
Point et ligne sur plan : des agents qui communiquent visuellement

Guillaume Hutzler — Bernard Gortais — Valérie Renault

Laboratoire d'Informatique de Paris 6 - Pôle IA

Université Pierre et Marie Curie / CNRS

Case 169

4, place Jussieu

75252 PARIS CEDEX 05

{Guillaume.Hutzler, Bernard.Gortais}@lip6.fr, vrenault@club-internet.fr

RÉSUMÉ. Pour être en mesure d'interagir avec des systèmes, multi-agents en particulier, il est nécessaire d'en avoir au préalable une certaine représentation, image mentale qui se construit au contact du système ou de son interface. Nous abordons dans cet article le problème de la représentation visuelle de systèmes multi-agents en proposant de faire la synthèse des recherches artistiques effectuées par Kandinsky sur les qualités émotionnelles des formes et des couleurs, les théories modernes de la perception visuelle et la méthodologie Cassiopeia d'analyse et de conception de systèmes multi-agents.

ABSTRACT. In order to interact with systems, especially multi-agent systems, one has to get some representation of them, a kind of mental image built when confronted to the system or to its interface. We address in this article the problem of visually representing multi-agent systems, by doing the synthesis of Kandinsky's artistic researches about emotional qualities of shapes and colors, modern theories of visual perception and the Cassiopeia methodology to analyze and design multi-agent systems.

MOTS-CLÉS : interface, SMA, perception, visualisation d'information, méthodologie.

KEY WORDS : interface, multi-agent systems, information visualization, methodology.

1. Introduction

La question de la place de l'homme dans les systèmes multi-agents pose la question plus générale de la place de l'homme vis à vis de systèmes artificiels, des interactions possibles entre homme et systèmes, et donc de l'interface entre les deux. C'est à cette dernière notion d'interface, considérée comme moyen de connaissance d'un système, que l'on s'est intéressé plus particulièrement, car elle constitue le préalable à d'éventuelles actions sur le système. A cet égard, il est paradoxal de constater que la question de la représentation visuelle des systèmes multi-agents a été jusqu'à présent relativement négligée.

Le plus souvent, cette représentation est purement et simplement inexistante ou réduite au simple affichage des agents composant le système. Ce dernier type de représentation revient pour un observateur à avoir sur un système multi-agents le même regard que celui qu'il pourrait avoir sur un système naturel, observant les comportements individuels des agents du système d'un point de vue extérieur. L'observateur n'a pas accès à l'état interne des agents et doit inférer une représentation des interactions entre les agents à partir de ses observations. Ce type de représentations, que l'on qualifiera de *biologique*, se trouve de fait en partie adapté aux problèmes de simulation biologique [Drogoul 93] puisqu'il permet de confronter la dynamique du système artificiel avec celle habituellement observée sur le système naturel qu'il modélise.

A l'autre extrémité de l'échelle « local -> global », d'autres représentations, basées sur une approche plus sociologique, abordent le problème d'un point de vue organisationnel en s'intéressant aux aspects structurel et dynamique des organisations qui résultent des interactions entre agents. Ces représentations prennent en particulier la forme de graphes de relations modélisant les interactions entre agents ([Proton et al.97], [Parunak 96], [Nakauchi et al. 92]), offrant une vision globalisante des systèmes multi-agents. Tout comme les représentations biologiques, ce deuxième type de représentations, que l'on qualifiera de *sociologique*, ne permet généralement pas d'obtenir beaucoup d'informations sur l'état des agents, ni sur le type d'interactions qu'ils ont les uns avec les autres.

Par ailleurs, les paradigmes classiques de visualisation d'information négligent pour leur part très souvent les aspects dynamiques et distribués qui caractérisent de nombreux systèmes d'information. Les méthodologies de conception d'interfaces reposent en effet sur une approche par laquelle une succession discrète de situations fixes doit être visualisée, plutôt qu'un flux continu d'information. Des travaux commencent néanmoins à voir le jour qui placent ces notions au cœur de leur démarche ([Ishizaki 96], [Chi et al. 98]), ce qui les amène du même coup à adopter des techniques multi-agents.

Nous abordons pour notre part cette problématique de représentation de systèmes multi-agents, sous l'angle d'une communication visuelle entre des agents et un observateur humain. Cette approche s'inspire en particulier de la vision artistique de Kandinsky selon laquelle les éléments constitutifs d'une peinture font preuve d'une vie intérieure qu'ils expriment extérieurement par leur forme et leur couleur [Kandinsky 91]. Plus qu'une simple métaphore, cette vision « organique »

des éléments picturaux trouve sa justification dans les théories de la perception les plus récentes, qui elles-mêmes s'appuient sur les premières théories modernes de la perception, contemporaines de Kandinsky (début du 20^{ème} siècle). L'idée est d'exploiter les modes de fonctionnement de la perception humaine pour représenter visuellement de façon la plus naturelle possible les notions d'agent, de relation ou d'interaction, et d'organisation, toutes notions familières dans le domaine des systèmes multi-agents. Cette approche a été mise en pratique, notamment à travers le projet d'art informatique intitulé *Le Jardin des Hasards* [Hutzler et al. 97], puis à travers le projet de visualisation d'information baptisé par référence au premier *Jardins de Données* [Hutzler et al. 98].

Nous allons maintenant développer cette approche perceptive des systèmes multi-agents (à moins qu'il ne s'agisse d'une approche multi-agents de la perception) en prenant pour fil conducteur la méthodologie de conception multi-agents Cassiopée [Collinot et al. 96], ce qui nous permettra de nous concentrer sur les éléments qui ont du sens relativement à l'organisation des agents. Nous illustrerons la démarche au fur et à mesure en montrant comment elle peut être appliquée de manière pratique dans le cadre des *Jardins de Données*. Mais il est au préalable nécessaire de définir un peu mieux le cadre dans lequel nous nous plaçons. Car si l'on considère que des formes peuvent « communiquer » visuellement avec un observateur humain, il s'agit d'une communication un peu particulière, sensiblement différente de ce que ce terme recouvre habituellement. Cette communication entre agents du système amène par ailleurs à reconsidérer la frontière entre ce qui fait partie du système et ce qui n'en fait pas partie.

2. Image et SMA

L'image est ce qui permet à un utilisateur d'avoir une représentation de manière continue, d'un système multi-agents. Elle est donc d'une importance fondamentale. L'image cependant n'est pas neutre et la manière dont le système sera perçu par l'utilisateur dépend largement de la manière dont cette image aura été construite d'une part, et de la manière dont elle sera « re-construite » par l'utilisateur d'autre part. L'image en fait, constitue en elle-même un système, dont l'existence n'est pas seulement soumise au SMA qu'elle représente, mais également aux processus de perception de l'utilisateur qui la regarde et l'interprète.

2.1. L'image est un système

La peinture, et l'image d'une manière plus générale, peuvent être considérées comme des systèmes au même titre que les SMA, dans le sens où une œuvre constitue un tout composé d'un ensemble d'entités (des formes et des couleurs) autonomes en interaction dynamique. La peinture pourtant, au sens traditionnel du terme, est un art figé, c'est à dire que l'œuvre elle-même est immobile. Mais une œuvre devient « vivante », et ses éléments constitutifs commencent à interagir les

uns avec les autres, dès lors qu'elle est regardée par le peintre ou par un spectateur. Non pas que les formes et les couleurs se déplacent sur la toile au sens propre, mais le processus perceptif par lequel l'œuvre est perçue met en relation de manière dynamique les éléments visuels élémentaires qui composent l'image. Il suffit par exemple de placer deux points noirs sur une feuille blanche pour qu'aussitôt notre esprit construise une ligne entre les deux.

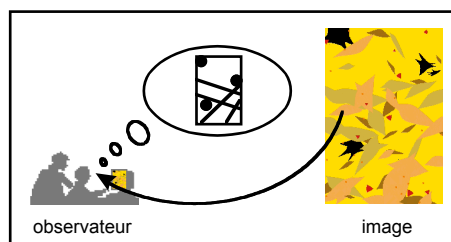


Figure 1. *L'image est un SMA qui « vit » dans l'esprit de l'observateur*

C'est en ce sens que l'on parlera par la suite d'une peinture, associée à un observateur humain, comme d'un système multi-agents au sein duquel des formes et des couleurs sont mises en interaction du fait de cette confrontation avec l'observateur. Les éléments picturaux n'ont pas de vie au sens propre, mais c'est le regard du spectateur qui leur donne vie d'un point de vue perceptif. Rien n'empêche dès lors que ces mêmes formes et couleurs ne se regroupent, à un niveau supérieur, en une organisation dont la structure et la dynamique résultent d'une construction perceptive dans l'esprit de l'observateur. Les intuitions de Kandinsky sont de ce point de vue confirmées par les théories psychologiques de la perception, notamment la théorie transactionnaliste d'Ames [Delorme 82]. On admettra pour notre part que l'image est une sorte système multi-agents qui « vit » et s'organise dans l'esprit de l'observateur. De fait, l'observateur devient partie intégrante d'un tel système, avec cependant le statut un peu particulier de celui qui organise, sorte de chef d'orchestre ou de chorégraphe sans lequel rien ne se passe. Du point de vue de la représentation d'un système multi-agents, il est donc nécessaire d'élargir la portée du système pour y inclure l'observateur : on parlera alors de Système Homme/SMA.

2.2. Système Homme / SMA

Du fait de cette dynamique qui caractérise la perception du SMA par un observateur, l'observateur se trouve du même coup partie prenante du système, au moins tant que dure cette observation. Nous avons souligné qu'une peinture n'existe en tant que système dynamique de formes et de couleurs que tant qu'il se trouve quelqu'un pour la regarder. Le SMA pour sa part existe indépendamment de l'utilisateur qui le regarde, mais il acquiert une nouvelle dimension, et une nouvelle

existence dans l'esprit de cet observateur, dans le cadre dynamique du système Homme / SMA ainsi créé.

La visualisation d'un SMA constitue de ce fait un moyen essentiel de connaissance du système, préalable à une interaction avec le système, interaction qui permet d'accroître les connaissances sur le système, connaissances qui permettent... L'interface permet d'enrichir les compétences individuelles, interactionnelles et organisationnelles des agents, des compétences d'un opérateur humain qui interprète l'évolution du système et en déduit des actions à prendre pour l'assister.

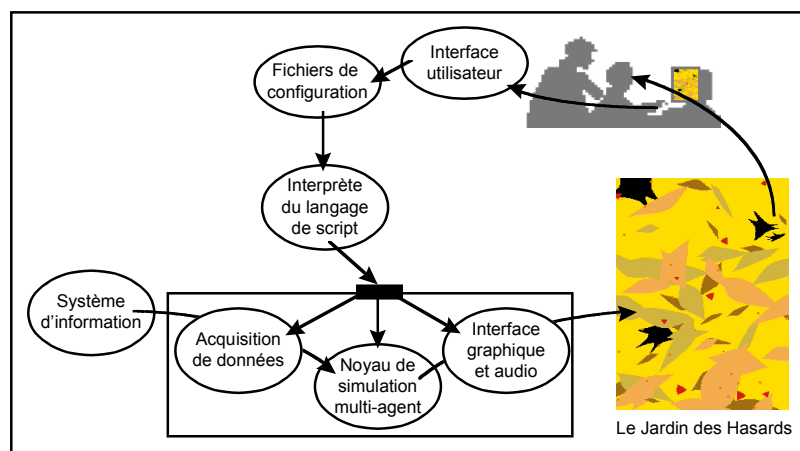


Figure 2. *Les Jardins de Données*

2.3. *Les Jardins de Données*

Le principe des *Jardins de Données* est hérité de celui du projet d'art informatique *Le Jardin des Hasards* [Hutzler et al. 97]. Dans ce premier projet, les conditions météorologiques d'un lieu donné sont suivies par l'intermédiaire d'un petit nombre de variables (température, précipitations, nébulosité, vitesse et direction du vent) récupérées en temps réel. Ces données constituent alors la météorologie d'un jardin virtuel modélisé sous la forme d'un système multi-agents, de telle sorte que l'apparence de ce jardin virtuel restitue l'ambiance climatique du lieu d'où proviennent les données. Au sein de ce jardin où chaque forme colorée est l'aspect visible d'un agent-plante, le spectateur a le choix de faire se reproduire certaines formes, d'en supprimer d'autres, et de modifier leur arrangement afin de produire un affichage qui soit plus signifiant, c'est à dire qui traduise mieux l'ambiance climatique de l'endroit distant. Avec les *Jardins de Données*, il s'agit simplement, par rapport au *Jardin des Hasards*, d'étendre le principe à différents ensembles de données complexes et dynamiques en conservant la métaphore du jardin, et d'étudier la question de la transmission d'information par l'intermédiaire

d'un SMA et de sa représentation avec une approche plus systématique. Il ne s'agit pourtant pas de renier les aspects artistiques de ce travail, mais plutôt de les exploiter d'un point de vue « utilitaire ». L'objectif général est ainsi de fournir une représentation de systèmes dynamiques et distribués sous une forme la plus « naturelle » possible, offrant à un observateur l'image d'une ambiance visuelle (et également sonore), représentation qui n'est pourtant pas forcément moins efficace qu'une représentation graphique puisque basée sur les mécanismes naturels de la perception

2.4. Point et ligne sur plan

Si nous nous intéressons à donner à des agents une apparence extérieure qui traduise un état interne particulier, Kandinsky pour sa part a tenté d'associer à des formes et des couleurs, une certaine vie propre, une « nécessité intérieure », afin de comprendre comment des émotions pouvaient être transmises par l'intermédiaire de la peinture. « Extérieurement, toute forme graphique ou picturale est un élément. Intérieurement, ce n'est pas la forme, mais sa tension vivante intrinsèque qui constitue l'élément. » [Kandinsky 91] C'est cette approche que nous allons maintenant présenter en essayant de la rattacher à notre questionnement sur la visualisation d'information et la représentation de SMA. « Point et ligne sur plan », titre de l'ouvrage dans lequel Kandinsky expose le résultat de ses recherches analytiques sur les formes picturales, pourrait ainsi se traduire en terminologie multi-agents par « agents et relations dans système. »



Figure 3. Exemples de formes picturales élémentaires

3. Point ...

Le point est l'élément de base, celui dont découle tous les autres formes. Il est, selon Kandinsky un « être autonome », doté d'une vie intérieure qui s'exprime par des tensions. Ainsi que nous l'avons déjà souligné, il ne faut pas prendre cette conception au pied de la lettre, mais plutôt considérer que la vie intérieure du point découle de la manière dont les processus perceptifs de l'observateur vont donner une existence autonome au point en même temps qu'ils vont établir des relations entre le point et d'autres éléments picturaux.

Kandinsky s'intéresse par ailleurs moins au point en tant que tel, que comme un élément pictural primaire, puisque le point, bien qu'idéalement considéré comme un disque infiniment petit, sera caractérisé en pratique par sa forme et sa dimension. Nous nous intéresserons donc aux éléments picturaux primaires en tant que moyens de représentation d'agents.

3.1. *Eléments picturaux primaires*

Du point de vue de la perception, les éléments qui sont considérés comme primaires ne sont pas ceux que Kandinsky considérait comme primaires, mais ceux qui sont perçus de manière passive par les récepteurs de la rétine et qui sont, dans l'ordre dans lequel ils sont perçus par l'homme, la couleur, la forme, la profondeur et le mouvement.

Nous nous intéresserons pour notre part aux *formes picturales* en tant que contour fermé dont les caractères perceptifs intérieurs (couleur et texture) sont homogènes, et qui se distingue d'un fond pour lequel ces caractères diffèrent. Cette définition ne peut être que personnelle, puisque la notion de forme est variable d'une théorie à l'autre, et elle est de plus théorique puisque la discrimination forme/fond est extrêmement dépendante du contexte. Un grand nombre d'éléments perceptifs caractérisent une forme picturale, la *couleur*, la *texture* ou le *contour* ; le contour peut à son tour être défini par son caractère simple ou composé, son caractère régulier ou irrégulier (voir Figure 4), et chaque sous-catégorie peut elle-même être définie par d'autres caractéristiques (par exemple le nombre de côtés d'un polygone régulier). La taille de cette forme peut par ailleurs constituer un élément discriminant. Finalement, si cette forme est considérée comme faisant partie d'une image, sa position dans l'image doit également être prise en considération.

Il faut considérer enfin que l'on s'intéresse à des phénomènes dynamiques et que l'on pourra donc avoir à faire à des images animées, ou à une suite d'image dans le temps, ce qui fait intervenir des notions de changement. Le mouvement en particulier, qui est un changement de position en fonction du temps, est perçu de manière élémentaire par des récepteurs spécialisés de notre système de perception visuelle et il constitue donc un moyen important de notifier le changement.



Figure 4. *Contour simple/composé, régulier/irrégulier*

3.2. *Agents*

Nous admettrons comme définition simple pour un agent, celle d'une entité autonome dotée d'un certain nombre de *ressources* (une représentation interne de l'environnement étant par exemple considérée comme une ressource) et pouvant mettre en œuvre un certain nombre de *comportements*. Si l'on se réfère par ailleurs à la méthodologie Cassiopée [Collinot et al. 96], on notera que ces comportements peuvent être regroupés en *rôles*. On parlera ici de *rôles du domaine* puisqu'il s'agit de représenter la « fonction qu'accomplit l'agent à un instant donné ». Ce sont donc ces ressources, comportements et rôles que l'on s'attachera à visualiser car ce sont

les éléments qui nous semblent les plus pertinents pour comprendre l'état et la dynamique des différents agents composant un système.

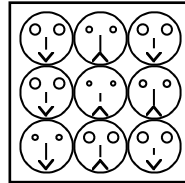


Figure 5. *Représentation multivariées (d'après [Domik 91])*

3.3. Agents picturaux

Dans le cadre des *Jardins de Données*, les agents possèdent donc, en plus de ressources propres et de comportements, les moyens de les transcrire sous forme picturale. L'idée est héritée des méthodes de représentations multivariées (Figure 5) utilisées en analyse de données pour représenter simultanément un grand nombre d'individus statistiques, chacun caractérisé par un petit nombre de variables. Une telle représentation permet d'avoir une vision instantanée de chaque individu, tout en mettant en évidence des relations entre certains individus.

Dans le système des *Jardins de Données*, l'aspect visuel d'un agent (Figure 6) est considéré comme une ressource comme une autre, et la transcription de ressources internes en aspect visuel est constituée de comportements qui font partie du répertoire des comportements habituels de l'agent. L'aspect visuel de l'agent, c'est à dire sa couleur (teinte, saturation, luminosité), sa position, sa position et sa vitesse, ou encore le contour de sa forme, peut donc être utilisé de manières diverses pour traduire l'identité de l'agent, ses ressources ou ses comportements courants.

Il est par exemple très facile de représenter l'énergie d'un agent par l'intermédiaire de sa taille d'affichage à l'écran en ajoutant un comportement élémentaire à l'agent, qui relie à chaque instant la taille de l'agent à son paramètre d'énergie (Figure 6). De la même manière, les caractéristiques visuelles de l'agent peuvent être reliées à des combinaisons diverses de ressources internes de l'agent.

Il est facile de voir par ailleurs comment n'importe quel autre comportement pourrait opérer, lors de son activation, des changements d'aspects qui lui soit propre et qui permette ainsi à un observateur du système de savoir précisément quels comportements sont en train d'être activés par chacun des agents. L'activation d'un comportement peut ainsi se traduire par une couleur particulière de l'agent, une forme particulière, etc.

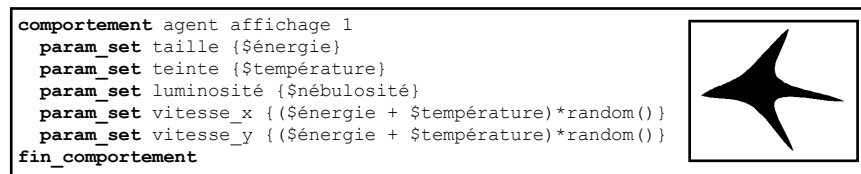


Figure 6. Comportement reliant l'aspect d'un agent à différentes ressources internes et exemple de représentation picturale d'un agent

4. ... et ligne ...

La ligne « est la trace du point en mouvement, donc son produit. (...) En vérité, la ligne peut être considérée comme un élément secondaire. » [Kandinsky 91]. La ligne introduit ainsi en peinture la notion de dynamique « Ici se produit le bond du statique vers le dynamique. » Et du fait de cette dynamique, du fait de ce mouvement du point qui traduit l'application d'une « tension » dans une certaine « direction », est introduite également la notion de relations entre éléments picturaux primaires qui aboutit à la création d'éléments secondaires.

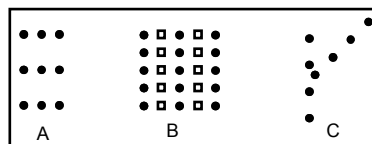


Figure 7. Regroupement par proximité (A), par similitude (B), par continuité (C)

4.1. Organisation perceptive

D'une manière plus générale, il est largement admis que le processus de perception procède d'une organisation dynamique de l'information visuelle perçue, dont le résultat est la mise en relation d'éléments entre eux, ou le regroupement d'un ensemble d'éléments en une structure perceptive secondaire. Cette notion fonde notamment la théorie dite « relationnelle » de Piaget [Delorme 82] selon laquelle la perception repose sur une construction d'un tout cohérent à partir des relations entre éléments primaires. Ces relations sont elles-mêmes le résultat de deux mécanismes perceptifs distincts. Le premier, baptisé « effet primaire » ou « effet de champ », est passif et « concerne la mise en relation de grandeur qui s'opère spontanément entre des éléments perçus simultanément dans le champ perceptif » [Delorme 82]. Le second, « l'activité perceptive », comprend des mécanismes actifs tels que l'exploration du champ visuel ou encore « les activités de transport (comparaisons à distance dans l'espace ou le temps), de transposition (comparaisons de relations dimensionnelles) et de schématisation » [Delorme 82].

De manière maintenant plus pratique, il ressort des études des gestaltistes (tenants de la théorie de la Gestalt ou théorie de la forme qui ont étudiés en particulier les principes de regroupement perceptif) qu'un petit nombre de principes permettent de décrire la manière dont un ensemble d'éléments picturaux sont regroupés. Les plus importants (Figure 7) sont les principes de groupement par proximité, par similitude, par sort commun (mouvement identique), et par continuité.

A l'inverse, des effets de contraste entre deux formes basés sur des caractéristiques différentes sinon opposées, mettent également ces formes en relation en les opposant. Nous avons déjà évoqué Figure 4 les contrastes de formes (simple/composé, régulier/irrégulier). Chacune des caractéristiques d'une forme peut cependant également être à l'origine de contrastes (taille, forme, mouvement, etc.). Les contrastes de couleur en particulier sont très bien connus et classés en sept contrastes dont le contraste de clair-obscur (Figure 8).

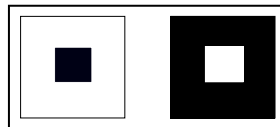


Figure 8. *Contraste clair-obscur*

4.2. Agents en relation

Dans un SMA également, les agents sont en interaction, ou en relation les uns avec les autres, dans la mise en œuvre de comportements plus ou moins élaborés de coopération, ce qui leur permet d'accomplir des tâches que chacun des agents ne pourrait effectuer tout seul. A l'inverse, les différents agents sont parfois dans des situations de compétition, pour obtenir par exemple l'accès à des ressources limitées.

De manière plus formelle, la méthodologie Cassiopée définit pour les agents des *rôles relationnels* qui expriment les dépendances entre rôles du domaine mis en œuvre par les agents. Plus précisément, les rôles relationnels regroupent les rôles d'agent influent et d'agent influencé, où la notion « d'influence entre un agent A et un agent B » est définie comme « une dépendance entre le rôle joué par A et celui joué par B » [Collinot et al. 96]. Cette influence s'exprime de manière pratique par la transmission de signes d'influences de l'agent influent vers l'agent influencé.

4.3. Agents picturaux en relation

Du point de vue de la représentation picturale des agents, le moyen le plus simple d'exprimer une relation entre agents est bien évidemment de tracer une ligne entre ces agents (voir par exemple [Proton 97]). Nous nous appuyons quant à nous

sur l'approche adoptée pour la représentation individuelle des agents, ainsi que sur les principes d'organisation perceptive par lesquels plusieurs formes sont mises en relation. En pratique, il s'agit simplement d'utiliser les signes définis par la méthodologie Cassiopée et qui permettent aux agents de connaître les interactions auxquelles ils participent : dans le cas de rôles relationnels par exemple, un agent influent propage un signe d'influence correspondant au rôle du domaine qu'il joue. Dans le même temps, il a adapté sa représentation picturale, d'une part en fonction de ce rôle du domaine, et d'autre part pour signaler sa participation à une relation d'influence en tant qu'agent influent. Les agents influencés qui perçoivent ce signe d'influence l'interprètent afin de déterminer le rôle qu'eux-mêmes doivent jouer et adaptent à leur tour leur représentation picturale pour signaler de la même manière le rôle du domaine dans lequel ils s'engagent ainsi que leur participation à la relation d'influence en tant qu'agent influencé.

On peut imaginer par exemple (Figure 9) que la couleur des forme soit utilisée pour indiquer le rôle du domaine que chaque agent occupe, qu'une même forme soit utilisée pour chacun des agents participant à la relation d'influence, et qu'une taille plus importante soit donnée à l'agent influent par rapport à l'agent influencé.

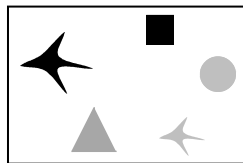


Figure 9. Représentation permettant de visualiser des relations entre agents

5. ... sur plan

« Nous considérons comme plan originel la surface matérielle appelée à porter le contenu de l'œuvre » [Kandinsky 91] Autrement dit, le plan constitue le cadre du système pictural dans lequel les différents éléments expriment leurs relations. Par ailleurs, c'est par rapport à ce cadre que certains éléments acquièrent certaines de leurs caractéristiques : un point n'exprime pas les mêmes tensions suivant qu'il se situe au centre du cadre ou bien dans un coin de la toile.

5.1. Hiérarchie picturale

Il apparaît en fait qu'un certain nombre de caractéristiques picturales déterminent les positions respectives qu'occupent les différents éléments picturaux dans une hiérarchie perceptive. Cette hiérarchie résulte en une perception plus ou moins rapide de ces éléments, et donc en une importance plus ou moins grande par rapport à l'image dans son ensemble.

Ces caractéristiques picturales sont très fortement liées à la position des éléments dans l'image. Un élément pictural a ainsi plus de poids s'il se trouve en haut plutôt qu'en bas de l'image, à droite plutôt qu'à gauche (essentiellement pour des raisons culturelles, l'inverse étant vrai pour les civilisations arabes), au centre plutôt qu'à la périphérie, sur la diagonale montante (inférieure gauche - supérieure droite) plutôt que sur la diagonale descendante (supérieure gauche - inférieure droite). La taille d'un élément pictural est de plus un caractère qui détermine fortement l'importance relative de l'élément dans l'image globale. De manière générale enfin, un élément qui contraste fortement avec le reste de l'image, par sa forme, sa couleur, son mouvement, etc. sera perçu plus facilement et aura donc une plus grande importance dans la représentation.

5.2. Hiérarchie d'agents

Dans la méthodologie Cassiopée, la structure d'agents définie par l'intermédiaire des rôles du domaine et des rôles relationnels est susceptible d'évoluer de manière dynamique grâce aux « rôles organisationnels qui permettent aux agents de gérer la formation et la dissolution de groupes : les rôles d'*initiateur* et de *participant* » [Collinot et al. 96]. Ces rôles s'expriment par des comportements de *formation de groupe* et de *dissolution* pour l'initiateur et d'*engagement* pour les participants. La formation d'un groupe est marquée par l'émission de *signes d'engagement*, tandis que la dissolution est marquée par l'émission de *signes de dissolution*.

D'une certaine manière, on peut considérer que cette structure de groupe avec un initiateur et plusieurs participants constitue une hiérarchie simple à deux niveaux. Si l'on considère maintenant que le groupe constitue une entité autonome dotée de ressources et pouvant accomplir un certain nombre de comportements, un agent donc, rien n'empêche d'imaginer des comportements d'engagement entre différents groupes, pouvant ainsi donner naissance à des structures hiérarchiques à trois niveaux et plus.

5.3. Hiérarchie d'agents picturaux

La visualisation des rôles organisationnels dans le cadre des *Jardins de Données* sera ainsi très similaire à celle des rôles relationnels, ainsi que nous l'avons présenté à la section 4.3. Au lieu d'exploiter les signes d'influence, il s'agit simplement d'exploiter les signes d'engagement et de dissolution, et de doter les agents de comportement d'affichage spécifiques lors de l'émission ou de la réception de tels signes. L'agent ayant le rôle d'initiateur aura ainsi un comportement d'affichage qui pourra par exemple avoir tendance à le rapprocher du centre de l'image et à augmenter sa taille, tandis que les agents ayant des rôles de participants pourront par exemple se rapprocher de l'agent initiateur, adoptant éventuellement un signe distinctif, marquant leur appartenance au groupe.

6. Conclusion

Nous venons de présenter les bases d'une approche visant à aborder le problème de la visualisation de systèmes multi-agents sous la forme d'une représentation animée reflétant en temps réel le fonctionnement du système. Ce faisant, nous essayons de nous démarquer des représentations de type graphiques, pour essayer de tirer parti des propriétés des mécanismes perceptifs humains, ce qui devrait permettre à terme de présenter une plus grande quantité d'information simultanément et de manière plus naturelle.

Cette approche pose cependant un certain nombre de problèmes. En particulier, il est bien connu que la perception est un processus qui est très variable d'une culture à l'autre, d'une personne à l'autre au sein d'une culture, et qui est même sensible, pour une personne donnée, à ses émotions, à ses besoins (la faim par exemple), etc. C'est pour cette raison que l'application des *Jardins de Données* a été conçue en laissant une grande liberté à l'utilisateur du système pour lui permettre de décrire lui-même les comportements d'affichage des différents agents. Un travail est par ailleurs en cours pour donner la possibilité à l'utilisateur de modifier dynamiquement la représentation des agents, modifications dirigeant un processus d'apprentissage visant à adapter les comportements d'affichage des agents à la sensibilité de l'utilisateur.

Un deuxième problème de cette approche provient du fait que les différents comportements d'affichage, liés d'une part à l'affichage des ressources internes, d'autre part à l'affichage des différents comportements et rôles que possède un agent ne sont pas indépendants. Les notions de taille ou de couleur par exemple sont des notions relatives et les comportements d'affichage des différents agents sont ainsi dépendants les uns des autres. Il est donc maintenant nécessaire de développer une méthodologie propre à l'affichage des agents, complémentaire de la méthodologie Cassiopée et qui s'appuie sur elle.

Le domaine de la perception enfin n'est pas une science exacte, mais une science essentiellement expérimentale, ce qui nous promet encore un long travail d'expérimentation afin de mener à bien ces recherches, avec la perspective cependant que cette approche encore intuitive débouche sur une véritable méthodologie de conception d'interfaces de représentation visuelle de systèmes multi-agents. Avant d'effectuer le même travail du point de vue sonore...

Remerciements

Cette recherche a reçu le soutien du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (MESR), sous la forme d'une allocation de recherche, et du CNET sous la forme d'une CTI.

7. Références

- [CHI 98] CHI E. H., PITKOW J., MACKINLAY J., PIROLI P., GOSSWEILER R., CARD S. K., "Visualizing the Evolution of Web Ecologies", in *Proceedings of CHI '98* (Los Angeles), ACM Press, 1998.
- [COL 96] COLLINOT A., DROGOUL A., BENHAMOU P., "Agent Oriented Design of a Soccer Robot Team", in *Proceedings of ICMAS'96*, AAAI Press, 1996.
- [DEL 82] DELORME A., *Psychologie de la perception*, Editions Etudes Vivantes, Montréal, 1982.
- [DOM 91] DOMIK G., "The Role of Visualization in Understanding Data", Lecture Notes on Computer Science 555, "New Trends and Results in Computer Science", pp. 91-107, Springer Verlag, 1991.
- [DRO 93] DROGOUL A., De la simulation multi-agents à la résolution collective de problèmes : une étude de l'émergence de structures d'organisation dans les systèmes multi-agents, Thèse de Doctorat, Université Paris VI, 1993.
- [HUT 97] HUTZLER G., DROGOUL A., GORTAIS B., "Le Jardin des Hasards, peinture abstraite et IAD réactive", *JFIADSMA'97* (La Colle sur Loup), Quinqueton J., Thomas M-C. et Trousse B. (eds.), pp. 295-306, Hermès, Paris, 1997.
- [HUT 98] HUTZLER G., GORTAIS B., DROGOUL A., "Grounding Virtual Worlds in Reality", in *Virtual Worlds'98* (Paris), *LNAI 1434*, Heudin J.-C. (ed.), pp. 274-285, Springer, Berlin, 1998.
- [ISH 96] ISHIZAKI S., "Multiagent Model of Dynamic Design - Visualization as an Emergent Behavior of Active Design Agents", in *Proceedings of CHI '96* (Vancouver), ACM Press, 1996.
- [KAN 89] KANDINSKY W., *Du spirituel dans l'art et dans la peinture en particulier*, Gallimard, Paris, 1989.
- [KAN 91] KANDINSKY W., *Point et ligne sur plan - Contribution à l'analyse des éléments de la peinture*, Gallimard, Paris, 1991.
- [LIN 80] LINDSAY P. H. et NORMAN D. A., *Traitement de l'information et comportement humain*, Editions Etudes Vivantes, Montréal, 1980.
- [NAK 92] NAKAUCHI Y., ITOH Y., SATO M. et ANZAI Y., "Modeling and Implementation of Multiagent Interface System for Computer-Supported Cooperative Work", *Ergonomics*, Vol. 35, Iss. 5-6, pp. 565-576, 1992.
- [PAR 96] PARUNAK H. V. D., "Visualizing Agent Conversations: Using Enhanced Dooley Graphs for Agent Design and Analysis", in *Proceedings of ICMAS'96*, AAAI Press, 1996.
- [PRO 97] PROTON H., BOUSQUET F. et REITZ P., « Un outil pour observer l'organisation d'une société d'agents ; le cas d'une société d'agents chasseurs agriculteurs », in *JFIADSMA'97* (La Colle sur Loup), J. Quinqueton, M.-C. Thomas et B. Trousse (eds), Hermès, Paris, 1997.