discrete = TRUE;
    chance = CHANCE;

```

```

states = (On, Off, OffWasOn);
parents = (TeethOrDrinkingOrHands);
probs =
    // On          Off          OffWasOn          // TeethOrDrinkingOrHands
    ((0.8508772, 0.1403509, 0.00877193), // True
     (0.7647059, 0.1764706, 0.05882353)); // False ;

numcases =
    // TeethOrDrinkingOrHands
    (114, // True
     17); // False ;

whenchanged = 1168151002;
belief = (0.830762, 0.148783, 0.0204558);
visual V1 {
    center = (408, 486);
    dispform = BELIEFBARS;
    height = 4;
};

};

node PossEmergency {
    kind = NATURE;
    discrete = TRUE;
    chance = CHANCE;
    states = (True, False);
    parents = (Position);
    probs =
        // True          False          // Position
        ((0.007874016, 0.992126), // Upright
         (0.75, 0.25), // LyingDown
         (0.5, 0.5)); // Seated ;

    numcases =
        // Position
        (127, // Upright
         4, // LyingDown
         2); // Seated ;

    title = "Emergency ?";
    whenchanged = 1168151002;
    belief = (0.0331216, 0.966878);
    visual V1 {
        center = (666, 486);
        dispform = BELIEFBARS;
        height = 5;
    };
};

```

```
};  
ElimOrder = (Soap, ToothBrush, ToothPaste, ColdWater, PossEmergency, Position, Glass,  
             HotWater, TeethOrDrinkingOrHands, TimeElapsed, TimeOfDay,  
             Previous_Activity, WashingHands, DrinkingWC, BrushingTeeth);  
};
```

ANNEXE F

CODE DU RÉSEAU MÉDICAL #2 DU LAVABO

```

bnet Lavabo_Diag_Hybryde {
whenchanged = 1166246604;

visual V1 {
    defdispform = LABELBOX;
    nodelabeling = TITLE;
    nodefont = font {shape= "Arial"; size= 10;};
    linkfont = font {shape= "Arial"; size= 9;};
    windowposn = (-4, -23, 1024, 674);
    resolution = 72;
    drawingbounds = (1531, 998);
    showpagebreaks = FALSE;
    usegrid = TRUE;
    gridspace = (6, 6);
    PrinterSetting A {
        margins = (1270, 1270, 1270, 1270);
        landscape = FALSE;
        magnify = 1;
    };
};

node TimeOfDay {
    kind = NATURE;
    discrete = FALSE;
    chance = CHANCE;
    states = (NightTime, WakeUpTime, Morning, DinnerTime, Afternoon, SupperTime,
Evening, BedTime);
    levels = (0, 7.5, 8.5, 12, 13.5, 17.5, 19, 21, 24);
    parents = ();
    probs =
        // NightTime    WakeUpTime    Morning    DinnerTime    Afternoon
SupperTime    Evening    BedTime
        (0.03149606,  0.1338583,  0.2519685,  0.1417323,  0.2598425,
        0.04724409,  0.03149606,  0.1023622);
    numcases = 127;
    comment = "Noeud représentant la période de la journée.\n\
Heure du lever (7:31 - 8:30) -> état : WakeUpTime\n\
Avant-midi (8:31 - 12:00) -> état : Morning\n\
D\EEner (12:01 - 13:30) -> état : DinnerTime\n\
Après-midi (13:31 - 17:30) -> état : Afternoon\n\
Souper (17:31 - 19:00) -> état : SupperTime\n\
Soirée (19:01 - 21:00) -> état : Evening\n\
Heure du coucher (21:01 - 23:59) -> état : BedTime\n\

```

```

        Nuit (12:00 - 7:30) -> état : NightTime";
whenchanged = 1166246515;
visual V1 {
    center = (768, 156);
    dispform = BELIEFBARS;
    height = 4;
};
};

node Previous_Activity {
    kind = NATURE;
    discrete = TRUE;
    chance = CHANCE;
    states = (Unknown, Toilet, WashingHands, BrushingTeeth, MealPreparation,
             Eating, Other);
    parents = ();
    probs =
        // Unknown Toilet WashingHands BrushingTeeth MealPreparation
        // Eating Other
        (0.007936508, 0.4126984, 0.03174603, 0.02380952, 0.02380952,
         0.3333333, 0.1666667);
    numcases = 126;
    comment = "Ce noeud représente l'activité précédente qui a été\n\
             déduite par le système. L'information de ce noeud provient\n\
             des différents réseaux de reconnaissance d'activité.";
    whenchanged = 1166246604;
    visual V1 {
        center = (378, 156);
        dispform = BELIEFBARS;
        height = 5;
    };
};

node CurrentActivity {
    kind = NATURE;
    discrete = TRUE;
    chance = CHANCE;
    states = (BrushingTeeth, TeethAndHands, DrinkingWC, WashingHands, Emergency,
             Other);
    parents = (TimeOfDay, Previous_Activity);
    probs =
        // BrushingTeeth TeethAndHands DrinkingWC WashingHands Emergency
        // Other TimeOfDay Previous_Activity

```

```

((0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,
 0.1666667), // NightTime Unknown
(0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,
 0.1666667), // NightTime Toilet
(0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,
 0.1666667), // NightTime WashingHands
(0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,
 0.1666667), // NightTime BrushingTeeth
(0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,
 0.1666667), // NightTime MealPreparation
(0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,
 0.1666667), // NightTime Eating
(0.3333333, 0.1111111, 0.2222222, 0.1111111, 0.1111111,
 0.1111111)), // NightTime Other
((0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,
 0.1666667), // WakeUpTime Unknown
(0.3, 0.1, 0.1, 0.2, 0.1,
 0.2), // WakeUpTime Toilet
(0.2857144, 0.1428571, 0.1428571, 0.1428571, 0.1428571,
 0.1428571), // WakeUpTime WashingHands
(0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,
 0.1666667), // WakeUpTime BrushingTeeth
(0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,
 0.1666667), // WakeUpTime MealPreparation
(0.1111111, 0.1111111, 0.1111111, 0.1111111, 0.1111111,
 0.4444444), // WakeUpTime Eating
(0.6428571, 0.07142857, 0.07142857, 0.07142857, 0.07142857,
 0.07142857)), // WakeUpTime Other
((0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,
 0.1666667), // Morning Unknown
(0.04166667, 0.1666667, 0.04166667, 0.625, 0.04166667,
 0.08333334), // Morning Toilet
(0.2857144, 0.1428571, 0.1428571, 0.1428571, 0.1428571,
 0.1428571), // Morning WashingHands
(0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,
 0.1666667), // Morning BrushingTeeth
(0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,
 0.1666667), // Morning MealPreparation
(0.5384616, 0.1538462, 0.07692306, 0.07692306, 0.07692306,
 0.07692306), // Morning Eating
(0.5454546, 0.09090909, 0.09090909, 0.09090909, 0.09090909,
 0.09090909)), // Morning Other
((0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,

```

```

0.1666667), // DinnerTime Unknown
(0.09090909, 0.2727273, 0.09090909, 0.3636364, 0.09090909,
0.09090909), // DinnerTime Toilet
(0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,
0.1666667), // DinnerTime WashingHands
(0.125, 0.125, 0.125, 0.375, 0.125,
0.125), // DinnerTime BrushingTeeth
(0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,
0.1666667), // DinnerTime MealPreparation
(0.3125, 0.1875, 0.0625, 0.3125, 0.0625,
0.0625), // DinnerTime Eating
(0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,
0.1666667)), // DinnerTime Other
((0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,
0.1666667), // Afternoon Unknown
(0.05882353, 0.2352941, 0.05882353, 0.5294118, 0.05882353,
0.05882353), // Afternoon Toilet
(0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,
0.1666667), // Afternoon WashingHands
(0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,
0.1666667), // Afternoon BrushingTeeth
(0.125, 0.125, 0.125, 0.375, 0.125,
0.125), // Afternoon MealPreparation
(0.3809524, 0.1428571, 0.04761905, 0.2380952, 0.04761905,
0.1428571), // Afternoon Eating
(0.2, 0.2, 0.1, 0.3, 0.1,
0.1)), // Afternoon Other
((0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,
0.1666667), // SupperTime Unknown
(0.1111111, 0.1111111, 0.1111111, 0.4444444, 0.1111111,
0.1111111), // SupperTime Toilet
(0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,
0.1666667), // SupperTime WashingHands
(0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,
0.1666667), // SupperTime BrushingTeeth
(0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,
0.1666667), // SupperTime MealPreparation
(0.25, 0.25, 0.125, 0.125, 0.125,
0.125), // SupperTime Eating
(0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,
0.1666667)), // SupperTime Other
((0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,
0.1666667), // Evening Unknown

```

```

(0.125,      0.125,      0.125,      0.375,      0.125,
 0.125),    // Evening  Toilet
(0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,
 0.1666667), // Evening  WashingHands
(0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,
 0.1666667), // Evening  BrushingTeeth
(0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,
 0.1666667), // Evening  MealPreparation
(0.1428571, 0.1428571, 0.1428571, 0.2857144, 0.1428571,
 0.1428571), // Evening  Eating
(0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,
 0.1666667)), // Evening  Other
((0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,
 0.1666667), // BedTime  Unknown
(0.07142857, 0.3571429, 0.07142857, 0.3571429, 0.07142857,
 0.07142857), // BedTime  Toilet
(0.2857144, 0.1428571, 0.1428571, 0.1428571, 0.1428571,
 0.1428571), // BedTime  WashingHands
(0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,
 0.1666667), // BedTime  BrushingTeeth
(0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,
 0.1666667), // BedTime  MealPreparation
(0.2222222, 0.1111111, 0.1111111, 0.1111111, 0.1111111,
 0.3333333), // BedTime  Eating
(0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667, 0.1666667,
 0.1666667))); // BedTime  Other ;

```

numcases =

```

// TimeOfDay Previous_Activity
((6, // NightTime Unknown
 6, // NightTime Toilet
 6, // NightTime WashingHands
 6, // NightTime BrushingTeeth
 6, // NightTime MealPreparation
 6, // NightTime Eating
 9), // NightTime Other
(6, // WakeUpTime Unknown
10, // WakeUpTime Toilet
 7, // WakeUpTime WashingHands
 6, // WakeUpTime BrushingTeeth
 6, // WakeUpTime MealPreparation
 9, // WakeUpTime Eating
14), // WakeUpTime Other
(6, // Morning Unknown

```

```

24,          // Morning   Toilet
7,           // Morning   WashingHands
6,           // Morning   BrushingTeeth
6,           // Morning   MealPreparation
13,          // Morning   Eating
11),         // Morning   Other
(6,          // DinnerTime Unknown
11,          // DinnerTime Toilet
6,           // DinnerTime WashingHands
8,           // DinnerTime BrushingTeeth
6,           // DinnerTime MealPreparation
16,          // DinnerTime Eating
6),         // DinnerTime Other
(6,          // Afternoon Unknown
17,          // Afternoon Toilet
6,           // Afternoon WashingHands
6,           // Afternoon BrushingTeeth
8,           // Afternoon MealPreparation
21,          // Afternoon Eating
10),        // Afternoon Other
(6,          // SupperTime Unknown
9,           // SupperTime Toilet
6,           // SupperTime WashingHands
6,           // SupperTime BrushingTeeth
6,           // SupperTime MealPreparation
8,           // SupperTime Eating
6),         // SupperTime Other
(6,          // Evening   Unknown
8,           // Evening   Toilet
6,           // Evening   WashingHands
6,           // Evening   BrushingTeeth
6,           // Evening   MealPreparation
7,           // Evening   Eating
6),         // Evening   Other
(6,          // BedTime   Unknown
14,          // BedTime   Toilet
7,           // BedTime   WashingHands
6,           // BedTime   BrushingTeeth
6,           // BedTime   MealPreparation
9,           // BedTime   Eating
6));        // BedTime   Other      ;

```

```
whenchanged = 1166246440;
```

```
visual V1 {
```

```

        center = (552, 372);
        dispform = BELIEFBARS;
        height = 10;
        link 2 {
            path = ((430, 221), (506, 315));
        };
    };
};

node ToothBrush {
    kind = NATURE;
    discrete = TRUE;
    chance = CHANCE;
    states = (Used, NotUsed);
    parents = (CurrentActivity);
    probs =
        // Used          NotUsed          // CurrentActivity
        ((0.8333333,    0.1666667),    // BrushingTeeth
        (0.952381,     0.04761905),    // TeethAndHands
        (0.3333333,    0.6666667),    // DrinkingWC
        (0.03846154,   0.9615384),    // WashingHands
        (0.5,          0.5),          // Emergency
        (0.05882353,   0.9411765));    // Other          ;
    numcases =
        // CurrentActivity
        (42,          // BrushingTeeth
        21,          // TeethAndHands
        3,           // DrinkingWC
        52,          // WashingHands
        2,           // Emergency
        17);        // Other          ;
    whenchanged = 1166246440;
    visual V1 {
        center = (270, 384);
        dispform = BELIEFBARS;
        height = 9;
    };
};

node Glass {
    kind = NATURE;
    discrete = TRUE;
    chance = CHANCE;

```

```

states = (Used, NotUsed);
parents = (CurrentActivity);
probs =
    // Used      NotUsed      // CurrentActivity
    (0.4285714, 0.5714286), // BrushingTeeth
    (0.04761905, 0.952381), // TeethAndHands
    (0.6666667, 0.3333333), // DrinkingWC
    (0.01923077, 0.9807692), // WashingHands
    (0.5, 0.5), // Emergency
    (0.05882353, 0.9411765)); // Other      ;

numcases =
    // CurrentActivity
    (42, // BrushingTeeth
    21, // TeethAndHands
    3, // DrinkingWC
    52, // WashingHands
    2, // Emergency
    17); // Other      ;

whenchanged = 1166246440;
visual V1 {
    center = (324, 468);
    dispform = BELIEFBARS;
    height = 8;
};
};

node ColdWater {
    kind = NATURE;
    discrete = TRUE;
    chance = CHANCE;
    states = (On, Off, OffWasOn);
    parents = (CurrentActivity);
    probs =
        // On      Off      OffWasOn      // CurrentActivity
        ((0.9069768, 0.06976745, 0.02325581), // BrushingTeeth
        (0.6818182, 0.2727273, 0.04545455), // TeethAndHands
        (0.5, 0.25, 0.25), // DrinkingWC
        (0.8301887, 0.1509434, 0.01886792), // WashingHands
        (0.3333333, 0.3333333, 0.3333333), // Emergency
        (0.7222222, 0.2222222, 0.05555556)); // Other      ;

    numcases =
        // CurrentActivity
        (43, // BrushingTeeth

```

```

        22,          // TeethAndHands
        4,          // DrinkingWC
        53,         // WashingHands
        3,          // Emergency
        18);       // Other          ;
whenchanged = 1166246440;
visual V1 {
    center = (390, 570);
    dispform = BELIEFBARS;
    height = 7;
};

};

node Position {
    kind = NATURE;
    discrete = TRUE;
    chance = CHANCE;
    states = (Upright, LyingDown, Seated);
    parents = (CurrentActivity);
    probs =
        // Upright      LyingDown   Seated      // CurrentActivity
        ((0.9534883,   0.02325581,  0.02325581), // BrushingTeeth
        (0.9090909,   0.04545455,  0.04545455), // TeethAndHands
        (0.5,         0.25,         0.25),       // DrinkingWC
        (0.9622642,   0.01886792,  0.01886792), // WashingHands
        (0.3333333,   0.3333333,  0.3333333), // Emergency
        (0.8888889,   0.05555556,  0.05555556)); // Other          ;

    numcases =
        // CurrentActivity
        (43,         // BrushingTeeth
        22,         // TeethAndHands
        4,          // DrinkingWC
        53,         // WashingHands
        3,          // Emergency
        18);       // Other          ;

whenchanged = 1166246440;
visual V1 {
    center = (786, 546);
    dispform = BELIEFBARS;
    height = 2;
};

};

```

```

node TimeElapsed {
    kind = NATURE;
    discrete = TRUE;
    chance = CHANCE;
    states = (TwoOrLess, MoreThanTwoToFour, MoreThanFourToSix, MoreThanSixToTen,
MoreThanTen);
    parents = (CurrentActivity);
    probs =
        // TwoOrLess    MoreThanTwoToFour MoreThanFourToSix MoreThanSixToTen
MoreThanTen // CurrentActivity
        ((0.4,          0.4,          0.15555556,  0.02222222,  0.02222222),
// BrushingTeeth
        (0.16666667,  0.58333333,  0.16666667,  0.04166667,  0.04166667),
// TeethAndHands
        (0.33333333,  0.16666667,  0.16666667,  0.16666667,  0.16666667),
// DrinkingWC
        (0.6,          0.3090909,  0.05454545,  0.01818182,  0.01818182),
// WashingHands
        (0.2,          0.2,          0.2,          0.2,          0.2),
// Emergency
        (0.1,          0.2,          0.35,          0.25,          0.1));
// Other
    ;
    numcases =
        // CurrentActivity
        (45,          // BrushingTeeth
        24,          // TeethAndHands
        6,           // DrinkingWC
        55,          // WashingHands
        5,           // Emergency
        20);        // Other
    ;
    whenchanged = 1166246440;
    visual V1 {
        center = (588, 570);
        dispform = BELIEFBARS;
        height = 3;
    };
};

node Soap {
    kind = NATURE;
    discrete = TRUE;
    chance = CHANCE;
    states = (Used, NotUsed);

```

```

parents = (CurrentActivity);
probs =
    // Used      NotUsed      // CurrentActivity
    ((0.02380952, 0.9761904), // BrushingTeeth
    (0.952381, 0.04761905), // TeethAndHands
    (0.3333333, 0.6666667), // DrinkingWC
    (0.9038461, 0.09615385), // WashingHands
    (0.5, 0.5), // Emergency
    (0.4705882, 0.5294118)); // Other      ;

numcases =
    // CurrentActivity
    (42, // BrushingTeeth
    21, // TeethAndHands
    3, // DrinkingWC
    52, // WashingHands
    2, // Emergency
    17); // Other      ;

whenchanged = 1166246440;
visual V1 {
    center = (774, 300);
    dispform = BELIEFBARS;
    height = 1;
    link 1 {
        path = ((649, 342), (691, 328));
    };
};

node HotWater {
    kind = NATURE;
    discrete = TRUE;
    chance = CHANCE;
    states = (On, Off, OffWasOn);
    parents = (CurrentActivity);
    probs =
        // On      Off      OffWasOn      // CurrentActivity
        ((0.4883721, 0.4186046, 0.09302326), // BrushingTeeth
        (0.6818182, 0.2727273, 0.04545455), // TeethAndHands
        (0.25, 0.5, 0.25), // DrinkingWC
        (0.8490566, 0.1320755, 0.01886792), // WashingHands
        (0.3333333, 0.3333333, 0.3333333), // Emergency
        (0.7777778, 0.1666667, 0.05555556)); // Other      ;

    numcases =

```

```

                                // CurrentActivity
(43,                            // BrushingTeeth
 22,                            // TeethAndHands
 4,                             // DrinkingWC
 53,                            // WashingHands
 3,                             // Emergency
 18);                            // Other          ;

whenchanged = 1166246440;
visual V1 {
    center = (828, 402);
    dispform = BELIEFBARS;
    height = 6;
};

};

node ToothPaste {
    kind = NATURE;
    discrete = TRUE;
    chance = CHANCE;
    states = (Used, NotUsed);
    parents = (CurrentActivity);
    probs =
        // Used          NotUsed          // CurrentActivity
        ((0.952381,    0.04761905), // BrushingTeeth
         (0.952381,    0.04761905), // TeethAndHands
         (0.3333333,    0.6666667), // DrinkingWC
         (0.03846154,   0.9615384), // WashingHands
         (0.5,         0.5),         // Emergency
         (0.05882353,   0.9411765)); // Other          ;

    numcases =
                                // CurrentActivity
(42,                            // BrushingTeeth
 21,                            // TeethAndHands
 3,                             // DrinkingWC
 52,                            // WashingHands
 2,                             // Emergency
 17);                            // Other          ;

whenchanged = 1166246440;
visual V1 {
    center = (282, 294);
    dispform = BELIEFBARS;
    height = 11;
    link 1 {

```

```
        path = ((456, 324), (360, 276));  
    };  
};  
ElimOrder = (ToothBrush, Glass, Soap, ToothPaste, ColdWater, Position, HotWater,  
TimeElapsed, TimeOfDay, Previous_Activity, CurrentActivity);  
};
```

ANNEXE G

**QUESTIONNAIRE PRÉLIMINAIRE et QUESTIONNAIRE
POUR LA ZONE DU LAVABO**

IMPORTANT : Dans le but de préserver l'anonymat, les données ne seront pas associées directement aux répondants. Les questionnaires spécialisés (Lavabo, Toilette, Bain/Douche) doivent être remplis sur une période de 2 jours (consécutifs ou non), au choix, chaque fois que vous effectuez une activité dans une de ces zones. Vous devez cependant vous assurer de choisir au moins une journée sur les deux où vous prenez une douche ou un bain. Merci de bien vouloir participer, votre collaboration est appréciée.

Note : Étant donné la nature des questions concernant la zone des toilettes, si vous n'êtes pas confortable avec ce questionnaire, vous pouvez choisir de ne répondre qu'aux questionnaires ayant trait à la zone du lavabo et à la zone du bain et de la douche.

Avant de commencer l'étude, veuillez répondre aux questions suivantes :

1 - Sexe : Masculin () Féminin ()

2 - Age : _____

3 - Portez-vous des prothèses dentaires ou des dentiers ?

OUI () NON ()

4 - Avez-vous des broches ?

OUI () NON ()

5 - Lorsque vous vous brossez les dents, avez-vous l'habitude de :

a) laisser l'eau couler du début à la fin

OU

b) ouvrir le robinet d'eau pour rincer et le laisser fermé pendant que vous brossez vos dents

6 - Prenez-vous des médicaments pouvant avoir un impact sur la fréquence à laquelle vous allez aux toilettes ?

OUI () NON ()

Si oui, lesquels ? _____

7 - Souffrez-vous d'une maladie pouvant avoir un impact sur la fréquence à laquelle vous allez aux toilettes ?

OUI () NON ()

Si oui, laquelle ? _____

Merci encore de votre collaboration.

Questionnaire Salle de bain – Lavabo / Miroir

IMPORTANT : Dans le but de préserver l'anonymat, les données ne seront pas associées directement aux répondants. Ce questionnaire doit être rempli sur une période de 2 jours (consécutifs ou non), au choix. Vous devez remplir **une ligne** du tableau **chaque fois** que vous effectuez une activité dans la zone du lavabo/miroir durant les 2 jours que vous aurez choisis. Merci de bien vouloir participer, votre collaboration est appréciée.

INSTRUCTIONS :

Veillez inscrire vos réponses sur le formulaire de réponse. Les informations sur une même feuille de réponses doivent se rapporter à la même journée et à la même personne. Utilisez autant de feuilles par journée que nécessaires.

Utilisez les listes suivantes pour répondre aux questions des colonnes 2, 3 et 4 du questionnaire.

Colonne 2 : Activité (choisir une seule réponse) :

- a) Se laver les mains
- b) Se laver le visage
- c) Se brosser les dents
- d) Boire de l'eau
- e) Autre (précisez sur la feuille réponse)

Colonne 3 : Activité précédente (choisir une seule réponse) :

- a) Manger
- b) Préparer de la Nourriture
- c) Dormir (pour la nuit)
- d) Sieste
- e) Écouter la télé
- f) Répondre à l'appel de la nature
- g) S'habiller (le matin) pour la journée
- h) Mettre son pyjama
- i) Prendre un bain
- j) Prendre une douche
- k) Se laver les mains
- l) Se laver le visage
- m) Se brosser les dents
- n) Boire de l'eau
- o) Autre (précisez sur la feuille réponse)

Colonne 4 : Liste des éléments utilisés (choisir tout ce qui s'applique) :

- a) Eau chaude
- b) Eau froide
- c) Savon
- d) Brosse à dents
- e) Pâte à dents
- f) Serviette
- g) Verre
- h) Autre (précisez sur la feuille réponse)

Feuille-réponse – version 1, Salle de bain – Lavabo / Miroir

Date : _____

Heure de début d'activité	Activité (choisir une seule réponse)	Activité précédente (choisir une seule réponse)	Éléments utilisés (encerclez tout ce qui s'applique)	Heure de fin d'activité
____ AM ____ PM	a b c d e (Précisez) : _____ _____ _____	a b c d e f g h i j i k l m n o (Précisez) : _____ _____	a b c d e f g h (Précisez) : _____ _____ _____	____ AM ____ PM
____ AM ____ PM	a b c d e (Précisez) : _____ _____ _____	a b c d e f g h i j i k l m n o (Précisez) : _____ _____	a b c d e f g h (Précisez) : _____ _____ _____	____ AM ____ PM
____ AM ____ PM	a b c d e (Précisez) : _____ _____ _____	a b c d e f g h i j i k l m n o (Précisez) : _____ _____	a b c d e f g h (Précisez) : _____ _____ _____	____ AM ____ PM
____ AM ____ PM	a b c d e (Précisez) : _____ _____ _____	a b c d e f g h i j i k l m n o (Précisez) : _____ _____	a b c d e f g h (Précisez) : _____ _____ _____	____ AM ____ PM
____ AM ____ PM	a b c d e (Précisez) : _____ _____ _____	a b c d e f g h i j i k l m n o (Précisez) : _____ _____	a b c d e f g h (Précisez) : _____ _____ _____	____ AM ____ PM

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Amaral T., Hine N., Arnott J., Curry R., Barlow J. (2005). *Integrating the Single Assessment Process into a lifestyle-monitoring system*. In from smart homes to smart care. ICOST 2005. IOS Press. Magog, Quebec. Pp 42-
- [2] Azlan M., Cartwright I., Jones N., Quirk T., West G., (2005). *Multi-modal Monitoring of the Aged in Their Own Homes*. 3rd International Conference on Smart Homes and Health Telematic (ICOST), pp.264-271.
- [3] Bauchet, J., Mayers, A., (2005). *A modelisation of ADLs in its environment for cognitive assistance*. 3rd International Conference on Smart Homes and Health Telematic (ICOST), pp. 221-228.
- [4] Becker, Naim, *Les réseaux bayésiens. Modèles graphiques de connaissances*. Eyrolles.
- [5] Bonner S. (1998) *Assisted Interactive Dwelling House*. in Proc. of the 3rd TIDE Congress : Technology for Inclusive Design and Equality Improving the Quality of Life fir the European Citizen, Helsinki, Finland.
- [6] Bunt A., Conati C. (2002). *Assessing Effective Exploration in Open Learning Environments Using Byesian Networks*. Proceedings of ITS 2002, 6th International Conference on Intelligent Tutoring Systems, Biarritz, France. pp. 698-707.
- [7] Buxton H., Gong S. (1995). *Advanced Visual Surveillance using Bayesian Networks*. International Conference on Computer Vision, Cambridge, Mass., June 1995.
- [8] Chan M., Bocquet H., Campo E., Val T, Pous J. (1999). *Alarm communication network to help carers of the elderly for safety purposes : a survey of a project*. Int J Rehabil Res, vol. 22, pp. 131-136.
- [9] Chan M, Campo E, Laval E, Esteve D. *Validation of a remote monitoring system for the elderly: application to mobility measurements*. Technol Health Care. pp.391-399.
- [10] Charniak, E., McDermott, D. (1987). *Introduction to Artificial Intelligence*. Addison-Westley.

- [11] Conati C., Gertner A., VanLehn K. (2002). *Using Bayesian Networks to Manage Uncertainty in Student Modeling*. Journal of User Modeling and User-Adapted Interaction. pp. 371-417.
- [12] Conati C., VanLehn K. (1996). Probabilistic Plan Recognition for Cognitive Apprenticeship. G. Cottrel. (ed.) Proceedings of the 18th Annual Conference of the Cognitive Science Society, San Diego, CA. pp. 403-408.
- [13] Dalal S., Alwan M., Seifrafi R., Kell S., Brown D. (2005) *A Rule-Based Approach to the Analysis of Elders' Activity Data: Detection of Health and Possible Emergency Conditions*. AAAI 2005 Fall Symposium, Workshop on Caring Machines: AI in Eldercare, Arlington, VA.
- [14] Demiris G, Rantz MJ, Aud MA, Marek KD, Tyrer HW, Skubic M, Hussam A, (2004). *Older adults' attitudes towards and perceptions of 'smarthome' technologies: a pilot study*. Medical Informatics and The Internet in Medicine, June 2004, vol. 29, no. 2, pp. 87-94.
- [15] Descheneaux, C., Latfi, F., Lefebvre, B. (2006). *Habitat intelligent et apprentissage : Rôle des Réseaux Bayésiens*. 74^{ième} Congrès de l'Acfas à l'université de McGill. Montréal, Québec.
- [16] Duchêne, F., (2004). *Fusion de données multicateurs pour un système de télésurveillance médicale de personnes à domicile*. Thèse de Doctorat, Université Joseph Fourier Grenoble, France.
- [17] Elger G., Furugren B. (1998). *"SmartBo" – An ICT an computer-based demonstration home for disabled people*. In Proc. of the 3rd TIDE Congress : Technology for Inclusive Design and Equality Improving the Quality of Life for the European Citizen, Helsinki, Finland.
- [18] Elzabadani H., Helal A., Abdulrazak B., Jansen E. (2005). *Self-Sensing Spaces: Smart Pligs For Smart Environments*. In from smart homes to smart care. ICOST 2005. IOS Press. Magog, Quebec. Pp. 91-98.
- [19] Essa I.A., (1999). *Ubiquitous Sensing for Smart and Aware Environments: Technologies towards the building of an Aware Home*. Position Paper for the DARPA/NSF/NIST Workshop on Smart Environments.
- [20] Fisk, A. D., Rogers, W. A., *Psychology and aging: Enhancing the lives of an aging population*. Current Directions in Psychological Science, vol. 11, pp. 107-110.

- [21] Kidd C.D., Orr R.J., Abowd G.D., Atkeson C.G., Essa I.A., Macintyre B., Mynatt E., STARNER, T. E., Newstetter W. (1999). *The Aware Home: A Living Laboratory for Ubiquitous Computing Research*. In the Proceedings of the Second International Workshop on Cooperative Buildings – CoBuild '99. Octobre 1999.
- [22] Lauritzen S. L., Spiegelhalter D. J. (1988) *Local computations with probabilities on graphical structures and their application to expert systems*. In Journal Royal Statistics Society B, 50(2), 157-194.
- [23] Latfi, F., Lefebvre, B. (2005). *A cognitive system for a Smart Home Dedicated to People in Loss of Autonomy*. In from smart homes to smart care. ICOST 2005. IOS Press. Magog, Quebec. pp. 245-254.
- [24] Martin S., Nugent C., Porter-Armstrong A. (2005). *User-Perspectives: Living and Working within a 'Smart Home' Environment*. In from smart homes to smart care. ICOST 2005. IOS Press. Magog, Quebec. Pp. 33-41.
- [25] Melenhorst, A. S., Rogers, W. A., and Caylor, E. C., (2001). *The use of communication technologies by older adults: Exploring the benefits from the user's perspective*. Human Factors and Ergonomics Society, conference paper Published of Collection: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 46th Annual Meeting. Santa Monica, CA. pp. 221-225.
- [26] Moore, D., Essa I., Hayes M. (1999) *Exploiting Human Actions and Object Context for Recognition Tasks*. In Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision 1999 (ICCV'99), Corfu, Greece.
- [27] Mynatt, E.D., Essa I., Rogers W. (2000). *Increasing the opportunities for Aging-in-Place*. In Proceedings of ACM Conference on Universal Usability.
- [28] Negnevitsky, M. (2002). *Artificial Intelligence, a Guide to Intelligent Systems*. Harlow, Essex : Addison-Westley.
- [29] Noury N., Hervé T., Rialle V., Virone G., Mercier E. (2000). *Monitoring behavior in home using smart fall sensor and position sensors*. In Proc. of the 1st IEEE-EMBS on Microtechnologies in Medicine and Biology, Lyon, France, pp. 607-610.
- [30] Noury N, Virone G, Barralon P, Yé J, Rialle V, Demongeot J. (2003) *New trends in Health Smart Homes*. Healthcom Workshop; June 6-7; Santa Monica (CA). pp. 118-127.

- [31] Nugent C., Finlay D., Davies R., Paggetti C., Tamburini E., Black N. (2005). *Can Technology Improve Compliance to Medication?* In from smart homes to smart care. ICOST 2005. IOS Press. Magog, Quebec. Pp. 65-72.
- [32] O'Donoghue J., Herbert J. (2005). *Data Management System: A Context Aware Architecture For Pervasive Patient Monitoring*. 3rd International Conference on Smart Homes and Health Telematic (ICOST), pp.159-166.
- [33] Pearl, J., (1988) *Probabilistic reasoning in intelligent systems: networks of plausible inference*. San Mateo, Calif. : Morgan Kaufmann.
- [34] Pigot, H., Lefebvre, B., Meunier, J.G., Kerhervé, B., Mayers, A., Giroux, S., (2003). *The role of intelligent habitats in upholding elders in residence*. 5th international conference on Simulations in Biomedicine, pp. 497-506.
- [35] Pigot H., Savary J.-P., Metzger J.-L., Rochon A., Beaulieu M. (2005). *Advanced Technology Guidelines to Fullfill the Needs of the Cognotovely Impaired Population*. In from smart homes to smart care. ICOST 2005. IOS Press. Magog, Quebec. pp. 25-32.
- [36] Rantz M.J., Marek, K.D., Aud M.A., Johnson R.A., Otto D., Porter R.. (2005). *TigerPlace: A New Future for Older Adults*. Journal of Nursing Care Quality, January-March 2005, vol. 20, no. 1, pp. 1-4.
- [37] Rialle V. (2002). *La santé par des capteurs au domicile : entre « meilleur des mondes » et opportunités de solidarités nouvelles*. Publication du groupe STP (Sujet, Théorie et Praxis), Maison des Sciences de l'Homme. Paris
- [38] Rialle, V., (2006) *Innovation technologique, habitats intelligents et développement social durable : Le cas des malades « Alzheimer » et de leurs aidants familiaux*, Séminaire LANCI, Université du Québec à Montréal
- [39] Rialle V., Noury N., Fayn J., Chan M., Campo E., Bajolle L., Thomesse J.P. (2001) *Health smart home information systems : concepts and illustrations*. In Proc. of the 3rd International Workshop on Enterprise Networking and Computing in Health Care Industry (HEALTHCOM), L'Aquila, Italie. pp. 99-103.
- [40] Rialle V., Noury N., Hervé T.(2001). *An experimental health smart home and its distributed Internet-based Information and Communication System : first steps of a research project*. In Proc. of the 10th World Congress on Medical Informatics (MEDINFO), Londres, the Patel et al. (eds), pp. 1479-1483.

- [41] Rialle V., Nouri, N., Bajolle, L., Lamy, J.B., Virone, G., Duchêne, F., Demongeot, J., (2002). *Le concept d'Habitat Intelligent pour la Santé : considérations technoscientifiques pour un service médico-social*. Revue de Gériatrie (Soumis).
- [42] Rogers, W. A., and Mynatt, E. D. (2003). *How can technology contribute to the quality of life of older adults?* In *The technology of humanity: Can technology contribute to the quality of life?*. pp. 22-30.
- [43] Smith, J.Q., (1988). *Decision Analysis, A Bayesian Approach*. London : Chapman and Hall ,
- [44] Stip E. et V. Rialle (2005). *Environmental cognitive remediation in schizophrenia: Ethical implications of "Smart Home" technology*. Canadian Journal of Psychiatry. 50(5): pp. 281-291.
- [45] Steenkeste F, Bocquet H, Chan M, Campo E. (2001) *La mise en place d'une technologie pour observer le comportement nocturne des personnes âgées en institution*. ITBM-RBM pp. 25-30.
- [46] Sueda O., Ide M., Honma A., Yamagushi M. (1999). *Smart House in Tokushima*. In the Proceedings of the 5th European Conference for the Advancement of Assistive Technology. Dusseldorf, Allemagne 1999.
- [47] Suzuki R, Ogawa M, Tobimatsu Y, Iwaya T. (2001). *Time-course action analysis of daily life investigations in the welfare techno house in Mizusawa*. Telemed J E-Health. pp. 249-59.
- [48] Uschold M., Jasper R.. (1999). *A Framework for Understanding and Classifying Ontology Applications*. In Benjamins VR (ed) IJCAI'99 Workshop on Ontology and Problem Solving Methods: Lessons Learned and Future Trends. Stockholm, Suède.
- [49] Van Berlo A., (1998). *A "smart" model house as research and demonstration tool for telematics development*. In Proc. of the 3rd TIDE Congress : Technology for Inclusive Design and Equality Improving the Quality of Life for the European Citizen, Helsinki, Finland.
- [50] Vergnes D., Giroux S., Chamberland-Tremblay D. (2005). *Interactive Assistant for Activities of Daily Living*. 3rd International Conference on Smart Homes and Health Telematic (ICOST), pp.229-236.

- [51] Yamazaki T., Ueda H., Sawada A., Tajika Y., Minoh M. (2005). *Network Appliances Collaboration on the Ubiquitous Home. In from smart homes to smart care. ICOST 2005*. IOS Press. Magog, Quebec. pp. 135-142.