III.3. Un système auteur conversationnel pour SAVANT3

1. Introduction

Dans ce chapitre, nous décrivons brièvement les éléments d'un système auteur que nous avons développé pour faciliter la création de cours destinés à SAVANT3. Nous présentons en particulier le système ATOL qui a pour rôle d'éliciter les connaissances de l'auteur. ATOL repose sur des principes conversationnels. Il nécessite encore des développements, car le type de dialogue qu'il offre n'est pas suffisamment acceptable. Néanmoins, nous croyons qu'il repose sur une démarche viable, et il est intéressant de le décrire ici en tant qu'application de notre modèle conversationnel.

Nous commençons par décrire l'environnement de SAVANT3 tel qu'il est présenté à l'élève. Ensuite nous décrivons les différents outils, destinés cette fois à l'auteur, qui rendent possible la création de ce type de cours.

2. Un cours basé sur SAVANT3

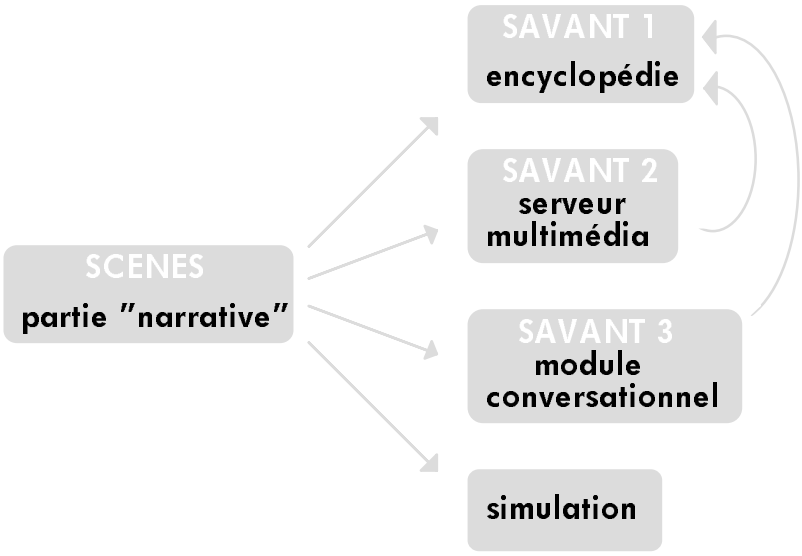
Les dialogues de type SAVANT3 (voir chapitre III.2) doivent intervenir dans des situations dont le contexte est parfaitement contrôlé. Leur succès, comme nous l'avons indiqué, exige avant tout que l'étudiant ait une certaine connaissance des concepts auxquels SAVANT3 fait référence, et connaisse de plus la plupart des liens logiques que le programme utilise. Ces conditions sont en général remplies dans les cursus traditionnels : l'auteur d'un livre de cours fait les mêmes suppositions lorsqu'il conçoit les exercices de la fin d'un chapitre.

C'est pourquoi les dialogues que nous proposons aux étudiants interviennent *en contexte*. Le contexte est construit selon un "scénario" pédagogique qui fait intervenir des moyens divers :

- une présentation "narrative" des concepts du cours (programme SCENES)
- une encyclopédie sur les concepts du cours (encyclopédie ou serveur SAVANT1)
- des dialogues conversationnels (programme SAVANT3)
- des simulations
- des ressources multimédia (serveur multimédia SAVANT2)

Les systèmes SAVANT1 et SAVANT2 ont été évoqués dans le chapitre III.1. Ils sont décrits par exemple dans [Dessalles 1992g].

Nous présentons plus loin des exemples d'écrans extraits d'un cours sur les systèmes linéaires. On y voit un écran de la présentation "narrative", un écran d'encyclopédie, et un écran de la simulation.

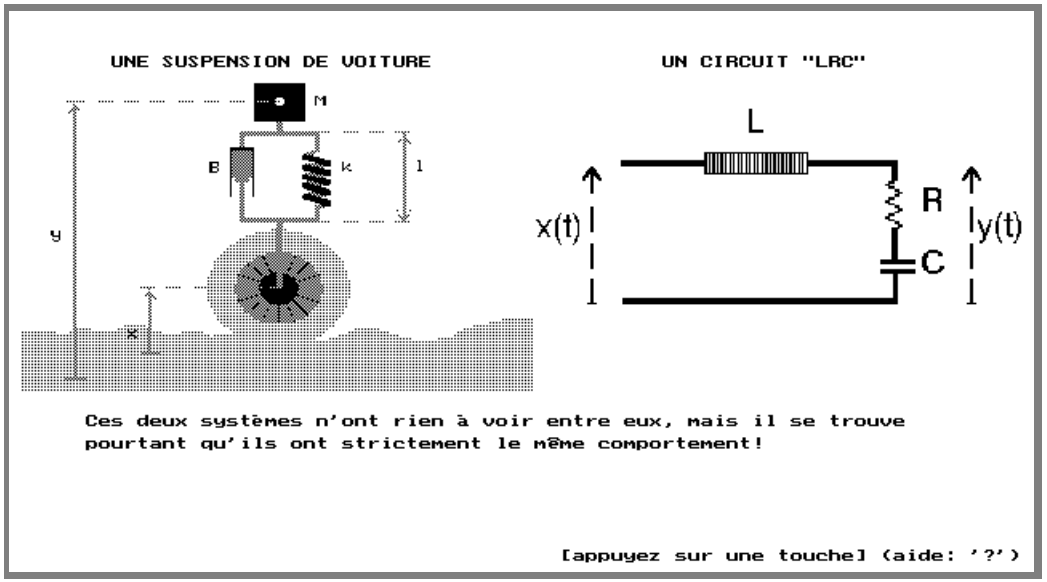


A part SAVANT3 qui est écrit en Prolog, tous ces programmes ont été développés en langage C. Dans certaines applications, les simulations sont en Pascal.

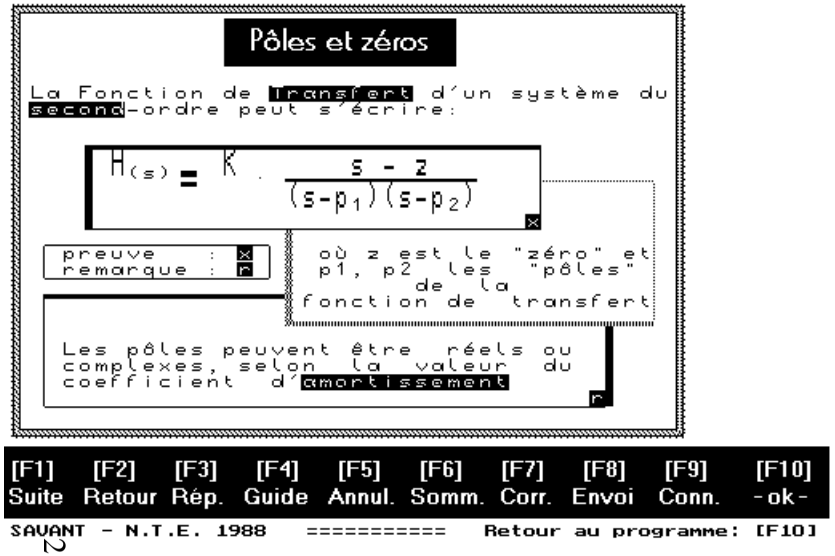
Le contenu de l'encyclopédie est conçu selon des règles strictes. Ces règles sont explicitées dans [Dessalles 1984].

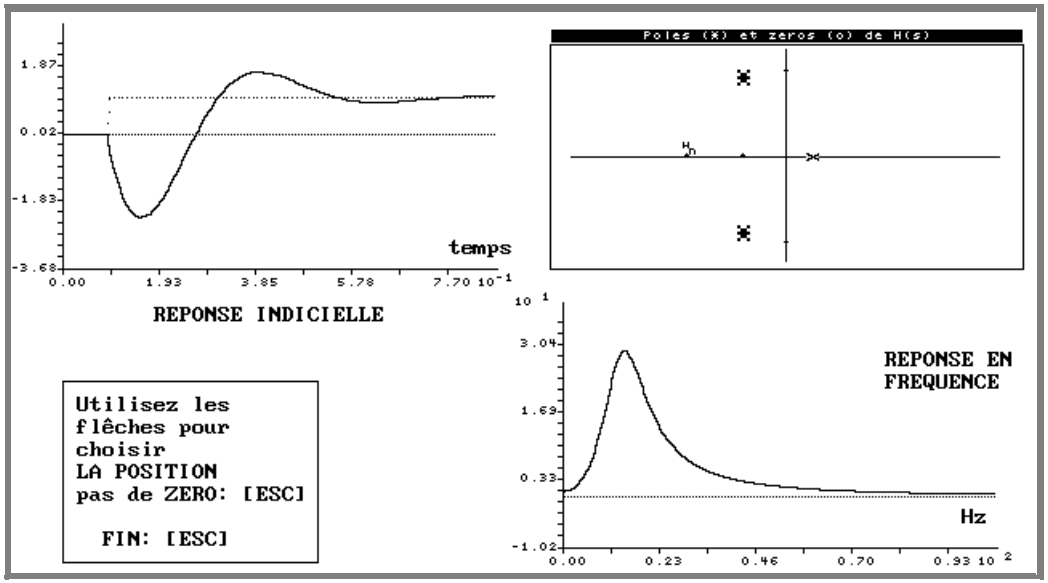
Le développement d'une partie "narrative" sur un sujet donné obéit lui aussi à des contraintes que nous avons voulues systématiques. La principale consiste à toujours partir d'une situation paradoxale ou indésirable, en accord avec les principes conversationnels. Dans l'exemple qui sert d'illustration, l'auteur attire l'attention de l'étudiant sur le paradoxe apparent lié au fait que deux systèmes qui n'entretiennent aucune ressemblance ont pourtant rigoureusement le même comportement.

L'accès à l'encyclopédie SAVANT1 est généralement contrôlé par l'étudiant. En revanche, c'est le programme SCENES qui démarre les phases de simulation et de dialogue (ou les séquences multimedia SAVANT2 lorsqu'elles sont disponibles). Les dialogues de SAVANT3 peuvent utiliser la situation problématique établie dans la partie "narrative".



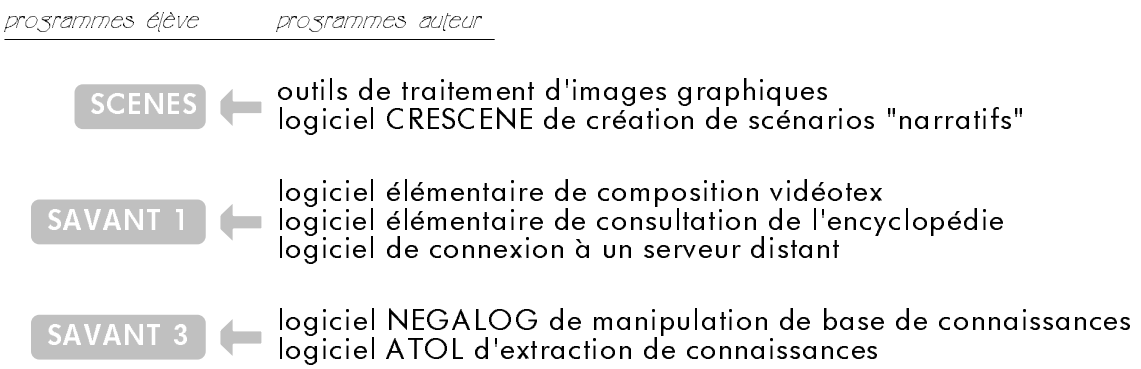
Trois ecrans extraits d'un cours sur les systèmes. L'un provient de la partie "narrative". Il est affiché par le programme SCENES. Les deux autres sont respectivement un écran de SAVANT1 et un écran de simulation.





3. L'environnement auteur de SAVANT3

Le développement de cours comportant des dialogues de type SAVANT3 nécessite un système auteur. Dans notre application, ce système auteur est constitué par un certain nombre d'outils qui sont destiné à aider l'auteur à concevoir des contenus pour les différentes composantes de l'environnement de l'élève (SCENES, SAVANT1, SAVANT2, SAVANT3). L'exploitation de SAVANT2 ayant cessé en 1989, nous ne l'intégrons pas dans cette description. Le tableau suivant donne la liste de ces outils(1) :



Nous avons développé un certain nombre d'outils pour le traitement des bases de connaissances destinées à SAVANT3. Rappelons en effet que la gestion des dialogues est du seul ressort de SAVANT3. L'auteur se contente de lui fournir la connaissance du domaine, ce qui représente généralement un ensemble de 10 à 20 règles. Le logiciel NEGALOG permet à l'auteur d'exprimer cette connaissance, sous forme de clauses négatives, par l'intermédiaire d'un certain nombre d'opérations :

- énoncer des propositions
- lier les propositions (ou leur négation) par des relations d'incompatibilité
- associer des questions (ou des *prompts*) à des propositions
- associer des mots clés à des propositions (avec un système de création de mots clés par défaut)
- créer des questions fermées

Par ailleurs, un logiciel a été conçu pour estimer le nombre de possibilités compatibles avec les règles d'une base de connaissances. En effet, un dialogue fructueux ne peut s'établir avec l'étudiant que si la base contient suffisamment de contraintes (incompatibilités) pour limiter l'univers des possibles et amener l'étudiant à entrevoir certaines incohérences (avérées ou potentielles). Mais l'ensemble des possibles ne doit pas être trop restreint, sinon l'étudiant n'a plus aucun choix et se sent contraint.

Nous décrivons maintenant le programme ATOL qui a pour fonction d'aider l'auteur à donner la connaissance du domaine d'une manière que l'on souhaite naturelle.

---

[1] Dans sa version initiale en tant que serveur vidéotex, SAVANT1 reposait sur un logiciel élaboré de consultation conçu par J-P Bach, du Centre de Calcul de TELECOM-Paris. Nous présentons ici la version "restreinte" de SAVANT1 telle qui est couplée à SAVANT3 dans la version autonome sur PC.

4. Un système conversationnel pour l'auteur

4.1. Les limites de NEGALOG

Le développement d'une base de connaissances à l'aide du programme NEGALOG est relativement aisé si l'auteur a une idée précise des relations logiques qui lient les concepts du domaine. Il peut ainsi, en deux heures, créer un dialogue opérationnel. Toutefois, le dialogue conduit par SAVANT3 ne sera acceptable que sous un certain nombre de conditions :

- Les règles doivent être correctes.
- Les règles du contexte doivent toutes être présentes.
- Il est généralement préférable que les règles ne comportent pas de termes redondants. Par exemple, q est redondant dans la règle $[p \;\&\; q \;\&\; r] \Rightarrow F$ si la règle $[\textit{non}\; q \;\&\; r] \Rightarrow F$ est présente dans la base de connaissances (voir définition de la redondance p. 222). L'argumentation de SAVANT3 en souffrira : SAVANT3 ne pourra pas utiliser son mécanisme d'étonnement prématuré (voir chap. III.2) si p, puis r deviennent vrais, car q se retrouvera automatiquement vrai. De plus, la présence de q gêne la perception de l'incohérence en cas de contradiction. Cette recommandation souffre cependant de quelques exceptions (*e.g.* si l'une des règles est de bon sens et l'autre non).
- Les règles redondantes doivent être supprimées. Si la base contient les trois règles : $[p \;\&\; \textit{non}\; q] \Rightarrow F$, $[q \;\&\; \textit{non}\; r] \Rightarrow F$, $[p \;\&\; \textit{non}\; r] \Rightarrow F$, la troisième règle doit être ôtée. Sinon SAVANT3 risque de s'étonner deux fois "pour la même raison" : il peut s'étonner de p en utilisant la troisième règle, puis apprendre que r est vrai ; ensuite il s'étonne à nouveau de p en raison de la première règle, et l'étudiant a l'impression, en disant "q vrai", de redonner le même argument puisque pour lui r est vrai par q (deuxième règle). Par ailleurs, les règles redondantes ralentissent le démonstrateur.
- Les auteurs débutants utilisent mal NEGALOG , en particulier parce qu'ils "cachent" de la logique dans leurs propositions. Des phrases comme :

  - "une fréquence de coupure inférieure à 100 Hz empêche les oscillations"
  - "la fréquence de coupure doit être inférieure à 100 Hz"
  - "pour supprimer les oscillations, il faut diminuer la fréquence de coupure"
  - "la réponse n'est atténuée que pour une fréquence élevée"
  - "H(z) possède des zéros à droite et pas de pôles à droite"

  ne correspondent pas à des propositions élémentaires et ne peuvent pas être correctement manipulées par SAVANT3. Les quatre premières contiennent une implication, la dernière une conjonction. Il est par exemple impossible, pour SAVANT3, de nier correctement la dernière phrase. Les implications cachées dans les premières phrases sont inconnues du programme, qui risque ainsi de se contredire, ou d'exprimer des relations "niaises" qui traduisent un simple *modus ponens* (*e.g.* "il est surprenant que p et que q puisque *p empêche q*", ou encore "p et q sont vrais ; mais peut-être que *p n'empêche pas q* ?").

Pour toutes ces raisons, nous avons envisagé la création d'un outil qui puisse aider l'auteur à constituer facilement une base de connaissances acceptable, même s'il n'est pas logicien. Nos premiers efforts dans ce sens ont conduit à la création du programme ATOL.

4.2. L'élicitation des connaissances par le programme ATOL

Le programme ATOL est destiné à l'auteur. Il a pour but de lui permettre d'exprimer la connaissance du domaine par l'intermédiaire d'un dialogue, et de lui éviter ainsi d'avoir à manipuler directement le formalisme logique. ATOL reposait au départ sur un présupposé analogue à celui qui a présidé au développement de

SAVANT3. L'étudiant, face à SAVANT3, est supposé être particulièrement sensible à ses propres incohérences. L'idée est en gros la même lorsqu'il s'agit de gérer un dialogue avec l'auteur : jouer sur le couple incohérence / explication. Toutefois, dans sa version actuelle, ATOL joue davantage sur le sentiment d'*universalité*. Nous allons voir en quoi réside la différence d'approche.

4.2.1. Vérification d'une règle

Pour vérifier la règle [p_1 **&** p_2 **&** ... **&** p_n] ⇒ ***F***, ATOL propose le dialogue suivant :

- ATOL : "Sachant que p_2, p_3 ... et p_n, il est absolument impossible que p_1"
- auteur : [possible lorsque ***non*** q]
- ATOL : "Sachant que p_2, p_3, ... p_n et q, il est absolument impossible que p_1"

etc.

Dans SAVANT3, ***non*** q apparaîtrait comme l'*explication* d'un étonnement lié à la cooccurrence de p_1, p_2, ... p_n. Dans le dialogue tel qu'il est géré par ATOL, il n'y a pas d'étonnement. C'est donc de l'*universalité* d'un lien logique que l'auteur doit juger, et ***non*** q sera plutôt considérée par lui comme une *exception*.

Pour des raisons de simplicité linguistique, la première phrase est transformée lorsque p_1 comporte une négation grammaticale (par ex. "*F_1 n'est pas rationnelle*") :

- "Sachant que p_2, p_3, ... p_n, il est absolument certain que ***non*** p_1"

(dans ce cas ***non*** p_1 ne comporte pas de négation grammaticale).

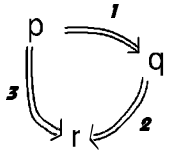
Lorsque l'auteur ne trouve pas d'exception, la règle est ajoutée à la base de connaissances, mais seulement après des tests de cohérence et de non-redondance.

4.2.2. Test de cohérence et de non-redondance

Chaque fois qu'ATOL mémorise une nouvelle règle, il teste la cohérence et la non-redondance de la nouvelle base de connaissances obtenue :

> **test d'incohérence** : la base est incohérente si et seulement si il existe une règle dont tous les termes peuvent être prouvés avec les autres règles de la base (dans ce cas cette règle constitue l'incohérence).
> **test de redondance de règle** : une règle est redondante si l'un de ses termes peut être infirmé à l'aide des autres termes de la règle et des autres règles de la base (dans ce cas la règle est superflue)
> **test de redondance de terme** : un terme est redondant dans une règle s'il peut être prouvé à l'aide des autres termes de la règle et des autres règles de la base (dans ce cas le terme est superflu)

L'auteur est simplement prévenu de la redondance des termes superflus. En revanche, les règles redondantes sont tout simplement ôtées par ATOL. De plus, ATOL évite de proposer à la vérification (et donc potentiellement à l'enregistrement) des règles qui seraient redondantes ou en contradiction avec la connaissance déjà enregistrée. Mais le plus souvent, c'est l'enregistrement d'une nouvelle règle qui rend une ancienne règle redondante. Si l'on reprend l'exemple des trois règles [p **& non** q] ⇒ ***F***, [q **& non** r] ⇒ ***F***, [p **& non** r] ⇒ ***F***, on comprend que l'adjonction de la deuxième règle à une base contenant les deux autres rend la troisième redondante. En effet, si l'on applique le critère de redondance de règle, le terme ***non*** r de la troisième règle peut être infirmé par la connaissance de p et des deux premières règles : la première établit q à partir de p, et la deuxième prouve r à partir de q. Cette situation de redondance n'existait pas avant l'adjonction de la deuxième règle.



4.2.3. Complétude de la base de connaissances

Lorsqu'une exception ***non*** q est donnée à la règle [p_1 **&** p_2 **&** ... **&** p_n] ⇒ ***F***, ATOL soumet de nouvelles règles :

- [p_1 **&** p_2 **&** ... **&** p_n **&** q] ⇒ ***F*** (validité de la règle hors exception)
- [p_1 **&** p_2 **&** ... **&** p_n **&** ***non*** q] ⇒ ***F*** ("sauvetage" dans le cas de l'exception)
- [***non*** p_1 **&** ***non*** q] ⇒ ***F*** (nécessité de q)
- [***non*** q] ⇒ ***F*** (validité de l'argument q)
- [q] ⇒ ***F*** (validité de l'exception ***non*** q)

Cette stratégie conduit au type de dialogue suivant :

auteur : Arthur est en déplacement
ATOL : *"il est absolument certain que Arthur est en déplacement"*

Vrai	**Faux lorsque ...**	Dépend de la situation	Abandon

auteur : Arthur est au bureau
ATOL : *"Sachant que Arthur n'est pas au bureau, il est absolument certain que Arthur est en déplacement"*

Vrai	**Faux lorsque ...**	Dépend de la situation	Abandon

auteur : Arthur est en vacances
atol : "Sachant que Arthur n'est pas au bureau, et que Arthur n'est pas en vacances, il est absolument certain que Arthur est en déplacement"

Vrai	Faux lorsque...	Dépend de la situation	Abandon

ATOL : *[enregistrement de la règle]*
ATOL : *"Sachant que Arthur n'est pas au bureau, et que Arthur est en vacances, il est absolument certain que Arthur est en déplacement"*

Vrai	Faux lorsque...	Dépend de la situation	**Abandon**

ATOL : *"Sachant que Arthur est en déplacement, alors il est absolument impossible que Arthur est en vacances"*

Vrai	Faux lorsque...	Dépend de la situation	Abandon

ATOL : *[enregistrement de la règle]*
ATOL : *On sait déjà qu'il est absolument certain que Arthur est en vacances... à condition d'admettre que*
- Arthur n'est pas en déplacement
- Arthur n'est pas au bureau
Entrez un nouvel élément qui permet d'affirmer qu'il est absolument certain que Arthur est en vacances
auteur : [ ]
ATOL : *on sait déjà qu'il est absolument impossible que Arthur est en vacances ... à condition d'admettre que Arthur est en déplacement*
Entrez un nouvel élément qui permet d'affirmer qu'il est absolument impossible que Arthur est en vacances
auteur : Arthur est au bureau
ATOL : *"Sachant que Arthur est au bureau, alors il est absolument impossible que Arthur est en vacances"*

Vrai	Faux lorsque...	Dépend de la situation	Abandon

ATOL : *[enregistrement de la règle]*
ATOL : *Sachant que Arthur n'est pas au bureau, alors il est absolument impossible que Arthur est en vacances*

Vrai	Faux lorsque...	Dépend de la situation	**Abandon**

[...]
atol : Sachant que Arthur est au bureau, alors il est absolument certain que Arthur est en déplacement

Vrai	Faux lorsque...	Dépend de la situation	**Abandon**

ATOL : *Sachant que Arthur est en déplacement, alors il est absolument impossible que Arthur est au bureau*

Vrai	Faux lorsque...	Dépend de la situation	Abandon

ATOL : *[enregistrement de la règle]*
[...]

Au total, au cours de cette interaction, ATOL enregistre quatre règles. Cela suffit déjà pour que SAVANT3 démarre une interaction :

SAVANT3 :	*Arthur n'est pas au bureau ?*
utilisateur :	*non*
SAVANT3 :	*D'après ce que j'ai compris: Arthur n'est pas au bureau. Arthur est en déplacement ?*
utilisateur :	*non*
savant3 :	*Attendez... D'après ce que vous m'avez dit:*
	- Arthur n'est pas en déplacement *- Arthur n'est pas au bureau* *Je m'avoue quelque peu surpris !*
utilisateur :	*Il est parti en vacances*
SAVANT3 :	*Ah bon !... D'accord*

4.3. Les limites de ATOL

Le dialogue proposé par ATOL est encore fastidieux pour l'auteur. Il y a un équilibre à respecter entre le nombre de suggestions faites par ATOL et le nombre de règles que l'auteur risque d'oublier. Ce programme doit donc faire l'objet de recherches visant à épurer sa stratégie et à lui donner les moyens de détecter les questions superflues. Nous avons toutefois jugé qu'il était utile de présenter ATOL, d'une part parce qu'il constitue un essai original pour doter SAVANT3 d'un système auteur potentiellement "intelligent", et d'autre part parce qu'il repose lui aussi sur des principes issus de la modélisation des conversations.

5. Conclusion

Les outils destinés au développement de cours pour SAVANT3 sont tous originaux. Nous avons mentionné ici les principaux. Certains d'entre eux sont encore au stade expérimental. C'est le cas d'ATOL. Dans l'état actuel des choses, la création d'un cours pour SAVANT3 est relativement aisée, si l'on compare aux autres systèmes d'EIAO. Nous pensons néanmoins que des progrès sont encore possibles pour faciliter le travail de l'auteur. D'autre part, l'augmentation des potentialités de SAVANT3, avec notamment l'intégration de fonctionnalités *critiques* (voir chapitre III.4) nécessitera la définition de nouveaux outils pour l'auteur. Nous poursuivons les recherches dans ces directions.