

# Plate-forme d'intégration de services personnalisés à base d'agents

Abdouroihamane ANLI (1,2), Christelle PETIT-ROZE (1),  
Emmanuelle GRISLIN-LE STRUGEON (1)

(1) LAMIH UMR CNRS 8530  
Le Mont Houy  
59313 Valenciennes cedex 9, France  
{christelle.roze, emmanuelle.grislin}@univ-valenciennes.fr

(2) ARCHIMED  
49, Boulevard de Strasbourg  
59042 Lille cedex  
[anli@archimed.fr](mailto:anli@archimed.fr)

## Résumé :

La personnalisation de l'information consiste à délivrer à l'utilisateur de l'information pertinente relativement à ses besoins et préférences. Ce domaine étant en constante évolution, les systèmes délivrant une information personnalisée ne peuvent être figés : ils doivent permettre l'intégration et la mise à jour des méthodes de personnalisation qu'ils utilisent. Nous proposons aux concepteurs de faciliter l'administration de tels systèmes en considérant la personnalisation en tant que *service* externe et indépendant du système d'information. Basée sur une organisation d'agents logiciels communicants, la plate-forme proposée comprend une administration explicite et en dynamique des méthodes de personnalisation. Un exemple concret d'application dans le domaine des transports est présenté.

**Mots-clés :** Système d'information, personnalisation, plate-forme, services web

## 1. Introduction

La problématique de la personnalisation de l'information fait parti de ces domaines dans lesquels entre une nécessaire part de gestion de l'imprécision et de l'incertitude. En effet, la personnalisation de l'information consiste à délivrer à l'utilisateur de l'information pertinente relativement à ses besoins et préférences. Or, « la pertinence de l'information n'est [cependant] pas une mesure objective » [3]. Elle est relative à un utilisateur (ou groupe d'utilisateurs) dans un contexte précis de tâche et de ressources – matérielles, logicielles, temporelles – spécifiques. La personnalisation de l'information s'applique à de multiples domaines, dont le point commun est le besoin de cibler l'information requise, la filtrer, la trier, etc., afin de répondre le plus précisément possible aux demandes (explicites ou supposées) des utilisateurs.

La personnalisation se fonde sur une certaine connaissance de l'utilisateur par le système. Des informations peuvent être demandées directement à l'utilisateur, d'autres sont déduites par le système au fur-et-à-mesure des connexions. Parmi les connaissances demandées directement on trouvera par exemple, les données d'identification de l'utilisateur, les adresses mail et téléphoniques permettant de le contacter, ainsi que des informations personnelles utiles dans le cadre de l'application du système, comme le fait qu'il possède une carte de réduction. De fait la quantité de ces informations est réduite afin d'éviter de longs questionnaires d'inscription au service, mais il s'agit de données sûres et relativement fixes. A l'opposé, les connaissances déduites par le système sont des connaissances incertaines et dynamiques, susceptibles d'évoluer sur la base des actions passées. Par exemple, la certitude quant à la préférence de l'utilisateur pour tel type de solution se renforce au fil des propositions du système qui ont été validées ou invalidées. A cette fin, les méthodes d'apprentissage et de classification des utilisateurs s'avèrent particulièrement utiles.

Les systèmes existants intègrent une ou plusieurs méthodes (principalement des méthodes de filtrage, comme nous le verrons par la suite) de façon « fixe », généralement prévue dès leur conception ce qui rend toute modification au fil du temps quasi-impossible (coût important de maintenance et de rétro-conception). Pour remédier à cela, nous proposons un système de personnalisation générique et évolutif.

## 2. Des services de personnalisation

La personnalisation de l'information a un champ d'investigation de plus en plus vaste. Cependant la personnalisation prend un sens différent selon les besoins attendus. Plus précisément, *filtrer/sélectionner* un ensemble de données en fonction du profil de l'utilisateur est une des définitions de la personnalisation, tout comme *recommander* une information, action dont l'objectif est pourtant différent. La personnalisation peut également prendre d'autres formes telles que classer des informations selon leur pertinence pour un utilisateur donné, adapter la présentation des informations au support avec lequel interagit l'utilisateur, proposer des informations connexes à la requête initiale, etc. A chaque définition correspond ainsi une ou plusieurs méthodes de personnalisation.

Les méthodes de filtrage d'information sont capables de distinguer les informations pertinentes des informations non pertinentes. Pour cela, le filtrage d'information couple des outils issus de l'intelligence artificielle avec des méthodes traditionnelles de recherche d'information (par exemple, une recherche à partir de mots-clés). Ces systèmes appuient leur recherche sur des profils utilisateurs. Le profil permet de dégager des règles de filtrage initiales, puis est mis à jour grâce aux retours d'information donnés par les utilisateurs [1]. Nous distinguerons deux types de méthodes pour filtrer des informations : les méthodes cognitives et les méthodes sociales.

Les systèmes basés sur une méthode cognitive sont encore appelés des systèmes basés sur le contenu (content-based matching). La notion de méthode cognitive a été proposée en 1983 par Salton & McGill [17] ; elle tire son origine de la recherche d'information traditionnelle. Cette méthode se base sur le calcul vectoriel, le profil de l'utilisateur étant représenté par un vecteur de mots-clés et de poids associés à ces mots-clés. Tous les documents sont représentés de la même manière. La méthode consiste à calculer la distance entre le vecteur représentatif de l'utilisateur et ceux des documents. La distance la plus faible correspond au document le plus pertinent pour la requête de l'utilisateur. La connaissance de l'utilisateur peut également servir à effectuer des recommandations de contexte : le système fournit à l'utilisateur d'autres informations, qu'il n'a pas explicitement demandé mais qui sont susceptibles de l'intéresser. Par exemple, un utilisateur qui interroge un service de billetterie concernant des événements culturels, peut également se voir proposer des possibilités de transport jusqu'aux lieux de spectacle ou musées présentés.

Les systèmes basés sur une méthode sociale sont appelés des systèmes de filtrage collaboratif. Ce type de méthode a été proposé en 1992 par Goldberg [6]. Contrairement à la méthode précédente, celle-ci n'est pas basée sur l'analyse des documents ou des intérêts des utilisateurs mais se base sur l'expérience des utilisateurs. Ainsi le filtrage collaboratif peut être basé sur la « mémoire », c'est-à-dire qu'il utilise les profils de tous les utilisateurs (ou uniquement des utilisateurs appartenant à la même communauté) pour générer une nouvelle connaissance, ou il peut être basé sur un modèle, c'est-à-dire que le système définit un ou plusieurs modèles par des techniques d'apprentissage qui seront instanciés pour un utilisateur donné. Le filtrage collaboratif est la principale méthode utilisée pour les systèmes de recommandations s'appuyant sur les commentaires et/ou les recommandations donnés par d'autres utilisateurs au profil similaire [10][4]. Ainsi, nous pouvons distinguer les recommandations basées sur une appréciation donnée ultérieurement par l'utilisateur, de celles basées sur des statistiques de satisfaction [11]. L'appartenance d'un utilisateur à un ou plusieurs groupes d'intérêt (des « communautés ») est également exploité pour effectuer de la diffusion d'information. Par exemple, dans le domaine des transports, les usagers fréquents de la ligne B du RER forment une communauté. Lors de perturbations sur cette ligne, le système peut informer les membres de cette communauté par SMS.

Ces deux types de filtrage peuvent être combinés (voir par exemple [12]). Par exemple, dans l'article [2], les auteurs proposent un système de recommandation de films à partir des deux types de filtrage. Le système se sert du filtrage collaboratif pour savoir si un film  $\alpha$  peut plaire à un utilisateur A, à partir du contenu de  $\alpha$  et d'une classification de A parmi les utilisateurs.

Le tableau 1 présente les méthodes d'apprentissage adaptées, d'une part pour répondre à la demande d'un utilisateur, d'autre part dans le cadre d'un suivi des centres d'intérêts de l'utilisateur. Dans les deux cas, le système peut baser ses réponses sur celles d'autres utilisateurs, ou sur le contenu des données présentées.

**Tableau 1 : Classification des méthodes de personnalisation selon le contexte utilisé et le type de filtrage**

		<i>Type de filtrage</i>	
		<i>Méthode sociale</i>	<i>Méthode cognitive</i>
<i>Information de contexte</i>	<i>Utilisateur</i>	Filtrage collaboratif	Filtrage basé sur le profil
	<i>Données</i>	Recommandation de communauté	Recommandation contextuelle

Chaque famille de méthodes est à la fois diversifiée et en constante évolution (voir par exemple [5] pour le filtrage basé sur le profil, [13] pour les recommandations). Dans ce contexte, les caractères à la fois modulaire et évolutif des systèmes s'avèrent cruciaux. Concernant la personnalisation, la création de services indépendants des systèmes d'information et aisément modifiables à tout moment afin de profiter des évolutions au fur-et-à-mesure de leur mise à disposition, est un avantage certain. C'est dans cet esprit que nous avons cherché à proposer un modèle de fourniture de services personnalisés qui soit à la fois indépendant des systèmes d'information visés, des méthodes de personnalisation utilisées et de leur paramétrage.

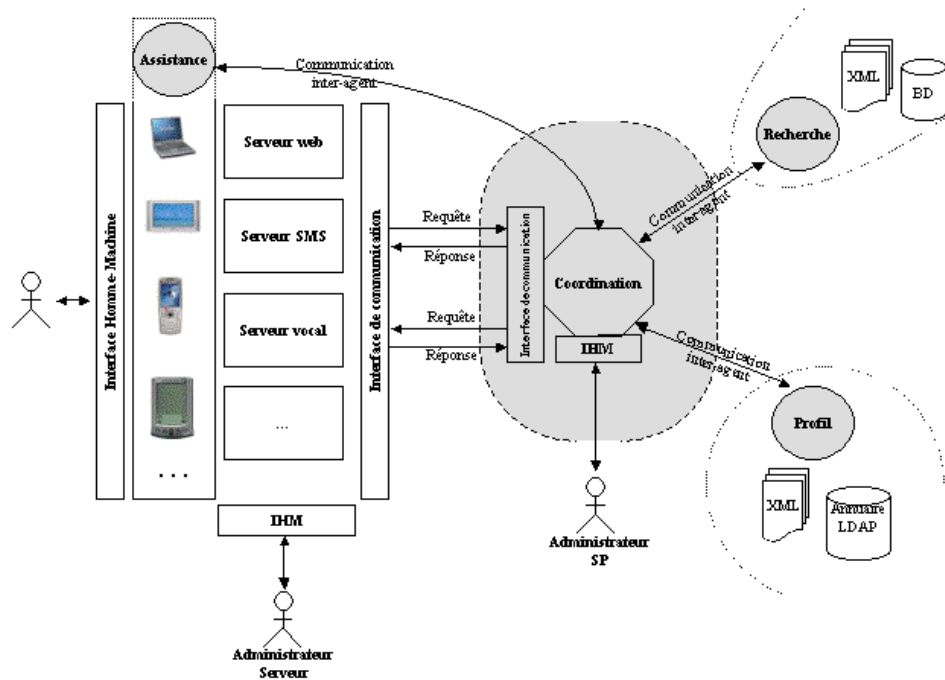
### 3. Plate-forme de services personnalisés

Notre objectif est donc de fournir un modèle générique utile à la conception de système de personnalisation (SP) et qui puisse couvrir les différents aspects de personnalisation, à savoir, la recherche d'information personnalisée, la prise en compte des différents modes d'interaction (vocal, textuel, ...), la prise en compte des différentes plate-formes d'interaction (PC, PDA, téléphone portable, ...) l'assistance à l'utilisateur, etc. La prise en compte des différents modes d'interaction et des différentes plate-formes d'interaction signifie, pour nous, que le système de personnalisation doit les intégrer dans ses raisonnements par rapport aux préférences de l'utilisateur. Le système de personnalisation doit être capable de dire, par exemple, que pour telle information, l'utilisateur préférera l'écouter à partir de son téléphone portable, plutôt que de la lire sur son PDA.

Nous ne préconisons pas de méthodes pour la recherche d'information, l'observation de l'utilisateur, le stockage et la gestion du profil, etc. C'est au concepteur du système de personnalisation de choisir l'architecture interne et les modèles d'implémentation des différents éléments du SP. Le système de personnalisation doit présenter les caractéristiques suivantes :

- multi-applications : le SP doit pouvoir communiquer avec plusieurs applications pour assurer la prise en compte des différents modes d'interaction et des différentes plate-formes accueillant l'interaction.
- autonomie et pro-activité : l'assistance de l'utilisateur, la recherche d'information, la gestion de profil utilisateur exigent des capacités d'autonomie et de pro-activité.
- support de mobilité : la mobilité consiste à faire migrer un code informatique d'une plate-forme vers une autre pour s'y exécuter. Les différents éléments du SP peuvent ne pas tous se situer sur une même machine. Par exemple, la gestion de profil utilisateur peut se situer sur un serveur LDAP [15] alors que la recherche d'information peut se situer sur un serveur d'information. L'administrateur du SP doit pouvoir déployer ces éléments à partir d'une seule interface d'administration.
- évolutivité : l'administrateur du SP doit pouvoir ajouter des éléments, en enlever, faire évoluer leur comportement. Par exemple, permettre à un module de recherche d'information transport de faire aussi de la recherche d'information culturelle, etc.

Les agents présentent des caractéristiques (autonomie, pro-activité, mobilité, communication, acquisition de connaissances, de compétences, ...) intéressantes vis-à-vis de nos objectifs. C'est la raison pour laquelle le service de personnalisation proposé a été construit sur une architecture multi-agents. La figure 1 présente l'architecture globale du SP et ses interactions avec les systèmes d'information existants. Nous décomposons le SP en quatre parties qui correspondent à des modèles d'agents logiciels : coordination, gestion de profil, recherche d'information et assistance de l'utilisateur. Chaque partie est assurée par un ou plusieurs agents aux rôles différents et aux compétences correspondantes. Les agents coopèrent entre eux afin de fournir aux utilisateurs des informations personnalisées [14].



**Figure 1 : Architecture générale du système de personnalisation**

### 3.1 Spécification dynamique des comportements

Une méthode de personnalisation correspond ici à une compétence spécifique dont il est possible de doter les agents du système. Le SP permet de gérer dynamiquement les comportements des agents par l'ajout ou la suppression de compétences. Par exemple, supposons que le système comporte un agent Profil qui est capable de donner le dernier résultat validé par l'utilisateur lors d'une requête similaire à la requête présente. Cet agent pourra facilement être modifié de façon à donner désormais le résultat le plus choisi par l'ensemble des utilisateurs ayant effectué une requête similaire. La gestion explicite des compétences des agents rend ainsi le SP évolutif et adaptable aux besoins spécifiques des systèmes d'information.

Bien que le SP facilite l'administration des compétences des agents, le choix de ces compétences reste un travail complexe et non aisément automatisable. En effet, s'il est possible de donner des compétences diverses aux agents, les méthodes ne sont pas toutes cumulables. Les deux méthodes évoquées dans l'exemple ci-dessus conduisent ainsi à la délivrance d'informations de même type. L'administrateur du SP est obligé de concevoir une nouvelle compétence pour la combinaison de ces deux méthodes. D'autres méthodes sont, par contre, indépendantes : une méthode de filtrage basé sur le contenu et une méthode de type communauté, par exemple, ne renvoient pas le même type d'information et peuvent se cumuler.

L'administrateur interagit avec le SP par l'intermédiaire de l'agent coordinateur, pour gérer les compétences des agents de tout type (recherche, profil, assistance). L'ajout et la suppression de comportements sont rendus possibles par la plate-forme multi-agents utilisée : la plate-forme Magique [16]. Le modèle d'organisation multi-agent sous-jacent est une structure hiérarchique dans laquelle les agents coordinateurs possèdent des connaissances sur les compétences des agents qu'ils supervisent. Toute modification des compétences est répercutée aux niveaux supérieurs de façon à maintenir la cohérence des connaissances des agents.

### 3.2 Intégration aux systèmes d'information

L'intégration du SP à un système d'information existant consiste à doter le SI de capacités de communication avec le SP et à définir les mécanismes de raisonnement, de coordination, et de déploiement pour les différents modèles d'agents (assistance, profil, recherche, coordination) du SP (voir Figure 2). La particularité de cette intégration réside dans le fait que toute la gestion de la personnalisation s'effectue au travers d'une seule interface administrateur fournie par l'agent coordinateur. Même pour des agents physiquement distribués (les agents de profil, ou de recherche peuvent se localiser sur d'autres plate-formes), leur gestion s'effectue au travers de cette même interface. L'agent coordinateur se charge de leur transmettre les modifications à intégrer selon le principe d'acquisition dynamique des compétences précédemment décrit. Enfin, notons qu'il est possible

de différencier les méthodes utilisées par les agents pour la personnalisation selon les systèmes d'information visés.

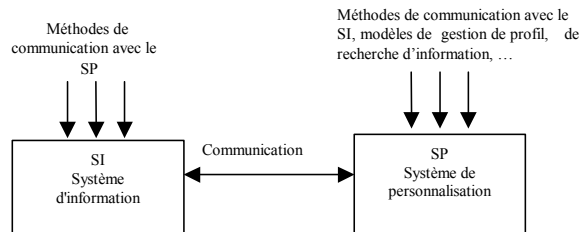


Figure 2 : Interaction système d'information-système de personnalisation

#### 4. Application à la recherche d'itinéraires multi-modaux multi-exploitants

Parmi les applications de la personnalisation de l'information, nous nous sommes intéressés au domaine du transport terrestre de personnes [8] et plus particulièrement à la recherche d'itinéraires combinant différents modes de transport et différents exploitants. A partir d'un système d'information transport existant, un système de personnalisation a été développé. Le serveur d'information (figure 3) utilisé est basé sur la plate-forme MASC<sup>1</sup>. Il offre un portail web qui permet de gérer les utilisateurs (dans notre cas, un annuaire LDAP [15]). Le support des échanges de données est XML [7] et la présentation des informations est effectuée à partir d'une transformation XSL [7]. Outre les agents présentés ci-dessus et constituant le système de personnalisation, les interfaces de communication entre le système d'information et le système de personnalisation d'une part, le système de personnalisation et son administrateur d'autre part, sont développées également en tant qu'agents logiciels. Le premier permettant la traduction des messages SOAP [9] envoyés par le serveur MASC en langage compréhensible (notamment l'invocation de la méthode adéquate à l'agent coordinateur) par l'agent coordinateur et le second permettant l'interprétation des actions de l'administrateur du SP au travers de l'interface graphique.

Le screenshot montre une page web de recherche d'itinéraire. Le titre de la page est 'MON-SERVICE-TRANSPORT.COM Le portail assistant du transport personnalisé'. Les champs de recherche indiquent un lieu de départ 'LAMIH' à partir de '06:45' et un lieu d'arrivée 'Archimed'. Le résultat de la recherche est présenté sous forme de tableau :

					Tous les choix possibles				
					Mode	Nbre Mode	Durée	Prix	
Aulnoy Université	06:46	Bus	14 min	1.30 euros	Choix 1	Marche Ter Metro	3	01h29	8.9 euros
Gare de Valenciennes	07:00				Choix 2	Marche Ter Bus	3	01h34	8.9 euros
Gare de Valenciennes	07:25	Ter	31 min	7.30 euros	Choix 3	Bus Ter Bus	3	01h29	9.9 euros
Gare Lille Flandres	07:56				Choix 4	Bus Ter Metro	3	01h29	9.9 euros
Gare Lille Flandres	08:05	Metro	10 min	1.30 euros					
Porte des Postes	08:15								

En dessous du tableau, les informations suivantes sont affichées :  
 Nombre de correspondance : 3  
 Durée totale : 01h29  
 Coût total : 9.9 euros  
 Cette solution vous conviendra à 41,67 pour 100 (5/12)

Figure 3 : Interface de réponse du système SITP en recherche d'itinéraire

Prenons l'exemple de trois usagers (User\_A, User\_B et User\_C) se connectant au Système d'Information Transport Personnalisée (SITP) afin de rechercher l'itinéraire pour aller du laboratoire LAMIH de l'université à la société Archimed. Par rapport à la carte du réseau de transport en commun réel, une dizaine de solutions sont possibles. La base de données de simulation fournit quatre itinéraires différents (voir figure suivante). Le but est de fournir à chaque utilisateur l'itinéraire susceptible de répondre à ses préférences.

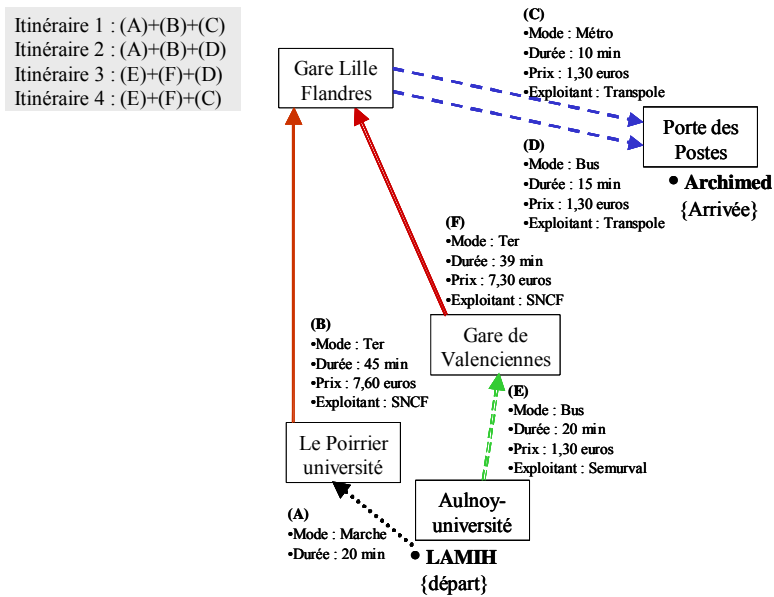


Figure 4 : Choix d'itinéraires de l'exemple de déplacement

Le tableau suivant présente les réponses fournies à l'utilisateur suivant trois méthodes de filtrage<sup>3</sup> : un exemple de filtrage basé sur le profil (par rapport à une même requête, le SP renvoie le dernier résultat choisi par l'utilisateur), un exemple de filtrage social (le SP renvoie le résultat le plus choisi) et une méthode qui combine les deux précédentes (le SP considère que l'utilisateur a besoin des conseils des autres uniquement lorsqu'il n'a pas de préférences a priori). Supposons que User\_A lance cette requête pour la première fois, User\_B avait déjà choisi l'itinéraire2 et User\_C avait déjà choisi l'itinéraire 3. Pour cette requête, il y a 10 autres utilisateurs dont 3 ont choisi l'itinéraire 2, 2 ont choisi l'itinéraire 3 et 5 ont préféré l'itinéraire 4. Le système prend l'hypothèse que les utilisateurs sont constants dans leurs choix : un utilisateur ayant déjà fait cette même requête portera sa préférence sur l'itinéraire qu'il a choisi auparavant.

Tableau 2 : Réponses du système en fonction de l'utilisateur et de la méthode de personnalisation

	User_A (Pas de profil)	User_B (préfère l'itinéraire 2)	User_C (préfère l'itinéraire 3)
<b>Filtrage basé sur le profil</b>	Itinéraire 1 (par défaut)	Itinéraire 2	Itinéraire 3
<b>Filtrage social</b>	Itinéraire 4	Itinéraire 4	Itinéraire 4
<b>Combinaison</b>	Itinéraire 4	Itinéraire 2	Itinéraire 3

L'administrateur du SP dispose d'une vue sur les agents actifs et sur leur organisation (fenêtre *Connected Agents* en figure 5), sur les compétences et sur le contenu de leurs échanges (*Agent Verbose Display*). Il peut créer et ôter des agents, ainsi qu'agir sur chacun d'eux pour lui supprimer ou lui ajouter une des compétences disponibles (*Available Skills*). Concrètement, une compétence correspond ici à une classe Java. Deux compétences de même type (non cumulables) présentent la même interface, à savoir des méthodes de signatures identiques (voir par exemple en figure 5, les deux méthodes de la compétence *ProfileSkill*). Le cumul de deux types de filtrage différents (indépendants et cumulables) ne présente pas de difficulté particulière. La combinaison de deux méthodes de filtrage de même type (non cumulables) nécessite la création d'une compétence spécifique assurant leur intégration. Dans le cas de l'exemple ci-dessus, le SP a permis d'intégrer facilement les trois compétences, sans remettre en cause le système d'information transport ou le SP, ni stopper leur fonctionnement. Il a suffi de supprimer la compétence «*ProfileSkill*» des agents de gestion de profil et de la remplacer par une autre (*LastChoiceSkill*, *SocialFilteringSkill* ou *LastAndSocialFilteringSkill*) au travers de l'interface graphique.

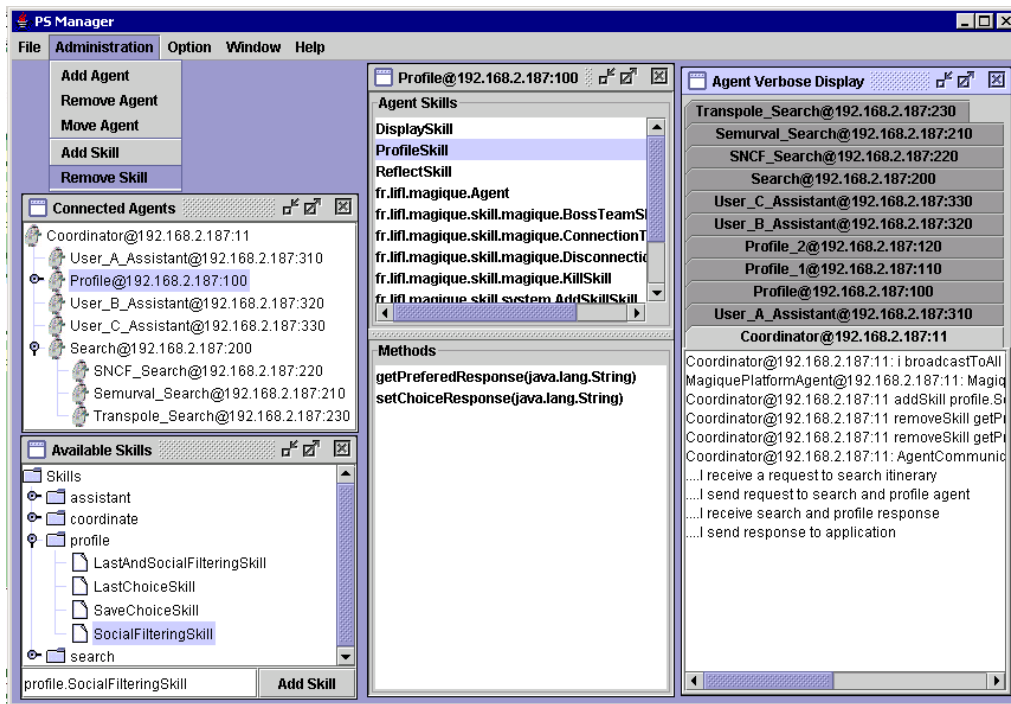


Figure 5 : Interface d'administration du SP

## 5. Conclusion

Devant le caractère multiple et dynamique de la personnalisation de l'information, les modèles de conception se doivent de supporter à la fois la modularité et l'évolutivité du système. C'est dans cette optique que nous proposons de considérer la personnalisation en tant que *service* externe et indépendant du système d'information. Basée sur une organisation d'agents logiciels, l'architecture proposée comprend une administration explicite et en dynamique des méthodes utilisées pour la personnalisation des informations. Un exemple concret d'application dans le domaine des transports en montre la faisabilité. Les perspectives de ces travaux consistent en une description plus complète de la méthode de développement d'un système de personnalisation et de son intégration à un système d'information existant.

## 6. Bibliographie

- [1] K. Aas : *A Survey on Personalised Information Filtering Systems for the World Wide Web* ; Research Report n° 922, Oslo, Norway, Norwegian Computing Center, December 1997.
- [2] C. Basu, H. Hirsh et W. Cohen : *Recommendation as Classification: Using Social and Content-Based Information in Recommendation* ; In Proceedings of the 15th National Conference on Artificial Intelligence , C. Rich et J. Mostow (eds.), pp. 714-720. Madison, USA, AAAI Press/MIT Press, 1998.
- [3] M. Bouzeghoub : *Action Spécifique sur la personnalisation de l'information* ; Rapport final de l'AS98/RTP9, Versailles, France, Laboratoire PRiSM, 2003.
- [4] M. Chau, D. Zeng, H. Chen, M. Huang et D. Hendriawan : *Design and evaluation of a multi-agent collaborative web mining system* ; Decision Support Systems, vol. 35, n°1, pp. 167-183, April 2003.
- [5] Y. Elovici, B. Shapira et P. Kantor : *Using the Information Structure Model to Compare Profile-Based Information Filtering Systems* ; Information Retrieval, vol. 6, n°1, pp. 75-97, 2003.
- [6] D. Goldberg, D. Nichols, B. Oki et D. Terry : *Using collaborative filtering to weave an information tapestry* ; Communications of the ACM, vol. 35, pp. 61-70, 1992.
- [7] E. Harold : *XML, le guide de l'utilisateur* ; OEM, Collection La reference, 2000.
- [8] Infopolis2 : *Ergonomic Design Guidelines and Recommendations for Standards* ; Rapport n°WP04, 2000.

- [9] H. Kadima, et V. Monfort : *Les web services : Techniques et outils XML, WSDL, SOAP, UDDI, Rosetta, UML*. ; Dunod, Paris, 2003.
- [10] Y. Lashkari, M. Metral et P. Maes : *Collaborative interface agents* ; In Readings in Agents , M. Huhns et M. Singh (eds.), pp. 111-116. San Francisco, Morgan Kaufmann, 1997.
- [11] N. Lumineau : *Un tour d'horizon du filtrage collaboratif* ; document accessible à <http://www.prism.uvsq.fr/recherche/themes/sial/cnrs/Fichiers/Rapport/TourDHorizonDuFiltrageCollaboratif-LIP6.pdf>, 2003.
- [12] P. Melville, R.J. Mooney et R. Nagarajan : *Content-Boosted Collaborative Filtering for Improved Recommendations* ; in Proceedings of the 18<sup>th</sup> National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-2002), Edmonton, Canada, July, AAAI Press, pp. 187-192, 2002.
- [13] M. Montaner, B. Lopez et J.L. De La Rosa : *A Taxonomy of Recommender Agents on the Internet* ; Artificial Intelligence Review, vol. 19, pp. 285-330, 2003.
- [14] C. Petit-Rozé, A. Anli, E. Grislin-Le Strugeon, M. Abed, G. Uster et C. Kolski : *Système d'information transport personnalisée à base d'agents logiciels* ; Génie Logiciel, vol. 70, pp. 29-38, 2004.
- [15] M. Rizcallah : *Construire un annuaire d'entreprise avec LDAP* ; Eyrolle, Paris, 2000
- [16] J.-C. Routier, P. Mathieu et Y. Secq : *Dynamic skills learning* ; Rapport n°2000-06, LIFL, Lille, 2000.
- [17] G. Salton et M. McGill : *Introduction to modern information retrieval* ; New York, McGraw-Hill, 1983.

## Notes

1 <http://www.archimed.fr>

2 Notons que l'interprétation que nous avons faite de ces méthodes n'est pas exclusive, de nombreuses autres méthodes sont évidemment possibles.