

Des Métaconnaissances pour Commenter les Actions de l'Utilisateur

NIGRO Jean-Marc
Université Pierre et Marie CURIE
LAFORIA (Tour 46-00, 2ème étage)
4, place Jussieu
75252 Paris cedex 05
e-mail : nigro@laforia.ibp.fr

Mots clés : métaconnaissance, métarègle, système à base de règles, intelligence artificielle, diagnostic du comportement, commentaire, jeu du Tarot.

Résumé : Cet article présente trois types de métaconnaissances utilisés par le système à base de règles (230 règle) GénéCom pour engendrer des commentaires : les premiers pour comprendre le comportement de l'utilisateur ; les seconds pour analyser la base de connaissances du domaine d'application ; et les troisièmes pour sélectionner et expliciter les connaissances du domaine. Une des originalités du travail présenté vient du fait que le domaine d'application est également un système à base de règles (nommé Bateleur). Ce dernier possède environ 450 règles. Ces deux systèmes fonctionnent et les métaconnaissances présentées ont été réellement implémentées.

Abstract: This article describes three models of metaknowledges used by the knowledge-based GénéCom system (230 rules) to build comments: the first one to understand the behaviour of the user ; the second one to analyse the knowledge's base of the application's domain ; and the third one to select and to make clear domain's knowledges. One of the originalities of the work is that the application's domain is a rule-based system (call Bateleur). This last one includes 450 rules. These 2 systems are operational and the three models of metaknowledges have been really built.

1. Introduction

Cet article présente les métaconnaissances existantes entre les deux systèmes GénéCom et Bateleur. GénéCom est un système à base de 230 règles capable d'engendrer des commentaires sur les décisions de l'utilisateur. Bateleur est également un système à base de règles. Il est utilisé par GénéCom comme domaine d'application. Etant donné que Bateleur est capable de simuler le comportement d'un joueur de Tarot, le générateur peut engendrer des commentaires sur une partie jouée par une personne.

Les trois types de métaconnaissances développés dans cet article sont nécessaires à l'élaboration de bons commentaires. En effet, avant de juger et de donner son point de vu sur les actions d'une personne, il faut tout d'abord comprendre comment elle a joué. Dans le domaine du Tarot¹, il est primordial de modéliser la stratégie et la tactique employées. C'est le rôle des premières métaconnaissances de GénéCom qui recherchent dans la base de connaissance de Bateleur la stratégie et la tactique qui se rapprochent les plus de celles utilisées par l'utilisateur. Ce besoin de deviner les croyances de l'utilisateur est également présent dans le système Gumac [Kass & Finin 83] qui découvre les connaissances du sujet en instaurant un dialogue.

¹ Les règles du jeu du Tarot ne sont pas développées dans cet article. Le jeu de la carte se joue un peu comme le bridge, mais le but du jeu n'est pas de gagner des plis mais des points.

Les secondes métaconnaissances permettent tout d'abord à GénéCom, grâce à une analyse de la base de règles de Bateleur, de repérer les prémisses qui sont pertinentes pour le choix de la stratégie. Cette technique permet de se focaliser sur les informations importantes. Une fois cette étape franchie, le système analysera chacune des prémisses pertinentes de toutes règles stratégiques de Bateleur afin de trouver certaines caractéristiques utiles à la génération des commentaires stratégiques. Par exemple, à chaque fois que Bateleur veut atteindre le but *chasser le petit*, il possède beaucoup d'atouts. Grâce à ce type d'informations, GénéCom possède des informations lui permettant de justifier certaines positions : « *Le joueur n'a pas voulu chasser le petit. Il a eu tort car il possède beaucoup d'atouts.* »

Les troisièmes métaconnaissances permettent d'expliquer une règle de Bateleur. Dans un premier temps, GénéCom sélectionne les prémisses intéressantes à expliciter (ni trop évidente pour le lecteur, ni trop difficile). Ensuite, il utilise des méta-règles afin d'expliquer ces prémisses.

L'article s'articule suivant 3 grands axes. Tout d'abord, il explique le fonctionnement de Bateleur puis, il introduit les interactions entre les deux systèmes afin de situer à quels moments les métaconnaissances vont être utiles. Dans un second temps, les trois types de métaconnaissances seront présentés et illustrés par des exemples. Dans un troisième temps, l'article présente la perspective de développer d'autres métaconnaissances.

2. Description de GénéCom et de Bateleur

2.1. Description de Bateleur

Bateleur est un système fonctionnel à base de 430 règles d'ordre 1 capable de jouer au Tarot. Néanmoins, sa base de connaissances a été conçue pour évoluer dans certaines conditions bien déterminées : elle a été conçue pour un jeu à 4 joueurs (1 attaquant contre 3 défenseurs) ; elle ne s'intéresse qu'au jeu de la carte et au décompte des points (pas d'enchère ni d'écart de cartes).

La modélisation du comportement d'un joueur utilise trois niveaux de décisions [NIGRO 93] : le niveau *Choix du plan de Jeu* (niveau stratégique), le niveau *Choix du but* et le niveau *Choix de la carte* (niveau tactique).

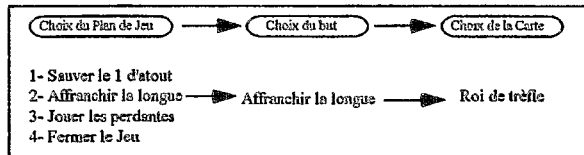


Schéma 1 : les trois niveaux de décisions de Bateleur

Le plan de jeu proposé ci-dessus est composé de quatre buts. Une fois que le plan a été choisi, il faut choisir quel but (par exemple *Affranchir la longue*²) est le plus approprié à la situation, puis il faut sélectionner la carte à jouer satisfaisant au mieux le but choisi. Cette structure présente un affinage progressif dans la décision du choix de la carte. Elle a l'avantage de fournir une trace d'exécution sur plusieurs niveaux. Les commentaires pourront ainsi décrire ces niveaux.

2.1.1. Le niveau Plan de Jeu

Un plan de jeu est une séquence de buts à réaliser. Ces buts sont ordonnés. Bateleur possède dans sa base de connaissances 15 plans de jeu prédéfinis. En début de partie, il en affecte

² Un joueur a *affranchi la longue* s'il ne possède plus que des cartes gagnantes dans sa couleur longue.

un à chaque joueur. Bateleur va choisir parmi les 15 possibilités en fonction principalement de trois critères : le nombre de cartes maîtresses, la longueur et la hauteur d'atout. L'exemple du schéma 2 décrit le même plan de jeu du schéma 1, mais avec l'évaluation des critères de sélection. On notera que les 4 buts sont classés dans un ordre de préférence (de priorité). Ainsi, *Jouer les perdantes* a une plus grande priorité que *Fermer le jeu*.

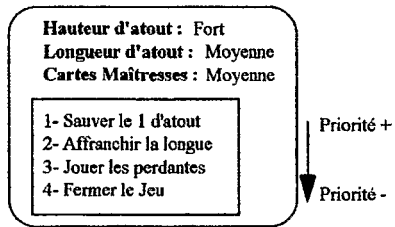


Schéma 2 : un plan de jeu et ses critères

2.1.2. Le niveau But

Lorsque Bateleur connaît le plan de jeu sélectionné, il doit choisir le but qui doit être appliqué. Un but peut se présenter dans quatre états : *Inactif*, *Suspendu* (provisoirement), *Activé* ou *Désactivé* (définitivement). La sélection s'effectue en activant le premier but activable (voir un exemple sur le schéma 3).

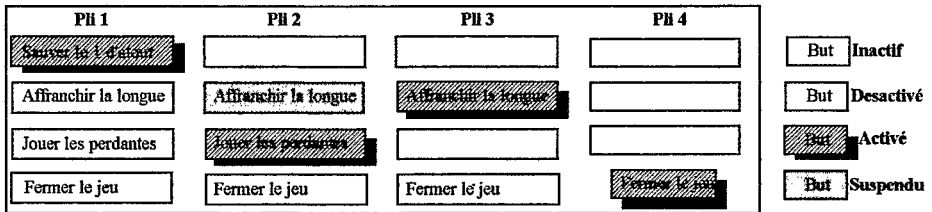


Schéma 3 : une évolution des buts d'un plan de jeu

L'application de cette méthode a pour conséquence de n'activer qu'un seul but à la fois. De plus, un but désactivé le reste jusqu'à la fin de la partie et la suspension d'un but n'est valable que durant le pli en cours.

2.1.3. Le niveau choix d'une carte

Lorsque Bateleur connaît le plan de jeu et le but à accomplir, il doit choisir la carte à jouer. Les cartes vont être choisies en fonction de plusieurs critères (par exemple : sa valeur, si elle est maître ou non, etc.). La plupart de ces critères évoluent tout au long de la partie : une carte peut être perdante en début de partie et devenir gagnante à la fin ; il faut donc évaluer ces critères à chaque sélection de cartes.

La distribution	Les évaluations		
♣ : Roi Dame 10 7 5 3	Valet ♥	10 ♦	Roi ♣
♦ : 10	Valeur	1.5	0.5
♥ : Roi Valet 2	La longue	-3	-3
♠ :	Faire_Couper	0	-2
A : 21 20 15 13 11 10 9 5			4.5
			3
			1

Schéma 4 : exemple d'évaluations

Cet exemple présente trois critères associés à trois cartes. Le *Valet de coeur*, le *10 de carreau* et le *Roi de trèfle* ont pour *Valeur* respective 1.5, 0.5 et 4.5 points. Parmi les trois cartes, seul le *Roi de trèfle* appartient à la longue, donc le critère *La Longue* sera évalué à 3 (et -3 pour les deux autres cartes). Le troisième critère introduit la notion de *faire couper* l'adversaire : au vu de la distribution, la couleur *trèfle* apparaît comme la mieux appropriée à cette tâche suivie du *coeur*, puis du *carreau*.

Il existe différents types de méthode pour choisir en fonction de plusieurs critères [PINSON 87] [NIGRO 93] : les méthodes conjonctive, disjonctive, lexicale, compensatoire ou encore une combinaison de plusieurs de ces méthodes. Bateleur n'utilise qu'une méthode : la méthode lexicale.

La méthode LEXICALE : Cette méthode considère les contraintes par ordre d'importance (de la plus importante à la moins importante). Elle choisit la première contrainte (la plus importante) si une seule carte la satisfait alors la sélection est faite ; sinon elle considérera la contrainte suivante.

Exemple : (Lexicale (*La Longue* > 0) (*Valeur* > 1)) avec les évaluations du schéma 4

Après la 1^{ère} Contrainte : (*Valet de coeur*, 10 de carreau)

Après la 2^{ème} Contrainte : (*Valet de coeur*)

2.2. Description de GénCom

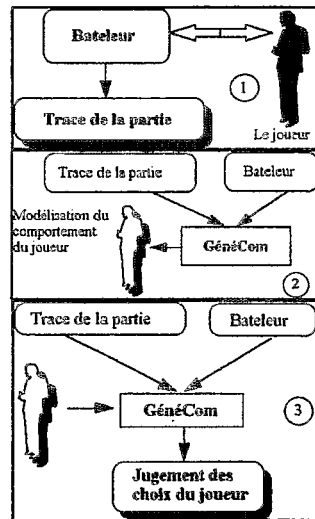
Le système GénCom est un générateur automatique de commentaires [NIGRO 95]. Il est opérationnel et a déjà engendré une trentaine de commentaires associés au jeu du Tarot. Pour engendrer des commentaires, il utilise la base de connaissance de Bateleur qui fait office de connaissances du domaine. Afin de bien comprendre à quel niveau les deux systèmes interviennent, je commencerai par présenter le protocole suivi par les quatre intervenants : le joueur, Bateleur, GénCom et le lecteur.

1) La première étape consiste obtenir une trace d'une partie effectuée par l'utilisateur contre Bateleur, ce dernier simulant les trois autres joueurs.

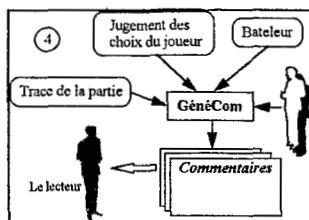
2) La seconde étape permet à GénCom de s'appuyer sur la trace de la partie effectuée en 1) et les connaissances de Bateleur afin de modéliser le comportement du joueur au cours de la partie. Ainsi, le système tente de déterminer la stratégie et la tactique que le joueur a employées.

3) En fonction de tous les éléments fournis en 1) et 2), GénCom juge les choix du joueur tant au niveau stratégique qu'au niveau tactique. Ce jugement est fait en fonction des connaissances de Bateleur. En effet, il peut estimer que le joueur joue mieux, aussi bien ou moins bien que Bateleur.

4) Une fois que GénCom a analysé le comportement



du joueur et jugé ses choix. Il peut engendrer un commentaire stratégique et tactique pour un lecteur donné. Les commentaires sont construits en fonction du niveau du joueur et du lecteur.



3. Métaconnaissances pour comprendre le comportement du joueur

Ici, GénCom se situe bien à un niveau méta car il possède des connaissances pour rechercher d'autres connaissances [Pitrat 90]. Quelques personnes en Intelligence Artificielle se sont intéressées à la recherche des connaissances mémorisées. Par exemple, J. Kolodner [Kolodner 83] a construit le système Cyrus. Ce dernier possède une métaexpertise pour rechercher des informations stockées dans sa mémoire. Bien que le principe de découverte soit différent de celui de Cyrus, GénCom recherche également des connaissances mais à partir d'un autre système (Bateleur). Cette recherche permet de deviner les intentions de l'utilisateur : quel plan a-t-il choisi, quel but, quelle méthode pour atteindre ce but ?

3.1. A la recherche des buts possibles

Cette section présente la première étape réalisée par GénCom : à partir des cartes qui ont été jouées par l'utilisateur, il essaye de deviner les buts que ce dernier a voulu atteindre.

Le système recherche dans la base de règles de Bateleur, les différents buts capables de déclencher des règles concluant sur chacune des cartes posées par le joueur. Par exemple sur le schéma 5, à partir du 4 de pique (4^{ème} pli) du joueur, GénCom recherche dans les buts utilisés par Bateleur ceux qui déclenchent des règles concluant sur ce 4 de pique : le joueur a voulu soit *jouer ses perdantes*, soit *faire croire à la longue* ou encore *Jouer les singletons et les doubletons*.

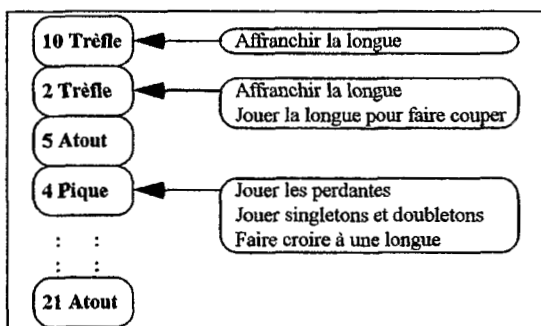


Schéma 5 : détermination des buts à partir des cartes

3.2. A la recherche du plan de jeu de l'utilisateur

Cette section montre comment GénCom recherche le plan du joueur à partir des buts sélectionnés. Cette étape consiste à trouver le plan de Bateleur expliquant la ligne de jeu du joueur. Pour cela, le système supprime tous les plans qui ne possèdent pas au moins un but pour chaque pli.

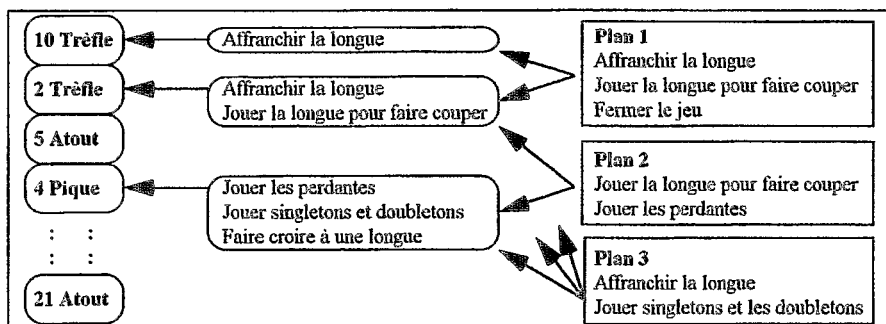


Schéma 6 : passage des buts aux plans de jeu du joueur

Sur le schéma 6, les deux plans 1 et 2 doivent être supprimés car ils n'expliquent pas respectivement le pli 1 (le plan 2) et le pli 4 (le plan 1). GénéCom estimera que le plan 3 de Bateleur est celui qui correspond à la stratégie du joueur.

Dans le cas où plusieurs plans sont encore possibles après cette sélection, GénéCom prendra de préférence le plan le plus proche du plan qu'il aurait choisi (en fonction des critères de sélection). En fait, GénéCom suppose que le joueur ne joue pas n'importe comment et fait le moins d'erreurs possibles. Un autre cas peut se produire. En effet, il se peut que GénéCom ne trouve aucun plan de jeu. Cela arrive parfois lorsqu'un joueur débutant joue une de ces premières parties de Tarot. Il n'applique pas forcément de plan de jeu et subit plutôt la partie.

3.3. A la recherche de l'application du but de l'utilisateur

Lorsque GénéCom décide de rechercher la méthode de sélection d'une carte employée par le joueur, il suppose que le but à atteindre est connu. Une fois que le but est connu, le système doit rechercher parmi les règles de Bateleur (vérifiant ce but) celle qui conclut sur la carte du joueur. Si cette recherche est concluante, GénéCom n'a aucun problème pour déterminer comment le joueur a choisi sa carte. En effet, il lui suffit de récupérer la méthode ainsi que les contraintes de la règle. Par exemple, si la règle du joueur conclut sur l'application de la méthode lexicale avec les trois contraintes du tableau 1, il en déduira que, pour choisir son *roi de trèfle*, le joueur a décidé de jouer sa couleur longue, en bille en tête (en partant des plus fortes) et avec la carte valant le plus de points.

les différentes contraintes	Liste des cartes sélectionnées
	Roi, Dame, 10, 7, 5 de trèfle ; 10 de coeur ; 5 d'atout ...
(> jouer la longue 2)	Roi, Dame, 10, 7, 5 de trèfle
(> bille en tête 2)	Roi et Dame de trèfle
(Max Valeur)	Roi de trèfle

Tableau 1 : exemple de la méthode employée par le joueur

Dans le cas où la recherche de la règle employée par le joueur s'avère infructueuse, GénéCom analyse la règle que Bateleur aurait déclenchée à la place de l'utilisateur. Supposons que Bateleur a déduit qu'il fallait appliquer la méthode lexicale avec les trois contraintes du tableau 1. Il faut donc jouer le *roi de trèfle*. Imaginons maintenant que le joueur a choisi de jouer la *dame de trèfle*,

GénéCom recherche alors la contrainte qui a éliminé le choix du joueur (la *dame de trèfle*). Dans l'exemple du tableau 1, GénéCom estimera que le joueur a employé les deux premières contraintes, mais n'a pas employé (ou mal employé) la troisième.

4. Métaconnaissances pour analyser la base de connaissance de Bateleur

Cette section explique comment le générateur recherche les connaissances pertinentes qui entrent en jeu au niveau stratégique. Pour cela, GénéCom utilise des métaconnaissances qui recherchent les éléments caractérisant le choix d'un plan de jeu dans la base de connaissances de Bateleur ou plus précisément dans la base de règles concluant sur le plan de jeu à choisir. Pour y parvenir, il parcourt les différentes prémisses des règles afin d'éliminer les redondantes et de récupérer les attributs apparaissant dans les règles mais dont les valeurs ou les opérateurs varient d'une règle sur l'autre.

Par exemple, considérons les deux règles suivantes, et regardons comment GénéCom retrouve les prémisses pertinentes uniquement pour les deux règles sélectionnant les 2 plans pl2c1 et pl3c2 :

REGLE plan_2_1

Le joueur est l'Attaquant

Main Pas Forte en Hauteur d'Atout (< 2)

Main Forte en Longueur d'Atout (>= 2)

Le joueur a moins de 6 perdantes (< 6)

Le joueur possède le 1 d'atout

ALORS

Sélectionner le plan PL2C1

Il faut supprimer les prémisses qui sont totalement communes aux deux règles (prémisses d'enchaînement ou non pertinentes), ce qui permet une certaine simplification :

REGLE plan_2_1

Main Pas Forte en Hauteur d'Atout (< 2)

Main Forte en Longueur d'Atout (≥ 2)

Le joueur possède le 1 d'atout

Alors

Sélectionner le plan PL2C1

REGLE plan_3_2

Le joueur est l'Attaquant

Main Forte en Hauteur d'Atout (≥ 2)

Main Pas Forte en Longueur d'Atout (< 2)

Le joueur a moins de 6 perdantes (< 6)

Le joueur ne possède pas le 1 d'atout

ALORS

Sélectionner le plan PL3C2

(REGLE plan_3_2

Main Forte en Hauteur d'Atout (≥ 2)

Main Pas Forte en Longueur d'Atout (< 2)

Le joueur ne possède pas le 1 d'atout

Alors

Sélectionner le plan PL3C2

GénéCom peut s'arrêter ici puisque toutes les prémisses sélectionnées dans les deux règles sont différentes et que chaque type de prémisse a un opérateur différent. Ici, les critères sont donc la hauteur d'atout, la longueur d'atout et la possession ou non du 1 d'atout. En travaillant sur la base de règles complète et non pas seulement sur les deux règles, GénéCom retrouve en plus le critère portant sur le nombre de perdantes.

Une fois que GénéCom a déterminé quels sont les critères importants entrant en jeu dans le choix d'un plan, il pourra focaliser ses recherches sur les prémisses contenant ces critères. Ainsi, le système aura plus de facilité pour trouver certaines caractéristiques associées à chacun des buts contenus dans un plan. Par exemple, il est intéressant de savoir qu'avec peu d'atouts en main, aucun des plans envisagés ne propose le but *amener le petit au bout*. Pour trouver ce type de caractéristiques du domaine, GénéCom utilise l'algorithme décrit ci-dessous.

l'algorithme de recherche de l'espace de validation des buts :

Pour chacun des buts faire

Espace de validation pour le critère *Hauteur d'atout* $\leftarrow (-3 -2 -1 0 1 2 3)$

Espace de validation pour le critère *Longueur d'atout* $\leftarrow (-3 -2 -1 0 1 2 3)$

Espace de validation pour le critère *Nombre de perdantes* $\leftarrow (0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10)$

Rechercher les règles concluant sur un plan utilisant ce but

Pour chaque règle trouvée

Repérer chaque prémisse contenant un des trois critères pertinents

Mettre à jour l'espace de validation pour les trois critères

Fin Pour

Fin Pour

La mise à jour de l'espace de validation pour chacun des critères peut être résumée par la formule suivante :

$$\text{Espace de validation} \leftarrow \text{Espace de validation} \cap \text{Espace de validation de la règle}$$

Supposons que deux règles concluent sur les plans possédant le but "Jouer atout" :

Règle r1

Main pas Forte en Hauteur d'Atout (< 3)

Main Forte en Longueur d'Atout (≥ 2)

Alors...

Règle r2

Main pas très Forte en Hauteur d'Atout (< 2)

Main Pas Forte en Longueur d'Atout (< 2)

Alors...

Au début de l'analyse, l'espace de validation pour les deux critères (*Hauteur* et *Longueur*) est initialisé avec la liste des évaluations possibles : $(-3 -2 -1 0 1 2 3)$. Lorsque GénéCom s'intéresse à la règle r1, elle isole donc les espaces de validation de la première règle et applique la formule de la manière suivante :

Espace de validation pour le critère *Hauteur* $\leftarrow (-3 -2 -1 0 1 2 3) \cap (-3 -2 -1 0 1 2)$

Espace de validation pour le critère *Longueur* $\leftarrow (-3 -2 -1 0 1 2 3) \cap (2 3)$

Après le calcul des intersections :

Espace de validation pour le critère *Hauteur* $= (-3 -2 -1 0 1 2)$

Espace de validation pour le critère *Longueur* $= (2 3)$

Dans un deuxième temps, le système isole les espaces de validation de la deuxième règle et applique à nouveau la même formule :

Espace de validation pour le critère *Hauteur* $\leftarrow (-3 -2 -1 0 1 2) \cap (-3 -2 -1 0 1)$

Espace de validation pour le critère *Longueur* $\leftarrow (2 3) \cap (-3 -2 -1 0 1)$

Après le calcul des intersections :

Espace de validation pour le critère *Hauteur* $= (-3 -2 -1 0 1)$

Espace de validation pour le critère *Longueur* $= ()$

Finalement, puisque le but "jouer atout" n'apparaît que dans deux plans de jeu et que ces deux plans ne peuvent être sélectionnés que par les règles r1 et r2 (pour l'exemple présenté), GénéCom a analysé ces deux règles afin de rechercher les caractéristiques liées à ce but. Le résultat de cette recherche indique que Bateleur n'emploie le but "jouer atout" que lorsqu'il n'a pas de gros atouts : l'évaluation du critère *Hauteur d'atout* est comprise entre -3 et 1. Par contre, le critère *Longueur d'atout* n'est pas pertinent.

	hauteur d'atout	longueur d'atout	nbr de fausses cartes
Affranchir la longue, Jouer les perdantes, Fermer le jeu	()	()	()
Epuiser les atouts adverses	()	(2 3)	(0 1 2 3 4 5)
amener le petit au bout	()	(2 3)	()
jouer atout	(-3 -2 -1 0 1)	()	()
faire couper	(2 3)	(-3 -2 -1 0 1)	(6 7 8 9 10)

Tableau 3 : la liste des espaces de validation après l'analyse des règles du planificateur

Le tableau 3 ci-dessus présente une liste des espaces de validation associés à quelques buts manipulés par Bateleur. Par exemple, le but "amener le petit au bout" n'est utilisé que lorsque le nombre d'atouts est important (la *hauteur d'atout* a pour valeur 2 ou 3). Par contre, le but **faire couper** n'est appliqué que lorsque le joueur n'a pas un nombre important d'atouts (la *hauteur* varie entre l'évaluation -3 et 1). Un espace de validation représenté par la liste vide () n'indique pas que le but n'est jamais utilisé ; au contraire, cela doit être interprété comme un but qui a la possibilité d'être appliqué quelle que soit l'évaluation du critère.

5. Des méta-règles pour expliciter les règles de Bateleur

Lorsque GénéCom décide de commenter au niveau du choix du but ou au niveau du choix de la carte, il arrive très régulièrement que le système doit expliquer une règle de Bateleur au lecteur. En effet, il se peut, par exemple, que GénéCom doive expliquer qu'il ne faut pas *affranchir la longue* par la suspension ou la désactivation du but par une règle de Bateleur.

Pour prendre un exemple plus précis, supposons qu'au pli 6 le joueur ait décidé de jouer la dame de trèfle. GénéCom a analysé la partie et a déterminé que le joueur a voulu *affranchir la longue* au pli 6. Bateleur, par contre, aurait plutôt choisi *jouer les perdantes* avec le 4 de pique. Pour pouvoir activer le but *jouer les perdantes*, Bateleur a déclenché une règle de désactivation invalidant le but *affranchir la longue*. Pour que GénéCom explique au lecteur qu'il ne faut pas chercher à *affranchir la longue* (comme l'a fait le joueur), il doit présenter la règle qui a permis à Bateleur de désactiver ce but.

Bien entendu, le générateur ne doit pas présenter textuellement une règle de Bateleur. La première étape est donc de classer les attributs utilisés dans les règles de Bateleur en fonction de leur complexité et de leur utilité un peu comme le système de Wallis et Shortliffe [Wallis et Shortliffe 82]. La seconde tâche est de rechercher les informations pertinentes pour le cas traité. Enfin, dans un troisième temps, il faut présenter ces informations de la manière la plus compréhensible possible.

La première étape a été de définir les différents types de prémisses se trouvant dans la base de règles de l'attaquant et des défenseurs. Cette classification a été faite manuellement aussi bien pour les différents types de prémisses (voir le tableau 4) que pour la classification des différentes prémisses (voir le tableau 5).

Le tableau 4 présenté ci-dessous comporte 9 types de prémisses avec la notation correspondante. En effet, il existe des prémisses qui peuvent être *très évidentes* comme les cartes que l'on possède et d'autres *difficiles* à mémoriser ou à calculer comme un calcul de probabilité.

Types de prémisses	Notation	Types de prémisses	Notation
Très évident	0	évident → difficile	10
évident	1	difficile → évident	11
assez évident	2	enchaînement	-1
pas évident	3	commentaire	-2
difficile	4		

Tableau 4 : les notations des différents types de prémisses

Les prémisses notées par un 10 sont des prémisses qui sont évidentes en début de la partie mais qui deviennent de plus en plus difficile au fur et à mesure que la partie se déroule. Par exemple, compter le nombre de cartes tombées dans une couleur est très facile au début mais peu de personnes sont capables de se souvenir de toutes les cartes tombées en fin de partie. Les prémisses notées par un 11 sont les prémisses "inverses" qui sont difficiles au début mais faciles au fur et à mesure que la partie se déroule. Les prémisses notées par une valeur négative sont des prémisses qui ne seront pas présentées au lecteur puisque ce sont soit des prémisses d'enchaînement, soit des prémisses utilisées dans des règles construisant les commentaires.

Classe	Attribut	Expert	Confirmé	Déb.-confirmé	Débutant
Vision	couleurs coupées	0	0	1	2
Main	liste des cartes en main	0	0	0	0
Carte	maître	0	0	2	3
Infos jeu	liste des cartes tombées	0	10	10	10
Boite	faire couper l'adversaire	0	0	2	3
Situation	affranchissement d'une couleur	0	1	3	4
Calcul	liste	-1	-1	-1	-1

Tableau 5 : quelques exemples d'évaluation du niveau des prémisses

Le tableau 5 présenté ci-dessus affecte un niveau de complexité d'un attribut de Bateleur pour un expert, un joueur confirmé, débutant-confirmé ou débutant. Par exemple, un joueur expert ou confirmé n'aura aucun problème de mémorisation des couleurs coupées par ses adversaires. Cette tâche est par contre un peu plus difficile pour un joueur débutant-confirmé et encore plus difficile pour un joueur débutant. La prémisses "liste" (de la classe Calcul) est une prémisses de Bateleur qui ne contient pas d'informations intéressantes pour la génération de commentaires.

La deuxième étape vise à rechercher les informations pertinentes pour le cas traité. Plus concrètement, à ce stade de l'analyse GénéCom connaît quelle règle il doit expliquer, que ce soit une règle de suspension, de désactivation ou encore un règle concluant sur une carte. La première idée serait de sélectionner uniquement les prémisses qui ne sont pas très évidentes pour le lecteur afin de ne pas présenter des concepts déjà assimilés par le lecteur.

Une règle de la base de règles de l'attaquant :

(REGLE Coefficient Criteres 1

((?action ACTION (Egal Action Affranchir ?a_longue)
(Egal Etat ACTIVE))

(?refINFOS_JOUEURS (Egal Camp ATTAQUE)
(Egal Longue1 ?longue))

Le joueur est le Preneur

(?main MAIN (Egal couleur ?longue)
(Egal liste ?liste)
(Inf Proba_non_fourniture 34))

Il y a beaucoup de chances qu'un défenseur
fournisse la couleur de la longue

(?comp compartiment (In carte ?liste)

(Sup Carte_Maitresse 2))

Il y a au moins une carte maitresse dans la longue

)
ALORS (...))

Par exemple dans la règle Coefficient_Critères_1, la seule prémisse difficile est (?main MAIN (Inf Proba_non_fourniture 34)). Mais, cette information n'est pas suffisamment pertinente. En effet, on ne sait pas que cette probabilité est affectée à la couleur longue de l'attaquant. Afin de remédier à cette lacune, GénéCom va non seulement rechercher les prémisses dont l'attribut n'est pas évident pour le lecteur mais également les prémisses qui sont liées à ces prémisses par une variable. Cette méthode est appliquée récursivement sur les nouvelles prémisses sélectionnées. Ainsi, dans l'exemple présenté ci-dessus, l'ensemble des prémisses sélectionnées est le suivant :

(?ref INFOS_JOUEURS (Egal Camp Attaque))	<i>La variable ?Longue est instanciée par la</i>
(?ref INFOS_JOUEURS (Egal Longue1 ?Longue))	<i>couleur longue de l'Attaquant</i>
(?main MAIN (Egal couleur ?longue))	<i>Il y a beaucoup de chance qu'un des</i>
(?main MAIN (Inf Proba_non_fourniture 34))	<i>défenseur fournisse la couleur de la longue</i>

On notera que GénéCom sélectionne les prémisses de base (dans l'exemple, la prémisse de base est "(?main MAIN (Inf Proba_non_fourniture 34))") non seulement lorsqu'elles possèdent un attribut complexe, mais également lorsqu'elles renferment un calcul. Par exemple, la prémisse "(?situ SITUATION (SUPEgal Nbr_cartes_Maitres (moyenne_carte ?coul)))³" est également sélectionnée puisque la partie Valeur renferme une fonction de calcul. Dans ce dernier cas, la recherche des prémisses liées débute à partir des variables ?situ et ?coul.

La troisième étape consiste à présenter les prémisses sélectionnées lors de la deuxième étape. Pour satisfaire cet objectif, il a fallu construire manuellement une base de règles permettant à GénéCom d'associer un commentaire aux prémisses sélectionnées dans la règle traitée. En reprenant l'exemple de la règle Coefficient_Critères_1 présentée précédemment, deux règles vont être déclenchées afin d'associer un commentaire aux quatre prémisses sélectionnées :

(Règle Filtre_Main_14	
(. (?prem1 Premlisse ... (Egal Classe MAIN)	<i>La première prémisse doit être du type</i>
(Egal Operateur EQUAL)	<i>(... MAIN (Egal Couleur ...))</i>
(Egal Attribut COULEUR))	
(?prem2 Premlisse ... (Egal Classe MAIN)	<i>La deuxième prémisse doit être du type</i>
(Egal Operateur INF)	<i>(... MAIN (InfProba_non_fourniture 34))</i>
(Egal Attribut PROBA_NON_FOURNITURE)	
(Egal Valeur 34))	
(?main MAIN (Egal couleur ?couleur)	
... ALORS ((ligne "il y a beaucoup de chance que les défenseurs fournissent à " ?couleur))	

(Règle Filtre_Infos_joueurs_1	
(. (?prem1 PREMISSE... (Egal Classe INFOS_JOUEURS)	<i>La première prémisse doit être du type</i>
(Egal Operateur ÉQUAL)	<i>(... Infos_Joueurs (Egal Camp Attaque))</i>
(Egal Attribut CAMP)	
(Egal Valeur ATTAQUE))	
(?prem2 PREMISSE ... (Egal Classe INFOS_JOUEURS)	<i>La deuxième prémisse doit être du type</i>
(Egal Operateur ÉQUAL)	<i>(... Infos_Joueurs (Egal Longue1 ???))</i>
(Egal Attribut LONGUE1)	<i>avec ??? différent de INCONNU</i>
(Egal Valeur INCONNU))	

³ La prémisse indique que le joueur possède plus de cartes maitresses que la moyenne des joueurs. Cette prémisse n'apparaît pas dans l'exemple, mais existe dans Bateleur.

(?reference INFOS_JOUEURS (Egal Camp Attaque)
(Egal longue1 ?longue))
... ALORS ((ligne "La couleur " ?longue "est la longue de l'attaquant."))

Après le déclenchement des deux règles, le commentaire engendré (expliquant la règle *coefficient_Critères_1*) sera le suivant : "Il y a beaucoup de chance que les défenseurs fournissent à trèfle. La couleur trèfle est la longue de l'attaquant."

6. Perspectives

6.1. Les métaconnaissances du module d'apprentissage.

Actuellement, Bateleur a un niveau *débutant de club* (un niveau moyen), il est donc perfectible. De plus, il arrive régulièrement que l'utilisateur soit un joueur de meilleur niveau. Dans ce cas, GénéCom aura des sources d'informations intéressantes pour améliorer la base de règles de Bateleur. En effet, GénéCom juge le choix du joueur tant au niveau de la stratégie qu'au niveau de la tactique. Il est donc possible de voir, par exemple, que le joueur avait une bonne stratégie (meilleure que celle de Bateleur) mais qu'il n'en a pas tiré profit. Dans ce cas, GénéCom pourra essayer d'apprendre cette stratégie, à l'aide de métaconnaissances, en mettant à jour la base de règles de Bateleur au niveau des plans de jeu. Il serait intéressant de s'inspirer des techniques employées par Teiresias [Davis & Lenat 82] pour développer une métaexpertise.

Ce module d'apprentissage est relativement facile à implémenter puisque la plupart des outils (pour juger et comprendre le comportement de l'utilisateur) sont déjà construits.

6.2. Les métaconnaissances du module d'analyse du niveau du joueur.

Actuellement, le niveau global du joueur est fixé manuellement à l'aide d'un attribut *niveau_joueur*. Cette information est utile à GénéCom afin d'engendrer des commentaires les plus pertinents possibles. En effet, si le joueur est débutant et qu'il joue une bonne carte (meilleure que celle qu'aurait jouée Bateleur), GénéCom regardera si le joueur a été chanceux. Par contre, si le joueur est un expert et qu'il joue mieux que Bateleur alors le système engendrera un commentaire indiquant qu'il ne faut pas jouer comme Bateleur, mais plutôt comme le joueur.

Au cours du protocole décrit précédemment en section 2.2, GénéCom est capable de juger les choix du joueur (étape 3). Mais, cette prise de position n'est valable que localement et à un niveau donné : au niveau stratégique ou tactique. Actuellement, GénéCom n'est pas capable de juger globalement le joueur.

Le module d'analyse du niveau du joueur devra palier à ce besoin en utilisant des métaconnaissances axées sur les informations qui sont à sa disposition [Nigro & Ricaud 95] : la modélisation du comportement du joueur (étape 2), le jugement de chacun des choix (stratégique ou tactique) du joueur, le déroulement de la partie, la répartition des cartes et les connaissances de Bateleur. On peut également imaginer, qu'avec très peu de modifications, GénéCom puisse également juger globalement le joueur au niveau stratégique et tactique. Le système trouvera, par exemple, que le joueur n'a pas de plan de jeu (la stratégie), mais joue très bien tactiquement.

7. Conclusion

Cet article présente trois types de métaconnaissances utilisés par le système GénéCom pour engendrer des commentaires : les premiers pour comprendre le comportement de l'utilisateur ; les seconds pour analyser la base de connaissances du domaine d'application ; et les troisièmes pour sélectionner et expliciter les connaissances du domaine. Ces métaconnaissances se sont avérées très utiles pour plusieurs raisons. Tout d'abord, elles facilitent la mise à jour des connaissances de Bateleur et de GénéCom : par exemple, l'ajout d'une nouvelle règle à Bateleur ne demandera aucune modification dans GénéCom et inversement. Plus globalement, l'utilisation des métaconnaissances facilite la portabilité du système. En effet, Le remplacement de Bateleur par un autre système du même type n'impliquera aucun changement sur les métaconnaissances de GénéCom. Dans un futur proche, les deux autres types de métaconnaissances présentés à la section 6 seront ajoutées à GénéCom.

Bibliographie

- Davis R. et Lenat D. (1982), *Knowledge-Based Systems in Artificial Intelligence*. McGraw-Hill.
- Kass R. et Finin T. (1983), *The need for user models in generating expert systems explanations*. Expert Systems 1.
- Kolodner J. (1993), *Reconstructive memory: A computer model*. Cognitive Science 7.
- Nigro J.-M. (1993), *BATELEUR : un système expert modélisant le comportement de joueurs au tarot*, Second European Congress on Systems Science, Prague.
- Nigro J.-M. (1995), *La conception et la réalisation d'un générateur automatique de commentaires : le système GénéCom. Application au jeu du tarot*. Thèse de doctorat de l'université Paris VI.
- Nigro J.-M. et Ricaud P. (1995), *Diagnostic des connaissances d'un joueur de Tarot par l'analyse d'une partie*, colloque en EIAO de Cachan.
- Pinson S. (1987), *Méta-modèles et heuristiques de jugement: le système CREDEX. Application à l'évaluation du risque crédit entreprise*. Thèse de doctorat de l'Université PARIS 6.
- Pitrat J. (1990), *Métaconnaissance. Futur de l'intelligence artificielle*, édition Hermes.
- Wallis J. et Shortliffé E. (1982), *Explanatory Power for Médical Expert Systems: Studies in the representation of Causal Relationships for Clinical Consultations*, Stanford University Technical Report, N°CS-82-923.