

BULLETIN N° 154
ACADÉMIE EUROPEENNE
INTERDISCIPLINAIRE
DES SCIENCES



Séance du mardi 12 avril 2011:
Réflexion sur l'avancement de la préparation du Colloque
« Axiomatisation et Modélisation en Sciences humaines et sociales »
Présentation par notre Collègue Claude ELBAZ de :
« Le Programme d'Einstein »

Prochaine séance mardi 10 mai 2011 de 18h à 20h
MSH/EHESS 190 avenue de France 75013Paris
LF salle 3

Présentation par notre Collègue Michel GONDRAN de :
« Modélisation et Simulation dans les Sciences humaines :
le cas de l'Éthique de Spinoza »

Finalisation du Programme du prochain Colloque en présence du Pr Denise PUMAIN

ACADEMIE EUROPEENNE INTERDISCIPLINAIRE DES SCIENCES

FONDATION DE LA MAISON DES SCIENCES DE L'HOMME

PRESIDENT : Pr Victor MASTRANGELO
PRESIDENT Sortant: Michel GONDRAN
SECRETAIRE GENERAL : Irène HERPE-LITWIN
TRESORIER GENERAL : Bruno BLONDEL
MEMBRES DU CA Patrice CROSSA-RAYNAUD, Claude ELBAZ

PRESIDENT FONDATEUR : Dr. Lucien LEVY (†)
PRESIDENT D'HONNEUR : Gilbert BELAUBRE
SECRETAIRE GENERAL D'HONNEUR : Pr. P. LIACOPOULOS (†)

CONSEILLERS SCIENTIFIQUES :
SCIENCES DE LA MATIERE : Pr. Gilles COHEN-TANNOUDJI
SCIENCES DE LA VIE ET BIOTECHNIQUES : Pr François BEGON

SECTION DE NICE :
PRESIDENT : Doyen René DARS

SECTION DE NANCY :
PRESIDENT : Pr Pierre NABET

Avril 2011

N°154

TABLE DES MATIERES

- P. 04 Compte-rendu de la séance du mardi 12 avril 2011
- P. 07 Compte-rendu de la section Nice-Côte d'Azur du 17 mars 2011
- P.10 Annonces
- P.12 Documents

Prochaine séance: mardi 10 mai 2011 de 18h à 20h
Présentation par notre Collègue Michel GONDRAN de :
« Modélisation et Simulation dans les Sciences humaines :
le cas de l'Ethique de Spinoza »
Finalisation de la préparation du prochain Colloque
en présence du Pr Denise PUMAIN

**ACADEMIE EUROPEENNE INTERDISCIPLINAIRE DES
SCIENCES**

Maison des Sciences de l'Homme, Paris.

**Séance du
Mardi 12 avril 2011**

**EHESS-MSH 190 avenue de France 75013 Paris
Salle du Conseil B à 18 h.**

La séance est ouverte à 18 h. 00 sous la Présidence de Victor MASTRANGELO et en la présence de nos collègues Gilbert BELAUBRE, Alain CARDON, Gilles COHEN-TANNOUDI, Claude ELBAZ , Michel GONDRAN, Irène HERPE-LITWIN, Gérard LEVY, Pierre MARCHAIS

Etaient excusés François BEGON, Bruno BLONDEL, Brigitte DEBUIRE, Françoise DUTHEIL, Jean -Pierre FRANCOISE, Walter GONZALEZ , Marie-Louise LABAT, Saadi LAHLOU, Valérie LEFEVRE-SEGUIN, Jacques LEVY, Emmanuel NUNEZ, Pierre PESQUIES,,Alain STAHL.

L'ordre du jour de notre séance appelle :

I) Examen de la candidature de Michel SCHOLL.

Michel SCHOLL, professeur émérite au CNAM depuis le 1^{er} mars 2010, était jusqu'à cette date Professeur de Classe exceptionnelle au CNAM.

Ingénieur de l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications (ENST) , il est également titulaire d'un PhD à l'UCLA (Université de Californie Los Angeles) et d'un Doctorat d'Etat à l'INPG. Il a travaillé pendant 25 ans à l'INRIA à Rocquencourt comme chercheur, puis comme responsable scientifique et et comme conseiller scientifique du projet Verso avant d'être nommé Professeur des universités au CNAM en 1989, poste qu'il a occupé jusqu'en février 2010.

Au CNAM, il a dirigé l'équipe SIBD spécialisée dans les Systèmes d'Informations et de Bases de Données. Il s'est également intéressé aux Systèmes d'Information en général et plus particulièrement géographiques, et aux systèmes multimédia, aux flux d'informations RSS et aux Réseaux Sociaux et à leurs perspectives en termes de gestion de bases de données.

Il a été responsable d'une dizaine de projets de recherche européens et nationaux Il est l'auteur de 2 livres ainsi que de 90 articles scientifiques. Il a été membre du Comité de Programme de nombreux colloques scientifiques internationaux dans le domaine des Bases de Données.

Michel SCHOLL est tenté par le caractère interdisciplinaire de l'AEIS dans laquelle il aimerait jouer un rôle actif.

Soumise au vote des membres présents de l'AEIS Paris, la candidature de Michel SCOLL est acceptée à l'unanimité des Collègues présents.

Michel SCHOLL sera accueilli parmi nous à la prochaine séance du 10 mai 2011.

II) Réflexion sur l'état d'avancement de notre prochain colloque « Axiomatisation et modélisation en Sciences humaines et sociales »

A) Depuis le mois de février 2010 nous avons accueilli :

février 2010	Daniel COURGEAU, Directeur de Recherche émérite à l'INED qui a exploré avec nous le projet de congrès ; il interviendra dans le colloque
Mars 2010	Marc BARBUT Directeur d'Etude à l'EHESS, membre du CAMS (Centre d'Analyse et de Mathématiques Sociales) qui a exploré avec nous le projet ; un de ses élèves fera une présentation.
Avril 2010	Robert FRANCK , spécialiste de Philosophie des Sciences- Professeur émérite à l'Université Catholique de Louvain- qui dirige avec Daniel COURGEAU, la Methodos Series chez SPRINGER et qui a exploré avec nous le projet ; il interviendra dans le Colloque.
Septembre 2010	Valentine ROUX , Directeur de Recherches au CNRS qui nous a présenté : « le projet Arkeotek: savoir constitué et cumul des connaissances en sciences humaines »
Octobre 2010	Franck VARENNE Mtre de Conférences en Philosophie à l'Université de Rouen spécialitise de la Philosophie de la Connaissance, du Langage, et membre du GEMASS (Groupe d'Etude des Méthodes de l'Analyse Sociologique de la Sorbonne fondé par Raymond BOUDON) qui nous a présenté : « La question des validations de modèles en sciences sociales. Le cas de l'iconicité croissante des simulations computationnelles. »
Décembre 2010	Daniel KAYSER, Professeur à l'Université Paris XIII, spécialiste du traitement automatique du Langage naturel qui nous a présenté : " <i>Quelques réflexions sur le traitement automatique du langage naturel</i> "
Janvier 2011	Christophe SIBERTIN-BLANC, Professeur à l'Université Toulouse I, qui nous a présenté « des résultats des simulations à des connaissances en sciences sociales ».
Février 2011	Jean-Pierre DESCLES, Directeur du département de Mathématique et d'Informatique de l'Université Paris Sorbonne, qui nous a présenté : « Mathématiques et Sciences humaines :Problèmes et Incertitudes »

B) Les premiers intervenants nous ont donné une liste de conférenciers potentiels selon les disciplines :

Selon les disciplines ont été suggérés , de manière non exhaustive, les intervenants suivants :

Archéologie	Valentine ROUX Directeur de Recherches CNRS Univ Paris 10 Jean-Claude GARDIN spécialiste logiciste de l'archéologie
Démographie	Daniel COURGEAU chef de département à l'INED codirecteur de la Methodos seies chez Springer Hervé LE BRAS Dr du laboratoire de démographie historique
Economie	Pr Roger GUESNERIE enseignant à l'X, à la LES et Harvard Bernard WALLISER Professeur à l'ENPC
Epistémologie	Robert FRANCK Professeur émérite de philosophie à l'université Catholique de Louvain José ARRIBAS, Georges ISRAEL Jean PETITOT Professeur au CREA
Géographie	Pr Denise PUMAIN Université Paris I Arnaud BANOS Chercheur au CNRS
Histoire	Pr Jacques REVEL du CRH (Centre de Recherche en Histoire) à l'EHESS avec la réserve que l'Histoire est peu quantifiable
Linguistique	Daniel KAYSER
Sociologie	Eric BRIANT (Elève de BOURDIEU systèmes « TOP-DOWN ») Raymond BOUDON (systèmes « BOTTOM-UP ») Jean-Pierre NADAL membre du CAMS spécialiste de physique statistique passé à la sociologie
Théorie de la décision	Bernard MONTJARDET spécialiste de la Théorie des jeux Bernard St SERVIN spécialiste des mathématiques de la décision

Notre Collègue Gilbert BELAUBRE propose que nous invitions également Bernard de RICQLES qui serait entre autres capable de discuter de la théorie de l'administration de la preuve si nécessaire en matière de modélisation. Notre Collègue Gérard LEVY s'interroge sur ce même problème en matière juridique ...

Devant l'abondance des conférenciers potentiels, se pose le problème suivant : prendra-t-on un conférencier par thème ou autorisera-t-on plusieurs conférenciers pour un thème donné ? Quel ordre sera donné aux diverses thématiques ? Comment les regrouper ?

Pour mémoire le Colloque aura lieu les 28 et 29 novembre 2011.

III) Le Programme d'Einstein par notre Collègue Claude ELBAZ

Notre Collègue nous a résumé son intervention comme suit :

Pour aborder le programme d'Einstein, il faut se référer :

-à ses différentes explications, dans lesquelles il privilégie la représentation physique vis à vis de la description mathématique ; « La plupart des idées fondamentales de la science sont essentiellement simples et peuvent en général être exprimées dans le langage que tout le monde comprend. Aussi longtemps que nous nous occupons seulement d'idées physiques fondamentales, nous pouvons nous passer du langage

mathématique.... Pour tirer des conclusions quantitatives, nous devons faire usage du langage mathématique.... (car) Les mathématiques comme instrument de raisonnement sont nécessaires si nous voulons tirer des conclusions qui peuvent être comparées avec l'expérience ».

-aux mots-clés d'*heuristique* et de *conjecture* qu'il avait employés dans ses deux articles de 1905, fondateurs respectivement de la théorie quantique, et de la relativité, et à celui de *structure*, qu'il avait alors utilisé, et ensuite explicitement cité pour la relativité générale.

Heuristique : « *Sur un point de vue heuristique concernant la production et la transformation de la lumière* ». La lumière se comporte *comme si* elle était constituée de particules.

Conjecture : “Les lois de l'électrodynamique et de l'optique seraient également valables pour tous les systèmes de référence dans lesquels les équations de la mécanique sont valables. Nous érigerons cette *conjecture* en postulat ... »

En mathématique, une conjecture admet comme vraie une relation que l'on peut vérifier dans ses applications, mais que l'on ne sait pas démontrer dans le cas général.

Structure : « Les équations de la gravitation ont la forme de lois de *structure*, qui est exigée pour toutes les lois physiques depuis les grandes conquêtes de la théorie du champ.

Le programme envisage la « création d'un arrière-plan philosophique nouveau ».

L'une des conséquences immédiates de cet arrière-plan philosophique nouveau privilégiant le champ, est de nous rendre plus accessibles, et plus compréhensibles, les phénomènes relativistes, d'une part, et les phénomènes quantiques, d'autre part.

Depuis les années 1960, en remplaçant les précédents étalons matériels de longueur et de temps par des étalons électromagnétiques, pour servir de mesures plus précises, les physiciens ont imposé, de manière internationale et légale, le fait que, pour appréhender les propriétés de la matière, il fallait se baser sur celles du champ, continu et ondulatoire.

La difficulté de comprendre les phénomènes relativistes, vient de ce que notre modèle de représentation de l'univers est essentiellement matériel. Désormais, l'horloge servant à mesurer le temps, et la règle pour mesurer la distance, en relativité doivent être de nature lumineuse: la vitesse de la lumière y intervient dès le départ, dans leur constitution même. Leur caractère ondulatoire justifie alors que, par effet Doppler, la fréquence et la longueur d'onde varient avec la vitesse relative d'observation.

Il justifie également qu'une particule matérielle, représentée en mécanique classique par un point matériel stable, comme limite d'une onde stationnaire du champ pour les très hautes fréquences, puisse se comporter à la fois comme une particule localisée et comme une onde étendue en mécanique quantique.

Le formalisme mathématique de ces différentes propriétés, a fait l'objet de publications dans des revues scientifiques.

Nous vous convions à relire en page 33 du bulletin AEIS n° 152, et en page 18 du bulletin AEIS n° 153, les articles et les références qui y sont indiquées.

Un très intéressant échange de points de vue entre « Relativistes » et « Quanticiens » a été initié entre nos Collègues Claude ELBAZ et Gilles COHEN-TANNOUDI que l'on n'a malheureusement pas pu développer pour des raisons d'horaire d'occupation de salle. Ce débat pourrait fort bien être repris lors d'une de nos prochaines séances.

Après ce très riche exposé la séance prend fin.

Bien amicalement à vous,

Irène HERPE-LITWIN

Compte-rendu de la section Nice-Côte d'Azur

C'est la science et la rationalité qui ont contribué depuis le XVII^{ème} siècle à la puissance et à la suprématie mondiale de l'Europe.
Maurice Tubiana.

Compte rendu de la séance du 17 mars 2011 (146^{ème} séance)

Présents :

Jean Aubouin, René Blanchet, Raoul Caruba, Patrice Crossa-Raynaud, Guy Darcourt, René Dars, Jean-Pierre Delmont, François Demard, Yves Ignazi, Maurice Papo, Jean-Marie Rainaud.

Excusés :

Richard Beaud, Sonia Chakhoff, François Cuzin, Jacques Lebraty.

1- Réception de nouveaux membres.

Nous avons eu le plaisir d'accueillir deux nouveaux membres qui ont accepté notre proposition de rejoindre notre Académie.

Ils ont tous deux exprimé leurs remerciements d'avoir été choisis. A la demande du Président, ils nous donnent un panorama plus détaillé de leurs activités.

2- Approbation du compte rendu de la 145^{ème} séance.

Le compte rendu est approuvé à l'unanimité des présents.

3- Programme des réunions scientifiques des quatrièmes mercredis des mois à venir.

Nous avons réservé la salle du MAMAC pour les mois de mai et juin et, ensuite, de septembre, octobre et novembre.

Notez les prochaines conférences scientifiques de Nice

le mercredi 26 mai 2011 de 16 à 18 heures au MAMAC

« *Le nucléaire : le besoin de diversité* »

par Pierre Mandrillon

le mercredi 22 juin 2011 de 16 à 18 heures au MAMAC

« *Le management de la diversité* »

Par Jacques Lebraty

Annonces

I) Mme Claudine COHEN de l'EHESS nous transmet l'annonce suivante concernant :

**le séminaire 2010-2011 du Programme de Recherche Biologie et Société
de l'EHESS**

dirigé par Henri Atlan et Claudine Cohen

Prochain intervenant :

Mme Soraya de CHADAREVIAN (UCLA)

Professeur d'histoire des sciences à UCLA (Los Angeles)
lauréate d'une bourse pour six mois (Senior Fellow) "Research in Paris",
décernée par la Mairie de Paris.

Invitée par l' EPHE 3e section /le département de philosophie de PARIS I /l'EHESS
Programme de Recherche "Biologie et société".

« Biologie et société : Perspectives historiques et philosophiques »

Le lundi 9 mai 2011

de 13 h à 15 h

96 Bd Raspail 75006 Paris

Salle Lombard, rez-de-jardin

II) Chers amis « De La Connaissance »,

Lundi 9 mai 2011, nous recevrons à 18h30 Henri de Lumley, préhistorien, directeur de l'Institut de Paléontologie Humaine (Paris), **président du** Laboratoire Départemental de Préhistoire du Lazaret (Nice), pour une conférence-débat exceptionnelle sur « Un million d'années sur les bords de la Méditerranée », dans le cadre des rencontres « De La Connaissance » : <http://ics.unice.fr/a-la-une/le-9-mai-un-million-dannees-sur-les-bords-de-la-mediterranee-une-conference-du-pr.-henri-de-lumley>

Posez-lui toute question via le formulaire en bas de page.

Dites-le autour de vous et à tout bientôt.

Très cordialement, « De La Connaissance ».

Institut Culture Science Alhazen (ICS)
Université Nice Sophia Antipolis (UNS)
Campus Valrose - 28 avenue Valrose - BP 2135
Grand Château - [Fond-de-Scène]
06103 NICE Cedex 2
<http://ics.unice.fr/>

Restez informé, abonnez-vous à nos Tweets DLC
: <http://twitter.com/#!/dlconnaissance>



<http://unice.fr>

Documents

Pour préparer la présentation sur la modélisation et la simulation de l’Ethique de Spinoza par notre Collègue Michel GONDRAN nous vous proposons plusieurs textes brefs sur la pensée de Spinoza :

p.13 : Un texte issu de philagora de Jacques Llpasset d’introduction à « L’Ethique démontrée selon la méthode géométrique ». Pour plus d’informations aller sur le site :

<http://www.philagora.net/spinoza/index.php>

P.15 L’Introduction à un travail d’informatisation de l’Ethique de Spinoza par un étudiant de notre Collègue Michel GONDRAN : *Spínolog*

p. 17 : Une introduction à l’Intelligence artificielle écrite par notre Collègue Michel GONDRAN dans un ouvrage de DEA pour les étudiants de Paris Dauphine

SPINOZA

" L'Éthique "

A la recherche du bonheur, de la liberté et de la béatitude

1-Sur le titre : l'Éthique démontrée selon la méthode géométrique . (par Joseph Llapasset)

[Site Philagora. tous droits réservés](#)

L'Éthique s'efforce d'éclairer les fins de la vie humaine et les moyens de les atteindre.

Démontrer selon l'ordre géométrique ...

Dans le livre VII de la République, Platon nous a dit pourquoi il fallait, selon lui, ne considérer les mathématiques que comme une science propédeutique, propre à nous détourner du sensible, à développer l'agilité de l'esprit mais impropre à la chasse de la vérité que seule la dialectique peut effectuer. **En mathématiques on descend toujours selon une suite de déductions rigoureuses. Mais ce colosse de rigueur, cet outil de démonstration a pour point de départ des hypothèses que l'on demande d'admettre sans démonstration !** Si le point de départ est hypothétique, tous les éléments de la déduction, quelle que soit la rigueur des enchaînements, seront hypothétiques. Il en est ainsi pour la géométrie d'Euclide.

Pour autant l'ordre ou si l'on préfère le mouvement de la géométrie est adopté par Spinoza dès le début de l'éthique. C'est que, si le point de départ était un principe établi, ce caractère se transmettrait pour peu que la déduction soit bien conduite.

Pour Platon c'était le Bien, ce à quoi il ne manque rien, qui jouait le rôle de ce principe an-hypothétique auquel il fallait s'élever grâce à la dialectique pour pouvoir, en redescendant par déduction, valider toutes les hypothèses qui, dans un premier temps, avaient été utilisées comme des tremplin pour monter jusqu'à lui.

Spinoza, comme Platon, **veut faire mieux que la géométrie en utilisant l'ordre déductif et en prenant pour point de départ un principe établi.** Mais, pour ne pas remonter à l'infini, il faut que ce principe soit absolu (et non pas relatif à autre chose), qu'il ait sa raison d'être en soi: **Dieu ou la Nature. Cause de soi.**

Dès le début de l'Éthique, Spinoza pose donc Dieu, l'idée la plus parfaite dont on pourra déduire les idées et la pratique humaines.

Comprenons qu'en débutant par Dieu il pose les conditions de la connaissance pour fonder le **moyen** de parvenir à une **fin**: la liberté et la béatitude.

Notons que si l'Éthique débute par Dieu, elle ne commence pas par Dieu: en effet dans *Le Traité de la réforme de l'entendement*, Spinoza, à partir des conditions de la connaissance, s'est déjà élevé à **l'idée d'un être dont l'essence implique l'existence, à l'idée de Dieu, à l'idée vraie, l'idée de l'être le plus parfait.** Il tient déjà le principe de toute démonstration, le principe qui n'est pas relatif et qui n'a donc pas à être démontré. Le point de départ est un principe dont la vérité est établie et non une de ces croyances dont on

ne pourrait tirer que de l'obscurité et qui condamnerait à attendre une révélation, une aliénation. Il faut bien se souvenir de cela lorsqu'on lira le terme *Dieu* dans l'Éthique.

L'Éthique repère le **moyen**, la connaissance adéquate et trace un itinéraire vers une fin dans laquelle liberté et béatitude ne constituent plus qu'une même jouissance.

Alors le sens du terme éthique s'éclaire: l'Éthique est en effet la partie de la philosophie qui s'efforce d'éclairer les fins de la vie humaine (liberté et béatitude) et le moyen de les atteindre: passer de l'erreur qui a servi à la vérité qui libère: augmenter sa puissance et donc sa joie.

Notons le renversement par rapport à Platon. Alors que pour Platon l'homme désire connaître la vérité, pour Spinoza c'est parce que l'homme désire réaliser sa liberté que l'homme s'efforce de connaître. Maintenant nous pourrions nous attacher à comprendre le tout début de l'Éthique en nous rappelant que prendre son temps est la meilleure façon d'en gagner.

SpinoLog / Introduction

SpinoLog est un système expert développé à l'occasion du stage d'option (Diversification informatique / Systèmes experts B3) de Fabrice CAVARRETTA sous la direction de Michel GONDRAN de EDF

Le but de ce travail est de montrer que l'on peut de manière pertinente modéliser et simuler les raisonnements logiques, psychologiques, et même métaphysiques contenus dans un texte comme l'*Ethique*

Introduction

Nous allons tout d'abord présenter l'*Ethique* et les travaux de modélisation que l'on a effectués (§ A) . Ensuite nous effectuerons une brève introduction aux systèmes experts (§ B).

A) Spinoza et *Ethique* sur l'ordinateur ?

L'*Ethique* de Spinoza est un des premiers textes philosophiques à avoir été écrit suivant une structure logique et quasi mathématique. Suivant là l'ambitieuse voie ouverte par Descartes, Spinoza, Leibniz et bien d'autres s'essaieront à la difficile tâche de formaliser les sciences humaines et en premier lieu la Philosophie.

La structure logique de l'*Ethique*, qui suit l'ordre mathématique des définitions, des axiomes et des propositions, nous a semblé plus facilement modélisable qu'un autre texte, l'auteur ayant préparé le terrain. Nous ferons un bref rappel sur la genèse de ce texte (§ 1) ; puis nous examinerons les raisons qui ont motivé cette formalisation et sa mise en œuvre sur ordinateur (§2) ; ensuite nous retracerons le cheminement de cette étude (§ 3) ; et enfin nous résumerons les notions de l'*Ethique* indispensables à la compréhension du modèle employé (§ 4).

1) La genèse de l'Ethique

L'*Ethique* n'est pas le premier texte à s'inspirer d'une méthode quasi-mathématique pour structurer son raisonnement. On peut penser à Descartes, au sujet duquel Spinoza a écrit *Principes de la Philosophie de Descartes* (1663), et dont peut considérer qu'il s'est inspiré dans son projet qui est une concrétisation du rêve de Descartes.

L'*Ethique* est un texte dont la genèse s'étend sur quelques douze années entre 1660 et 1675. L'ouvrage , dont la composition fut entrecoupée par la publication de diverses autres œuvres, ne fut finalement pas publié du vivant de l'auteur. A sa mort en 1677, au vu de l'extrême pauvreté dans laquelle Spinoza se trouvait, ce manuscrit faillit être vendu ; néanmoins, grâce à l'acharnement de Leibniz à promouvoir ce texte, dont il était un des rares à en percevoir la portée, celui-ci ne fut point vendu, et fut publié dans ses *Œuvres Posthumes* quelques mois après.

Néanmoins, on ne doit pas céder à la tentation de ramener l'*Ethique* à un prolongement de l'esprit de Descartes ou d'autres philosophes ayant les mêmes objectifs de rationalisation et de formalisation de leur science. C'est en effet chez Spinoza qu'est pour la première fois apparu le rationalisme absolu. Ceci le distingue bien de Descartes, qui gardait par rapport à l'idée de Dieu un sentiment d'incompréhension ; en effet pour ce philosophe, Dieu peut être approché, mais reste quand même un mystère fondamental.

Par ailleurs, pour Malebranche, la raison étend son empire à l'infini, mais l'origine de cette puissance et donc celle de Dieu reste un mystère...Pour Leibniz enfin, malgré le principe universel d'intelligibilité,

l'impossibilité de transformer la connaissance claire et distincte en connaissance utilisable limite grandement le pouvoir de la raison humaine.

Tenter de résumer en quelques mots une philosophie dont les fondements même sont actuellement controversés serait un gageure. Nous renvoyons pour une approche plus approfondie du texte à la bibliographie. Apert une petite incursion dans le chapitre I, traitant de Dieu, nous nous occuperons uniquement du chapitre III, qui traite de l'Origine et de la Nature des Affections.

Examinons maintenant les raisons de notre étude.

2) *La formalisation de l'Ethique*

Le projet de formaliser les sciences dites **humaines** remonte à l'époque de la genèse de ces textes fondamentaux de la philosophie (Descartes, Spinoza, Leibniz...)

Chapitre 1

Introduction à l'Intelligence Artificielle

Par Michel GONDRAN

Cours pour Etudiants en DEA/Université Paris Dauphine

Il n'y a pas de définition universellement admise de l'intelligence Artificielle. Ce n'est pas, comme le disent un peu méchamment certains, le contraire de la bêtise naturelle, ni une béquille nécessaire aux chercheurs du domaine.

C'est historiquement une science dont les objectifs sont d'analyser les comportements humains dans les domaines de la perception, de la compréhension et de la résolution de problèmes, afin de pouvoir ensuite les reproduire à l'aide d'une machine.

1.1 La naissance de l'Intelligence Artificielle

Le mythe de réaliser des machines intelligentes créées par l'homme pour le servir remonte à la nuit des temps. Déjà dans le champ XVIII de l'Iliade, Homère rapporte qu'Héphaïstos, le Dieu du Feu, avait construit des tables à trois pieds munies de roulettes qui pouvaient aller et venir toutes seules dans les palais des Dieux. Héphaïstos avait également fabriqué des femmes en or pour l'aider. Douées de raison, elles étaient capables de travailler et de parler. Ces créatures étaient si parfaites qu'elles pouvaient être prises pour des femmes réelles.

Plus tard, dans la tradition juive, apparaît le Golem, automate à forme humaine fabriqué en bois ou en argile. Pour qu'il s'anime, un rabbin devait inscrire un mot magique sur son front. Il disposait alors d'un serviteur obéissant et muet. Comme dans l'exemple précédent, cette nouvelle créature avait pour but d'aider son maître ; là encore, elle n'était animée que par une intervention divine.

Ce mythe des machines intelligentes s'est largement développé à la Renaissance, puis au Siècle des Lumières, avec l'essor de la science et des arts mécaniques qui fascinèrent les imaginations. Les premiers automates sont les horloges et Dieu est comparé à un grand horloger.

A partir du XVI^e siècle, la médecine découvre progressivement les lois de fonctionnement de certains organes : le cœur est assimilé à une pompe, les poumons à un soufflet ... Il devient alors naturel de penser qu'il sera possible de créer des mécanismes intelligents, cette fois sans aide divine.

Au XVII^e siècle, Descartes, fasciné par les automates, avait introduit l'idée de "l'animal -machine". Il pensait également que certaines activités de l'homme pourraient être simulées par des mécanismes, mais il refusait toutefois à ces machines la possibilité "d'arranger (les paroles) diversement pour répondre au sens de tout ce qui se dira en sa présence" (Discours de la Méthode, 5^{ème} partie). autrement dit, il leur refusait une intelligence complète.

Au XVIII^e siècle, un sommet est atteint avec Vaucanson. Son célèbre joueur de flûte traversière (1737) jouait vraiment un air de musique sur son instrument, grâce à la position de ses doigts sur la flûte. Son canard (1738) pouvait nager, battre des ailes (chaque aile était constituée d'environ 2.000 pièces), avaler du grain et rejeter des fientes qui n'étaient toutefois que des boulettes de pain colorées ! Et en 1747, La Mettrie, à la suite de Descartes, franchit le pas qui allait de l'animal à l'homme en publiant "L'Homme machine". Sa formation de médecin et les essais de Vaucanson pour réaliser un automate qui parle lui laissaient supposer que la distinction homme-animal

de Descartes ne tenait plus. Mais il n'avait, aucune explication du comportement intelligent de l'homme.

Ce n'est que vers la fin du XVIII^e siècle qu'un anonyme publia le premier vrai travail d'intelligence Artificielle : la description d'une méthode automatique pour composer des menuets. Il définissait un mécanisme assez simple permettant de choisir la note suivante parmi les notes respectant les contraintes musicales du menuet, la variété étant introduite par le lancement d'un dé.

A la fin de son article, l'auteur donnait un exemple de menuet ainsi composé.

A peu près à la même époque, en 1769, fut construit un superbe automate : l'automate de Kempelen censé jouer aux échecs ; bien entendu, il s'agissait d'une escroquerie. Il avait l'apparence d'un Turc assis sur un coffre et placé devant un échiquier. Le présentateur ouvrait successivement les divers panneaux du coffre pour montrer que l'intérieur ne comprenait que des engrenages. Quand il jouait, l'automate saisissait une pièce et la plaçait sur la case voulue. Il eut un grand succès et battit notamment Napoléon. Plus tard, Maelzel (l'inventeur du métronome) l'exhiba aux Etats-Unis. Il intrigua Edgar Poë qui publia une longue étude pour dénoncer la supercherie ; il fut ainsi l'un des premiers à réfléchir sur les propriétés d'un mécanisme capable de jouer aux échecs. En fait, un joueur de petite taille, caché dans le coffre, passait d'un compartiment à l'autre pendant que le présentateur ouvrait les portes.

Mais il fallut attendre le XX^e siècle pour que des travaux plus sérieux soient entrepris. En 1912, L. Torrès y Quevedo réalisa un automate qui jouait les finales Roi et Tour contre Roi, en appliquant la méthode bien connue qui permet de gagner contre toute défense. Dès lors, les choses s'accélérent. En 1945, K. Zuse, l'un des pères des premiers ordinateurs, programma les règles du jeu d'échecs. En 1949, Claude Shannon, promoteur de la théorie de l'information, indiqua les principes de base d'une méthode pour jouer aux échecs. Enfin, l'année suivante, le grand logicien Alan Turing proposa à son tour un programme d'échecs qu'il avait simulé à la main.

Déjà, vers 1947, Turing envisagea l'idée d'une créature intelligente autre que l'homme. Hélas, le rapport remarquable qu'il écrivit ne fut guère apprécié de ses collègues et Turing en fut très affecté. Pourtant, il avait entrevu bien des applications actuelles de l'intelligence Artificielle : traduction automatique, jeux, démonstration de théorèmes ... Depuis cette époque, l'Intelligence Artificielle reste toujours pour beaucoup une énigme.

Après plusieurs décennies de recherches, certains continuent de penser qu'il s'agit d'un échec total, et d'autres affirment qu'elle sera au coeur de toutes les applications futures de l'informatique. En particulier, le statut scientifique de l'I.A. reste très controversé. La thèse que je vais développer dans ce cours sera double :

- c'est d'une part de montrer que l'I.A., par l'introduction d'une langue et d'une méthode, correspond à un approfondissement de la méthode scientifique. Elle doit permettre une représentation globale du monde face à l'émiettement de la représentation scientifique actuelle.
- c'est d'autre part de montrer que l'I.A. correspond, à court terme, à une nouvelle manière de considérer l'informatique, manière qui doit permettre de lever le goulot d'étranglement actuel du logiciel.

Pour cela, il est important de bien définir son champ et ses méthodes. C'est ce que nous allons faire dans cette introduction.

1.2 L'avion ou l'oiseau

Sous un même vocable, l'I.A. recouvre en fait deux objectifs bien différents qui peuvent demander

des méthodologies d'approches différentes : la résolution optimale d'un problème par des méthodes compréhensives par l'homme, et la résolution effective d'un problème par l'homme. On retrouve ici la différence entre l'avion et l'oiseau.

Quand l'homme a voulu voler, il a d'abord cherché à copier scrupuleusement la façon de voler des oiseaux. Il a donc fait des ailes battantes à ces premiers engins et il a échoué. Plus tard, il a créé l'avion. L'avion n'est pas un oiseau, ne vole pas comme un oiseau, mais peut voler plus haut et plus vite que l'oiseau.

Le paradigme de l'avion est d'optimiser une fonction : voler. C'est le rôle du génie de la connaissance, qui est la partie industrielle de l'I.A.. C'est celle que nous développerons dans ce livre. Il ne s'agit pas de singer l'homme, il s'agit de simuler et d'optimiser certaines de ses fonctions. Le paradigme de l'oiseau est de modéliser et de simuler l'oiseau. C'est le rôle de la psychologie cognitive et des neurosciences. Ce domaine est certainement plus difficile que le premier. de plus, son objectif n'est pas de résoudre au mieux un problème, mais bien de modéliser l'approche humaine avec ses succès et ses échecs.

Il y a encore souvent une confusion qui est faite entre ces deux approches, ce qui permet d'expliquer une grande partie des échecs de l'I.A. ("qui veut faire l'ange fait la bête"). L'Intelligence Artificielle, née avec l'informatique, a subi en effet dans le passé des échecs cuisants à la hauteur des annonces pontifiantes de ses zéloteurs. L'échec vers 1960 de la traduction automatique est exemplaire. Quand on traduisait de l'anglais en russe, puis du russe en anglais, "l'esprit est fort, mais la chair est faible", on obtenait "la vodka est forte, mais la viande est pourrie". Il s'agissait peut-être d'une assistance inattendue à la poésie surréaliste, mais sûrement pas d'un but rationnel atteint dans le domaine des langues naturelles.

Quelles sont les raisons de cet échec ? D'abord une certaine faiblesse des langages de représentation de l'époque ainsi qu'une limitation des capacités de l'ordinateur. Ces deux faiblesses sont en voie d'être surmontées. Mais la raison principale de l'échec est une sous-estimation des difficultés intrinsèques : pour traduire, il ne suffit pas de faire du mot à mot, il faut comprendre le texte. Or deux caractéristiques importantes de l'homme ne sont toujours pas prises en compte par l'informatique et les ordinateurs.

1.3 Deux caractéristiques de l'homme

C'est d'abord la capacité d'adaptation étonnante de l'homme. Réfléchissez par exemple à la façon dont vous faites une multiplication.

Si je vous demande 3 fois 6, vous répondrez 18 sans hésiter (la table de multiplication a été apprise depuis la maternelle par coeur). Si maintenant je vous demande 6 fois 54, vous allez réfléchir un moment pour faire la calcul mental. Cela sera encore plus vrai pour 36 fois 54. Enfin, si je vous demande 3.854 fois 62.471, vous ne vous lancerez pas sans votre calculette. Ainsi pour une même opération, la multiplication, l'homme va utiliser des méthodes de résolution très différentes qui vont s'adapter aux données. Comme les problèmes qu'il va avoir à maîtriser sont de difficulté sans commune mesure avec la simple multiplication, vous vous imaginez la souplesse que l'on doit demander à un système informatique essayant de le simuler. C'est la première qualité que l'on va demander à un système d'I.A., pouvoir adapter sa méthode de résolution aux données.

L'homme a aussi des capacités de mémoire étonnantes. "Elémentaire, mon cher Watson".

C'est ainsi que le célèbre détective de Conan Doyle, Sherlock Holmes, ponctue ses brillantes démonstrations au docteur Watson éberlué. Mais qu'y-a-t-il d'élémentaire dans la démonstration d'Holmes ?

Ce sont les explications de Sherlock Holmes à Watson, mais ce ne sont sûrement pas les connaissances très pointues qu'il utilise pour arriver à ses conclusions. Ces connaissances sont inconnues de Watson, mais aussi du lecteur. Elles sont contenues dans la pièce centrale du roman, la magnifique bibliothèque de Sherlock Holmes.

C'est cette grande masse de connaissances qui manque aux programmes informatiques actuels.

Comment modéliser et acquérir cette connaissance, comment l'utiliser à bon escient en adaptant la stratégie aux problèmes posés ? Ce sont à ces questions que nous allons essayer de répondre dans ce cours.

1.4 Modélisation et résolution

L'approche scientifique d'un problème se ramène principalement à deux phases essentielles, la modélisation et la résolution. Ces deux phases étant bien sûr liées ; On ne modélise généralement pas un problème sous une forme pour laquelle on n'a pas de méthode de résolution. Classiquement, nous n'avons à notre disposition que trois langages de représentation et de modélisation des connaissances : deux langages formels, la mathématique et la graphique et un langage informel, le langage dit naturel. Le champ de modélisation par la mathématique et la graphique reste limité car ces langages ne permettent pas la modélisation des nuances, l'utilisation des milliers de mots du dictionnaire. Le langage naturel, pour sa part, reste très ambiguë et on peut considérer que c'est la cause de l'échec de son utilisation en logique. La nouveauté qu'a apporté, au niveau modélisation, l'Intelligence Artificielle des années 50 a été d'ajouter la représentation symbolique aux deux représentations précédentes. Il s'agit d'utiliser les milliers de mots du dictionnaire dans les représentations formelles, ces mots étant reliés entre eux par la logique.

Toujours au niveau modélisation, la nouveauté qu'ont apportée les Systèmes Experts dans les années 80 a été de rendre modulaire cette représentation symbolique en créant le concept de base de connaissances. Il est devenu (théoriquement) possible de spécifier progressivement son application en construisant sa base de connaissances, de mettre à jour son programme par simple mise à jour de la base de connaissances, d'expliquer le résultat de son programme par la trace des connaissances utilisées pour arriver au résultat.

En informatique classique, la résolution du problème était effectuée par des algorithmes, c'est-à-dire par une procédure de calcul bien définie, on dit un programme procédural. L'analyse de la complexité des algorithmes a montré dans les années 70 qu'il existait deux classes de problèmes : les problèmes polynomiaux et les problèmes NP-complets.

1.5 Les problèmes polynomiaux et les problèmes NP-complets

Les problèmes polynomiaux sont solubles par des algorithmes dont le temps de calcul est borné par une fonction polynomiale de la taille du problème (ainsi le problème du tri de n nombres peut toujours se faire avec moins de $n \log n$ comparaisons, le problème du calcul de l'inverse d'une matrice carrée de taille n peut toujours se faire avec moins de n^3 opérations élémentaires, etc). Par contre, pour les problèmes NP - complets on ne connaît pas d'algorithmes dont le temps de calcul soit borné par une fonction polynomiale de la taille du problème, mais seulement par une fonction exponentielle de la taille de ces problèmes.

Ce sont à ces problèmes qui représentent la plupart des problèmes réels, que s'est attaqué l'I.A. La nouveauté qu'à apporté l'I.A. pour résoudre ces problèmes dans des temps raisonnables, a été d'abandonner les algorithmes pour des méthodes dites heuristiques, qui vont s'adapter aux données et à la structure particulière du problème. Ces méthodes heuristiques sont de deux types :

ou elles permettent d'arriver sûrement à la solution optimale mais alors le temps de calcul n'est pas contrôlé, ou le temps de calcul est contrôlé, mais la qualité de la solution ne l'est pas.

Au niveau résolution, la nouveauté qu'ont apportée les Systèmes Experts dans les années 80, a été de séparer complètement la méthode de résolution, qu'elle soit algorithmique ou heuristique, de la base de connaissances. Elle consiste à considérer toute la connaissance d'un domaine comme des données pour le programme informatique, qui n'est plus alors qu'une simulation d'un raisonnement sur cette connaissance.

Cette idée est simple, mais elle correspond à un changement radical dans la méthodologie de la programmation. Il semble bien que nous tenons avec les systèmes à base de connaissances le moyen de faire sauter le goulot d'étranglement du logiciel en informatique.

Cette recherche d'une méthodologie correspond toujours à un détour, l'usage du détour étant considéré comme une des caractéristiques essentielles des comportements intelligents.

Montrons le à travers un exemple de la vie courante.

1.6 L'invitation chez un ami

Vous êtes invité ce soir chez un ami. C'est la première fois que vous venez chez lui. Il peut vous donner 2 types d'indication pour se rendre chez lui.

Le premier est l'Itinéraire : Prendre la 1^{ère} à droite, puis la 2^{ème} à gauche jusqu'au 4^{ème} feu, etc ... Enfin, au 3^{ème} feu de l'avenue, tu tournes à droite et c'est au n°17 ; c'est une procédure. La seconde méthode est de vous donner l'adresse et le plan de sa ville. C'est une méthode déclarative. Normalement, avant de partir, vous allez considérer le plan et avec vos connaissances d'interprétation d'un plan, vous allez vous définir un Itinéraire.

Cela pourra être exactement le même que celui de votre ami. Donc en pratique, on pourrait croire que rien n'est changé. Et pourtant, tout est différent. Si vous vous trompez de chemin en route, ou si une voie est coupée, dans le premier cas vous risquez d'être perdu, dans le second cas, vous refaites le point avec votre carte et vous vous redéfinissez un nouvel itinéraire.

L'informatique traditionnelle correspond au premier cas, l'Intelligence Artificielle au second cas. On doit donc modéliser la connaissance permettant d'utiliser la connaissance. Ce qu'il faut décrire, ce n'est plus un programme, c'est le processus de formation de cette connaissance procédurale. On donne ainsi au système informatique, une autonomie qui va lui permettre de s'adapter aux cas complexes.

1.7 La représentation des connaissances

Le raisonnement effectué par le moteur d'inférence du Système Expert est un raisonnement simple basé sur la logique appliquée à sa base de connaissances.

La démonstration est en effet alors très simple puisque la plupart du temps elle n'utilisera que le modus ponens défini déjà par Aristote : si p est vrai, et si p implique q, alors q est vrai.

Montrons le à travers un petit Système Expert en botanique.

Un exemple en botanique

Ici la base de connaissances du domaine est représentée par les règles suivantes :

- R1 si fleur et graine alors phanérogame.
- R2 si phanérogame et 1-cotylédone alors monocotylédone.
- R3 si phanérogame et 2-cotylédone alors dicotylédone.
- R4 si monocotylédone et rhizome alors muguet.
- R5 si monocotylédone et non rhizome alors lilas.

Où R1 et R5 signifient respectivement :

- "si la plante possède une fleur et une graine, alors la plante est phanérogame",
- "si la plante est monocotylédone et ne possède pas de rhizome, alors c'est du lilas".

Alors si le problème posé est de déterminer une plante ayant les caractéristiques suivantes (rhizome, fleur, graine, 1-cotylédone), le moteur d'inférence déduira d'abord "phanérogame" de R1 et de "fleur" et "graine", puis "monocotylédone" de R2 et de "phanérogame" et "1-cotylédone", enfin "muguet" de R4 et de "monocotylédone" et "rhizome". La plante est donc du muguet.

Cet exemple montre l'intérêt de séparer la représentation des connaissances de la démonstration proprement dite. La démonstration est en effet alors très simple lorsque l'on a représenté formellement les connaissances d'un domaine.

Ce qui fait la difficulté habituelle pour nous dans la résolution de problèmes. c'est que nous faisons le plus souvent ces deux opérations simultanément : l'interprétation formelle de connaissances éparses en même temps que les déductions nécessaires. C'est bien ce que rapporte le vieil adage populaire "un problème bien posé est à moitié résolu".

La difficulté essentielle n'est donc pas dans les déductions mais dans la structuration et la représentation formelle des connaissances d'un domaine. C'est là que se trouve le goulet essentiel de l'Intelligence Artificielle et de la Science.

1.8 Un vieux rêve de l'humanité

Les premières applications ont eu lieu dans le domaine technique qui est plus facile et pour lequel la demande solvable est la plus grande. A Electricité de France, par exemple, plusieurs dizaines de Systèmes Experts ont été développés, et cela dans tous les domaines de l'entreprise : gestion, maintenance et surveillance des matériels, aide au diagnostic et à la conduite, Génie Logiciel, etc ... mais aussi en sciences humaines. (Gondran 1989). On voit ainsi renaître le vieux rêve qu'ont caressé tous les philosophes depuis Aristote : la modélisation de la connaissance et la simulation du raisonnement.

"J'ai le projet d'une langue ou écriture nouvelle qui se pourrait apprendre en une semaine ou deux, qu'on ne saurait quasi oublier et qu'on pourrait même retrouver l'ayant oubliée... Elle donnerait moyen de raisonner sur les matières capables de raisonnement par une espèce de calcul infailible pourvu qu'on y apportât la même exactitude qu'à chiffrer et les erreurs ne seraient que des erreurs de calcul".

G.W. Leibnitz (1676)

La nouveauté aujourd'hui est la possibilité de définir des langages formels et lisibles tel que celui rêvé par Leibnitz et de pouvoir ensuite expérimenter les connaissances écrites dans ce langage par simulation sur ordinateur.

"Intégrant les milliers de mots du dictionnaire dans la logique et les mathématiques, ces langages vont permettre de modéliser de manière formelle nos connaissances et nos raisonnements, là où les mathématiques avaient échoué, en particulier dans les sciences humaines".

On réalise ainsi des systèmes qui vus de l'extérieur ont un comportement qui paraît intelligent, même si chaque étape du raisonnement paraît simpliste (c'est le "élémentaire, mon cher Watson"). La complexité ne vient pas du raisonnement comme on le croit trop souvent, mais elle provient des dizaines de milliers de granules de connaissances qui sont mises en oeuvre.

Deux critiques sont généralement faites à l'approche un peu trop logique précédente comment effectuez-vous l'apprentissage ? Que faites-vous de l'intuition ? Des éléments de réponse sont aujourd'hui possibles.

1.9 L'apprentissage et l'intuition

*"Mes vers n'ont de sens que ceux qu'on leur prête.
Celui que je leur donne ne s'ajuste qu'à moi".*
Paul Valéry

Les modèles connexionnistes permettent de répondre à l'apprentissage de tous les problèmes de reconnaissance de formes, tel que la reconnaissance des images, de la parole, des signaux, etc. Ils permettent de plus de modéliser simplement les phénomènes inconscients basés sur un apprentissage des stimuli-réponses de type pavlovien.

On peut aussi proposer à la suite d'Henri Poincaré (1908) un modèle de l'intuition simulable sur ordinateur. Pour Poincaré, le moi inconscient joue un rôle capital dans l'invention mathématique. Bien sûr, il doit être précédé d'un travail conscient, qui met en route l'inconscient, puis suivi d'un travail conscient qui ordonne, vérifie, rédige. Il parle d'un sentiment d'intime conviction qui accompagne l'inspiration. Ce n'est pas un critère de vérité car le résultat ne s'avère pas toujours exact. Dans les cas négatifs, ce résultat, s'il avait été juste, aurait flatté notre instinct naturel de l'élégance mathématique. Il répond à une sensibilité esthétique spéciale. Le véritable travail de l'inventeur consiste à choisir parmi la formidable combinatoire des combinaisons mathématiques possibles.

Deux hypothèses sont possibles :

- La première hypothèse est que le moi inconscient est bien supérieur au moi conscient. "Il est capable de discernement, il a du tact, de la délicatesse ; il sait choisir, il sait deviner". La modélisation et la simulation de cette hypothèse paraît bien difficile et est peut être impossible.
- La seconde hypothèse est que le moi inconscient génère systématiquement toutes les combinaisons compatibles, puis un filtre basé sur des règles d'esthétique mathématique ne laisse passer dans le conscient que les solutions élégantes. "L'Euréka, c'est donc ce qui reste lorsque l'on a tout éliminé."

La plupart des auteurs n'ont retenu que la difficulté de définir les filtres esthétiques, ce qui n'est certes pas une mince affaire. Il est intéressant de remarquer que les systèmes experts Dendral et Extra-3SE qui sont actuellement 2 des 3 ou 4 meilleures réalisations en Intelligence Artificielle, sont basés sur une chaîne de processus de ce type : génération des possibles, puis élimination par filtrage, les règles d'esthétique étant ici des règles techniques ou logiques. La génération des possibles se fait en général par des analogies avec d'autres domaines, l'élimination se faisant sur des critères simples.

Ce modèle de l'intuition est aussi le modèle des programmes d'échecs qui ont aujourd'hui dépassé le niveau des Grands Maîtres. C'est en particulier celui de Deep Blue qui a battu en 1997 le champion

du monde Kasparov. C'est aussi celui de Frenchess, réalisé en collaboration avec MF. Baudot, JC. Weill et JL. Seret, et qui a terminé troisième ex aequo avec Deep Blue au 8^{ème} Championnat du monde sur ordinateur à Hong-Kong en 1995.

Ce modèle de l'intuition est aussi le modèle du chercheur d'or. Après avoir choisi un filon, il le passe au tamis et la pépite est ce qui reste après avoir tout éliminé.

On retrouve ici les deux modèles de base de l'évolution permettant de prendre en compte l'innovation, la théorie de l'évolution de Darwin et le critère de réfutabilité d'une théorie de Karl Popper.

Comme on commence à le réaliser dans certains systèmes de compréhension de la parole ou de l'écriture, l'Intelligence Artificielle s'oriente de plus en plus par l'utilisation simultanée des trois modèles que je viens de décrire : un premier niveau de reconnaissance des formes et d'automatisme basé sur un modèle connexionniste, un second niveau basé sur la logique, enfin un troisième niveau basé sur la génération d'hypothèses et de leur réfutation.

Ce cours se propose d'approfondir les problèmes précédents et de répondre aux questions que posent la modélisation de la connaissance et la simulation du raisonnement, mais aussi l'apprentissage et l'intuition.

Au chapitre 2, on essaiera de résoudre le problème de la représentation d'un problème en montrant l'intérêt d'une bonne représentation (pour mémoriser, comprendre, traiter, communiquer) et le rôle essentiel des changements de représentation.

Au chapitre 3, on présentera les différentes méthodes de résolution d'un problème, en particulier des problèmes NP - complets.

Au chapitre 4, on représentera formellement les connaissances nécessaires pour résoudre un problème. On discutera en particulier des différents types de connaissances possibles.

Le chapitre 5 sera consacré à la méthodologie d'acquisition de la connaissance et à l'apprentissage. On insistera sur la nécessité de l'organiser en deux phases, la première pour générer les hypothèses possibles, la seconde pour éliminer ces possibles.

Bibliographie

- [1] H. Poincaré, Science et Méthode, Flammarion, Paris, 1908.
- [2] J. Pitrat, "La naissance de l'intelligence Artificielle", La Recherche, n°170, vol 16, Octobre 1985, p 1130-1141.
- [3] J. L. Laurière, Intelligence Artificielle, Résolution de problèmes par l'Homme et la machine, Eyrolles, Paris, 1986.
- [4] M. Gondran, Introduction aux systèmes experts, Eyrolles, Paris, 1986 (3^{ème} édition).
- [5] M. Gondran, J.F. Hery et J.C. Laleuf Logique et modélisation, Eyrolles, Paris, 1995.
- [6] M. Gondran, "Introduction à une théorie formelle de la communication", EDF bulletin de la Direction des Etudes et Recherches, série C, n°3, p. 37-62, 1989.
- [7] M.F. Baudot, J.C.Weill, J.L. Seret et M. Gondran, "Frenchess : un T3D au 8^{ème} championnat mondial d'échecs", Supercomputing Review, n°7, nov. 95, EPFL.
- [8] M. Gondran et M. Minoux, Graphes, dioïdes et semi-anneaux, Lavoisier (2004).