

Le Jardin des Hasards, peinture abstraite et IAD réactive

Guillaume Hutzler - Bernard Gortais - Alexis Drogoul

Equipe MIRIAD - LAFORIA
UNIVERSITE PARIS 6 - URA CNRS 1095
4, Place Jussieu 75232 PARIS CEDEX 05
e-mail: {drogoul,hutzler}@laforia.ibp.fr, b-gortais@magic.fr

RESUME. Partant de l'expérience de développement d'une application artistique — le Jardin des Hasards— à l'aide de techniques multi-agents, nous développons un parallèle entre peinture abstraite et Intelligence Artificielle Distribuée (IAD) réactive. Nous soulignons en particulier l'intérêt de l'IAD réactive en tant qu'outil pour les artistes, tout en montrant comment l'art, de son côté, reformule les problèmes classiques d'émergence et d'interprétation, et constitue ainsi potentiellement une source de compréhension nouvelle pour l'IAD réactive.

“ Simple extrapolations of interactive art can embellish the behavioral model to include inputs from the weather, time of day (...). Or, with more fantasy, we can imagine a future of the visual arts populated with (...) caustic canvases (...) that get to know their future owners, who in turn get to know and love them ”

N. NEGROPONTE

1. Introduction

L'art s'intéresse, depuis les premiers développements de l'informatique, à l'utilisation de l'ordinateur pour générer, de manière plus ou moins automatisée, des images colorées, fixes ou animées [Leavitt 76]. De cet intérêt est né progressivement ce que l'on appelle désormais l'*art informatique*. Développé conjointement par des artistes et des scientifiques, des informaticiens en particulier, cet art a suivi chacune des grandes évolutions de l'informatique, participant même parfois directement à cette évolution ([Cohen 79, 88], [Gips et Stiny 75], [Todd et Latham 92]).

C'est dans cet esprit que nous avons entrepris la réalisation du projet artistique *Le Jardin des Hasards*. Ce projet, tel qu'il a été défini, propose de faire le lien entre le monde réel —la météorologie en particulier— et des mondes imaginaires de couleurs et de formes. Dans ce cadre, les données météorologiques d'un lieu donné sont utilisées suivant deux principes complémentaires: d'une part pour la génération automatique de mondes de couleurs, constituant pour le spectateur une représentation poétique de l'ambiance climatique du lieu; d'autre part pour la génération et l'animation de formes qui constituent autant de métaphores de plantes en croissance au milieu d'un jardin. L'aspect "vie artificielle" du projet apparaît

clairement et appelait, pour sa réalisation, l'emploi de techniques permettant de prendre en compte cette dimension collective et interactionnelle. Plus particulièrement, nous avons fait appel à l'IAD réactive et à des techniques de simulation biologique, tirant profit de l'expérience accumulée avec le projet MANTA [Drogoul 93].

Si l'IAD réactive peut donc être utile à l'art, l'art peut-il de même être utile à l'IAD réactive? C'est la thèse que nous soutiendrons dans la suite de cet article, en montrant le parallèle qui peut être établi entre art abstrait et IAD réactive, tant par les processus de création que par les processus de lecture d'une œuvre. Nous proposons de tirer parti de cette analogie pour étudier d'une manière originale les questions de l'émergence et de l'interprétation en IAD réactive. Il s'agira dans un premier temps —l'émergence— de rechercher, au niveau des comportements individuels, les mécanismes susceptibles d'entraîner, au niveau global, une structuration spatiale ou temporelle de l'espace. Il s'agira dans un deuxième temps —l'interprétation— d'associer en retour des critères esthétiques à des notions plus pragmatiques d'organisation et de fonction, substituant ainsi à la question du sens fonctionnel, celle du sens esthétique.

Le projet artistique sera tout d'abord présenté de manière plus détaillée en décrivant la réalisation informatique à laquelle il a donné lieu. Nous développerons ensuite, dans une deuxième partie, l'approche parallèle entre peinture abstraite et IAD réactive, approche qui sera mise en perspective en montrant comment elle pourrait être utilisée dans le cadre de la simulation d'écosystèmes.

2. Le Jardin des Hasards

Avant d'aborder des aspects plus techniques, il convient de revenir sur les objectifs du projet artistique. Il ne s'agit pas en effet de générer des formes de manière aléatoire pour les faire interagir suivant des principes expérimentés au hasard, en espérant voir émerger un chef-d'œuvre. Le projet a été, au contraire, très bien formalisé par l'artiste Bernard Gortais, sans préjuger des moyens informatiques à mettre en œuvre, et le choix de l'IAD réactive ne s'est imposé qu'ensuite. Ce choix demande donc à être éclairé à la lumière du "cahier des charges" artistique.

2.1. Le projet artistique

Le principe de base de ce projet est d'utiliser des données du monde réel, des données météorologiques en l'occurrence, pour l'animation d'images informatiques. Ce concept a donné lieu, dans un premier temps, à l'œuvre informatique *Quel temps fait-il au Caplan?* dans laquelle des variables météorologiques telles que la température ou la nébulosité sont utilisées pour suggérer, par l'intermédiaire de jeux de couleurs, l'ambiance climatique d'un lieu déterminé. En caricaturant, des couleurs plutôt "chaudes" sont utilisées lorsque la température est élevée, des couleurs plutôt sombres lorsque la couverture nuageuse est importante, etc. En plus des paramètres météorologiques, le système prend également en compte la période de l'année et le moment de la journée, ce qui autorise finalement des variations très subtiles.

Dans le *Jardin des Hasards*, en plus des variations de couleurs, le projet est d'utiliser les données météorologiques pour donner vie à un ensemble de formes, sur le modèle d'un véritable jardin. Chaque forme pourrait ainsi se développer à la manière d'une plante, bénéficiant de la présence en proportions savamment dosées de soleil et de pluie, se trouvant en compétition avec ses congénères ou avec d'autres formes "intruses", se reproduisant et mourant de même que tout être vivant. Le propos n'est pas, bien sûr, de vouloir obtenir de cette manière une reproduction exacte du monde réel, mais plutôt une représentation métaphorique d'un monde propre à l'artiste, fondée sur l'utilisation de données météorologiques et de processus empruntés aux mondes végétal et animal. L'important est d'ouvrir sur la possibilité de création, par l'artiste, d'un grand nombre de mondes différents. "L'espace n'a plus la passivité d'un système de coordonnées; on le conçoit comme un principe actif donnant naissance à des mondes, comme la matière première dont tout est fabriqué."

2.2. La réalisation informatique

Il ne s'agit donc pas de figer, dans une œuvre informatique, les souhaits de l'artiste à un instant donné, mais plutôt de lui fournir une plate-forme de création et d'expérimentation lui permettant de mener une véritable recherche artistique. En accord avec l'idée d'une métaphore biologique, l'application a donc été conçue comme une véritable plate-forme de simulation végétale, mettant en œuvre des processus de croissance, de reproduction, d'interactions, etc. propres au monde végétal. Si une telle plate-forme se révélait capable de reproduire la dynamique d'un jardin réel, elle devait logiquement convenir pour une représentation métaphorique d'un tel jardin. C'est cette plate-forme que nous allons maintenant décrire.

2.2.1. Description générale

Il s'agit d'un système de simulation à pas de temps constant constitué d'agents (les plantes) évoluant dans un environnement lui-même composé d'un niveau discrétisé et d'un niveau continu (le sol et l'atmosphère par exemple). Les agents ainsi que l'environnement sont caractérisés par un certain nombre de paramètres — *internes* et *externes* pour les agents, *locaux* et *globaux* pour l'environnement — qui représentent le monde à un instant donné.

Des *lois* peuvent alors être définies relativement à ces paramètres, qui explicitent les relations existant entre les différents paramètres, aussi bien ceux des agents que ceux de l'environnement. Les agents ont en outre à leur disposition un certain nombre de *comportements* grâce auxquels ils pourront croître, se reproduire, etc. Ces lois et comportements seront tous potentiellement activables, de manière simultanée, à chaque itération du système.

Enfin, puisqu'il s'agit avant tout de réaliser un atelier de recherches artistiques, les formes et couleurs des agents sont librement issues de l'imaginaire du peintre. Une image particulière est ainsi proche de son travail de peinture, tandis que les dynamiques d'ensemble ont plus à voir avec la vie artificielle et les processus naturels de croissance végétale.

2.2.2. Agents et environnement

Les agents, ainsi que nous venons de l'expliquer sont caractérisés par différents paramètres, de types interne ou externe (figure 1). Les premiers désignent les ressources internes de l'agent (eau, glucose, etc. dans le cadre de la métaphore végétale, ou n'importe quelle ressource propre quantifiable); les seconds correspondent aux stimuli que l'agent peut diffuser autour de lui et matérialisent typiquement des substances chimiques que la plante diffuse dans son environnement.

L'environnement, pour sa part, sera caractérisé par un autre ensemble de paramètres, de types local ou global (figure 2). Les premiers correspondent à des paramètres dont la valeur et l'évolution sont définies de manière locale, en chaque région de l'environnement discrétisé. Il s'agit typiquement de représenter certaines substances présentes dans le sol, eau ou matières minérales par exemple. Les paramètres globaux correspondent au contraire des paramètres qui, comme les données météorologiques, ont une action uniforme sur l'ensemble de l'environnement. Ils sont destinés à être couplés à des données du monde réel.

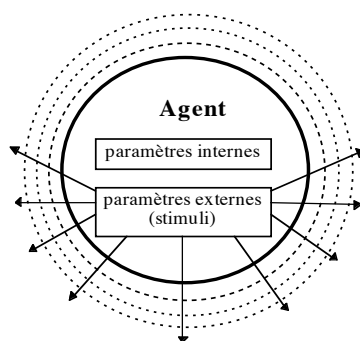


figure 1 - paramètres internes et externes d'un agent

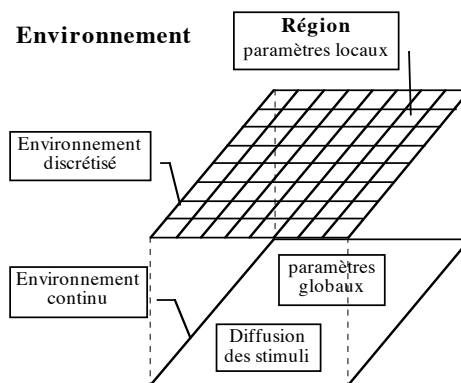


figure 2 - paramètres locaux et globaux de l'environnement

2.2.3. Lois et comportements

Les différents paramètres que nous venons de décrire constituent la base sur laquelle sont construites les lois, terme par lequel nous décrivons la relation liant l'évolution d'un ensemble de paramètres à un autre ensemble de paramètres. Ceci permet d'expliciter notamment la manière dont certains paramètres vont évoluer spontanément (diminution continue de l'énergie d'un agent pour assurer le maintien de son métabolisme, etc.) mais également de spécifier des interactions entre agents (agressions chimiques, etc.), entre un agent et l'environnement (eau puisée dans le sol pour nourrir la plante, etc.), voire entre différents niveaux de l'environnement (approvisionnement des nappes phréatiques par l'eau de pluie, etc.).

De manière plus formelle, on peut définir, pour chaque loi, un ensemble d'influences et/ou de préconditions qui constituent les "prémises" de la loi. L'évaluation de ces prémisses détermine une valeur et/ou un vecteur d'activation qui

conditionnent en retour la manière dont la loi agira sur les paramètres cibles, par l'intermédiaire d'effets fixes ou proportionnels. La figure 3 illustre ces principes généraux.

Il faut ensuite ajouter à une loi la possibilité, pour un agent, d'effectuer une "action" particulière (croître, se déplacer, se reproduire, mourir) pour obtenir ce que nous appelons un comportement.

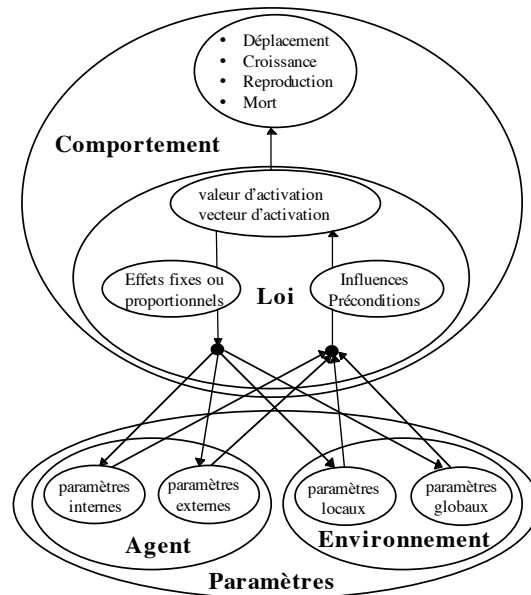


figure 3 - Interactions entre paramètres par l'intermédiaire des lois et des comportements

2.2.4. Activation des lois et des comportements

Lois et comportements sont pris en charge par un ordonnanceur qui les active suivant une période déterminée. En accord avec un modèle végétal, il n'y a pas de choix effectué entre plusieurs lois et/ou comportements activables à une itération donnée : à chaque itération du système, toutes les lois et tous les comportements sont activables de manière concurrente. Une plante peut parfaitement réaliser simultanément différentes opérations telles que puiser de l'eau dans le sol, réaliser la photosynthèse au niveau de ses feuilles, croître, émettre une phéromone, etc.

2.2.5. "Programmation" du système par l'utilisateur

L'ensemble du système, tel que nous venons rapidement de le décrire, est entièrement "programmable" par l'intermédiaire d'un fichier de configuration. L'artiste a ainsi la possibilité de définir les paramètres (locaux et globaux) de l'environnement ainsi que ceux (internes et externes) des différentes familles

d'agents qu'il souhaite voir évoluer dans cet environnement. Les lois de ce monde artificiel peuvent être décrites de la même manière, ainsi que les comportements des différentes familles d'agents. Une loi est définie par sa période d'activation, par les paramètres qui influencent son activation, et ceux sur lesquels la loi agit. Un comportement comprend en plus la description de l'action à réaliser. L'aspect graphique des agents, qui reste très important puisqu'il s'agit d'une animation artistique est également paramétrable suivant les mêmes principes.

2.3. Résultats et perspectives

Bien qu'une image noir et blanc ne puisse en aucun cas capter toute la richesse d'une œuvre basée sur l'utilisation de la couleur et du mouvement, la figure 4 montre néanmoins l'aspect de l'animation à un instant donné. Concernant l'évaluation scientifique d'un tel système, il convient de poser la question sous l'angle de l'adéquation avec les souhaits de l'artiste, à savoir la possibilité d'effectuer un travail de recherche artistique en vue d'obtenir des images et des dynamiques d'évolution en accord avec sa sensibilité esthétique. Il apparaît alors que, sous réserve des difficultés propres à ce genre d'expérimentations où un grand nombre de paramètres peuvent être utilisées pour spécifier un système complexe dont l'évolution est difficile à prévoir, les résultats obtenus sont plutôt encourageants.

Cependant, et bien qu'il ait été conçu de la manière la plus ouverte possible, il ne s'agit que d'un système particulier, par lequel l'IAD réactive répond de manière adaptée aux désirs et aux besoins d'un artiste particulier, pour produire une animation particulière destinée à être exposée. La suite du projet passe donc par un travail de formalisation, tant de la part de l'artiste que de notre part, afin de dégager ce qui, dans l'interaction entre la peinture abstraite et l'IAD réactive, est potentiellement le plus fécond. L'artiste s'intéressera notamment à la possibilité de dégager une syntaxe propre à une certaine forme d'art abstrait, tandis que nous porterons plus particulièrement notre attention sur les questions d'émergence et d'interprétation et sur l'apport potentiel de la peinture abstraite dans ce cadre.



figure 4 - Image du Jardin des Hasards

3. Peinture abstraite et IAD réactive

Pour fonder la base de cette réflexion, il est nécessaire de souligner la convergence d'approches entre peinture abstraite et IAD réactive, par delà une simple classification art contre science. Nous verrons notamment que la peinture abstraite, de par les processus de création d'une œuvre, peut être considérée comme une forme d'art "émergente", tandis que l'IAD réactive, qui s'intéresse à l'interprétation de l'activité d'un ensemble d'agents, soulève les mêmes questions que celles que pose la peinture abstraite depuis sa naissance. Cette convergence d'approches s'est concrétisée par le *Jardin des Hasards*, qui ouvre la voie d'une coopération entre les deux domaines, approche transversale dont nous allons maintenant préciser la richesse et l'intérêt.

3.1. La peinture abstraite, un art "émergent"

La naissance de la peinture abstraite, que l'on associe traditionnellement à W. Kandinsky a bouleversé le monde de la peinture de par le renversement d'un certain nombre de conceptions jusque là solidement établies. Les processus de création et d'évaluation d'une œuvre sont notamment abordés de manière totalement nouvelle, qui ont sans doute autant à voir avec l'IAD réactive qu'avec la peinture figurative.

Contrairement à ce que pourrait laisser penser son aspect "fixé", la peinture est un art dynamique, tant par les processus de création que par les processus de perception d'une œuvre. "L'œuvre d'art naît du mouvement, elle est elle-même mouvement fixé, et se perçoit dans le mouvement." [Klee 85] Si l'on considère par ailleurs qu'une œuvre abstraite est constituée d'un ensemble d'éléments graphiques, le processus de création peut alors être considéré comme un travail de recherche visuelle par lequel l'artiste dirige l'évolution d'un système complexe de formes et de couleurs en interaction.

Dans ce contexte, l'attention du peintre se porte alternativement sur l'organisation de l'ensemble des éléments graphiques ou sur un élément particulier. Un trait, une forme, une couleur, bien que porteurs de sens en eux-mêmes, sont en effet surtout significatifs relativement à d'autres avec lesquels ils entretiennent des relations complexes qui génèrent des tensions et du mouvement. De la même manière qu'en musique, certaines notes ou accords créent des tensions qui doivent être résolues pour que le morceau puisse s'achever, de même en peinture, certaines formes et couleurs créent des tensions qui ne peuvent être résolues que par l'ajout approprié de nouvelles formes colorées. Une forme colorée en appelle une autre, à laquelle répond une troisième, en forme de contrepoint, suivant une dynamique de création où le peintre se laisse guider par l'œuvre naissante, autant que par sa propre volonté: l'œuvre s'impose à l'artiste autant que l'artiste s'impose à l'œuvre. Le processus de création ne pourra prendre fin que lorsqu'un équilibre dynamique aura été trouvé, qui apaise les tensions sans les éliminer. "La norme de la composition est l'ensemble constitué par le fonctionnement coordonné des organes, la totalité autonome dotée d'une activité immobile ou d'une immobilité active." [Klee 85]

3.1.1. Le sens esthétique

Tel que nous venons de le décrire, le processus de création ressemble à une improvisation graphique dans laquelle le peintre évalue en permanence le sens esthétique de l'œuvre en devenir, dans un aller-retour permanent entre création et évaluation, entre émergence et interprétation du sens. Il est alors confronté à une double difficulté, propre à l'art abstrait. Du fait du passage à l'abstraction tout d'abord, la peinture a abandonné la référence au monde réel, par rapport à laquelle une certaine forme de sens pouvait être dégagée. Le sens n'est plus accessible de manière explicite au spectateur d'une œuvre, et celui-ci doit donc y projeter son propre sens, ce qu'il fait en rapport avec son expérience personnelle. "*En fin de compte, l'œuvre d'art apparaît seulement quand on croit qu'elle contient un message*" (François Morellet). Un élément graphique, par ailleurs, n'a vraiment de sens que replacé dans son contexte, en relation avec d'autres éléments graphiques, et c'est donc avec une approche globalisante qu'une peinture abstraite pourra être comprise.

3.1.2. La réponse artistique

Kandinsky, en introduisant ces problématiques nouvelles en art, a tenté dans le même temps d'y remédier en proposant de fonder une véritable science de l'art et de l'harmonie en peinture. Contrairement à la musique qui possédait très tôt, à la manière d'un langage, un vocabulaire et une syntaxe, la peinture ne pouvait s'appuyer, jusqu'au début du siècle, que sur un répertoire disparate de règles. Cette science devait donc permettre de fournir à la peinture, non seulement un vocabulaire et une syntaxe, mais également et surtout une sémantique [Kandinsky 89].

L'approche de Kandinsky, dans cette optique, rejoint celle de la psychologie expérimentale dans les études de perception visuelle, puisqu'elle vise à comprendre la manière dont le peintre peut transmettre ses émotions au spectateur par l'intermédiaire de signes et de formes colorées. Tant au niveau des couleurs [Kandinsky 89] qu'au niveau des formes [Kandinsky 91], il s'est ainsi attaché à isoler de manière systématique les caractéristiques de chaque élément graphique dans le domaine sensible, avant d'essayer de mettre en évidence les relations que ces différents éléments peuvent entretenir les uns avec les autres.

Le travail de Kandinsky constitue ainsi un travail de formalisation, qui correspond à une sensibilité particulière, ce qui n'exclut donc pas d'autres conceptions ([Moles 66], [Chacron 80]), et qui surtout n'impose pas à la création artistique un cadre rigide et absolu. "Les règles ne sont que le support nécessaire d'une floraison" [Klee 85]. L'informatique et l'IAD offrent aujourd'hui de nouveaux outils aux artistes pour poursuivre des recherches analogues [Cayla 95] et le *Jardin des Hasards* se positionne comme l'un de ces outils, qui se distingue cependant, comme nous allons le montrer maintenant, en associant concrètement recherche artistique et recherche informatique.

3.2. Le Jardin des Hasards, approche transversale

Nous venons de présenter une vision artistique de l'émergence et de l'interprétation, vision qui n'est finalement pas très éloignée de celle de l'IAD réactive ou de la vie artificielle. En nous replaçant dans le cadre du *Jardin des*

Hasards, nous allons maintenant préciser l'apport attendu de l'approche transversale adoptée dans le projet, tant par les problèmes soulevés que par les éléments de solution proposés.

3.2.1. *L'émergence du sens*

Dans le contexte de l'IAD réactive, l'artiste rencontre les difficultés propres à toute recherche dans laquelle intervient un facteur auto-organisationnel et émergent ([Cariani 90], [Mataric 93]). Après avoir expérimenté quelques processus d'évolution pour générer et animer les formes composant son image, il est amené à réfléchir à la manière de concevoir ces processus en vue d'obtenir une dynamique spatiale ou temporelle déterminée, en accord avec sa sensibilité artistique. Ces questions de forme et de structure, aussi bien spatiales que temporelles sont typiques de la vie artificielle ([Prusinkiewicz 94], [Fleischer et Barr 94]), mais elles se posent ici dans un cadre artistique, domaine dans lequel elles sont incontournables. A ce titre, les recherches effectuées pour fonder une théorie de la peinture peuvent constituer une source de compréhension des processus susceptibles de structurer un système complexe. Dans le cadre de l'IAD réactive, on s'intéressera plus particulièrement au développement de deux problématiques, liées à la création d'une œuvre par l'artiste à l'aide du système (ou par le système avec l'aide de l'artiste):

— Il s'agit dans un premier temps d'étudier les liens entre les mécanismes de développement et de comportement programmés à un niveau individuel, et les structures spatiales et les dynamiques temporelles observées à un niveau global. A long terme, l'objectif est de réfléchir à une typologie de ces liens entre les niveaux individuel et global. On étudiera pour ce faire diverses architectures d'agents proposées en IAD réactive mais l'on pourra également s'inspirer des nombreux exemples fournis dans la nature tels que les mécanismes d'embryogenèse, d'évolution d'un écosystème, etc. L'expertise du peintre est à ce stade indispensable pour dégager un ensemble de critères pertinents à utiliser dans la classification des différentes structures et dynamiques globales, tandis que l'IAD fournira les outils méthodologiques tels que la plate-forme Cassiopée [Collinot, Drogoul 96].

— Il s'agira dans un deuxième temps de déterminer l'influence de l'environnement dans l'évolution de ce processus de morphogenèse. Le terme "environnement" est compris ici dans un sens large puisqu'il s'agit tout aussi bien de désigner la topologie de l'environnement "physique" dans lequel évoluent les agents, que de désigner les perturbations qui s'exercent sur le système, qu'elles soient accidentelles ou délibérées. Dans le cadre artistique, le but est de comprendre comment l'artiste peut interagir avec le système en vue de le faire évoluer vers un aspect et une dynamique satisfaisantes. Ou, en renversant la perspective, comprendre comment le système peut s'adapter à l'utilisateur et à ses goûts esthétiques.

3.2.2. *L'interprétation du sens*

Que ce soit lorsqu'il peint ou lorsqu'il expérimente différentes dynamiques avec le *Jardin des Hasards*, l'artiste effectue en permanence une évaluation critique des résultats obtenus. Hormis l'aspect véritablement dynamique du projet informatique,

qui en fait une composition musicale autant que graphique, la manière d'effectuer cette évaluation n'est pas très différente dans l'un ou l'autre cas. Dans le cadre de l'IAD réactive, et parallèlement à l'interprétation esthétique, on cherchera plutôt à interpréter l'évolution de l'ensemble du système suivant des critères plutôt structurels et fonctionnels [Steels 91].

Dans les deux cas, le problème se pose d'un sens qui n'est ni complètement objectif —dans l'objet observé, peinture abstraite ou système multi-agent— ni complètement subjectif —dans l'esprit de l'observateur, peintre ou informaticien— mais à mi-chemin entre les deux. Le sens d'une peinture abstraite ne se trouve ni dans l'œuvre elle-même, ni dans l'œil du spectateur mais apparaît par la confrontation entre les deux. De la même manière, le sens d'un système multi-agent n'est pas complètement défini par les agents eux-mêmes, mais il n'est pas non plus entièrement subjectif ("l'intelligence est dans l'œil de l'observateur" [Brooks 91]). Le sens n'émerge que parce que le système a certaines propriétés qui sont reconnues comme telles par l'observateur humain.

Si l'on prolonge ce parallèle, il apparaît que l'IAD réactive s'est débarrassé de la référence humaine propre à l'IA, de la même manière que la peinture abstraite a abandonné la référence au monde réel. Si la référence de la société animale ou végétale se révèle alors souvent appropriée, rien n'empêche cependant d'imaginer des modes d'interaction n'existant pas dans la nature. C'est ce que fait par exemple la vie artificielle avec les automates cellulaires et l'on manque alors de métaphores appropriées permettant d'analyser les organisations ainsi produites. L'artiste pour sa part est familier de situations dans lesquelles il doit évaluer une peinture abstraite, système complexe de formes colorées, en interaction suivant des modes qui sont eux-mêmes très difficiles à caractériser. Par une prise en compte globale de l'espace graphique cependant, l'artiste sait extraire du sens esthétique de ces associations de formes et de couleurs.

Sans doute peut-on alors envisager d'associer ces notions de sens esthétique à des notions plus classiques en termes de fonction ou d'organisation, et l'on essaiera, dans le cadre du *Jardin des Hasards*, d'intégrer les deux points de vue dans une vision plus générale. L'un des enjeux de la typologie que nous venons d'évoquer sera de reconnaître les caractéristiques structurelles ou fonctionnelles d'un système complexe, par l'observation de ce dernier d'un point de vue artistique. Il s'agira donc d'examiner dans quelle mesure des critères esthétiques peuvent être associés, dans l'analyse d'un système, à des notions d'interactions, de structures, d'organisations, voire de fonctions. La collaboration du peintre à ce travail est bien sûr là encore indispensable.

3.3. Application à la simulation écologique

Les idées qui viennent d'être présentées sont extrêmement générale et il nous semble nécessaire, au moins dans un premier temps, de les aborder dans un cadre plus restreint, quitte à élargir ce cadre par la suite. Dans cette optique, l'aspect biologique du projet, présenté jusqu'à présent de manière purement métaphorique, sera développé dans une approche de simulation écologique. Le projet *Selvat* mené en collaboration avec l'Institut d'Ecologie de Xalapa et visant à mieux comprendre les mécanismes à l'œuvre dans la régénération des forêts tropicales humides, pourra

ainsi constituer un cadre approprié à notre étude. L'approche "orientée paysage" notamment, dans laquelle un écosystème est étudié sous l'angle des paysages qui le caractérisent, apparaît tout particulièrement adaptée à une approche artistique. Il est en effet facile de reformuler les différentes problématiques que nous venons d'énoncer dans ce nouveau cadre de simulation écologique:

— Il s'agira, dans un premier temps, d'étudier les processus végétaux et animaux, connus ou supposés exister dans l'écosystème, sous l'angle des structures spatiales ou dynamiques temporelles produites au niveau global avec une interface graphique analogue à celle du *Jardin des Hasards*.

— On s'intéressera, dans un deuxième temps, aux modifications induites par "l'environnement" sur ces formes d'organisation. L'environnement correspondrait dans ce cas au relief et au climat caractéristiques de l'écosystème étudié, mais également aux éventuelles perturbations dues à l'activité humaine (construction de route, déforestation, etc.).

— On s'intéressera enfin à la possibilité d'interpréter, à l'aide de critères artistiques, les dynamiques obtenues par l'expérimentation de nouvelles hypothèses biologiques. On pourra, pour ce faire, s'appuyer sur les résultats obtenus au préalable dans l'étude des deux premiers points.

L'approche artistique pourra ainsi constituer un outil supplémentaire, complétant l'éventail des techniques d'analyse plus traditionnelles, non pas pour produire des résultats scientifiques et objectifs, mais plutôt comme générateur de compréhension.

4. Conclusion

Notre propos, en développant ces parallèles et ces analogies entre peinture abstraite et IAD réactive n'est pas de plaider pour une fusion des deux domaines. L'art et la science se sont progressivement éloignés, depuis le XVII^{ème} siècle où leur pratique était intégrée au sein de la culture, jusqu'à aujourd'hui où l'indifférence entre les deux domaines est l'attitude la plus répandue. Mais s'il est utopique de vouloir réconcilier les extrêmes, nous avons essayé de montrer dans cet article que les interactions entre l'art et la science sont potentiellement très riches, tant pour l'un que pour l'autre domaines. L'IAD apporte à l'artiste un nouvel outil pour expérimenter de nouvelles formes de peinture, tandis que l'artiste apporte à l'IAD réactive une vision radicalement nouvelle qui doit permettre de progresser dans l'étude des systèmes complexes.

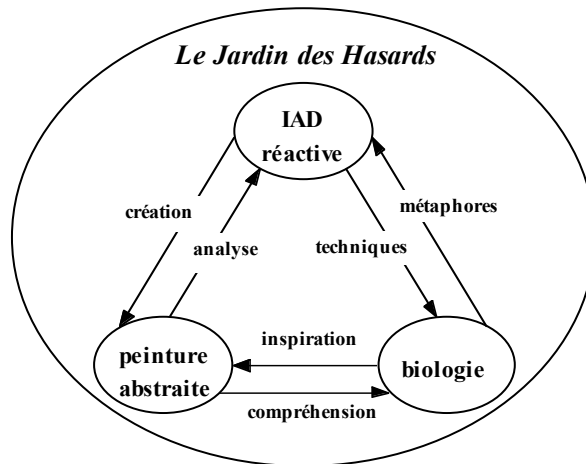


figure 5 - Le Jardin des Hasards, approche intégratrice

S'il ne s'agit donc pas de fusionner l'IAD réactive avec la peinture abstraite et la biologie, nous avons cependant proposé, avec le *Jardin des Hasards*, un cadre unificateur (figure 5) permettant d'aborder un système complexe sous différents points de vue, structurels et fonctionnels, mais également esthétiques ou biologiques, chaque point de vue éclairant les autres sous un jour nouveau, constituant ainsi une source de créativité — dans son acception la plus large — particulièrement puissante.

5. Bibliographie

- [Brooks 91] BROOKS R. A., "Intelligence Without Reason", in Proceedings of IJCAI'91, Sydney, Morgan-Kaufmann, pp. 569-595, 1991.
- [Cariani 90] CARIANI P., "Emergence and Artificial Life", in *Artificial Life II*, , Ed. C. Langton, Addison-Wesley, London, 1990.
- [Cayla 95] CAYLA E., "TAPIS-BULLES1 - Prototype d'une approche multi-agents des formes et des couleurs", in 3èmes Journées Francophones IAD & SMA, Chambéry-St Badolph, pp. 375-386, 1995.
- [Chacron 80] CHACRON J., *Esthétique mathématique - Théorie de la peinture*, Editions Scientifiques de l'Art, Amiens, 1980.
- [Cohen 79] COHEN H., "What is an Image", in Proceedings of IJCAI'79, Tokyo, Morgan-Kaufmann, pp. 1028-1057, 1979.
- [Cohen 88] COHEN H., "How to Draw Three People in a Botanical Garden", in Proceedings of AAAI'88, St Paul, pp. 846-855, 1988.
- [Collinot, Drogoul 96] COLLINOT A. et DROGOUL A., "La méthode de conception multi-agent *Cassiopée* : application à la robotique collective", rapport interne LAFORIA-96-25, 1996.
- [Drogoul 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.
- [Ferber 95] FERBER J., *Les systèmes Multi-agents*, Interéditions, Paris, 1995.
- [Fleischer et Barr 94] FLEISCHER K. et BARR A. H., "A Simulation Testbed for the Study of MultiCellular Development: The Multiple Mechanisms of Morphogenesis", in *Artificial Life III*, Addison-Wesley, London, 1994.

- [Gips et Stiny 75] GIPS J. et STINY G., "Artificial Intelligence and Aesthetics", in *Advance Papers of IJCAI'75*, Tbilisi, Morgan-Kaufmann, pp. 907-911, 1975.
- [Kandinsky 89] KANDINSKY W., *Du spirituel dans l'art et dans la peinture en particulier*, Gallimard, Paris, 1989.
- [Kandinsky 91] KANDINSKY W., *Point et ligne sur plan - Contribution à l'analyse des éléments de la peinture*, Gallimard, Paris, 1991.
- [Klee 77] KLEE P., *Histoire naturelle infinie - Ecrits sur l'art II*, Dessain et Tolra, Paris, 1977.
- [Klee 85] KLEE P., *Théorie de l'art moderne*, Denoël, Paris, 1985.
- [Leavitt 1976] LEAVITT R. ed., *Artist and Computer*, Harmony Books, New York, 1976.
- [Mataric 93] MATARIC M. J., "Designing Emergent Behaviors: From Local Interactions to Collective Intelligence", in *From Animals to Animats II*, MIT Press, Cambridge, pp. 432- 441, 1993.
- [Minsky 93] MINSKY M., "The Future Merging of Science, Art and Psychology", *Applied Artificial Intelligence*, Vol. 7, No 1, 1993, pp. 87-108, January-March.
- [Moles 66] MOLES A. A., *Information Theory and Esthetic Perception*, University of Illinois Press, Urbana, 1966.
- [Prusinkiewicz 94] PRUSINKIEWICZ P., "Visual Models of Morphogenesis", in *Artificial Life*, Volume I, Nb 1/2, MIT Press, pp. 61-74, Fall 1993/Winter 1994.
- [Steels 91] STEELS L., "Towards a Theory of Emergent Functionality", in *From Animals to Animats*, MIT Press, Cambridge, 1991.
- [Todd et Latham 92] TODD S. et LATHAM W., "Artificial Life or Surreal Art?", in *Towards a Practice of Autonomous Systems*, Ed. F.J. Varela et P. Bourguine, MIT Press, Cambridge, pp. 504-513, 1992.