

Systemes experts et reseaux neuronaux: à propos de déviance

Henri Madec

Université de Franche-Comté

Il peut paraître surprenant, de parler de déviance à propos de machines. Une telle conduite n'est reconnue qu'à l'individu humain. Elle relève de la morale et des conduites sociales. Un ordinateur peut tomber en panne, il ne peut "dévier". La déviance est qualitative, elle est le moteur de la liberté humaine et de l'évolution de toute société.

Si nous devons définir la déviance du point de vue de l'intelligence artificielle, ce serait comme un écart par rapport à un script, un frame, un schéma reconnu par une société ou des personnes données. Et cette notion d'écart ne pourrait se concevoir que de la façon suivante:

-- un écart isolé, c'est-à-dire la trace de l'intrusion d'un nouveau script.

-- un écart répété, c'est à dire l'implantation d'un nouveau script et la voie ouverte vers la disparition du script précédent.

-- la non perception d'un script, c'est-à-dire la fusion de plusieurs scripts et l'impossibilité d'obtenir un schéma stable.

Comment les outils produits par l'intelligence artificielle peuvent-ils gérer cet aspect des conduites humaines qu'est la déviance, analysée sous ce point de vue?

Deux types d'outils ont été sollicités pour analyser ces écarts entre scripts, frames, schémas, etc.:

-- les systèmes experts

-- les réseaux neuronaux.

Il est intéressant de se demander sous quel angle le problème a été considéré, et vers quelles applications nous allons aujourd'hui.

Selon que l'on se place du côté du diagnostic ou au contraire celui de la simulation, c'est plutôt l'un que l'autre de ces outils que l'on choisit. S'agit-il bien alors d'outils en compétition, l'un plus "actuel", plus "adéquat" remplaçant l'autre, ou au contraire de deux approches différentes, complémentaires?

1°) L'intelligence artificielle produit des systèmes non déviants

Alors que l'intelligence humaine corrige les fautes, passe par-dessus les contradictions, les absurdités, le fonctionnement des ordinateurs, s'appuyant sur le système binaire, exclut la déviance qui est une approche qualitative de la réalité. Et chaque fois qu'il leur faut s'écarter du chemin prévu dans l'arborescence, dans un compilateur par exemple, le système renvoie: "syntax error".

Dans le domaine du traitement du langage naturel, il est difficile de faire des correcteurs de fautes d'orthographe, non de celles qui relèvent d'une inexactitude orthographique, d'un accident, mais d'un écart par rapport à un algorithme, à un schéma d'approche de la langue elle-même:

les maison_

Une telle faute est rectifiée facilement par n'importe quel analyseur. Mais que faire quand il s'agit d'une mauvaise segmentation?

lè zenfants

ou:

lèz en fantis

etc.

Il y a l'erreur qui relève de l'accident, et qui ne met pas en question les frames assurant l'analyse linguistique, et l'erreur que le système est incapable de surmonter, car elle met en question plusieurs scripts, ou le script qui permet d'organiser les autres. En face de telles difficultés, autant abandonner les interfaces en langage naturel et privilégier des systèmes d'icônes. Et on retrouve les billetteries S.N.C.F., fonctionnant de cette manière.

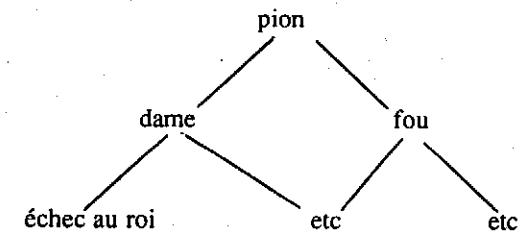
De même, dans le traitement de la parole, des difficultés semblables se rencontrent. On peut avoir des systèmes conçus pour reconnaître la voix d'une personne. Mais si celle-ci est enrrouée ou a sa voix du matin, la reconnaissance échouera. Les serrures vocales ne sont pas pour demain! Il y a ce pourquoi la machine a été programmée. Passées ces limites, elle ne reconnaît plus les formes présentées.

D'autre part, si on travaille dans un monde fermé, l'erreur est rectifiable. Dans ce type d'univers, l'interprétation est possible car le

nombre des scripts est limité. Dans des mondes ouverts, les scripts se chevauchent, s'interrompent, repartent, sans préavis.

En même temps qu'elle achète son billet, une personne peut faire des commentaires à propos de n'importe quoi. L'employé comprend les suites, filtre celles qui s'adressent à lui, écarte les autres. Un système automatique est incapable de prendre en compte les déviations de la conversation vive. Rarement les comportements humains sont la reproduction d'un script unique! On a beaucoup insisté dans des travaux récents sur la spécificité de la logique naturelle, sur la nature de la cohérence du discours, de sa différence par rapport à la cohésion, à la coordination, à la structuration des éléments qui la composent. Il n'y a pas de discours sans déviance¹.

Dans le traitement du raisonnement, l'intelligence artificielle ne sait utiliser que des stratégies raisonnables, et d'un seul tenant. Les ordinateurs qui jouent aux échecs, utilisant l'alpha-bêta-pruning, fondent leur traitement sur le fait qu'il existe des chemins que l'on ne peut prendre car leur coût est trop élevé:



L'ordinateur ne peut faire le choix de perdre une dame. Cette pièce possède une très forte valeur, même si par un coup situé plus en profondeur, dans l'arborescence, il y aurait eu échec et mat!

Si on n'adopte pas ce principe, il faudrait évaluer toute l'arborescence et le concept d'intelligence artificielle perdrait son sens. Le joueur humain, lui, peut prendre le risque de perdre une dame s'il peut ensuite

¹ Des travaux intéressants sur l'échec dans la communication et les techniques de traitement à leur associer sont présentés dans "Strategies for natural language processing" (voir bibliographie). Une gestion correcte de l'interruption dans les dialogues est une des conditions du traitement du langage naturel par ordinateur.

mettre son adversaire en échec et mat. Des stratégies incluant le risque, l'aléatoire, l'absurde, le sacrifice, font partie du jeu humain².

A quel niveau que l'on se place, un système automatique déviant ne serait d'aucun intérêt. Il ne serait pas contrôlable. Les logiques floues sont encore des logiques.

2°) L'intelligence artificielle offre des outils pour analyser la déviance

L'outil informatique, par sa stabilité, sa logique, permet d'évaluer la déviance, l'écart par rapport à la norme. Ces systèmes, par leur approche logique, sont tout à fait capables de reconnaître les "formes" et de mesurer la différence entre ce qui est vu et ce qui était attendu. Les systèmes experts (SE), par exemple, sont de bons outils de diagnostic.

Le mécanisme des SE, basé sur des règles d'inférence, est bien connu maintenant. On écrit une base de règles de la forme :

SI <><><> ALORS <><><>.

Si l'on fournit une base de faits, venant saturer la base de règles, on obtient des démonstrations valides.

Exemple : un système de reconnaissance de navires.

Il suffit de donner quelques éléments du navire aperçu pour que le système puisse donner sa classe, ses caractéristiques, son nom éventuellement.

Le système expert a été perfectionné sous différentes formes:

- moteur zéro
- moteur zéro plus
- moteur un
- moteur deux
- etc...

² La logique naturelle dans l'accomplissement de tâches a été étudiée en particulier par Perraut-Le Bonniec. Il est probable que le raisonnement humain prenne des formes tout à fait éloignées des représentations issues de la logique formelle. Les modèles présentés par l'IA sont loin d'être des modèles de référence du comportement humain.

Des recherches faites par J.-R. Hobbs montrent que la cohésion, la logique, la cohérence d'un discours ne peuvent avoir leurs sources dans la correction syntaxique ou sémantique, mais exigent des traitements spécifiques (in: "Strategies for natural language processing", voir bibliographie).

Ces moteurs ont donné lieu à différents développements, associés à d'autres outils comme les frames etc...

Il est intéressant de présenter quelques domaines où apparaissent des déviances, et la difficulté de les mettre en évidence avec ces procédés.

L'une des applications pour lesquelles les systèmes experts ont été pressentis est la billetterie.

Les gens utilisent des cartes de crédit, font des chèques... Serait-il possible de contrôler automatiquement les déviances? Le relevé de compte de chacun est le meilleur recueil d'informations sur ses activités, sur ses projets, etc... Il arrive qu'on lui vole sa carte et qu'on s'en serve. Un système expert doit être capable d'interrompre les opérations et de retenir la carte volée. Attendre que le compte soit vide pour retenir la carte est une pratique insuffisante. Il est sûr que l'expertise existe. Des commerçants sont capables de "sentir" que la carte de paiement présentée pour régler les achats a été volée.

Un système expert pourrait aussi détecter les difficultés financières d'une personne à leurs débuts. Elle serait convoquée à sa banque, avant que la faillite ne soit totale. Les banquiers savent faire ce diagnostic empiriquement. Un système expert pourrait capter cette expertise.

Le traitement de la déviance par machine est une nécessité économique et pas simplement un gadget pour informaticien cherchant des utilisations pour ses produits.

Un autre domaine de diagnostic de la déviance est la psychiatrie. L'analyse de résultats de passation de tests comme celui du Rorschach est très longue et se fait par des spécialistes peu nombreux. Il serait intéressant d'avoir des SE qui dépouilleraient les données recueillies et commencent les interprétations³.

Pour reconnaître la déviance, il faut s'appuyer sur les techniques proposées par la psychologie pathologique et la psychiatrie.

Des protocoles existent.

³ Diverses études ont été récemment entreprises par des équipes de psychiatres pour automatiser le dépouillement de tests psychologiques, en particulier le Rorschach. Des compte-rendus ont été présentés dans la "Revue française de psychiatrie".

Le relevé des indices

a) Il faut prendre en compte les indices qui sont apportés par le sujet. Les circonstances, les informations que fournit le patient, qui ne figurent pas dans les questions posées, seront relevées et contribueront à l'interprétation. Ces informations pourront être fournies au système expert. Mais il n'est pas sûr qu'on puisse tout prévoir, et la part de subjectivité et de préjugés dans le relevé peut fausser les interprétations, car la machine pourra difficilement "relativiser"...⁴

b) On dispose ensuite des indices fournis par le patient à la présentation des planches.

Dans le cas des réponses banales, on trouvera leurs explications dans un fichier.

"C'est une chauve-souris" Planche 1.

Une telle réponse est facile à identifier car elle est courante.

-- Il peut y avoir chevauchement d'indices:

"C'est une espèce de chauve-souris"

"C'est une chauve-souris d'Afrique"

Plusieurs indices sont à relever : "espèce de", "Afrique". Comment les découper, les reconnaître? Il faudra prévoir des bases de données considérables, et toujours incomplètes!

-- Les réponses sont parfois des phrases complexes.

"Ce sont des femmes qui se battent autour d'un chaudron"

Il faut retenir des points comme: le sexe, le mouvement, l'agressivité, l'objet commun...

Le relevé des indices qui permettront de conduire à une reconnaissance de normalité ou de déviance, est déterminante, mais reconnaissons-le, difficilement automatisable.

c) De ces indices, on doit ensuite dégager des formes. Il y a des cas où le passage est immédiat.

⁴ Pour obtenir des éclaircissements sur les symboles utilisés, il est souhaitable de recourir à de bons manuels d'analyse des planches du Rorschach. Quelques-uns d'entre eux sont donnés en bibliographie.

Exemple: le "choc au gris", facile à reconnaître, permet des diagnostics sûrs. Mais ce n'est pas toujours le cas. C'est généralement une constellation d'éléments qui conduit au diagnostic et permet des déductions. L'automatisation sera alors difficile.

d) Le classement des indices selon le domaine peut entraîner des difficultés.

Tous les termes proposés par le sujet n'entrent pas directement dans les catégories prévues, comme:

Humain Animal Scène Anatomie etc...

Il faudra traiter les informations "à la main". Le classement dépend alors largement de l'expert qui y procède.

e) Il faut aussi tenir compte de l'attitude du patient tout au cours de la passation:

- hésitations
- réinterprétations
- assurance fausse
- certitudes suspectes
- etc...

Exemple: pour qu'il y ait "choc au rouge", faut-il obligatoirement qu'il y ait une production linguistique contenant le mot "rouge"? Un bon psychologue peut conclure qu'il y a choc au rouge simplement à l'attitude qu'a prise le patient en voyant la planche. On peut constituer des bases de données consultables; quant à obtenir un relevé de bonne qualité, il ne faut pas encore y songer. Ne confondons pas relever des occurrences et produire un diagnostic.

L'interprétation des indices

Si le relevé des indices pose problème, peut-être leur interprétation est-elle plus facile?

a) Il est tout à fait possible d'écrire des bases de règles, donc un système expert permettant d'évaluer le symptôme:

Exemple: Si G > Norm ALORS Mauvaise appréhension de soi.

On peut aussi avoir des valuations comme:

Si choc-au-rouge > 0.8 ET indice-angoisse > 0.8 ET Sex > 0.5 Alors Difficultés sexuelles > 0.8.

Un moteur-zéro plus peut donner toutes satisfactions dans ce genre de calculs.

b) Le diagnostic exige aussi de prendre en compte d'autres paramètres comme:

- la socialisation
- l'intelligence du patient
- etc...

L'expert interprète l'ensemble des données dans une lecture globale. Ceci est-il possible avec l'outil qu'est le SE?

On peut traiter la question en filtrant les données dans des paquets de règles, des "chunks", chacun représentant la socialisation, l'intelligence, etc., de telle manière que l'évaluation globale puisse prendre en compte les valeurs déduites, et modifier leurs valeurs.

c) L'expert humain interprète les indices relevés selon les cas pathologiques qu'il a précédemment traités. Il faut alors adjoindre au système des paquets de règles spéciaux qui sont des expertises acquises au cours de traitements précédents. Ceci se fait pour les jeux électroniques comme les jeux d'échecs, où la machine dispose de schémas de fins de parties, qui ont été des coups joués, et que l'on stocke en mémoire...

d) Il est enfin nécessaire de personnaliser les interprétations. A partir d'un certain moment dans la démonstration, un système peut présenter plusieurs conclusions, en précisant à chaque fois le nom de l'expert qui la produirait, en précisant qu'il appartient à tel ou tel courant, et qu'il est une personnalité de la psychiatrie:

- école psychanalytique
- école traditionnelle.

Ceci est d'autant plus intéressant qu'un système expert peut donner une trace des démonstrations qu'il a effectuées, tout en y ajoutant des commentaires. On peut aussi avoir interactivité.

Rien n'empêche, sur le plan informatique, de mettre au point un tel système, et on voit les services qu'il peut rendre. Il peut faire tous les calculs fastidieux sur les indices, effectuer des calculs statistiques, des pourcentages de types de réponses, par exemple, donner diverses lectures des indices. On peut en attendre des mises en évidence de corrélations très rares auxquelles les experts sont peu habitués. Envisager la totalité des

interprétations possibles permet d'échapper aux interprétations trop routinières.

Cependant une telle approche n'a-t-elle pas quelques limites?

La fiabilité des indices

Il ne suffit pas d'obtenir une ou plusieurs interprétations, le problème est de s'interroger sur leur fiabilité.

a) Un patient présente-t-il toujours une déviance précise, qui réponde à une forme connue? Il peut se produire plusieurs déviances parallèlement. On parle de psycho-névroses, et tous les manuels de psychopathologie ne classent pas les troubles selon les mêmes schémas. C'est sur ce point que le système devient faible. On est en face de plusieurs scripts qui sont en compétition. Et ce n'est pas obligatoirement le script dominant à l'instant du test qui se stabilisera. Par delà le diagnostic, il y a le pronostic!

- déviance réelle
- début des symptômes
- troubles tout à fait normaux dans le contexte où se trouve le patient
- etc...

Un pronostic, un diagnostic, sont autre chose qu'une accumulation de données filtrées:

- le psychologue engage sa responsabilité
- dans une analyse psychologique la société pèse de tout son poids, à tout moment : tensions sociales, morales etc...

Quelle est alors la pertinence du SE?

L'analyse de la déviance par un tel outil, bien qu'envisageable, risque de chercher sa place entre le gadget à consulter par curiosité, et l'appareil dangereux auquel on regretterait d'avoir un jour accordé sa confiance.

En tout cas, le SE oblige à dégager clairement les connaissances, le fondement des intuitions, les principes qu'utilisent les experts.

Conclusion

Le SE, comme moyen d'investigation de la déviance, n'est nullement à exclure, si l'on cherche à s'en servir comme outil d'investigation. Si une expertise existe, elle doit pouvoir être exprimée sous la forme d'une base de règles.

Cependant, le cas de la psychiatrie montre la complexité de l'outil à mettre en oeuvre, sa fragmentation en champs différents les uns des autres, et l'existence dans ces champs de zones irréductibles à un traitement par règles.

On est probablement loin d'avoir écrit des SE acceptables, capables de fonctionner à la place des humains, mais rien n'empêche de penser que la réalisation en soit possible.

L'expert, dans tous les cas, doit être capable de produire son expertise, et le SE est tout à fait capable de la recueillir. Tout domaine où la déviance apparaît (et que dire du langage tant sur le plan lexical que sémantique, syntaxique ou pragmatique), est un domaine ouvert aux SE. Les emplois dans la recherche linguistique sont assurément très nombreux.

3°) Les réseaux neuronaux

Un autre outil qui traite la déviance, mais de façon à pouvoir anticiper ses développements, est le réseau neuronal. On construit alors une simulation du script, du frame, du schéma, et on suit la façon par laquelle il se déplace, il dévie.

a) Architecture des réseaux neuronaux

Sans entrer dans le détail technique, et étant donné la diversité des architectures neuronales, nous ne présenterons que les grandes lignes de l'outil et seulement les aspects pertinents pour le problème de la déviance.

Un réseau neuronal est un ensemble de "neurones", c'est-à-dire de cellules recevant des informations et propageant une partie des informations qu'elles reçoivent, dans le réseau lui-même.

On a donc des modifications apportées constamment au contenu de chaque cellule:

- informations venant de l'extérieur
- informations venant des cellules entre elles
- informations venant par feed back d'un modèle auquel le réseau s'efforce de ressembler.

Nous n'entrerons pas dans le détail des réseaux neuronaux qui ont été mis au point, comme :

- les réseaux néo-hebbiens
- les réseaux de Kohonen
- les réseaux par feed back
- les réseaux de type avalanche.

L'intérêt du modèle est que l'on échappe aux concepts clairs et nets, taillés dans une réalité immuable, pour prendre en compte le côté flou et changeant des connaissances, sans qu'on ait besoin de connaître le schéma interne du traitement. L'observation des matrices de chiffres est rarement de grand intérêt.

Les réseaux neuronaux peuvent servir dans la résolution de problèmes, les simulations, l'apprentissage. Comment vont-ils être construits pour rendre compte de la déviance?

On construit la "forme à apprendre", qui est celle de l'objectif à atteindre. On dispose, par ailleurs, de la "forme" de l'apprenant. On peut alors:

- mesurer le temps mis par le réseau à apprendre la forme à atteindre
- constater l'impossibilité de l'apprentissage
- faire intervenir des paramètres comme le bruit
- donner de nouvelles valeurs aux constantes d'apprentissage
- changer les temps d'exposition
- modifier les paramètres d'oubli...

Toute la difficulté réside dans la construction de la forme normale. On trouve chez Rumelhart et Clelland des propositions intéressantes pour des réalisations en sémantique, phonologie, syntaxe, psychiatrie, etc...

Nous prendrons l'exemple de l'apprentissage de règles de grammaire. L'enfant est soumis à un apprentissage de règles syntaxiques, portant sur l'acquisition de la règle d'accord des participes. Si l'on effectue des observations de corpus, on constate les points suivants :

- L'enfant se trompe longtemps sur des structures comme:

1 Marie a déambulé dans les rues.

La difficulté d'apprentissage n'est pas à associer à des structures syntaxiques complexes.

-- On montre que des phrases syntaxiquement longues sont bien traitées:

2 La brebis que le loup a mangée.

- Mais ce n'est pas toujours le cas :

3 Les chemins que la neige a blanchis.

Une telle phrase occasionne beaucoup de fautes d'accord, alors que par ailleurs la règle semble bien comprise.

-- Des structures avec inversions et relatives ne sont jamais comprises:

4 L'ogre qu'avaient frappé les enfants.

Ces différents exemples font penser qu'un modèle fonctionnant selon des règles de production et représenté sous forme d'arborescence n'est pas celui dont dispose l'apprenant.

Plus le parcours de l'arbre serait bref, plus il serait facile à apprendre. Ceci n'est pas vérifié dans la phrase 1. La différence syntaxique entre la 2 et la 3 n'est pas suffisante pour justifier la difficulté d'apprentissage constatée.

Cependant des phrases avec emboîtement de niveau 2 et inversion posent des problèmes insurmontables à l'apprenant (phrase 4).

Expériences et solutions dans un modèle neuronal

En se fondant sur le traitement de la syntaxe anglaise par Clelland et Rumelhart ainsi que sur nos simulations personnelles, que constatons-nous? La "reconnaissance" de formes dépend des contenus syntaxico-sémantiques⁵:

Nombre d'erreurs enregistrées pour des phrases données à la suite d'un nombre de cycles d'apprentissage:

Nombre de cycles d'apprentissage		5	10	20	30	40	50
Phrases :							
l'homme a mangé	nombre d'erreurs	72	38	23	30	20	10
l'agneau a mangé		75	44	25	19	15	19
le garçon a mangé		73	47	45	36	26	8
la poupée a marché		97	64	46	64	45	42
la femme a cassé le carreau		65	38	33	21	14	13
le garçon a cassé l'assiette		59	56	17	31	20	18

⁵ Des précisions peuvent être obtenues dans "Parallel distributed processing" de Rumelhart et Clelland (voir bibliographie).

Que pouvons-nous tirer de la lecture de ce tableau, et d'autres observations encore?

Tout est irrégulier, comme nous le voyons dans l'apprentissage de l'enfant. L'apprentissage relève de la déviance et non d'un parcours figé, d'un script ou d'un frame. La reconnaissance d'une phrase est protoplasmique et non mécanique. Ce n'est pas parce qu'une phrase est longue, qu'elle est difficile à traiter:

La femme a cassé le carreau	13
La poupée a marché	42
etc.	

Ce n'est pas parce qu'une phrase est courte qu'elle est reconnue avec facilité:

L'homme a mangé	10
L'homme a marché	20

Le codage est syntaxico-sémantique et des éléments de l'un et l'autre champ peuvent interférer pour rendre la reconnaissance difficile. Ce modèle est compatible avec les à-coups observés dans l'acquisition. On voit qu'une forme peut être acquise en partie puis oubliée. Un parcours de graphe, une fois établi, ne peut plus entraîner d'erreurs.

On n'est jamais dans le tout ou rien. L'acquisition est un procédé psychologique intégrant la maturation, alors qu'un graphe est connecté ou non à un autre. On passe du vrai au faux, sans transitions... Il ne peut que se produire de mauvais branchements, éventuellement. Un réseau neuronal peut s'effriter par parties, certainement pas une A.T.N. (Augmented Transition Network)⁶.

Il est vrai que certaines formes syntaxiques sont plus difficiles à retenir, mais il en va de même des formes sémantiques. On sait par la Gestalt qu'il est des formes plus faciles à retenir que d'autres.

Le réseau neuronal permet de suivre, de simuler l'acquisition des connaissances et leur déviation, ce que les modèles en arborescences sont

⁶ Le traitement automatique de la syntaxe a été fait à l'aide de graphes dont les A.T.N. représentent la forme la plus parfaite. L'utilisation de registres permettant de stocker des informations utiles pour l'analyse des éléments à venir dans la phrase, par exemple, constitue un progrès par rapport à des analyseurs de type markovien. Les A.T.N. ont été mises au point par Woods dans les années 70. Aujourd'hui certains cognitivistes prendraient ce modèle comme référence du câblage syntaxique humain.

incapables de faire. Les modèles modulaires ou hiérarchiques échouent dès qu'ils affrontent la modélisation liée à l'acquisition.

Si les réseaux neuronaux sont à la base du traitement syntaxique, on doit coder ces connaissances sous forme de micro-traités, de telle façon que les traits syntaxiques puissent consolider l'analyse des traits sémantiques, et inversement. C'est bien ce que l'on constate chez l'enfant.

Conclusion

En tenant compte de ces faits, on est amené à penser que l'approche neuronale donne de meilleurs résultats que l'approche par arborescence dans l'acquisition de la syntaxe, pour l'explication des fautes, des chemins pris par l'apprenant constituant son savoir autour du noyau grammatical. Disposer d'un système qui produit des fautes, comme l'individu humain, est tout à fait précieux. Il restera à construire les "formes" que le système devra reconnaître, mais cette activité n'est pas plus complexe que celle d'écrire des bases de règles pour un système expert!

Un mot pour ouvrir le débat

Plutôt que de mettre systèmes experts et réseaux neuronaux en compétition pour traiter la déviance, il vaudrait mieux penser que l'on aurait là deux approches complémentaires.

Le système expert simule le comportement de l'expert face à des problèmes comme la reconnaissance des indices révélateurs de déviance, le diagnostic de la forme présente, et l'évaluation de son écart par rapport à la norme.

Le réseau neuronal, lui, est tout à fait apte à rendre compte du comportement de l'individu, à explorer la déviance en elle-même, dans son évolution.

L'intelligence artificielle a quelque chose à dire, avec ces deux outils que sont les systèmes experts et les réseaux neuronaux, à propos de la déviance.

Bibliographie

- BOHN, E. (1985): *Traité de psychodiagnostic de Rorschach*, Paris, Masson.
- BUCHANAN, B. C. (1984): *Rule based expert systems Shortliffe*, Massachusetts, Adison and Wexler P C.
- CHABRET, C. (1983): *Le Rorschach en clinique adulte*, Paris, Dunod.
- DARDIN, J. (1987): *Systèmes experts et sciences humaines*, Paris, Eyrolles.
- DAVIS, R., D. B. LENAT (1982): *Knowledge based systems in A I*, New York, Mac Graw Hill B C.
- DINCBAS, M. (1989): *Contribution à l'étude des SE*, Toulouse, ONERA.
- FIESCHI, J. (1984): *Intelligence artificielle en médecine*, Paris, Masson.
- HAYES-ROTH, F. (1983): *Building expert systems*, Massachusetts, Addison and Wexley.
- LEHNERT, W.D., M.H. RINGLE (1982): *Strategies for natural language processing*, L.E.A, Londres.
- MAUREEN Caudill, Charles BUTLER (1992): *Understanding neural networks*, Massachusetts, M I T Press.
- MICHIE, D. (1983): *Expert systems and fuzzy sets*, Massachusetts, Benjamin and Collins P C.
- PERRAUT-LE BONNIEC, (1989): *Cours de D.E.A.*, Paris V.
- RORSCHACH, H. (1978): *Psychodiagnostic*, Planches, Berne, Hans Huber.
- RUMELHART, D.E., J.L. Mc CLELLAND, (1986): *Parallel distributed processing*, Massachusetts, M I T Press.
- VOYER, K. (1987): *Moteurs de systèmes experts*, Paris, Eyrolles.

WOODS, W.A. (1973): "An experimental parsing system for transition network grammars", in *Natural language processing*, edited by R. Rustin, New York, Algorithmic Press.