

# Informatique, simulacre et simulation

Francis Rousseaux  
[francis.rousseau@ircam.fr](mailto:francis.rousseau@ircam.fr)

## Résumé

Un ordinateur est une *machine de Turing* particulière, et la conception d'un programme informatique interactif vise la réalisation *d'agents artificiels coopératifs* susceptibles d'être investis d'esprit par des utilisateurs humains.

Ici, le terme "agent artificiel" ne renvoie pas aux agents de *la programmation par objets* connus des programmeurs, mais bien davantage à une métaphore de sens commun. Selon l'intuition radicale de Turing en effet, l'investissement d'esprit se déploie par le *dialogue*, qui seul ouvre à la personnification d'une altérité : le propre d'un sujet, c'est de reconnaître la subjectivité de l'autre.

L'investissement de *confiance* d'un dispositif artificiel peut certes s'établir sur la base d'une *interaction* fruste, comme celle qui caractérisait les premiers programmes de calcul, lorsqu'un prompt apparaissant sur l'écran constituait à la fois une invitation à faire sens du résultat précédemment affiché et une nouvelle disposition de la machine à communiquer. La métaphore dialogique est ici celle de l'oracle omniscient, omniprésent et, pourvu que les formes rituelles de la consultation soient scrupuleusement respectées, idéalement rationnel. La puissance évocatrice de cette métaphore ancestrale est telle qu'elle noue implicitement l'attention, l'intention et la confiance de l'utilisateur venu consulter.

Cependant, *passer pour avoir de l'esprit* n'est pas ordinairement attribué aux artefacts. Les informaticiens le savent bien, qui dotent leurs machines en réseau de programmes interactifs inspirés de métaphores de la présence et de la connaissance toujours plus ingénieuses, dans le but d'ouvrir ce mystérieux pouvoir à leur réalisation.

Aussi la programmation entretient-elle un rapport essentiel et natif avec *la simulation*, *indépendamment* du fait que l'exécution du programme réalise ou non *une simulation de tel ou tel phénomène* (dans cette phrase même, "simulation" évoque concurremment la tragédie grecque et l'art de la guerre d'une part, les automates de Vaucanson et les modèles numériques de l'autre).

Il convient cependant de mettre en question cette prétendue indépendance.

## 1° Le paradoxe du comédien

Considérons le “paradoxe du comédien” écrit par Diderot en 1773. Sous forme de dialogue, Diderot pose la question : la nature, sans l'art, peut-elle former un grand comédien ? Le premier interlocuteur (Diderot lui-même) arrive vite à l'essentiel du dialogue; pour lui les qualités essentielles d'un bon comédien sont le *jugement* et la *pénétration*; il n'a nul besoin de *sensibilité*; bien mieux, la sensibilité peut lui être contraire.

Est-il nécessaire de le prouver ? Le jeu d'un acteur sensible, “ qui joue d'âme ”, serait inégal; celui qui “ joue d'étude, de réflexions ” se forme un modèle idéal du rôle, d'après lequel tout sera mesuré, combiné, appris dans sa tête. Mlle Clairon réalise le type de la comédienne dont le jeu est réglé par ce modèle idéal; Mlle Dumesnil, au contraire, ne fait à l'art qu'une place très petite; elle s'abandonne à la nature, à *l'enthousiasme*. Théorie qui pourrait s'appliquer aux grands poètes, qui sont les êtres les moins sensibles.

Voici une série de constatations susceptibles d'étayer cette thèse, selon Diderot.

- il s'opère, dans le grand acteur, un dédoublement : il agit sur la scène sans rien sentir; il n'est pas le personnage qu'il joue, mais il le joue si bien que vous le prenez pour tel; l'illusion n'est que pour les spectateurs. Le vrai, sur la scène, c'est la conformité des actions, des discours, de la figure, de la voix, du mouvement, du geste avec un modèle idéal imaginé par le poète et souvent exagéré par le comédien. Les conventions sont utiles et même indispensables au théâtre : on ne meurt pas sur la scène comme on meurt en réalité. La nature a des moments sublimes; encore faut-il les saisir de sang-froid;
- c'est dans la vieillesse, quand ils ont acquis une longue expérience, que les acteurs sont les meilleurs; la tête est plus calme, l'âme se possède;
- mille petits faits montrent que, loin d'être possédé par son rôle, l'acteur le possède. Garrick était capable de passer sans transition d'une scène de comédie à une scène de tragédie. Il en est de même dans la vie. L'homme sensible obéit aux impulsions de la nature, et ne rend que le cri de son cœur; quand arrive que, lorsque le comédien s'éveille en nous, nous obtenions ce que la sincérité ne nous avait pas permis d'obtenir;
- un moyen de jouer petitement, mesquinement, c'est d'avoir à jouer son propre caractère. Le propre du comédien consiste, au contraire, à sortir de son propre caractère et à copier tous les autres. Mlle Clairon avait imaginé un grand fantôme et s'y conformait avec génie, si bien qu'en l'entendant dans une de ses pièces, Voltaire s'écriait : “ Est-ce bien moi qui ai fait cela ? ” Après maintes digressions, Diderot, par la bouche du premier interlocuteur, définit ainsi le comédien : “ Un grand comédien est un pantin merveilleux, dont le poète tient la ficelle et auquel il indique la véritable forme qu'il doit prendre ”;
- dans la vie courante, les comédiens auxquels on prête tant de sensibilité, en montrent peu. On les voit souvent rire en dehors de la scène, on les voit rarement pleurer. En somme, les caractères ne sont si bien rendus par les comédiens que parce qu'eux-mêmes n'en ont aucun. Grands sur la scène, ils sont petits et bas dans la société : et si la profession de comédien n'est ni honorable ni honorée (sic), le fait est imputable aussi à l'état général des mœurs.

## 2° Simulation et informatique : le champ opératoire

L'informatique est un *champ disciplinaire* qui n'existait pas avant la seconde Guerre mondiale et qui fait néanmoins carrière polymorphe et fulgurante aujourd'hui, conférant le rang de *phénomène de société* notoire à son développement tentaculaire. “Nouveauté disciplinaire” et “percolation spectaculaire des usages” tendraient ainsi à caractériser l'informatique comme ayant nativement partie liée avec son déploiement spécifique.

Aussi la question “ Qu'est-ce que l'informatique ? ” a-t-elle pulvérisé en une myriade de réponses pratiques et de préconisations tactiques, siégeant au lieu même des expérimentations singulières. Manifestement, l'informatique invite davantage à des mises en œuvres innovantes et créatives liées à des domaines d'activités humaines particulières qu'à des considérations abstraites sur son essence. Et il semble bien qu'on “n’y comprenne quelque chose” en informatique qu'à la seule condition d'en maîtriser une région technologique ou d'en coproduire un secteur de marché.

Cela tient-il à *l'immaturité passagère* de la discipline scientifique, encore incapable de synthétiser son individualité ?

Il est vrai que cette discipline scientifique, mal détournée de sa gangue originaire, reste encore fortement soumise aux contingences de son avènement : et les lectures épistémologiques de l'informatique demeurent rares, fragmentaires et cantonnées, quand la thématization scientifique se démêle malaisément des luttes institutionnelles qui en tracent âprement les figures, et que la cartographie technologique se confronte à l'explosion des marchés pour se confondre avec leur diversification ...

Cela tient-il à la forte *variété des applications* possibles des technologies de l'information et de la communication, que leur mobilisation accélérée n'est pas encore parvenue à saturer ?

Il est vrai que les prégnantes Nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) transforment nos pratiques du commerce, du service, de l'école et de la démocratie, le phénomène de société tendant à s'autonomiser de son sol scientifique pour devenir l'enjeu disputé de politiques industrielles, commerciales et culturelles, voire éducatives ou familiales, sectorisant toujours davantage les applications informatiques en les dédiant à des secteurs d'activité ...

Et si cela tenait à l'informatique de manière bien plus profonde qu'il n'y paraît, pour en constituer un trait essentiel et radical, que le sens commun aurait spontanément intuitionné ? L'informatique ne serait pas seulement un ensemble de pratiques humaines, mais également une *interprétation* des pratiques humaines.

La question mérite d'être posée dès les prémices d'un travail philosophique en informatique car, par-delà les options méthodologiques qu'elle implique, elle conditionne le devenir même de l'investigation en prescrivant son mode d'engagement.

En effet, oublier que l'informatique interprète les pratiques humaines reviendrait à tenter d'établir la vision synthétique d'une discipline en faisant effort pour en rassembler les manifestations

éclatées sous l'égide d'un département scientifique, sans avoir maîtrisé le risque de ne parvenir qu'à ajouter un peu à la confusion épistémologique.

Une telle entreprise, en imputant à l'avance tout échec à *l'immaturité* disciplinaire, participerait en définitive à la consolidation de la posture théorique dominante : l'échec résiderait définitivement sous la responsabilité de l'impatience, *faute d'avoir su différer* la synthèse scientifique jusqu'à une hypothétique maturité que finirait toujours par conférer "le recul" (cf. le "Ferdydurke" de Gombrowicz).

Certains contournent adroitement la difficulté en préconisant de ne jamais prendre le risque de normer les possibilités créatrices de ce nouvel univers qu'est l'informatique, la priorité étant selon eux d'éveiller la vocation des pionniers et de motiver les créateurs de valeur et d'emploi.

Mais convenons que la raison philosophique rejoint ici la stratégie, et que s'efforcer de synthétiser *hic et nunc* le champ disciplinaire avec le phénomène de société NTIC sous une spécification scientifique relèverait d'un projet utopique et finalement dogmatique, qui n'éclairerait pas nécessairement ceux, et ils sont de plus en plus nombreux, qui souhaitent mieux *comprendre* l'informatique.

Une fois admis que la synthèse thématique n'est pas la méthode appropriée, reste à décider quelle approche mobiliser pour contribuer à une meilleure intelligibilité de l'informatique, de ses enjeux et de ses possibilités, en conférant un statut philosophique à l'investigation.

### **3° Une approche inspirée par la biologie philosophique d'Hans Jonas**

Lorsque Hans Jonas cherche à élaborer une biologie philosophique, il est confronté à un problème de méthode assez voisin de celui que nous venons d'évoquer, alors même que la biologie scientifique et l'existentialisme phénoménologique se combattent sur la question de la vie sans se livrer jamais bataille concrète, faute de théâtre d'opérations possible (cf. l'ouvrage "Le phénomène de la vie" pour un argumentaire plus précis).

Et c'est en organisant tel ou tel combat singulier, dont le périmètre a priori n'est pourtant pas déterminé ni les règles établies parfaitement, que le dépassement se dessine, autour de concepts-clés intuitionnés par l'investigateur comme permettant précisément cela (c'est ainsi que pour Hans Jonas, le métabolisme est un de ces concepts-clés).

Quant à nous, il nous faut mobiliser notre expérience d'informaticien pour trouver le ou les *concepts-clés* qui ouvriront à une compréhension philosophique de l'informatique, sur le mode de la fertilisation croisée et *réciproque*. En d'autres termes, il nous faut exhiber le vis-à-vis conceptuel de l'informatique qui s'impose, sans présumer de son lieu de résidence actuel, qu'il soit dans l'espace circonscrit par les descriptions habituelles de l'informatique ou hors de celui-ci.

Prenons acte des candidatures spontanées : La notion de programme ? La notion d'algorithme ? La notion de modèle exécutable ? La théorie de la calculabilité ? La notion d'interaction personne-ordinateur ? L'intelligence artificielle ? La représentation des connaissances et l'hypothèse du "niveau des connaissances" d'Alan Newell ? Le fameux test imaginé par Alan Turing ? Un programme de recherche devrait sans doute exposer toutes ces notions, mais il est

de toute façon nécessaire de pressentir les concepts-clés, et si possible de façon engagée, car ils constitueront les biais autour desquels l'investigation s'enracinerait et se déploierait.

L'enquête peut tout naturellement commencer par interroger la notion de *programme informatique*.

Les programmes informatiques sont des textes interprétés par les programmeurs qui les écrivent mais ils sont aussi, de façon homonyme bien qu'en un sens très différent, interprétés par d'autres programmes qui les réalisent ultimement comme calcul effectif.

C'est ainsi que des modèles formels, à condition de posséder certaines propriétés, peuvent être opérationnalisés par le truchement d'un ordinateur, cette machine qui concrétise la machine abstraite de Turing dans une architecture physique du type de celle proposée par Von Neumann.

Écrire des programmes informatiques est une activité soumise à cette double contrainte de rédaction, faisant droit d'une part à la relecture critique par un programmeur, et exigeant d'autre part le respect de règles syntaxiques et algorithmiques garantissant la légalité du programme en phase de compilation et sa terminaison en phase d'exécution.

Reste que cette double contrainte est surdéterminée par la *visée modélisatrice du programmeur*, qui prétend produire un artefact dont l'opérationnalisation modélise un phénomène plus ou moins complexe.

Ainsi, si programmer consiste à la fois à produire un artefact et à modéliser un phénomène, l'art de la programmation consiste à penser ces deux activités comme une seule, consistant à réaliser des modèles effectifs de phénomènes donnés, de façon prédictive et traçable.

Et les “hackers”, ces mordus de la réalisation de programmes, sont sans doute fascinés par la possibilité de faire converger tant de contraintes hétérogènes au travers d'une activité vécue comme cohérente, spécifique et irréductible.

Mais revenons sur la programmation comme cadre scientifique théorique. Certains remarqueront à juste titre que beaucoup de modèles mathématiques ne sont pas “computationnels”, au sens où ils sont théoriquement non explicites par des algorithmes qui terminent.

D'autres ajouteront que le caractère formel d'un ensemble de descriptions ne manifeste en rien l'aptitude de cet ensemble à faire fonction de modèle utile.

D'autres encore s'étonneront que des programmes interactifs très simples semblent modéliser adéquatement des activités complexes avec une facilité déconcertante et un succès incontesté, comme ceux qui implémentent la *métaphore* du bureau, des dossiers et des fichiers à usage des employés de bureau.

Ils ont également raison, et Turing lui-même le pressentait en proposant son fameux test qui devait marquer l'histoire de l'informatique : l'interactivité personne-ordinateur est une sorte de dialogue allégorique, d'un genre nouveau, dont la maïeutique attend toujours son Socrate.

Mais si les ordinateurs ne peuvent opérationnaliser que des formalismes computationnels et nous condamnent ainsi à ne rien dire des autres, si les modèles utiles ne sont pas nécessairement formels et si les descriptions formelles ne sont pas nécessaires pour élaborer un modèle interactif utile, comment fixer un cadre théorique robuste pour décrire la programmation ?

Cela exige notamment de comprendre comment l'interactivité du dialogue personne-ordinateur facilite l'émergence de modèles utiles à partir d'effectivités computationnelles parfois très simples, l'ordinateur apparaissant comme un interlocuteur artificiel dont la bonne volonté systématique est telle qu'elle incite l'utilisateur à la persévérance, et le conduit subrepticement à opérer une personnification de la machine.

Si les programmes informatiques (nécessairement formels) peuvent parfois donner lieu à des simulations qui participent d'une certaine façon (pour l'heure mystérieuse) à l'effectivité de modèles utiles, c'est parce qu'un modèle utile est *utile à quelqu'un*, et que le phénomène à modéliser n'est pas extérieur à l'usager du modèle.

Des symboles censés dénoter des connaissances élémentaires sont manipulés sans présomption de leur sens par des procédures se réduisant ultimement à du calcul, mais leur interprétation contextuelle, réputée possible, reste à la charge de la personne : tout le problème consiste alors à faire en sorte que le "réputé possible" ne se démente pas, la machine étant ainsi supposée proposer du sens nouveau par variation contextuelle raisonnable (logique) du sens ancien.

C'est ainsi par exemple que la répétition du *même*, si facile à produire à l'aide d'algorithmes, peut se manifester à l'usage comme *coopération interactive*, si tant est que la personne reconsidère à nouveaux frais la dernière production de la machine pour en paramétrer la prochaine. C'est de cette façon que fonctionnent actuellement la plupart des outils de recherche documentaire, le système artificiel donnant plus à penser qu'il ne prétend penser.

Les programmes informatiques sont souvent caractérisés par les programmeurs comme par les usagers au travers de la simulation que leur exécution est censée réaliser. On en conviendra, la notion de *simulation* est candidate à permettre la mise en perspective à la fois de la discipline *et* du phénomène informatiques : elle peut constituer légitimement, à ce titre, le concept clé que nous cherchions.

Non pas que le lieu de la simulation soit suffisamment lumineux pour éclairer de lui-même le clair-obscur informatique : la référence à la simulation, bien que traversant toute la philosophie et constituant un objet vénérable à ce titre, n'en est pas plus claire pour autant quand elle en vient à rencontrer singulièrement l'informatique.

Au contraire, en rapprochant les deux notions également problématiques d'informatique et de simulation, nous comptons bien tirer profit philosophique au lieu exact de la rencontre, avant d'en tirer conséquence alentour. En d'autres termes, en les confrontant là même où elles prétendent se donner rendez-vous spontanément, nous visons le dépassement des cadres habituels d'appréhension de l'informatique et, respectivement, de la simulation.

La méthode proposée signe l'approche envisagée : il s'agira d'un *processus constructif de modélisation*, alimenté par deux points de vue contradictoires. Et il faudra redonner à la simulation toute sa charge de sens commun (simuler, c'est feindre, faire semblant, faire comme si, faire paraître comme réelle une chose qui ne l'est pas, offrir l'apparence, imiter, déguiser un acte sous l'apparence d'un autre), pour comprendre chemin faisant en quoi la simulation informatique différencierait de la simulation au sens que Diderot donne à ce terme dans son texte "paradoxe du comédien" ou que Fink lui donne dans "Le jeu comme symbole du monde".

Notre enquête sur la simulation nous conduira ainsi de la tragédie grecque à la question du *continu* et du *discret*, en passant par l'art de la guerre et les automates de Vaucanson.

#### 4° L'enquête préliminaire

On vise l'éclairage réciproque de l'informatique en tant qu'elle constituerait une *possibilité inédite* de réaliser des simulations, et de la simulation en tant qu'elle se manifesterait singulièrement en *inspirant le développement* de l'informatique. Au fond, il s'agit de décider si les simulations informatiques inaugurent un genre nouveau de simulation.

Pour parvenir à cette fin, il faudrait mettre au point un mode de commentaire de l'informatique qui ne soit ni strictement historique, ni strictement scientifique, ni strictement technologique, se rapprochant sans doute de *l'herméneutique matérielle* proposée par Bruno Bachimont dans sa thèse de doctorat d'épistémologie.

Ici, on aborde successivement quelques lieux constitutifs de l'informatique, autant pour mettre au point la méthode que pour familiariser le lecteur avec quelques-uns des fondements révélateurs de l'épopée informatique : l'intelligence artificielle (IA), les modèles multiagents, la notion d'ontologie en acquisition des connaissances, les interactions personne-ordinateur, ainsi que l'informatique multimédia.

##### L'intelligence artificielle et ses métaphores

L'intelligence artificielle a constitué d'emblée l'enjeu du programme informatique originel parmi les Alliés vainqueurs de la seconde Guerre mondiale, qui souhaitaient se donner les moyens stratégiques de gagner la guerre froide en s'appuyant sur des recherches multidisciplinaires en philosophie analytique, en linguistique, en théorie de l'information, en psychologie cognitive et en mathématique.

L'organisation du programme ressemblait à celle qui avait permis de triompher à Los Alamos en parvenant à manufacturer la bombe atomique, concentrant les chercheurs, les moyens financiers et les effets d'annonce stimulants. Au fond, "intelligence" renvoie au *renseignement* comme le signifie le vocable anglo-saxon.

Il s'agissait de prolonger les brillantes prestations de décodage, par les équipes de Turing, des messages échangés par les bâtiments sous-marins de l'Axe après cryptage par ENIGMA. Pour cela, il fallait maîtriser l'explosion combinatoire caractéristique de la Théorie des jeux, traiter automatiquement le Langage naturel écrit et parlé, surmonter les difficultés de la Reconnaissance des formes par des moyens ingénieux et adaptés aux problèmes spécifiques de l'acoustique, de la vision ou du toucher.

Des langages de programmation allaient voir le jour (LISP inventé par McCarthy en 1956), ainsi que des systèmes de résolutions de problèmes à partir de descriptions formelles (le "General Problem Solver" de Simon et Newell en 1958), des démonstrateurs automatiques de théorèmes qui allaient devenir les fameux Systèmes experts, sans oublier des Systèmes apprentis utilisant parfois des Logiques étendues ou spécifiques.

Au fond, l'intelligence artificielle institue la discipline qui vise la conception de programmes manipulant des symboles interprétables en langue. Ces symboles sont investis de sens dès leur introduction dans leur contexte originel. Les programmes manipulent formellement ces symboles, à l'aide de modèles logiques, et leur réinterprétation en langue dans le nouveau contexte conduit heuristiquement à une suggestion plausible de sens.

Lorsque les manipulations sont interactives et que les dialogues de contrôle font mine de porter sur le sens interprétatif des symboles, l'investissement d'esprit du programme par l'utilisateur peut surprendre (cf. l'expérience de Weizenbaum avec le programme ELISA).

Les résultats furent intéressants au plan technologique et stimulants au plan scientifique, même si les promesses initiales n'ont jamais été tenues. Plus étonnant, la démarche a rencontré d'importantes préoccupations de la philosophie analytique et a suscité des propositions et des controverses en Théorie de l'esprit, dépassant parfois le périmètre de la science cognitive naissante.

Cependant, l'intelligence artificielle a toujours privilégié l'expression langagière, au détriment de l'impression sensorielle, et reste typiquement bien impuissante devant le projet de décrire en langue l'impression ressentie par un auditeur à l'écoute d'une pièce de musique : car la musique, exprimait déjà Aristote, est destinée à être écoutée plutôt que raisonnée.

C'est ainsi que le couple informatique-philosophie analytique a fini par rencontrer la philosophie continentale, aux Etats-Unis même, sous le visage de la philosophie de Heidegger et de l'herméneutique de Gadamer. Il faudra en particulier repasser les critiques adressées par Hubert Dreyfus et Terry Winograd à l'Intelligence artificielle dans les années soixante-dix : le choc fut très violent et les chercheurs scientifiques occidentaux, heurtés de plein fouet par des controverses sans avoir toujours la culture philosophique suffisante pour les circonscrire, ont souvent fait effort pour redéfinir leur champ disciplinaire.

### Principe de rationalité, objets, agents et acteurs

Au plan de la méthode, la programmation a d'abord été marquée par la scolastique : l'écriture des programmes était subordonnée à leur conception globale puis détaillée (on peut faire le parallèle avec le plan du texte traditionnel, sans lequel il fut longtemps inconcevable d'écrire la moindre ligne), elles-mêmes subordonnées à l'analyse et la spécification des problèmes à modéliser (cette étape étant à rapprocher du positionnement stratégique des textes littéraires, visant à préciser l'effet qu'on en attend sur les lecteurs).

Par la suite, comme pour le développement des outils de "traitement de textes", des environnements techniques de programmations sont apparus qui ont permis au programmeur de s'affranchir de la tyrannie du " cycle en V<sup>1</sup> " et des paradoxes engendrés par sa stricte observance. La programmation devient vite une activité concurrente, davantage incrémentale et créative.

De la même manière que l'usage des logiciels de "traitements de textes" a transformé l'acte d'écriture en abolissant incidemment la rupture méthodologique fond-forme, ou encore que l'usage des outils de présentation d'information multimédia a généralisé la notion d'arrière-plan

---

<sup>1</sup> Le cycle en V propose les séquences suivantes, irréversibles en droit :

1. analyse et spécification du besoin -> conception globale puis détaillée
2. conception globale -> conception détaillée
3. conception détaillée -> réalisation
4. réalisation -> tests unitaires
5. tests unitaires -> tests d'intégration
6. tests d'intégration -> validation de la satisfaction des besoins



graphique issue du théâtre et de l'opéra, la programmation par objets a ouvert une transformation en profondeur de l'activité de programmation elle-même, en facilitant l'usage de prototypes et de maquettes pour préciser progressivement la spécification des besoins et l'adéquation des solutions.

### La notion d'ontologie en acquisition des connaissances

La nécessité de concevoir des *Systèmes experts* a rapidement conduit les informaticiens à s'interroger sur la notion de connaissance.

En effet, les Systèmes experts furent conçus comme des Systèmes à bases de connaissances exploitées par des moteurs d'inférences, sur la base de résultats de Logique mobilisant le Principe de déduction (Modus ponens) et généralisant aux connaissances la traditionnelle séparation des données du traitement, préconisée en programmation.

Pour extraire la connaissance des experts, les ingénieurs cogniticiens œuvraient en amont de la conception des systèmes à l'aide de techniques d'interview ou de questionnaires, jusqu'à ce qu'ils s'aperçoivent que cette prétendue extraction des connaissances consiste en fait en un véritable processus constructif de modélisation.

Très vite, on a repris une hypothèse que Newell proposait dès 1982 sous le nom *d'Hypothèse du niveau des connaissances*, pour l'étendre à une véritable définition générale de la connaissance vue par les informaticiens. La connaissance devint ce dont a besoin un agent rationnel (humain ou artificiel) pour réaliser le Principe de rationalité suivant : dis-moi ce que veux, ce que peux, ce que sait, je te dirai ce que fais.

Autrement dit, la connaissance est devenu le lien essentiel entre les programmes et leur manifestation dans le monde, la connaissance faisant lien dualiste entre d'une part le code informatique interprété par les machines, et d'autre part l'agent artificiel émergent susceptible d'être engagé dans un processus de résolution collective de problèmes, mêlant des agents artificiels à des agents humains.

### Les interactions personne-ordinateur

Certes, l'investissement d'esprit d'un agent artificiel réalisé par un programme d'ordinateur peut prendre la forme d'un dialogue fruste, éludé et implicite comme celui qui caractérisait les premiers programmes de calcul.

Le prompt des programmes constitue à la fois un défi à la vérification du résultat annoncé précédemment et une invitation à une nouvelle provocation. La métaphore de dialogue est ici celle de l'oracle mystérieusement omniscient et omniprésent, pourvu que les formes rituelles de la consultation soient scrupuleusement respectées. La puissance de cette métaphore ancestrale est telle qu'elle noue implicitement l'attention, l'intention et la confiance de l'utilisateur consultant.

Il faudrait encore remarquer qu'un dieu incarné est caché derrière l'oracle, qui l'instruit et prescrit son comportement à travers un double langage, lui aussi allégorie d'un dialogue. Pris entre deux discours humains, l'oracle finit par faire figure humaine, d'autant que l'interlocuteur de l'oracle est frère du dieu incarné.

Mais parfois, c'est l'interactivité d'un programme qui lui confère l'investissement d'esprit. C'est ainsi que la technologie du traitement de texte informatisé a révolutionné l'écriture.

A mon estime, la révolution ne tient pas essentiellement à l'aide à l'écriture traditionnelle que constitue également un tel outil, dans la mesure où il décharge le rédacteur de tâches répétitives et fastidieuses, l'assiste dans des tâches délicates comme le contrôle et la correction de l'orthographe, ou encore lui offre d'important services de normalisation.

Si révolution il y a, elle tient plutôt à la réconciliation actualisée entre la lecture et l'écriture : avec un traitement de texte, quelque chose de l'intimité originelle entre lire et écrire est retrouvé, qui rend caduque une partie des règles traditionnelles de l'élaboration d'un texte, exigeant que la forme soit d'une certaine façon conçue avant le fond.

Ecrire, c'est toujours écrire ce qui reste à écrire, c'est-à-dire le manque à lire. Lire, c'est lire ce qu'on a écrit et écrire ce qu'il faudrait lire encore pour avancer en compréhension. Lire, c'est écrire en creux ce qu'il aurait fallu écrire pour qu'on lise mieux. Les deux activités sont indissociables, et seuls des raisons liées aux contraintes induites par un dispositif technique daté les ont artificiellement dissociées.

### L'informatique multimédia

Alors que l'intelligence artificielle opère essentiellement dans le champ de la langue, le multimédia voudrait opérer dans celui de la perception.

L'informatique multimédia vise à simuler le scintillement de la gangue du monde face aux intentions personnelles qui détournent, entourent, forcent le parcours et le contour de ce que nous appelons la réalité sensible, que nous conformons, filtrons, agrégeons, corrélons et fusionnons sans relâche. Il existe un proverbe espagnol qui exprime que "lorsqu'on a un marteau en main, tout ressemble à un clou". Cela signifie que les choses saillent à la hauteur des prégnances qu'exercent sur elles nos intentions : si je circule dans la rue avec la faim au ventre, les vitrines des traiteurs et des boulangers seront beaucoup plus saillantes que les vitrines des cordonniers.

Mais comment communiquer l'impression perceptuelle que porte un mot comme "véhicule" sans réduire ce concept à une de ses représentations prototypales ? Au "tout langage" conceptuel de l'intelligence artificielle (manipulation de symboles interprétables en langue, programmation en langage, interfaces de contrôle d'inspiration langagière), le multimédia peut-il opposer une sorte de "tout gestuel" perceptuel et corporel ?

Pour beaucoup, la réponse est d'abord technologique, et y répondre consiste à disposer d'interfaces de contrôle de la perception (un peu à la manière des appareils de type reflex dans le domaine de la photographie) et à se doter de moyens de modélisation et de rationalisation d'objets perceptuels permettant de les manipuler.

Le multimédia est actuellement vendu en prêt-à-monter au grand public comme aux grands utilisateurs, et les résonateurs de marchés prévoient l'avènement rapide d'environnements informatisés qui permettront de réaliser facilement de nombreuses applications interactives novatrices.

Tout porte à croire en effet que l'approche informatique, basée sur la théorie de l'information et une vue analytique de la raison, triomphera cette fois encore des difficultés pourtant considérables levées par l'ambition de doter les ordinateurs de capacités d'interaction plus sensorielles.

Pour s'en convaincre, il suffirait de faire l'état des lieux de la technologie : les indispensables moyens de restitution des sons et des images sont en place dans les ordinateurs, les normes et les standards d'échange de données numériques se structurent à grands pas, et les périphériques d'acquisition sont désormais disponibles sur le marché. Quelques applications significatives ont d'ores et déjà été réalisées et certaines, souvent très spécifiques, ouvrent incontestablement à de nouveaux usages.

Mais dans la pratique, les applications multimédia réussies sont constituées d'astucieuses associations de données, de programmes de manipulation et d'interfaces, qui confèrent à un système artificiel une aptitude circonstancielle à être, non pas investi d'esprit ni même de corporéité, mais plutôt de contextualité.

L'informatique multimédia vise des outils qui permettraient de relier dynamiquement l'intention d'action sur la perception. Cette discipline précise ainsi la notion de simulation, dans un sens fort. Son enjeu semble bien être la réconciliation entre la perception et l'action, deux catégories séparées par la philosophie des Lumières.

C'est ainsi à une véritable déconstruction d'un divorce que nous invite l'informatique multimédia, si tant est qu'on accepte d'élargir sa définition à la mesure qu'elle exige. Cela augure de belles heures de recherches pluridisciplinaires. En particulier, les sciences cognitives d'inspiration analytique pourraient bien y perdre progressivement l'hégémonie qu'elle manifestent actuellement dans ces domaines.

## **5° Une étude de cas : le renseignement à base d'imagerie satellitale**

Cette section propose quelques pistes de réflexion sur l'imagerie satellitale et son usage dans le domaine du renseignement.

Examinons tout d'abord la raison qui fait que l'avènement des ordinateurs change radicalement notre manière d'envisager l'interprétation des images satellitales.

Cette raison provient de la conjugaison de trois phénomènes qui sont tous les trois intimement liés aux possibilités ouvertes par les machines à manipuler les symboles que sont les ordinateurs.

Le premier phénomène concerne le calcul topologique, qui permet d'imposer une norme de distance à un espace et à disposer rapidement de fonctions de calcul élémentaires ou sophistiquées sur cet espace. C'est ainsi qu'on peut affecter à une image satellitale l'espace occupé sur la Terre par la zone imagée et calculer aisément, par de simples désignations "à la souris" et grâce à des métaphores graphiques appropriées, les coordonnées réelles de points caractéristiques représentés, mais aussi des distances et des surfaces.

Pourvu qu'on dispose également de références d'altitude, ces fonctions ouvrent la porte à des simulations utiles et néanmoins assez faciles à réaliser comme la détermination d'une ligne de partage des eaux ou encore la surface immergée d'une région au Nord d'un parallèle.

Dans ce registre, les limites sont à chercher dans la qualité des données de référence (ceci est un peu compliqué par la non-rotundité de la Terre) et dans la rigueur de conception de l'ergonomie des outils qui instrumenteront les manipulations symboliques.

Le deuxième phénomène concerne le dessin vectoriel, qui permet de représenter graphiquement des figures de toutes sortes (ponctuelles, linéaires, surfaciques ou volumiques), aptes à symboliser avec pertinence des objets ou des concepts du monde réel, pourvu qu'on ait été assez rigoureux pour établir à l'avance des normes de représentation qui prescrivent le plus adroitement possible l'interprétation et l'usage de ces symboles.

Rien n'interdira alors de géoréférencer ces objets lors de leur création, et par exemple de les afficher en surimpression d'une image satellitale pour constituer diverses couches thématiques qui contraindront l'interprétation de la photographie. Rien n'interdira non plus d'instituer une gestion de la création de ces symboles (par exemple, on contrôlera automatiquement qu'un symbole représentant un avion ne se trouve pas situé sur un terrain marécageux, ou tout au moins on préviendra l'interprète du caractère peu plausible de son interprétation) ou de leur affichage (pour éviter l'impression de confusion qui résulterait de l'affichage de trop nombreux symboles, on organise la symbolique en couches thématiques qu'on regroupe par commodité).

Les limites de ce genre de pratique sont d'ordre ergonomique, et soulèvent de très intéressantes questions dont la plupart correspondent à des problèmes de recherche ouverts : par exemple, des difficultés surgissent lorsqu'on désire coupler des actes de navigation topologique à un comportement pertinent des symboles associés à une image. Ce couplage est pourtant nécessaire : sans cela, zoomer sur une image qui représente un régiment aux normes OTAN (un rectangle supportant une icône reconnaissable) risquerait fort de conduire à une image limitée à un énorme rectangle ! Et puis, sommes-nous certains qu'à partir d'une certaine échelle, le régiment soit encore la notion opérationnelle la plus pertinente à représenter ? Ces remarques ouvrent le délicat dossier de la sémantique des symboles graphiques, et plus généralement celui de la simulation et de la réalité virtuelle.

Le troisième phénomène s'apparente à la représentation des connaissances par des objets symboliques, organisés selon des modes inspirés de la philosophie grecque et qui permettent en théorie la description économique et rigoureuse d'un univers conceptuel complexe. Le mode privilégié d'organisation de ces connaissances ressemble un peu aux taxinomies élaborées à grand peine par les botanistes du siècle dernier, visant à synthétiser un domaine entier de connaissance en établissant des héritages fondamentaux entre concepts.

L'informatisation de ces procédés, qui n'est pas sans poser de très difficiles problèmes lors de l'acquisition et la maintenance de ces connaissances, est à la base d'une révolution dans la manière de concevoir l'exploitation interactive de vastes gisements de connaissances préalablement formalisés.

C'est ainsi qu'un régiment de chars particulier sera caractérisé par certains paramètres spécifiques, tout en héritant d'un certain nombre de propriétés génériques à tout régiment de chars, voire à tout régiment.

La conjugaison des trois phénomènes précédents ouvre véritablement un monde nouveau pour l'interprétation d'images satellites assistée par ordinateur, que certains appellent déjà le monde de la raison computationnelle, signifiant par là que ces possibilités autorisent un mode de pensée aussi radicalement nouveau que l'était en son temps l'avènement de la raison graphique, manifesté par l'apparition de l'écriture.

Cette considération n'est peut-être pas excessive. Comment, en effet, penser une requête aussi puissante que celle-ci signifiée par un simple geste de désignation "à la souris" : "Quel est le rapport de force prévisionnel dans telle zone de la photographie ?" ?

Dans cet exemple, l'ordinateur "sait" extraire les objets symboliques contenus dans la zone désignée par simple encerclement, puis enquêter sur la nature de ces objets en termes de puissance de feu et d'appartenance à telle ou telle armée, et enfin présenter un synoptique détaillé du rapport de force, en tenant éventuellement compte de modèles de déplacement des mobiles en fonction du terrain. Et cela, aucun décideur ne peut le faire sans un tel outil.

On a le sentiment que l'ordinateur permet dans une certaine mesure de compenser la puissance d'interprétation qu'on a perdue lorsqu'on s'est résigné à confondre la photographie avec ce qu'elle représente. Il convient de préciser ce sentiment et d'examiner les fondements de sa constitution, ce qui passe par une méditation sur la perception.

Percevoir est un acte à part entière. Cela signifie que la perception manifeste un projet intentionnel autant qu'elle le détermine. En d'autres termes, perception et engagement sont inséparables.

C'est ainsi que les yeux exorbités du célèbre loup de Tex Avery nous en apprennent long sur le regard. Regarder est une activité à part entière, qui certes mobilise l'œil et le corps, mais aussi signifie et détermine un projet. Le regard est à lui seul enquête et procès. S'il n'y a pas de regard figé, c'est parce que le regard est par nature action, qui se déploie dans l'exacte mesure de l'interprétation qu'il produit et motive dans un même mouvement.

Essayez donc de regarder gratuitement, et constatez comme cette gratuité artificielle commute aussitôt en une déflagration de l'attention qui scintille, détoure, entoure, contourne, parcourt, faisant jaillir l'intérêt et le projet, soupeser les possibles, réformer les hypothèses et conformer les envies. L'œil alors focalise, cadre, filtre, scrute et déjà agrège, corrèle, fusionne, renonce, dénonce.

Le plus souvent, l'acte de regarder est étroitement coordonné à d'autres actes de perception et à des gestes opérants sur le monde. Mais il arrive qu'il en soit autrement : la contemplation par exemple consiste à focaliser à l'infini sur un vaste horizon, sans intention prédéterminée. On peut penser à Lamartine dans ses méditations poétiques, et tout particulièrement à l'admirable "Isolement".

Une photographie est la trace d'un regard intentionnel, retranchée derrière un objet permanent. Mais la permanence de l'objet ne fige nullement la perception qu'on peut en avoir : regarder une photographie est un acte d'interprétation qui, bien que contraint par la nature de l'objet, a toujours pour visée la constitution compulsive du sens. Ce qui fascine dans une photographie, c'est précisément la révélation que le sens de l'objet permanent n'est pas permanent, et qu'il se donne sans cesse de façon nouvelle. L'énigme de l'intention du photographe est pour beaucoup dans cette fascination.

L'impression de puissance se fait plus forte lorsque l'usage de prothèses optiques permet au photographe de donner à voir sans prothèse des photographies qui représentent des scènes ordinairement inaccessibles. C'est ainsi que les images satellitaires constituent un défi étonnant à la perception visuelle : elles donnent à voir une globalité géographique, prise "du dessus",

depuis un lieu pour le moins inhabituel à l'homme, sans qu'un geste humain prédestine l'objet dans son contenu visuel.

Nous avons pris conscience que le regard mêle l'acte cognitif au geste physique du corps et de l'œil. Si la photographie prescrit largement le geste physique du corps et de l'œil, elle stimule en revanche l'élucidation cognitive de son sens. Mais avec la photographie, le regard bute sur la représentation (la focale est fixée, le cadre réduit, la lumière inactive, le mouvement est définitivement fixé dans le flou qui l'évoque). La photo prescrit largement les modalités physiques du regard : l'activité d'interprétation est courbée, il y a suspension du geste physique et exacerbation de l'acte cognitif.

La photographie tout à la fois fascine le regard et le frustre, et ceci est tout particulièrement vrai de l'image satellitale, qui flatte la puissance par son caractère de domination (quand elle n'incite pas à la contemplation), mais prive le regard de son expression investigatrice, d'autant plus que l'image vient de nulle part et ne résulte de nulle intuition de photographe.

Les photo-interprètes, tant les experts du début de la chaîne de traitement que les décideurs exploitants, n'auront de cesse d'imaginer des artifices permettant de désintellectualiser l'image et de lui redonner sa plasticité. L'idéal mythique serait en fait de revenir à l'état originaire qui précède l'objectivation de la perception dans l'image !

Pour compenser l'activité musculaire réflexe de l'œil et du corps engagée dans le regard, l'idée est de doter l'image d'une plasticité artificielle, qui simulerait en quelque sorte cette activité réflexe ou la remplacerait par une activité réfléchie correspondante. A l'heure du discours scientifique magnifié, pourquoi ne pas investir l'image de moyens de répondre aux questions qu'aiment poser les scientifiques ?

Il s'agit pour cela de replier sans cesse l'interprétation de l'image sur elle-même, pour en quelque sorte densifier son aptitude à prendre en charge la raison raisonnante, et seul l'ordinateur comme technique autorise une telle pratique. Mais cette affirmation mérite une explication. Et d'abord, précisons ce que nous entendons par "interprétation d'images repliée sur elle-même".

A priori, l'interprétation d'une image pourrait se traduire par un ensemble de commentaires textuels, certains textes pointant à la manière de légendes sur tel ou tel détail de la photographie, un peu comme le font les radiologues préparant un dossier médical à la demande d'un chirurgien s'interrogeant sur les modalités d'une intervention.

Le dossier pourrait certes être enrichi de schémas, de dessins, d'icônes, de plans, de flèches de désignation, de traces surlignées, et le texte pourrait tendre vers un hypertexte, un peu comme dans l'édition moderne (un hypertexte est un texte structuré de façon à ouvrir les modalités de sa lecture, afin de permettre à chaque lecteur de parcourir le document par des chemins de traverse, grâce à des pointeurs aussi variés que des notes, des index, une table des matières, une bibliographie ou des résumés).

Rien ne justifie a priori qu'on rabatte (qu'on replie) le commentaire de l'image sur l'image elle-même, en cherchant à l'augmenter d'une symbolique qui prescrive son interprétation à venir. Cette pratique, au fond, n'a de sens que parce qu'elle ouvre à l'exploitation informatique d'une image surdéterminée, à la manière présentée ci-dessus.

Cette attitude de surcharge interprétative de l'image, qui engendre des images "augmentées" au sens de la réalité augmentée, n'est pas sans conséquence sur le sens de l'acte d'interprétation. Car

incontestablement l'image, et tout particulièrement l'image satellite, jouit d'un privilège de réalisme, privilège particulièrement goûté à notre époque. Il se trouve que ce privilège, qui ferait de l'image une donnée plus concrète, plus conforme à la réalité que tout autre, est largement usurpé.

L'interprétation de telles images est une activité qui n'a de sens que dans un contexte très particulier : c'est l'interprétation du territoire et de son aménagement humain comme signe de transformations ou d'activités permettant des estimations ou des prévisions. Mais rien ne distingue l'image satellite d'un camp de réfugiés mourant de soif d'un camp de réfugiés établis dans des conditions sanitaires supportables.

C'est là le "scandale" de ce type de photographie, mais c'est peut-être là aussi une des raisons de la fascination qu'elle exerce. L'image satellitale laisse croire à la possibilité d'une gestion du monde par-dessus, sans s'en approcher et sans s'y commettre, en ne reconnaissant de l'Homme que le corrélat (la trace dans le monde) de son industrielle activité.

Ce qu'on perd avec la photographie, ce n'est pas l'éprouvé, mais l'éprouvé "qui peut quelque chose", l'éprouvé vécu dans l'immédiateté et dans l'ouverture à l'émotion, c'est-à-dire à l'action immédiate. Avec la photographie, l'émotion est suspendue de sa destination et se prend pour objet, dans un repli réflexif.

La raison computationnelle permet de regagner en rationalité ce qu'on a perdu en émotion. L'un permet-il de compenser l'autre ? La question est sans doute mal posée, et il convient peut-être mieux d'ouvrir des champs exploratoires et de se demander où va nicher l'éprouvé ainsi déniché par une nouvelle raison.

Il en va d'une conviction philosophique, qui pose l'irréductibilité de la conscience immédiate, et la destinée ultimement subjective de la raison. Une raison n'est telle que pour convoquer l'émotion.

Selon cette conception, il en va de l'acte de parler en langue comme de tout autre acte d'expression : il auto-affecte. Parler médiatise un vécu éprouvé dans l'immédiateté et le déplace dans le même mouvement. Attester une subjectivité ne peut se faire que dans un renoncement à sa clôture actuelle. Seule la tirade de l'autre ouvre au déploiement d'un sens dialogique, par dépassement : la subjectivité serait ainsi un corrélat de l'intersubjectivité.

Husserl remarquait déjà dans son "idées directrices pour une phénoménologie" que la question du corps propre se noue de façon similaire : la main droite qui touche le bras gauche est présente (touchante) dans l'exacte mesure où le bras est présent (touché). Et lorsqu'une main touche le bras d'un autre corps, elle n'apprécie le corps d'un autre que dans l'échange kinesthésique même qui fait advenir le corps propre.

Et Merleau-Ponty considère la perception visuelle comme un empiètement mutuel du regardant et du regardé, en accord avec Paul Valéry qui écrit à propos de "regards qui s'échangent" : "Cet échange réalise une transposition, un chiasma de deux destinées, de deux points de vue ... Il se fait par là une sorte de réciproque limitation spontanée. Tu prends mon image, mon apparence, je prends la tienne. Tu n'est pas moi, puisque tu me vois et que je ne me vois pas. Ce qui me manque c'est ce moi que tu vois. Et à toi, ce qui manque, c'est toi que je vois" ([6] page 37).

Le coude-à-coude (pied-à-pied, dos-à-dos, nez-à-nez ou bouche-à-bouche) ne serait pas radicalement différent du tête-à-tête et du bouche-à-oreille.

## Conclusion

Vivre, c'est toujours éprouver dans l'immédiateté. Le vécu éprouvé est toujours singulier et définitivement personnel. Même l'acte d'exprimer est un acte vécu dans l'immédiateté, bien qu'il ait la médiatisation comme visée et comme corrélat une expression qui ajoute au monde.

Ainsi, l'acte d'expression ne saurait se réduire à l'exprimé, pas plus d'ailleurs que l'impression ne se réduit à l'imprimé. Le sens est par nature interprétatif, c'est-à-dire qu'il engage toujours un interprète.

Une remarque encore à ce sujet. Dire que "le sens n'est pas immanent au substrat auquel on allouera pourtant ce sens" est plus radical que ce que disent la plupart des informaticiens lorsqu'ils concèdent l'impossibilité d'allouer valablement du sens au local et qu'ils militent pour une allocation systémique du sens en faisant dialoguer le local et le global. La position contextualiste serait donc une persévérance perverse dans une voie épistémologiquement contestable.

Quelles sont les conséquences de cette position dans le domaine de l'artéfacture d'outils destinés à opérer dans le champ du sens ? Tout d'abord, si le sens d'un exprimé n'est pas immanent à l'exprimé, il ne saurait y avoir d'outil automatique de révélation ou d'extraction du sens. Reste qu'on peut imaginer, en droit, des outils d'aide à la détermination provisoire d'un sens ou d'assistance à l'assignation contingente de sens, même lorsque l'expression n'est pas strictement codée pour prescrire son interprétation de manière biunivoque.

Et si Diderot s'était trompé en opposant la dyade jugement-pénétration à la dyade sensibilité-enthousiasme dans sa théorie de la simulation ? Quelles en seraient les conséquences sur les conditions de possibilité d'une simulation informatique ?

## Références bibliographiques

### Sources philosophiques et littéraires

1. Denis Diderot, *Paradoxe sur le comédien*, Larousse, 1934
2. Eugen Fink, *Le jeu comme symbole du monde*, Les éditions de minuit, 1966
3. Witold Gombrowicz, *Ferdydurke*, Gallimard, 1966
4. Hans Jonas, *Le phénomène de la vie*, De Boeck Université, 2001
5. Constantin Stanislavski, *Ma vie dans l'art*, L'Age d'Homme, 1980
6. Paul Valéry, *Tel Quel*, Gallimard, 1986

### Bibliographie informatique et sciences

1. Bruno Bachimont, *Des machines qui pensent aux machines qui donnent à penser*, thèse de doctorat, 1998
2. Alain Cardon, *L'informatique, science ou technologie ? Un formidable défi pour l'intelligence artificielle !*, Bulletin de l'AFIA, n° 42, juillet 2000
3. Hubert Dreyfus, *Intelligence artificielle - mythes et limites*, Flammarion, 1984



4. Paul Jorion, *Le mathématicien et sa magie : Théorème de Gödel et anthropologie des savoirs*, Cahiers STP Maison des Sciences de l'Homme, à paraître, décembre 2000
5. Anne Nicolle, *Science et technique, l'évolution des rôles*, actes des Journées de Rochebrune, à paraître, 2001
6. Jean-François Perrot, *Des objets aux connaissances*, Journée Méthodes objets et Intelligence Artificielle : Frontières, Ponts et Synergies, Paris RIA, juin 1994
7. François Rastier, *Représentation ou interprétation, perspective herméneutique sur la médiation sémiotique*, Presses universitaires de Grenoble, 1996
8. Jean-Michel Salanskis, *Le temps du sens*, Editions HYX, 1997
9. Pierre Saurel, *Nécessité des modèles en sciences cognitives : de la modélisation à la mise en parangon*, thèse de doctorat en épistémologie, janvier 1998
10. Didier Vaudène, *Une contribution à l'étude des fondements de l'informatique*, thèse de doctorat d'État, octobre 1992
11. Joseph Weizenbaum, *Raisonnement de l'homme, intelligence de la machine*, Edition de l'informatique, 1975
12. Terry Winograd et Fernando Flores, *L'Intelligence artificielle en question*, PUF, 1989

## **Annexes**

### **Conseillers scientifiques et techniques possibles**

- Programmation et noms de programme : François Pachet, [pachet@csl.sony.fr](mailto:pachet@csl.sony.fr)
- Multimédia : Olivier Kœchlin, [Olivier.Koechlin@wanadoo.fr](mailto:Olivier.Koechlin@wanadoo.fr)
- Art et programmation : Frédéric Drouillon, [fdr@free.fr](mailto:fdr@free.fr)

### **Thèmes à développer**

-

### **Réactions de quelques lecteurs et amis**

-