



L'Intelligence Artificielle et le Bridge

Détails

Le problème du bridge joué par un ordinateur
au plus haut niveau des performances humaines,
a été résolu il y a plus de 30 ans.

Voici comment...

Avant-propos

[1- Introduction](#)

[2- Les Echecs, le Go et le Bridge](#)

[3- IA numérique et IA analogique](#)

[4- Application au Bridge](#)

[5- Les objectifs de l'IA appliquée au Bridge](#)

1- Introduction

Le corps de cet article a été publié en 1984 dans la revue "Le Bridgeur".

Il présentait les idées de base de **Philippe Pionchon** qui ont abouti, quelques années de développement plus tard, à la réalisation d'un logiciel résolvant au plus haut niveau humain l'ensemble de la problématique du bridge, réputée insoluble à cette époque.

Pour compléter cette publication de 1984, voici dévoilé en détail comment le problème a-t-il autrefois été résolu et pourquoi les avancées de l'Intelligence Artificielle créées à cette occasion peuvent aujourd'hui trouver une application dans des domaines aussi inattendus que celui des [véhicules autonomes](#) ou d'une façon plus générale celui de la [robotique androïde](#).

Précisons d'abord que dans les années 90, plusieurs logiciels avaient été réalisés et commercialisés aux Etats-Unis, mais sans qu'il s'agisse d'I.A. puisqu'utilisant par exemple la connaissance des 4 jeux ou appliquant des algorithmes ou des heuristiques sommaires, donc inefficaces.

Depuis lors, ces programmes s'affrontent chaque année en un championnat du monde très disputé mais il faut bien reconnaître qu'au bout de plusieurs décennies de travail, on reste, pour ces logiciels, très loin des performances humaines.

Enfin il faut mentionner qu'aujourd'hui en France, sous l'effet de l'irrésistible mode actuelle de l'"Intelligence Artificielle", ignorant que la cause était entendue depuis plusieurs décennies et profitant de l'appétit pour le concept savant de "réseaux de neurones" d'un monde financier inexpérimenté, des recherches en milieu universitaire ont été lancées sur le bridge mais sans grand avenir de l'avis de Philippe Pionchon, car, voulant adapter au domaine de "Résolution de problème" les techniques statistiques utilisées dans le domaine de "Reconnaissance de forme", on commet, dit-il, une erreur fondamentale à la fois de [diagnostic](#), de [méthode](#) et d'[objectif](#).

Il existe d'après lui plusieurs formes d'"Intelligence Artificielle" :

1 - l'"**IA numérique**" ou l'"**IA statistique**", récemment boostée par les "réseaux de neurones", basée uniquement sur du calcul statistique sans souci de "reproduire le comportement logique humain" dans son activité de réflexion et sans capacité d'"explication" de la solution trouvée.

Créant une importante rupture technologique dans ce domaine, les réseaux de neurones sont une **métaphore biologique** de l'organisation des neurones du cerveau humain et c'est en cela que ces techniques de **calcul statistique**, dans la mesure où elles se limitent à ce calcul sans faire intervenir d'expertise, utilisent le vocable d'"Intelligence Artificielle" réservé jusque là aux techniques de traitement de la logique, alors qu'en toute rigueur il serait sans doute plus juste de parler plus simplement d'"**Intelligence Numérique**" ou d'"**Intelligence statistique**" ou encore comme autrefois, d' "**Aide scientifique à la décision**" ou encore de "**Recherche Opérationnelle**".

Complétant l'"**apprentissage automatique**" ("**machine learning**") supervisé ou non supervisé, les réseaux de neurones se sont montrés récemment très efficaces dans les calculs itératifs de correction d'erreur de ce qu'il est maintenant convenu d'appeler l'"**apprentissage profond**" ("**deep learning**") pour enrichir le domaine de la "**Reconnaissance de forme**" par exemple où les performances obtenues sont très spectaculaires.

L'"IA numérique" utilise la "force brute" des ordinateurs pour analyser des "**big data**", rassemblant de très nombreux exemples du domaine étudié, représentant en somme l'**expérience pratique** acquise dans le domaine.

Les réseaux de neurones pourraient sans aucun doute être efficaces dans beaucoup d'autres domaines très complexes comme par exemple l'**apprentissage du langage** car c'est la méthode qu'utilisent avec bonheur les enfants pour apprendre à parler, faisant fi de toutes considérations de grammaire, de syntaxe et de conjugaison.

Ces réseaux de neurones, qui se comportent comme des "boîtes noires" hermétiques, devront être complétés, d'après Philippe Pionchon, par des Systèmes Experts pour prendre en compte la **connaissance** du domaine étudié, par exemple ici l'expertise du langage, ce qui est indispensable à son avis pour résoudre le problème de l'**explicabilité** et devenir sous la forme de "**Systèmes Experts hybrides**" une véritable "Intelligence Artificielle" complète. (voir plus loin "**5- Systèmes Experts hybrides**").

La simulation de réseaux de neurones est la méthode que l'on utilise quand on a affaire à un domaine soit trop complexe soit mal connu où cependant on y possède un très grand nombre d'exemples expérimentaux, et que l'on ne sait pas traiter autrement.

2 - l'"**IA analogique**" ou "**IA symbolique**" ne s'appuie pas sur des calculs complexes effectués sur des exemples mais a pour vocation de simuler le **processus de la réflexion humaine**, ce qui est bien l'objectif fondamental de l'IA, en s'appuyant sur la **logique**.

C'est la méthode privilégiée normalement utilisée dans le domaine IA de la "Résolution de problème" où le contexte est très différent de celui de la "Reconnaissance de forme" (information souvent incomplète et absence de "big data" suffisantes).

Grâce à ses investigations théoriques, cette approche logique, nécessairement mise en oeuvre par des experts du domaine étudié, est de surcroît tout naturellement susceptible de faire progresser l'objet de son analyse, par exemple ici le Bridge.

Elle a aussi l'immense avantage de fournir la plupart du temps une **explication à la solution proposée**.

Cette "explication" lui confère une intérêt pédagogique indispensable dans certains domaines, notamment celui du Bridge.

En revanche, cette méthode "experte" ne peut s'appliquer que pour des domaines qui ont été suffisamment théorisés.

Pour des raisons d'**universalité et d'efficacité**, ces deux approches complémentaires de l'IA seront selon toute vraisemblance rapidement unifiées, selon Philippe Pionchon, autour du concept de "**Système Expert hybride**".

C'est grâce à ce nouveau concept qu'il a pu en effet venir à bout de la problématique du bridge, réputée insoluble jusque là.

2- Les Echecs, le Go et le Bridge

Le traitement informatique des jeux de stratégie a toujours passionné les foules et dans le foisonnement d'articles souvent trop enthousiastes traitant de cette question, il est très difficile de savoir ce qu'il en est exactement.

En ce qui concerne les Echecs par exemple tout le monde a sans doute encore à l'esprit le « fameux » match qui avait opposé en 1997 **Deep Blue à Kasparov**, le champion du monde en titre. A lire la Presse de l'époque, il s'agissait ni plus ni moins que du « match qui a changé le cours de l'Histoire ».

Créant un événement sans précédent dans l'Histoire de l'humanité, pouvait-on lire, Deep Blue avait été déclarée vainqueur à la suite d'un match revanche en 6 parties (3 nuls, 1 victoire de Kasparov, 2 victoires de Deep Blue).

La Presse s'était enthousiasmée et bien sûr en avait fait ses gros titres.

Seulement voilà...

la supercherie n'a pu être dissimulée très longtemps car le match avait eu lieu en public et tous, experts et journalistes spécialisés, en avaient été témoins...

En fait, d'après les experts unanimes, dans 3 parties le nul avait été concédé par Kasparov alors qu'il s'y trouvait en position avantageuse, dans la 2ème partie Kasparov avait abandonné alors qu'il tenait une position qui conduisait à un match nul et dans la 6ème partie Kasparov avait prématurément abandonné au 19ème coup à la suite d'un mouvement pour le moins bizarre...

Lors de la conférence de presse qui suivit ce match, tout le monde ayant bien compris ce qui s'était tramé, Kasparov n'a pu échapper à la question :

« Maître, pourquoi ce comportement aussi étrange ? »

Réponse du champion du monde :

« Je jouais contre un ordinateur, j'ai été déstabilisé... ».

Dans les quelques mois qui ont suivi ce match, le cours de l'action d'IBM a quadruplé... et puis tout a été oublié, on a cessé très vite de parler de ce grand pas de l'humanité.

Toujours est-il que par la suite, sa réputation ayant souffert de ce match, **Kasparov demanda une revanche**.

La réponse d'IBM mit un terme définitif à ce "grand exploit technologique", rebaptisé à l'occasion "**Fake Blue**" et qui s'était révélé n'être qu'une supercherie :

« Nous sommes vraiment désolés, cher Monsieur, mais nous avons démonté la machine et perdu le programme... »

Beau joueur, Kasparov qui fréquente assidûment les conférences très à la mode sur l'Intelligence Artificielle, avait déclaré « Ma défaite contre Deep Blue était une victoire pour l'humanité ».

... Vraiment ? Mais de quelle humanité ?

En ce qui concerne le Go il semblerait que ce soit très différent d'après les performances de l'AlphaGo de **DeepMind**, filiale de Google, qui aurait battu récemment bon nombre des meilleurs joueurs humains.

La grande nouveauté serait l'« apprentissage par renforcement profond » de l'AlphaGo Zéro qui sait travailler sur des millions de parties (obtenues en jouant contre elle-même) avec, si l'on en croit ses auteurs, des capacités d'auto-apprentissage lui permettant d'apprendre à jouer à partir de zéro, sans aucune connaissance, sans rien savoir du Go.

Un parfait autodidacte, semblerait-il.

Malheureusement DeepMind a annoncé qu'elle ne participera plus à des compétitions homme-machine.

A-t-elle démonté sa machine ? A-t-elle perdu son programme ?

Le sujet étant très confidentiel pour des raisons économiques évidentes, il est bien difficile de savoir ce qu'il en est exactement.

*En plus de la supercherie "Fake Blue", tout le monde se souvient de la bien triste histoire des **"avions renifleurs"** des années 70.*

Mystère et prudence donc...

En tout cas la tentation est grande d'essayer de s'en inspirer et actuellement il est de bon ton d'utiliser les techniques inductives des « réseaux de neurones », surtout si l'on cherche à lever facilement des capitaux.

*L'IA possède en effet un "je ne sais quoi" de magique et, avec sa promesse de gains miraculeux, il est à craindre d'assister à une inévitable ère de **"projets renifleurs"**, encouragés par l'appétit des banques qui, aveuglées par cette perspective alléchante, ont du mal à faire la différence entre les vrais et les faux projets...*

Le Bridge se prête-t-il aux réseaux de neurones ?

Il faudrait déjà pour cela disposer de millions de données jouées par des champions pour que le système puisse s'entraîner et apprendre efficacement par l'exemple.

Contrairement au Go et aux Echecs, ces données ne peuvent pas être générées par la machine elle-même sans intervention humaine car au Bridge il y a une différence entre le « gagner » et le « bien jouer » :

on peut gagner en jouant mal et perdre en jouant bien !

Prenons par exemple une donnée qui possède deux lignes de jeu, une qui gagne à 80 % et une seconde qui ne gagne qu'à 60 % :

le « bien jouer » consiste à prendre la ligne à 80 % mais il se peut que cette ligne perde alors que la ligne à 60 % gagne.

Le simple fait de gagner ou de perdre ne peut donc pas être utilisé pour caractériser la "récompense" du système de calcul et il faut faire intervenir d'autres paramètres, le score obtenu en tournoi par exemple, mais alors ce procédé ne peut plus être automatisé.

Le Bridge est un jeu de comparaison qui ne trouve en effet sa véritable vocation qu'en tournoi où tous les joueurs jouent avec les mêmes jeux. C'est d'ailleurs ce qui en fait l'attrait essentiel, la chance étant ainsi éliminée.

Au Bridge le but du jeu est finalement, pour paraphraser Colette :

"Avec les cartes de tout le monde, jouer comme personne".

Pour les enchères, le problème est encore plus complexe car il faudrait faire intervenir un autre paramètre très difficile à déterminer ici avec cette méthode, l'espérance mathématique de gain. Prenons par exemple la situation où 4P est un bon pari à l'enchère mais infaisable à la carte. Le top ira au mauvais joueur qui n'aura demandé que 3P !

Remarquons à ce propos que savoir si 4P est un bon pari ou non dépend typiquement du jugement d'un Système Expert (voir plus loin) qui pourra très facilement apprécier l'incidence des enchères adverses (notamment celles d'Est) et les plus-values éventuelles de sa main (cartes intermédiaires, honneurs bien placés, etc...).

Les données d'entraînement doivent donc obligatoirement être supervisées par des experts (ou alors il faudrait trouver une méthode de supervision automatique, ce qui ne simplifie pas le problème).

Mais le plus important d'après Philippe Pionchon, est qu'il existe une caractéristique essentielle qui distingue le Bridge du Go et des Echecs, sans même parler de l'existence ou non d'éléments cachés.

- Le Go et les Echecs sont des jeux qui dépassent complètement les possibilités humaines : la machine peut donc en effet y apporter des « idées » nouvelles.

- En revanche le Bridge est un jeu beaucoup plus simple sur le plan combinatoire : les hommes le maîtrisent parfaitement et **il a été totalement théorisé**.

Au Bridge on ne joue pas contre des adversaires mais contre des configurations de cartes adverses que la théorie, au moins en ce qui concerne la problématique du déclarant, est parfaitement capable de déterminer :
que viendraient apporter des statistiques ?

Il ne s'agit donc pas de traitement statistique d'un domaine mal connu dont personne n'a la solution, comme au Go ou aux Echecs, mais de mise en œuvre de l'expertise d'un domaine parfaitement maîtrisé.

DeepMind ne s'y est pas trompé qui a préféré travailler sur un autre jeu de cartes, **Hanabi**, plutôt que sur le Bridge pourtant infiniment plus célèbre mais qui ne se prête pas à cette technique et **où il n'y a plus rien à trouver** depuis plus de 30 ans.

Comme nous le verrons plus loin, c'est cette maîtrise humaine qui fait toute la difficulté d'un traitement informatique du Bridge...

(voir « 12 - Le paradoxe de la difficulté » et « 14 - Au Bridge, il y a obligation de résultat »)

3- IA numérique et IA analogique

Pour éviter les erreurs de méthode dans l'utilisation de l'IA, il peut être intéressant d'insister encore sur les différences fondamentales entre « IA numérique » et « IA analogique ».

- **L'objectif de l'«IA numérique** » est de simuler le fonctionnement biologique et l'organisation du cerveau humain, les « réseaux de neurones » :
ainsi dans l'ordinateur, à partir d'**éléments répétitifs de base**, de régularités, les "**patterns**", que le programme aura lui-même mis en évidence dans son processus d'analyse, des fonctions de **calcul parallèle** simulent le fonctionnement du cerveau humain en une somme de « **micro-processus** » et c'est cette **métaphore biologique** qui fait dire qu'il s'agit d'« Intelligence Artificielle » bien qu'elle ne soit pas forcément dotée de méthode d'apprentissage automatique lui permettant d'apprendre à partir d'exemples.

Pour prendre une image, il s'agit d'une approche de type "**hardware**", pourrait-on dire, de la structure humaine, utilisant la "force brute" des ordinateurs dans des domaines à **information complète** mais suffisamment complexes pour qu'on ne sache les traiter autrement.

Cette méthode **essentiellement statistique** fait dire à certains experts qu'il s'agit davantage d'"**Intelligence Prévisionnelle**" (**IP**), d'analyse prédictive s'appuyant sur un grand nombre d'expériences, qu'à proprement parler d'"Intelligence Artificielle" au sens où on l'entendait jusque là.

Peu importe, l'efficacité de l'IA numérique" a récemment été brillamment démontrée dans le domaine de la « Reconnaissance de forme » ou de l'Analyse d'image" : la puissance de plus en plus grande des ordinateurs faisant merveille pour traiter des "big data" beaucoup plus efficacement que ne saurait le faire le cerveau humain.

- **En « IA analogique** » il en va tout autrement et les objectifs sont beaucoup plus ambitieux. Il s'agit ici de simuler le comportement humain, non pas dans sa structure élémentaire, mais dans son **fonctionnement logique** :
la machine devenant capable de raisonner par elle-même lorsqu'elle a affaire à un domaine théorisé.

Cette méthode est très complexe car elle nécessite une **analyse experte** du domaine étudié mais elle trouve toute son efficacité dans le traitement des problèmes de "réflexion à **information incomplète**":

il s'agit en effet de reproduire le processus mental de la pensée, décomposer un objectif de résolution en étapes successives pour définir une stratégie, exactement comme le ferait un bridgeur "à la table", en s'appuyant, c'est l'idée de Philippe Pionchon, sur la **métaconnaissance** et la **logique modale**.

Pour garder notre image, il s'agit d'une approche de type "**software**" du comportement humain, de « **macro-processus** » particulièrement bien adapté au domaine des jeux de stratégie suffisamment **théorisés** où il est question de planifier une action.

De plus, cette méthode, au plus proche du comportement humain, a l'immense avantage d'être **pédagogique** et, par les recherches théoriques qu'elle suppose sur le jeu de Bridge, elle est de surcroît susceptible de faire progresser la connaissance de ce jeu.

Pour résumer, en IA analogique la stratégie de résolution s'organise autour d'**expertons**, ou "granules logiques" (voir plus loin), alors qu'elle s'organise autour de **patterns**, ou "granules physiques", en IA numérique.

4- Application au Bridge

Pour le sujet qui nous concerne, cette différence d'approche est gigantesque : par son approche logique, l'IA analogique apporte une dimension pédagogique indispensable que n'apporte pas l'IA numérique, si toutefois on arrive un jour à démontrer l'efficacité de l'IA numérique au Bridge, ce qui est encore loin d'être établi malgré tous les moyens mis en oeuvre.

Finalement les deux questions fondamentales posées sont celles-ci :

. la méthode de l'**IA numérique est-elle pertinente** dans un domaine de « résolution de problème à information incomplète » parfaitement théorisé ?

. et, même en cas de réussite, **quel intérêt** apporterait-elle à la pédagogie et à la connaissance de ce jeu ?

C'est donc la méthode de l'"IA analogique" que Philippe Pionchon avait choisi de développer et qui a permis, dans les années 80, à un modeste Tandy TRS80, de jouer avec succès des données expertes comme par exemple celles de **H. Kelsey**, correspondant au meilleur niveau du jeu humain, ou des données tout aussi difficiles improvisées à la table par des experts.

Le verdict était formel :

le problème réputé insoluble du jeu de la carte au bridge était dès lors résolu, il suffisait de lui donner un look commercial pour lancer sa diffusion Grand Public.

La méthode choisie avait démontré sa pertinence et son efficacité avec une machine de très faible puissance et un langage machine très rudimentaire.

Ce sont les réussites de tels tests réalisés par lui-même et en toute objectivité qui ont convaincu **Robert Lattès**, mathématicien normalien et visionnaire scientifique de génie, écrivain et ancien Champion du Monde de Bridge (il avait été partenaire de **Bertrand Romanet**) alors Président de Paribas Technology, d'investir dans la création d'une société, Will-Bridge, destinée à terminer ces travaux en les parant d'une présentation commerciale.

Grâce à la réussite spectaculaire de nombreux tests faits par lui-même et confirmés par un autre champion, **Jean-Marc Roudinesco**, sur des données improvisées correspondant **au plus haut niveau des performances humaines**, la "série nationale", le verdict était établi et pouvait justifier un risque industriel :

le gap technologique était franchi,
le problème "insoluble" résolu,
la bonne méthode démontrée,
l'avenir prometteur...

5- Les objectifs de l'IA appliquée au Bridge

Reprenons les choses plus simplement.

Dans le domaine de "Résolution de problème", qui nous intéresse donc ici, un authentique programme d'I.A. doit en effet, pour avoir une dimension pédagogique indispensable, reproduire aussi fidèlement que possible le comportement humain, c'est-à-dire pour le bridge :

- Jouer à **cartes cachées**
- Etre capable d'**expliquer**, à la demande, pour chaque enchère faite ou chaque carte jouée, pourquoi elles ont été choisies.

Au Bridge il ne s'agit pas de calcul mais d'analyse, d'intelligence.

Si on a "compris", on doit être capable d'expliquer, et le raisonnement qu'expose la machine témoigne alors de la qualité du jeu fourni et de sa capacité à démontrer sa compréhension globale du problème posé.

En matière de "Résolution de problème", cette justification est primordiale.

*"Ce que l'on conçoit bien, s'énonce clairement
Et les mots pour le dire arrivent aisément."*

On sait en effet depuis Boileau que la pertinence d'un commentaire est révélatrice de la qualité de sa pensée et s'il avait été bridgeur, il aurait très certainement ajouté à son Art Poétique un chapitre sur la qualité à exiger des programmes d'Intelligence Artificielle de Bridge :

*"Avant donc que d'écrire, **apprenez à penser**.
Selon que notre idée est plus ou moins obscure,
L'expression la suit, ou moins nette, ou plus pure."*

*

Du Bridge aux véhicules autonomes : comprendre son environnement...

L'Intelligence Artificielle et le Bridge

En 2022 Will-Bridge, société française créée en 1987 par **Paribas**, le **Club Med** et le **C.E.A.** (Commissariat à l'Energie Atomique) pour exploiter les travaux en Intelligence Artificielle de **Philippe Pionchon**, est le n°1 mondial des logiciels de Bridge.

Cette société a créé il y a plus de 30 ans d'importantes **avancées en Intelligence Artificielle** qui dépassent largement le domaine du bridge et qui peuvent aujourd'hui être utilisées dans divers domaines comme par exemple celui des **véhicules autonomes** ou des **robots androïdes** où il est indispensable, comme au Bridge, de "**comprendre son environnement**".



Le Bridge : un domaine d'"expertise" ... et non de statistiques

- [1- Qu'est-ce que l'Intelligence Artificielle ?](#)
- [2- Les Systèmes Experts](#)
- [3- **Leibniz**, le génial précurseur](#)
- [4- La logique symbolique](#)
- [5- **Véhicules autonomes** et "**X Brain**" : "**Systèmes Experts hybrides**"](#)
- [6- **Systèmes Experts d'"ordre 1" et d'"ordre 2"**](#)
- [7- Enchères et entame : problèmes de Connaissance](#)
- [8- Un problème d'expert](#)
- [9- "**Systèmes Experts inverses**" - "**Systèmes Experts bimoteurs**"](#)
- [10- Les "**expertons**", variables stratégiques](#)
- [11- L'efficacité des "**expertons**"](#)
- [12- Un outil puissant de développement](#)
- [13- Problèmes de réflexion : les jeux de stratégie](#)
- [14- Le paradoxe de la difficulté](#)
- [15- Le Bridge est plus simple... donc plus compliqué !](#)
- [16- Au Bridge, il y a « obligation de résultat »](#)
- [17- Le jeu de la carte - Stratégies typées et stratégies floues](#)
- [18- L'efficacité d'un "**Système Expert hybride**"](#)
- [19- L'idée de base : la **métaconnaissance**](#)
- [20- Le calcul de Thalès et la **métaconnaissance**](#)
- [21- Alekhine et la **métaconnaissance**](#)
- [22- L'efficacité de la **métaconnaissance**](#)
- [23- M. Jourdain joue au bridge...](#)
- [24- Prématuré !](#)

1- Qu'est-ce que l'Intelligence Artificielle ?

Détails

L'**Intelligence Artificielle** est une discipline qui a pour vocation de simuler le comportement humain dans ses activités de perception, de compréhension ou de décision.

Elle s'exerce dans différents domaines : reconnaissance de forme, reconnaissance de la parole, analyse du langage, résolution de problème, etc....

Il y a, d'après Philippe Pionchon, plusieurs façons de traiter cette simulation suivant le domaine traité et les objectifs recherchés :

l'IA numérique et l'IA analogique.

En ce qui concerne le domaine de "*résolution de problème*", qui nous intéresse ici, l'Intelligence Artificielle "analogique" choisie se caractérise par une approche originale dans le traitement informatique des problèmes qui consiste, non pas comme dans un système algorithmique classique, à décrire *la résolution du problème*, ce qui nécessite de connaître l'algorithme de résolution, mais à mettre en place une structure informatique permettant à l'ordinateur de **résoudre lui-même le problème**.

Cette structure étant en place, il suffira alors de :

**décrire le problème,
et non plus la résolution du problème.**

2- Les Systèmes Experts

Détails

C'est là l'idée fondamentale qui a donné naissance, sous l'impulsion de **Jacques Pitrat** au cours des années 60, aux « Systèmes Experts » destinés à traiter les problèmes dits de « **Connaissance** ».

Les Systèmes Experts sont des systèmes informatiques dans lesquels on a collecté la Connaissance des experts d'un domaine donné, et qui savent traiter cette connaissance en utilisant la puissance de calcul d'un ordinateur pour étudier les **corrélations** existant entre les éléments de cette Connaissance et en tirer des conclusions, des « **inférences** », qui viennent elles-mêmes compléter cette « Base de Connaissance », etc....

Dans de nombreux domaines en effet, la problématique de la Connaissance se pose en termes de corrélations et d'inférences entre les objets de ce domaine.

L'exploitation de cette Connaissance pourra même établir de nouvelles inférences qui viendront enrichir cette Connaissance en un processus d'**apprentissage**.

Le premier Système Expert créé a été **Dendral** en 1965 permettant d'identifier les constituants chimiques d'un matériau, puis en 1972 **Mycin** permettant de réaliser le diagnostic de maladies du sang et la prescription de médicaments (Voir Wikipedia : [Systèmes Experts](#)).

Dans le traitement de ce genre de problèmes de type non algorithmique, ou se situant en univers non déterministe, il s'agit d'utiliser l'ordinateur non plus comme « esclave intelligent » obéissant à une logique procédurale, mais comme un *générateur d'inférences* travaillant à partir de "**prédicats**", c'est-à-dire d'une *logique décrivant le problème*.

Une véritable création de Connaissance pourra alors être produite par la machine dans la limite des règles de connaissance et des faits qui lui auront été fournis.

Des Systèmes Experts existent dans différents domaines comme par exemple la Médecine où la machine est capable de créer un véritable diagnostic médical, la Géologie où le travail produit par l'ordinateur sera comparable à celui que pourrait produire un expert géologue, etc... etc...

Les Systèmes Experts peuvent également être très efficaces dans les machines nomades pour en simplifier l'utilisation, les rendre plus ergonomiques et donc accessibles au plus grand nombre, comme cela avait été préconisé par Philippe Pionchon en 1991 avec son "**hyper-ordinateur**" conformément au nouveau paradigme proposé :

"La Machine propose, l'Homme choisit"

remplaçant le paradigme utilisé jusque là :

"L'Homme commande, la Machine obéit".

C'est ce paradigme qui sera partiellement repris vingt années plus tard par les **iPad** et autres tablettes mais sans Systèmes Experts, donc sans intelligence, et en se limitant à la simple gestion externes des tâches.
(voir "**Hyper-ordinateur**").

3- Leibniz, le génial précurseur

Cette idée d'un langage original destiné à travailler sur la Pensée ou la Connaissance est-elle récente ?

C'est en fait au XVII^{ème} siècle que le célèbre mathématicien/philosophe **Leibniz**, l'inventeur du calcul différentiel et du calcul intégral, avait exprimé dès 1666 dans son ouvrage « *De arte combinatoria* » l'idée d'une **langue philosophique universelle** destinée à exprimer la pensée humaine pour lui permettre de résoudre, **par le calcul**, les controverses philosophiques : la pensée étant composée d'idées simples combinées entre elles, l'idée était d'exprimer dans un nouveau langage les éléments élémentaires de la pensée et leur combinatoire.

Une fois ce langage établi, la pensée, simple combinaison de concepts de base, devenait "calculable".

Ce système de "dissertation sur l'art combinatoire" qu'avait imaginé Leibniz à cette époque était en quelque sorte le précurseur de la machine de **Turing** et aujourd'hui c'est bien dans les « **Systèmes Experts** » que l'on retrouve cette brillante idée d'un langage travaillant sur l'expression de concepts et leurs corrélations.

Le génial Leibniz n'avait en somme que quelques siècles d'avance !

4- La logique symbolique

Un point de vue plus moderne consiste à voir dans les Systèmes Experts une sorte de "systèmes d'exploitation" de logique symbolique, branche récente de la logique mathématique.

Utilisant les très anciens travaux de **George Boole** (1847) puis de **Alan Turing** (1942), ils se sont largement développés dans les années 60 grâce aux ordinateurs qui sont parfaitement adaptés à cette forme de langage et de calcul.

Aujourd'hui les Systèmes Experts, excellents calculateurs en "logique de proposition" ou "logique symbolique", constituent un domaine important de l'Intelligence Artificielle car d'une part ils peuvent simuler parfaitement le comportement "intelligent" humain et d'autre part ils sont pratiques et très efficaces.

La logique de proposition est en effet d'un abord difficile pour les humains et facilement traitée par les ordinateurs.

Prenons ces exemples de **Lewis Carroll**.

Voici 3 propositions(ou "**sorites**" pour les initiés) :

- Les bébés sont illogiques
- Nul n'est méprisé quand il peut venir à bout d'un crocodile
- Les gens illogiques sont méprisés.

La conclusion est relativement simple :

"Les bébés ne peuvent venir à bout des crocodiles".

Mais prenez maintenant ces 10 propositions :

- Les seuls animaux de cette maison sont des chats
- Tout animal qui aime contempler la lune est apte à devenir un animal familier
- Quand je déteste un animal, je l'évite soigneusement
- Aucun animal n'est carnivore, à moins qu'il n'aille rôder la nuit
- Aucun chat ne manque jamais de tuer les souris
- Les kangourous ne sont pas aptes à devenir des animaux familiers
- Aucun animal non carnivore ne tue de souris
- Je déteste les animaux qui ne s'attachent pas à moi
- Les animaux qui vont rôder dehors la nuit aiment toujours contempler la lune

Pas facile, admettez-vous, de tirer la conclusion logique de ces 10 propositions...
Un ordinateur pour qui la logique symbolique ne pose aucun problème, vous répondra facilement :

"J'évite toujours soigneusement les kangourous".

5- Véhicules autonomes et "X Brain" : "Systèmes Experts hybrides"

Dans le domaine de "résolution de problème", il faut distinguer deux problématiques très différentes :

- les problèmes de « **Connaissance** »
- et les problèmes de « **Réflexion** ».

Si les S.E. sont adaptés pour traiter les problèmes de connaissance, ils sont à priori impuissants à traiter, à eux seuls, les problèmes de « réflexion » ou nécessitant une compréhension globale d'une situation.

La plupart du temps ils constituent cependant le rouage indispensable pour parvenir à une solution.

Le problème de **compréhension globale d'une situation** est extrêmement important en IA, le principal sans doute, puisqu'il conditionne l'**explicabilité** des résultats fournis.

C'est par exemple celui qui se pose actuellement dans le développement des **véhicules autonomes** ou plus généralement en **robotique**, lorsqu'il s'agit de doter l'androïde/véhicule d'une compréhension globale de la situation pour lui donner à la fois autonomie d'action et capacité à mener une conversation, en utilisant par exemple l'historique des conversations.

C'est le double objectif des développements actuels de l'"**X Brain**" dans ce domaine : analyse du contexte et analyse sémantique.

D'après Philippe Pionchon, et comme il l'a démontré pour le Bridge, la solution sera double : un S.E. de connaissance accouplé à un système d'IA numérique de reconnaissance de forme et de reconnaissance vocale, sera très efficace pour "comprendre son environnement" visuel et vocal, reproduisant ainsi, comme pour le Bridge, le nouveau concept de "**Système Expert hybride**".

(Voir Wikipedia : [Systèmes Experts](#))

Ces S.E. sont en effet parfaitement adaptés pour résoudre les problèmes posés aux véhicules autonomes à la fois pour leur permettre d'avoir la compréhension globale nécessaire de toute situation mais aussi pour leur permettre de gérer efficacement les dialogues complexes et obligatoires que chaque véhicule devra avoir avec son chauffeur, les autres véhicules autonomes et les organes de circulation, lorsque tout cela sera rendu possible.

Par ailleurs et de façon plus générale, le concept de "Systèmes Experts hybrides" sera sans doute d'après Philippe Pionchon la solution efficace pour résoudre le problème de l'**explicabilité** qui finira fatalement à se poser à l'IA numérique, qui travaille comme une "boîte noire".

L'explication des résultats d'une IA deviendra certainement une nécessité absolue dans la plupart des domaines, comme celui de la Santé par exemple où il est tout à fait primordial de convaincre pour être écouté.

« *Ce qui se conçoit bien, s'énonce clairement* » : comment alors « énoncer » si l'on ne «

conçoit » pas ?

L'apport d'un Système Expert explicatif sera indispensable à toute IA numérique.

Dans ce même ordre d'idée, pour résoudre le problème du jeu de la carte au Bridge, nous verrons plus loin l'efficacité d'un "**Système Expert hybride**" en accouplant un "moteur de simulation" à un S.E.

6- Systèmes Experts d'"ordre 1" et d'"ordre 2".

En plus de ce concept de Système Expert hybride, Philippe Pionchon a apporté une nouvelle notion dans le traitement de l'intelligence déductive, en suggérant une distinction importante dans les Systèmes Experts selon qu'ils s'appuient sur des règles de "connaissance" ou de "métaconnaissance" (voir plus loin : 19 - L'idée de base : la métaconnaissance).

Il distingue ainsi les **Systèmes Experts d'"ordre 1"** qui travaillent sur des bases de "Connaissance", des **Systèmes Experts d'"ordre 2"** qui le font sur des bases de "Métaconnaissance".

Comme nous le verrons plus loin, le Bridge est un excellent exemple pour montrer l'efficacité de la métaconnaissance.

*A cet égard, il est intéressant de souligner à quel point le Bridge, avec sa nécessité de compréhension globale et avec ses phases très différentes que sont les **enchères, l'entame, le jeu de la carte du déclarant et celui de la défense**, couvre bien l'ensemble des aspects du domaine « résolution de problème » et de compréhension globale. Il constitue ainsi un terrain privilégié en investigations théoriques d'actualité, dépassant largement le cadre d'un simple jeu de cartes.*

7- Enchères et entame : problèmes de Connaissance

Règlons rapidement le problème de l'entame très simple à résoudre puisqu'il s'agit d'une problématique algorithmique qui ne présente aucune difficulté, la décision se basant :

- soit sur les cartes de l'entameur ("Si je possède As-Roi-Dame dans une couleur alors...") etc.
- soit sur les enchères adverses ("Si les enchères ont été ... alors j'entame atout")
- soit sur les enchères du partenaire,

le tout réglé par un Système Expert très simple.

Le problème des enchères est plus délicat à traiter car il met en oeuvre une connaissance beaucoup plus vaste et plus complexe. Mais Dieu merci il s'agit purement d'un **problème de "connaissance"** et les "Systèmes Experts" sont parfaitement désignés pour traiter ce genre de problème.

De plus ces systèmes ont une **capacité pédagogique naturelle** et peuvent très facilement répondre aux questions :

« *Quelle enchère faire ?* » et « *Pourquoi cette enchère ?* ».

Ceci peut très facilement être expliqué en quelques mots.

Un Système Expert est composé d'une "base de connaissance", d'une "base de faits" et d'un **moteur d'inférences** destiné à rapprocher ces 2 bases pour en étudier les corrélations et en déduire une conclusion.

- La "**base de connaissance**" rassemble la connaissance de l'expert du domaine étudié, ici donc le système d'enchères utilisé.

Cette base de connaissance s'exprime sous forme de règles très simples du type : "Si A

et B alors C".

Par exemple : "Si j'ai un jeu régulier, 15-17 H et pas de majeure 5ème alors j'ouvre de 1SA".

Ces règles de connaissance peuvent s'écrire en vrac dans la base, sans ordre pré-établi, être rajoutées ou supprimées à loisir, ce qui est bien pratique.

Une sorte de logique dynamique en quelque sorte, très facilement modifiable à souhait.

- La "**base de faits**", quant à elle, rassemble tous les paramètres du problème.

Cette base de faits contient les données de départ puis s'enrichit au fur et à mesure que le moteur d'inférences crée de nouveaux faits.

Par exemple "A existe", "B existe" ou encore "J'ai 12 pts H", "J'ai 6 cartes à Pique", "La situation est forcing de manche", etc... etc...

Ainsi si on demande "Pourquoi C ?", le système expert répondra très simplement, au nom de la règle x :

"C existe parce que A et B existent", ou encore :

"J'ouvre de 1SA parce que j'ai 16 pts H, un jeu régulier et pas de majeure 5ème".

*Les systèmes experts sont des systèmes **naturellement pédagogiques** qui traitent très facilement l'**explication positive**.*

Le problème se complique lorsqu'il s'agit d'"explication négative" c'est-à-dire lorsqu'on lui demande "Pourquoi pas C ?".

8- Un problème d'expert

Dans les années 70 les recherches universitaires butaient irrémédiablement sur le problème de l'**explication négative**, une variante du "chaînage arrière".

L'idée appliquée à l'époque était la suivante :

"Si C n'existe pas c'est que dans la règle x soit A n'existe pas, soit B n'existe pas, soit aucun des 2 n'existe."

Si A et B ne sont pas instruits dans la base des faits, on regarde alors dans toutes les règles qui concluent à A d'une part, puis à B d'autre part, si l'une des prémisses, au moins, n'est pas vérifiée.

Par exemple s'il existe la règle "Si E et F alors A" et si l'on pose la question "non A ?" on regarde si l'on a soit "non E", soit "non F", soit les 2.etc...puis on fait de même pour toutes les règles qui concluent à E et F, etc... ainsi de suite. Idem pour B.

En pratiquant ce chaînage arrière systématique, on comprend immédiatement que l'on aboutit rapidement à une **explosion combinatoire** : cette méthode n'est pas la bonne méthode.

Une "force brute" qui ne fait pas intervenir l'expertise du domaine traité, est inefficace.

Insoluble pour un universitaire, ce problème était très simple pour un expert.

9- Système Expert inverse - Système Expert bimoteur

Au début des années 80, Philippe Pionchon a eu l'idée de doubler le moteur d'inférences du système expert d'un second moteur d'"**inférences inverses**" créant ainsi le nouveau concept très efficace de "**Système Expert inverse**" ou "**Système Expert bimoteur**".

Inédite, cette idée était assez évidente puisqu'elle correspondait très exactement à ce qui se passe à une table de bridge lors des enchères, chaque joueur ayant en effet à faire 2 choses :

- produire une enchère (moteur d'inférences) : "Si A et B alors C"

- décoder l'enchère du partenaire (moteur d'inférences inverses) : "Si C alors A et B".

Par exemple , si mon partenaire ouvre de 1SA, je déduis qu'il a un jeu régulier et 15-17 H sans majeure 5ème".

Le problème de l'explication négative se résoud alors très élégamment de la façon suivante :

- Supposons qu'on ait les règles d'inférences :

. "Si j'ai 5 cartes à Pique et si je dois faire une enchère non forcing alors je dis 3P".

. "Si j'ai 4 ou 5 cartes à Pique et si je dois faire une enchère forcing alors je dis 3K".

Le moteur d'inférences inverses donne :

. "3P = 5 cartes à Pique, enchère non forcing"

. "3K = 4 ou 5 cartes à Pique, enchère forcing".

- Supposons que dans la base de faits on a 5 cartes à Pique et on doit faire une enchère forcing : la bonne enchère est donc "3K".

- On décode cette enchère avec le moteur d'inférences inverses:

"3K = 4 ou 5 cartes à Pique, enchère forcing".

- Si maintenant on pose la question "Pourquoi pas 3P ?", on décode 3P :

"3P = 5 cartes à Pique, enchère non forcing".

La **comparaison des 2 inférences inverses** donne immédiatement :

"3P ne serait pas forcing".

(Au besoin on affecte à chaque prémisse un coefficient de "préséance", si plusieurs règles concluent à 3K).

*Grâce à l'apport d'un "**Système Expert inverse**", constituant in fine un "**Système Expert bimoteur**", l'explication négative est résolue très simplement par la **comparaison des inférences inverses**.*

La simulation au plus près du comportement **logique** humain, permet d'obtenir des performances intéressantes que ne saurait apporter un traitement statistique ou par "force brute" ... car (moins sérieusement) :

« Le moteur d'inférences inverses n'est pas un moteur à explosion ! »

Au Bridge le traitement efficace de l'explication négative est primordial comme c'est d'ailleurs souvent le cas en matière d'**enseignement** quel qu'il soit.

L'explication négative doit toujours précéder l'explication positive.

Il est en effet difficile de se faire entendre d'un élève qui a envie de dire 3P lorsque vous voulez lui expliquer que la bonne enchère est 3K.

Il faut d'abord lui expliquer que 3P n'est pas correct pour qu'il soit disposé à vous écouter : *"3P n'est pas forcing, très bien, mais alors quelle enchère faire ?".*

Ce précepte s'applique à tout domaine d'enseignement.

10- Les "expertons", variables stratégiques

Il est donc remarquable de constater la parfaite adéquation des Systèmes Experts au traitement des enchères de Bridge.

Regardons par exemple cette règle d'ouverture :

"Si j'ai un jeu régulier, 15-17 H et pas de majeure 5ème alors j'ouvre de 1SA" , règle dans laquelle on remarque la présence de la variable "points H".

En inventant cette variable, **Milton Work** ne se doutait pas qu'il créait ce que plus tard

Philippe Pionchon a appelé un "experton".

C'est autour de ces **expertons**, véritables "variables magiques", que l'expert structure son expertise, et plus d'expertons pertinents sont décelés par l'expert, plus le système expert sera concis, efficace et facilement maintenable.

Il a ainsi été créé bon nombre d'expertons du genre "Jouable à SA", "Fit majeur", "Faire une enchère forcing", "Manche certaine, chelem possible", "Situation forcing", "Manche et pas plus", etc...

Ces expertons sont des **variables stratégiques** autour desquelles le Système Expert de Will-Bridge a été construit et qui lui donne son efficacité.

Il est intéressant de noter, une fois de plus, que cela correspond tout à fait au comportement du joueur humain qui, sans le savoir, utilise mentalement et inconsciemment ces variables que l'on pourrait appeler "**variables mentales**".

*Construire un Système Expert revient à **repérer les expertons** du domaine d'expertise traité, et la recherche de ces expertons permet d'**enrichir la connaissance** et la **pédagogie** de cette expertise.*

11- L'efficacité des "expertons"

C'est en utilisant ces expertons que le Système Expert pourra par exemple **prendre des initiatives**, "d'inventer" des enchères telles que la "4ème couleur" : en décodant toutes les enchères qu'il pourrait faire dans sa situation, il constate qu'aucune n'est possible pour des questions par exemple de "forcing/non forcing", couleur non gardée, force de la main ou nombre de cartes dans une couleur, qu'il lui manque par conséquent des informations pour faire l'enchère adéquate (l'experton "Jouable à SA" n'étant par exemple pas satisfait) : il pourra prendre tout simplement de lui-même l'initiative "**d'inventer**" la "**4ème couleur**".

Tout comme le ferait un joueur humain.

12- Un outil puissant de développement

Les Systèmes experts se sont donc révélés d'une extraordinaire pertinence pour le traitement des enchères, fournissant de surcroît explications positives et négatives.

Une nouvelle séquence ou un nouveau "gadget" est-il préconisé ?

En quelques minutes on rajoute une ou deux règles dans la base de connaissance et en quelques secondes des tests d'efficacité peuvent être faits sur des milliers de données !

*

Le problème des enchères et de l'entame étant réglé, restait à faire de même pour le problème du "jeu de la carte", beaucoup plus complexe et surtout réputé insoluble en 1984...

13- Problèmes de réflexion : les jeux de stratégie

Historiquement dans le traitement informatique des jeux de stratégie, les premières réalisations de l'Intelligence Artificielle (dans les années 1970) se sont portées sur les **Echecs**, qui ont pourtant la réputation d'être un jeu beaucoup plus difficile que le Bridge.

Alors que rien n'avait été fait pour le Bridge, aux Echecs de nombreuses petites machines individuelles existaient avec un important succès commercial et la question qui intriguait les journalistes de l'époque était alors :

"Pourquoi existe-t-il des machines performantes aux Echecs, jeu très compliqué, et pas au Bridge qui est plus simple ?"

La réponse est : « Justement... » et constitue le « **paradoxe de la difficulté** ».

14- Le paradoxe de la difficulté

Il y a plusieurs différences importantes entre la problématique du jeu d'Echecs et celle du jeu de la carte au Bridge.

La principale vient du fait qu'au Bridge il existe des **éléments cachés** alors qu'aux Echecs tout est « sur la table ».

Pour jouer aux Echecs une machine n'a pas besoin d'être « intelligente », il lui suffit de savoir calculer et d'utiliser sa "force brute".

Pour cela, un ordinateur est imbattable.

Du point de vue combinatoire, le jeu d'Echecs est infiniment plus vaste que celui du bridge.

Il l'est même tellement que l'on peut dire que **jamais les hommes ne pourront maîtriser ce jeu.**

En d'autres termes, l'analyse complète et exhaustive d'une situation aux Echecs ne peut être faite par aucun expert au monde et il serait plus juste de dire qu'aux Echecs **l'ordinateur joue mal mais personne ne s'en rend compte.**

C'est d'ailleurs leur mauvaise qualité de jeu qui a fait leur succès commercial : si ces machines avaient joué à un haut niveau, elles auraient été invendables parce qu'inutilisables.

De la même façon qu'un robot de tennis de très bon niveau serait inutilisable pour le commun des mortels, incapable de lui renvoyer la balle.

Aux Echecs, la machine ayant décidé tel mouvement en cours de partie, personne n'est capable de dire s'il existe un autre mouvement supérieur à tous les autres.

Si l'on excepte les problèmes de fin de partie du type "Mat en x coups" par exemple, on peut dire qu'**une partie d'Echecs n'a pas de solution** et par conséquent le jeu produit par une machine est difficilement critiquable.

On pourra seulement constater *In fine* que la machine a mieux joué, ou moins bien, que son adversaire, sans plus.

Cette impossibilité d'appréhension globale est si vraie que, dans une partie d'Echecs, un joueur choisira tel mouvement simplement parce qu'il est

« *réputé bon* » ou parce qu'il « *permet un développement agréable* » :

les développements ultérieurs sont trop nombreux pour qu'il puisse en faire l'analyse complète.

Dès lors, et cela devient paradoxal, il est beaucoup plus facile de faire une machine qui joue aux Echecs puisque cela revient à lui soumettre un problème dont personne ne connaît la solution !

15- Le Bridge est plus simple... donc plus compliqué !

Pour bien jouer le jeu de la carte du Bridge, il faut « réfléchir »...
Etre capable de faire une analyse globale du problème posé.
A l'époque, le problème était réputé insoluble.

De plus pour le traiter, il faut tenir compte des probabilités, ce qui est relativement facile pour une machine, mais surtout travailler en **logique modale**, comme disent les mathématiciens, c'est-à-dire faire appel aux théories des possibilités, de crainte, de nécessité... etc

Autant de domaines qui sont loin d'être maîtrisés en Intelligence Artificielle.

Mais il y a plus grave...

16- Au Bridge, il y a « obligation de résultat »

Au Bridge la plupart des donnes peut être **facilement analysée** après coup, à cartes ouvertes, par des joueurs de niveau même faible.

Le jeu que produit une machine se trouve dès lors facilement critiquable.

Si à un moment donné une carte et une seule carte doit être jouée, tout joueur le verra : la machine doit donc absolument la trouver.

Elle a « **obligation de résultat** ».

En conclusion, et là est le paradoxe, aux Echecs, puisque le jeu est très compliqué, quand la machine joue mal personne ne le voit alors qu'au Bridge parce que ce jeu est plus simple, tout le monde peut facilement s'en rendre compte.

Une machine a une « obligation de résultat » au Bridge qu'elle n'a pas besoin d'avoir aux Echecs.

Comment traiter cette obligation de résultat ?

17- Le jeu de la carte - Stratégies typées et stratégies floues

Qu'il s'agisse du jeu du déclarant ou du jeu en défense, la problématique du jeu de la carte est très différente de celle des enchères, ce qui confère au Bridge un intérêt tout à fait exceptionnel pour les investigations en recherches théoriques d'IA.

Pour le traitement du jeu de la carte, il ne s'agit pas d'un problème de connaissance comme pour les enchères, mais d'un problème de d'analyse, de réflexion et comme cela est expliqué plus loin, de "**métaconnaissance**".

Dans le traitement du jeu de la carte du déclarant, il existe plusieurs cas de figure :

- parfois le problème consiste à déterminer **contre quelle configuration adverse il faut jouer** (évitement, crainte, jeux de sécurité, etc...)

- parfois le problème consiste à déterminer **quelle stratégie mettre en oeuvre** (double-coupe, mort inversé, problèmes de communications, etc...)

- les autres cas correspondant à des "**stratégies floues**" pour lesquels la stratégie ne se dessine que progressivement au cours du jeu.

Et pour compliquer encore les choses, le jeu à Sans-Atout est très différent du jeu à la couleur.

- **A Sans-Atout**, le jeu est souvent plus simple car l'absence d'atout fait que tout se passe dans le même « espace mathématique », comme disent les scientifiques : managements de couleur, problèmes de communications, jeux de sécurité, évitements d'adversaire dangereux, etc...

Les donnes sont moins volontiers typées et le problème est souvent « **tactique** » dans la **manipulation des cartes** d'une couleur.

Grâce à une **analyse dynamique** de chacune des couleurs effectuée tour à tour par un "**moteur de simulation**" reproduisant en somme le processus mental humain, la machine est capable de détecter les caractéristiques de ces couleurs : disymétriques, orientées, sujettes à blocages, etc... et trouver d'elle-même le comportement adéquat en fonction des objectifs et des paramètres fournis.

- **A la couleur**, il s'agit davantage de combinaison de plans : l'approche est plus globale, plus « **stratégique** ».

L'analyse dynamique précédente est alors complétée par une **analyse statique** de la structure des mains connues qui, mise à disposition d'un Système Expert, détectera la structure de la donne (voir "**5- Systèmes Experts hybrides**").

Les donnes peuvent être soit typées, soit non typées.

- Pour les donnes « **typées** » le plan de jeu est trivial (double coupe, mort inversé, élimination-placement de main, cumul de chances, etc...) et déterminé par le S.E..

- Pour les donnes non typées on a affaire à des "**stratégies floues**" pour lesquelles le système proposera plusieurs plans de jeu que la machine explorera, reproduisant ainsi fidèlement là encore le processus mental humain.

18- L'efficacité d'un "Système Expert hybride"

*Dans le cas le plus délicat de donnes non typées, la problématique du jeu de la carte du déclarant revient souvent à déterminer **contre quelle configuration de cartes adverses il faut jouer**.*

*C'est une **analyse dynamique**, réalisée par un "moteur de **simulation**", aidée d'une **analyse statique** réalisée par un Système Expert de "**métaconnaissance**" (voir plus loin) déterminant une suscipion de gisement de cartes en fonction du contexte détecté (possibilité, nécessité, sécurité, crainte, urgence, probabilité, etc...), qui proposera les plans de jeu à envisager, à simuler puis à sélectionner.*

Voilà comment a été créé le concept de "**Système Expert hybride**", ici :

S.E. hybride = Moteur de **simulation + S.E. de **métaconnaissance****

(S'agissant de véhicules autonomes ou d'androïdes, un S.E. hybride serait composé d'un système d'IA numérique avec capteurs, et d'un S.E. de métaconnaissance).

La problématique du jeu de la carte du déclarant est bien un problème d'expertise et ce serait bien méconnaître le bridge que de réduire le calcul de la configuration recherchée à un quelconque traitement statistique.

S'agissant du jeu en défense, la problématique est assez différente puisque le joueur ne connaît pas le jeu de son partenaire.

La réflexion du joueur s'organise alors autour de nouveaux paramètres exploités d'abord par le S.E. puis par le moteur de simulation, simplifié par les conclusions du S.E. :

- mon partenaire est-il assez fort pour jouer un rôle, puis-je compter sur une initiative de sa part ?

ou :

- dois-je prendre seul les initiatives déterminées par le moteur de simulation ?

cas par exemple du "coup de Merrimac".

ou :

- le S.E. a-t-il pu déterminer la stratégie de jeu du déclarant ?

la défense étant alors définie, cas par exemple d'une double coupe

etc.

Soulignons ici, encore une fois, l'**intérêt pédagogique** des S.E. qui peuvent donner très facilement l'explication de la stratégie adoptée :

- quelle analyse faut-il faire de la situation ?

- quels sont les écueils à éviter ?

- pourquoi faut-il jouer telle carte ?

- pourquoi tel plan a-t-il été choisi ?

- pourquoi pas tel autre plan ?

etc...etc.

19- L'idée de base : la métaconnaissance

La **métaconnaissance** est la « connaissance de la connaissance », c'est-à-dire la connaissance que l'on possède sur la connaissance.

Si par exemple on vous demande si Monsieur Smith a été président des Etats-Unis, il s'agit d'un problème de connaissance.

Si vous possédez la connaissance, c'est-à-dire si vous possédez la liste des présidents, vous pouvez répondre par oui ou par non.

Si maintenant on vous pose la question « Est-ce que Madame Smith a été président des Etats-Unis ? », vous allez immédiatement répondre « non » alors que vous ne possédez pas cette liste, parce que vous savez qu'aucune femme n'a été président des Etats-Unis.

La **métaconnaissance** suffit, vous n'avez **pas besoin de la connaissance** pour résoudre votre problème.

C'est là typiquement une partie importante de la problématique du jeu de la carte au Bridge et, travaillant chez IBM sur la théorie des machines intelligentes, Philippe Pionchon s'est intéressé à ce jeu un peu par hasard parce qu'il présentait l'avantage d'être pertinent, aisément critiquable et facilement modélisable.

Rien ne valait en effet le jeu de la carte du Bridge, **réputé insoluble à l'époque**, pour mettre sa théorie à l'épreuve et démontrer l'efficacité des "**Systemes Experts d'ordre 2**" associés à des "**Systemes Experts hybrides**".

*Notons que ce concept original d'hybridation serait aujourd'hui efficacement utilisable dans divers domaines comme par exemple celui des **véhicules autonomes** ou de la **robotique**.*

*« Le Bridge est, à ma connaissance,
le jeu au monde le plus scientifique qui soit :
il utilise tous les champs de la logique modale
et les bridgeurs passent leur temps, sans le savoir,
à raisonner en **métaconnaissance**. »*

déclarait-il avant de développer son idée de base : bâtir une théorie des machines intelligentes sur un **Système Expert de métaconnaissance**.

*Des "**inférences établies sur la métaconnaissance**" :
n'est-ce pas là
la définition même de l'intelligence déductive ?*

20- Le calcul de Thalès et la métaconnaissance

A l'époque, Thalès avait épaté les égyptiens en leur révélant la hauteur de la Grande Pyramide par la simple mesure de son ombre portée sur le sable.
Pas besoin de l'escalader jusqu'à son sommet, ni de mobiliser d'importants moyens de mesures, un simple calcul de similitude lui a donné la solution.

De la vraie magie !

De la même façon, la métaconnaissance permet de résoudre des problèmes de connaissance sans la posséder.

Tout aussi magique !

Au Bridge par exemple, prenons cette situation où le déclarant se dit :

« Je ne sais pas qui a le Roi de Trèfle, mais je vois que si ce Roi de Trèfle est à droite, je ne peux pas gagner.

Puisque mon objectif est de gagner, il est donc à gauche, « par nécessité » disent les bridgeurs.

Je joue donc comme s'il était à gauche de façon certaine.

S'il y est, j'ai gagné.

S'il n'y est pas, j'ai perdu mais de toutes façons je ne pouvais pas gagner : je n'ai donc rien perdu. »

*« **La métaconnaissance est aux cognitiens
ce que le calcul est aux physiciens.** »*

21- Alekhine et la métaconnaissance

A propos de métaconnaissance, difficile de ne pas évoquer cette anecdote vécue par le russe Alexander Alekhine (1892-1946), autrefois 3 fois champion du monde d'Echecs. En Russie à l'époque, les voyages en train étaient très longs et laissaient largement aux voyageurs le temps de faire connaissance.

Alekhine se trouva ainsi dans un compartiment avec un voyageur qui lui déclara :

"- Cher Monsieur, si vous savez jouer aux Echecs, je peux vous proposer une partie...

- Volontiers, lui répondit Alekhine. Je vous rends un cavalier et jouons...

- Mais comment ? déclara, surpris, l'inconnu. Vous ne me connaissez pas et vous voulez me rendre un cavalier !

- Justement, répondit Alekhine, si je ne pouvais pas vous rendre un cavalier, je vous connaîtrais !"

22- L'efficacité de la métaconnaissance

Pour en revenir au Bridge, remarquons que la métaconnaissance est tout aussi efficace dans le traitement des "**non événements**" que dans celui des "événements", qui sont très souvent tout aussi instructifs que les événements.

Prenons cet exemple :

Nord
P R103
C R98
K V103
T 10975

Sud
P AV984
C V4
K D92
T AV4

Les enchères :

Nord, donneur, "Passe" ainsi qu'Est.

Sud ouvre de 1P, Nord le soutient à 2P et tout le monde "Passe".

Ouest entame du 5C, carte somme toute assez muette.

On fournit le 8C du mort et la DC apparaît en Est.

Stop !

Maintenant tout est clair pour notre S.E. qui est très savant : il a immédiatement déduit que **c'est Ouest qui possède la DP !**

En effet il sait que, dans un contrat à la couleur, on n'entame pas sous un As :

Est a donc AC et DC, soit 6 H.

Par ailleurs il constate l'absence dans son jeu ainsi que dans celui de Nord, à la fois du RK et de l'AK : grâce aux déductions de son S.E. inverse il sait que si Ouest avait possédé ces 2 cartes, il aurait entamé de l'une d'elles.

Donc Est a soit le RK, soit l'AK, soit les deux : un minimum donc de 3 points d'honneur.

Même chose à Trèfle où il manque le RT et la DT : la "non entame" d'un honneur T montre qu'Est y possède au minimum 2 points d'honneur.

L'analyse de notre S.E. peut ainsi être résumée :

- Est qui a "Passé" d'entrée a moins de 11 H.

- les cartes jouées par Ouest ont montré chez Est 6 H à C et au moins 3 H à K et 2 à T, soit un total de 11 H.

Est ne peut donc avoir la DP sinon il n'aurait pas "Passé".

La "non entame" d'un honneur à K et d'un honneur à T, dévoile les cartes cachées.

23- M. Jourdain joue au bridge...

Possibilité, nécessité, crainte, reconstitution des mains cachées, etc...etc... :

voilà de quoi est fait le quotidien des bridgeurs qui raisonnent sans le savoir en **métaconnaissance** :

- « *Je ne sais pas qui a le Roi de Trèfle, mais je sais qu'Est a Passé d'entrée et a déjà montré 11 points d'honneur : il n'a donc pas le Roi de Trèfle.* »

- « *J'analyse que seule une distribution 4-0 des atouts adverses met mon contrat en*

danger. Je considère donc qu'ils sont 4-0 et je cherche une stratégie qui soit également gagnante lorsqu'ils sont 2-2 ou 3-1. »

Bien sûr le traitement de la **métaconnaissance** s'il permet dans de nombreux cas de traiter intelligemment le problème des éléments cachés, n'est pas toujours suffisant mais il peut être **complété** ensuite par un moteur de simulation qui permettra à la machine de trouver elle-même la solution dans des domaines comme par exemple le maniement de couleurs ou le traitement des **jeux de sécurité**.

- "Je n'ai pas le Roi de Trèfle.

Existe-t-il un maniement de couleur qui gagne que ce Roi de Trèfle soit indifféremment à droite ou à gauche ?"

La machine le place donc à la fois à droite et à gauche, avec l'instruction bien sûr de ne l'utiliser qu'une seule fois, et, si la solution existe, elle trouvera elle-même le maniement de couleur adéquat...

Tout comme, encore une fois, le ferait un joueur humain.

Voilà comment avait été résolu le problème des enchères, de l'entame et du jeu de la carte au bridge, il y a maintenant plus de 30 ans.

Tout étant pour le mieux dans le meilleur des mondes, quelle suite a été donnée à toutes ces avancées technologiques ?

24- Prématuré !

Il y a 30 ans, l'Intelligence Artificielle n'était pas à la mode, contrairement à ce qui se passe aujourd'hui.

Bien pire, il s'agissait même à l'époque d'un véritable tabou, d'une lubie de scientifiques. La difficulté de se faire entendre est bien résumée par cette anecdote arrivée à Philippe Pionchon à la fin des années 80.

Les journalistes scientifiques de l'époque s'intéressaient beaucoup aux petites machines commercialisées pour jouer aux Echecs.

L'un d'eux, spécialiste bien connu, lui demanda un jour :

- "Aux Echecs lorsqu'on joue mal contre une machine, elle est "déstabilisée" et se met elle aussi à mal jouer..."

Qu'en est-il de votre machine de bridge ?"

Philippe Pionchon lui expliqua d'abord qu'aux Echecs le problème était très différent.

Dans une partie d'Echecs, tous les experts sont d'accord pour dire qu'il y a 3 phases : l'ouverture ou le début de partie (où l'on "récite" les coups connus), le milieu de partie (très délicat) et la fin de partie où le peu de pièces restantes facilite le calcul arborescent.

La difficulté consiste à définir quand passe-t-on d'une phase à l'autre, fameux "problème aux limites" que connaissent bien les physiciens.

Pour chacune de ces 3 phases, le logiciel applique des stratégies différentes et une règle communément admise dit qu'on passe en deuxième phase dès qu'on a "roqué" : ainsi par exemple en début de partie, il suffit de roquer prématurément pour que la machine se croit en milieu de partie et avance imprudemment son Roi au centre de l'échiquier ! Elle n'est pas "déstabilisée".

- "Que se passe-t-il avec ma machine de bridge ? Ecoutez, je n'en sais rien mais faisons un essai..."

Le journaliste composa donc un problème inédit et donna uniquement bien sûr à la machine, jouant le rôle du déclarant, le jeu de Sud et celui de Nord.
Il entama et quelques plis plus tard, manipulant les cartes d'Est et d'Ouest, inconnues de la machine, il fit exprès de donner une levée au déclarant.

La machine encaissa le pli et déclara... *"Merci beaucoup !"*

Tout le monde semblait ravi de cette démonstration et Philippe Pionchon s'attendait à quelques publications flatteuses dans la presse spécialisée...
Rien ne se passa.

Deux années plus tard le hasard fit que Philippe Pionchon rencontra à nouveau ce journaliste et lui demanda :

- *"Vous rappelez-vous notre essai il y a 2 ans ?
Qu'en aviez-vous pensé ?"*

Le journaliste lui répondit alors très intéressé :

- *"En effet je m'en souviens très bien mais, dites-moi, cela s'est passé il y a 2 ans, vous pouvez bien me le dire maintenant :
comment avez-vous fait pour tricher ?"*

Il n'est jamais bon d'être trop en avance sur son temps :
il était bien nécessaire de devoir attendre encore 30 ans...

« - **Insoluble, insoluble...** »

« - **Vous avez dit insoluble, mon cher cousin ?
Comme c'est étrange...** »

