

VERS DES LUMIÈRES HAYEKIENNES

DE LA CRITIQUE DU RATIONALISME CONSTRUCTIVISTE À UN NOUVEAU
RATIONALISME CRITIQUE

JEAN PETITOT¹

COLLOQUE DE CERISY
FRIEDRICH HAYEK ET LA PHILOSOPHIE ÉCONOMIQUE
24-31 AOÛT 1999

Résumé

La thèse défendue dans cet article est que la modélisation actuelle des systèmes complexes cognitifs, économiques et sociaux donne raison à Hayek quant à sa vision de notre modernité, justifie le conservatisme apparent de son libéralisme et change même si profondément notre concept de rationalité qu'elle permet de dépasser la critique hayekienne du rationalisme constructiviste pour développer un nouveau rationalisme critique. On peut ainsi parler de Lumières hayekiennes et concevoir son libéralisme comme une nouvelle *Aufklärung*.

Mots clés

Complexité, cognition, rationalité, *Aufklärung*, automate, dilemme du prisonnier, programmation génétique, apprentissage, catégorisation, sens commun, finalité.

Abstract

The paper upholds the thesis that the contemporary modelling of complex cognitive, economic, and social systems vindicates Hayek's conception of modernity, justifies the apparent conservatism of his liberalism and changes so drastically our conception of rationality that it allows to overcome Hayek's criticism of rational constructivism and to work out a new form of critical rationalism. It is now possible to speak of an Hayekian Enlightenment and to conceive of his liberalism as a new *Aufklärung*.

Key words

Complexity, cognition, rationality, *Aufklärung*, automaton, prisoner dilemma, genetic programming, learning, categorization, common sense, finality.

¹ CREA, 1 rue Descartes, 75005 Paris, France. petitot@poly.polytechnique.fr

INTRODUCTION

J'aimerais proposer quelques remarques sur la modélisation des systèmes complexes cognitifs, économiques et sociaux afin de montrer que leur actualité scientifique non seulement donne sur certains points raison à Hayek au-delà de ce qu'il aurait pu lui-même espérer mais change même si profondément notre concept de rationalité qu'il permet *d'unifier* les conceptions hayekiennes et le rationalisme qu'elles ont si souvent critiqué, parfois jusqu'à essayer de le disqualifier.

Je pense que l'on peut non seulement confirmer Hayek quant à sa vision de notre modernité, mais que l'on peut même aller au-delà de sa critique du rationalisme pour développer un nouveau rationalisme critique. En général, même les hayekiens les plus engagés émettent de sérieuses réserves sur certaines thèses, en particulier celles concernant la justice sociale. Mon point de vue sera ici tout différent. On peut l'expliquer en quelques mots de la façon suivante.

1. Dans la critique hayekienne du rationalisme politique et juridique classique hérité des idéologues des Lumières, il existe une ambiguïté entre :

- (i) une étonnante clairvoyance à propos de sciences d'un nouveau type gnoséologique, disons pour aller vite les sciences évolutionnistes des organisations complexes et les neurosciences cognitives, et, dans le même temps,
- (ii) la défense — en matière de sens commun, de règles de conduite et de droit — d'un traditionalisme pré-scientifique.

On a souvent souligné chez Hayek cette ambiguïté profonde entre un avant-gardisme scientifique et un conservatisme politique et on l'a traitée comme une sorte de péché originel conservateur qui obérerait, en l'accablant d'une dette à l'égard du progressisme qui serait impossible à honorer, sa défense et illustration du libéralisme.

2. Mon propos sera d'affranchir cette défense d'un tel handicap en justifiant scientifiquement le conservatisme apparent du libéralisme hayekien. L'idée directrice est que certains développements récents de certaines sciences changent les données du problème et permettent d'unifier la pensée hayekienne *en justifiant (ii) au nom même de (i)*. Les traditions et les règles du sens commun sont le résultat d'une évolution culturelle qui, comme toute évolution, peut être assimilée à un apprentissage collectif sélectionnant des stratégies qui, même si elles ne sont pas optimales, sont en tout cas extrêmement performantes et pratiquement impossible à trouver de façon planifiée. Or, comme il en va actuellement dans les théories de la phylogénèse biologique, la maîtrise de la complexité de tels processus évolutionnistes permet d'engendrer par synthèse computationnelle des évolutions culturelles *virtuelles* et d'enrichir expérimentalement le domaine des stratégies héritées du sens commun.

On pourrait dire grosso modo que, chacun à leur façon, (i) est post-galiléen et (ii) pré-galiléen ou néo-aristotélécien. A ce titre, Hayek fait partie de ces courants autrichiens néo-aristotélécien qui critiquent la *crise* du rationalisme mécaniciste et n'y voient comme

alternative qu'un *retour* à une conception préscientifique du vivant, du mental, du social et du sens commun. Quand je parle ici d'Aristote et de Galilée, il s'agit évidemment d'une périodisation très grossière désignant ce avec quoi le rationalisme mécaniciste moderne a fait rupture. Il est bien connu qu'en matière d'économie politique Hayek a souvent accusé Aristote de n'avoir rien compris à la forme de marché qui avait émergé dans le commerce (en particulier maritime) athénien. Pour Aristote l'*oikonomia* concernait les comptes du foyer et il méprisait le marché, les *chrematistika* (PF, p.64).² Selon Hayek, le Stagyrite serait ainsi à l'origine du mépris pour la production, l'échange et le profit dérivé d'une systématisation morale du micro-ordre économique.

Disons pour faire encore plus bref que, de par certains de leurs développements les plus féconds et les plus originaux, les sciences post-galiléennes sont en train de se réapproprier le refoulé pré-galiléen (aristotélicien) des sciences galiléennes classiques.

Ce *factum rationis* permet de redonner à la pensée de Hayek une *unité* gnoséologique. Le bénéfice principal de l'opération est de pouvoir alors appliquer à cette unité toutes les ressources d'un rationalisme critique fort, de type *néo-kantien*.³ Cela est important car le rationalisme kantien, au niveau de son architectonique et de son système, est éthiquement supérieur. Un néo-kantisme des sciences hayekiennes peut donc être une façon de surmonter les réserves éthiques sur son libéralisme. Mais il n'est possible que dans l'après-coup de la constitution de ces sciences et de leur accès de plein droit au rang de nouvelles technosciences proprement dites. Bref, selon moi on peut parler, sans paradoxe et en toute rigueur, de Lumières hayekiennes et concevoir son libéralisme comme une nouvelle *Aufklärung*. Il suffit de comprendre qu'il est l'aspect socio-économique d'une scientificité de l'organisation qui est parfaitement compatible en droit avec le rationalisme critique.

Cette perspective sur Hayek (qui pourra paraître quelque peu insolite) s'inscrit dans un programme de recherches que je développe depuis longtemps et qui consiste:

- (i) à montrer que la signification gnoséologique profonde des progrès des sciences de la complexité et des sciences cognitives est bien de permettre aux sciences de se réapproprier le "refoulé aristotélicien" de la coupure galiléenne;
- (ii) d'investiguer les conséquences de cette réappropriation pour toutes les disciplines qui avaient essayé, contre le rationalisme mécaniste, de "sauver" ce "refoulé".

I. RAPPELS SUR LA CRITIQUE DU RATIONALISME CONSTRUCTIVISTE CHEZ HAYEK ET SUR SES CONSÉQUENCES THÉORIQUES

² PF= *La Présomption fatale*, Hayek [1988].

³ Le qualificatif de "néo-kantien" ne fait pas référence ici à l'Ecole de Marburg, mais aux conceptions néo-kantiennes contemporaines.

Je retiens les six points suivants de la conception hayekienne, en m'appuyant entre autres sur la (magistrale) synthèse proposée par Philippe Nemo.⁴

1. La critique du rationalisme constructiviste en matière de politique, de droit et de morale est légitime. Le constructivisme est la mauvaise part des Lumières. On pourrait en conclure, comme l'a d'ailleurs souvent fait Hayek lui-même, à l'erreur de tout rationalisme et en revenir à un empirisme pragmatique et utilitariste. Mais cela est difficile car la part théorique (scientifique et gnoséologique) du rationalisme moderne est parfaitement admise par Hayek puisque c'est sur elle que repose toute la puissance techno-scientifique sans laquelle le marché ne serait rien. Un examen plus attentif et une étude plus détaillée montrent toutefois que le rationalisme que condamne Hayek est le rationalisme politique, celui des idéologies. Sa critique reste donc compatible avec le rationalisme critique que ces dernières trahissent. On reste par conséquent philosophiquement fidèle à Hayek en affirmant que pour lui le rationalisme doit bien être *critique*, fondé sur une *auto-limitation* de la raison découlant elle-même d'une *finitude* radicale de l'entendement humain et que la dénonciation du rationalisme constructiviste est celle d'un rationalisme *inconditionné* qui, au lieu de tirer son efficacité opératoire de son auto-limitation même, est victime de la "présomption fatale" d'une toute puissance omnisciente.

Le constructivisme planificateur nie la complexité organisationnelle au profit du contrôle social étatique et élimine l'intelligence collective résultant de l'évolution historique. Or, à cause de l'irréductibilité de la complexité endogène des systèmes organisés, la planification et la prévision sont nocives non seulement en fait mais en droit. Dès qu'elles cessent d'être régulatrices pour devenir normatives et déterminantes, elles font chuter la complexité interne et trivialisent les dynamiques auto-organisationnelles.⁵ Elles paralysent la main invisible de Smith.

Il est impossible de posséder une connaissance complète des causes et des effets des actions. Il y faudrait une omniscience laplacienne. A cause de la complexité même de leurs interactions et du caractère distribué des connaissances associées, on ne peut pas aller au-delà de leur coordination cohérentes. Les structures organisationnelles ne sont pas récapitulables dans une intelligence individuelle. Leur synthèse rationnelle est impossible et, lorsqu'imposée par un pouvoir politique, ne peut déboucher que sur des effets pervers. C'est à cause de vérités systémiques profondes que la planification produit toujours *l'inverse* de ce qu'elle vise.

2. Le marché et la monnaie sont des *nécessités informationnelles* permettant d'accéder à une allocation correcte des ressources. L'intelligence des agents étant limitée,

⁴ Nemo [1988].

⁵ Comme le disait Arthur Koestler à la fin du *Zéro et l'Infini* "il y a une erreur dans l'équation".

leurs préférences incommensurables et leurs connaissances incomparables et distribuées dans un système multi-agents, les valeurs socialisables sont avant tout des valeurs d'échange désémantisées, sauf à devenir des valeurs dogmatiquement inculquées (comme les valeurs morales). Les systèmes économiques sont des systèmes d'échange complexes acentrés, ouverts, auto-organiseurs, en équilibre dynamique (métastable). D'où le rôle essentiel du marché comme forme de circulation d'informations pour la coordination des actions. Les prix sont des signaux, et même des signes, encodant des informations sur les ressources et les besoins.

L'ordre auto-organisationnel du marché (la main invisible) constitutif de la catallaxie est fonctionnellement spontané et historiquement extensif. Il permet aux agents d'échanger sans partager les mêmes valeurs, c'est-à-dire sans qu'il y ait une communauté de fins (la différence des objectifs ne pouvant conduire qu'à la guerre de tous contre tous: le Leviathan hobbesien) mais seulement une communauté de moyens. Le marché garantit la coopération malgré la divergence des intérêts et la concurrence des fins. La conséquence de la nature complexe de l'ordre catallactique est que son contrôle "synoptique" est impossible et repose sur une erreur scientifique.⁶ Il y existe une opacité structurelle rendant la concertation, la délibération et les consensus communautaristes impossibles autrement que par coercition. Des jugements et des comportements convergents ne sont possibles que dans de petites communautés et les sociétés modernes ne sont pas, ne peuvent pas être et ne doivent pas être, des communautés. Leur régression communautariste est une pathologie systémique.

Mais en même temps, c'est précisément parce que "l'ordre étendu" est un *macro*-ordre de coopération globale où les règles archaïques de solidarité et d'altruisme ne peuvent opérer que localement et seulement pour des communautés restreintes, qu'il n'est pas "naturel" pour les individus. D'où ce que j'appellerai *l'antinomie systémique de l'organisation*: elle est localement homogène et planifiable mais globalement hétérogène et immaîtrisable (sauf à faire dégénérer sa complexité). C'est la confusion — l'erreur de catégorie — du local et du global, du micro et du macro, de l'homogène et de l'hétérogène, qui est la source du "fatal conceit".

3. Sur le plan cognitif (individuel et social), il existe une origine évolutionniste des règles de perception et de conduite, des conventions et des normes. Ces patterns d'action sont le résultat d'une sélection culturelle — donc d'un *apprentissage* collectif-historique — fonctionnant comme un processus concurrentiel ayant avantagé les groupes les ayant adoptés. Ils permettent d'agir sans devoir à chaque fois récapituler toutes les expériences permettant d'agir. Le *sens commun* est lui-même un ensemble de connaissances tacites et de schèmes pratiques permettant, en *schématisant* (et donc en

⁶ Cf. plus bas les rappels sur la théorie des systèmes acentrés.

simplifiant) l'expérience de notre environnement et en la ramenant à des situations *génériques* valables par défaut, d'y agir et d'y prévoir sans nous laisser submerger par le haut flux d'informations non pertinentes (non significatives) charriées par sa complexité.⁷ La psychologie cognitive de ces schèmes est inséparable d'une psychologie sociale évolutionnaire. En ce sens, les traditions sont des "savoirs incorporés" d'origine en quelque sorte "phylogénétique" (au sens de l'évolution culturelle) et il est par conséquent *rationnel* de s'y conformer "ontogénétiquement".

Ces schèmes simplifient des situations *typiques*, à la fois concrètes et abstraites, adaptativement couplées à des actions. De même qu'en biologie évolutionniste les a posteriori phylogénétiques fonctionnent comme des a priori ontogénétiques, on peut dire que ces règles fonctionnent pour les sujets comme des a priori. En ce sens il y aurait chez Hayek un *a priorisme évolutionniste* expliquant *l'auto-transcendance* des règles. Comme le langage, elles procèdent d'institutions symboliques ne relevant ni d'une intelligence omnisciente ni d'un contrat social délibératif mais bien plutôt d'une sélection naturelle.

4. On sait qu'un problème difficile est de savoir quelle est la nature de l'évolution culturelle en tant que sélection naturelle de règles de conduite.

Ainsi qu'y insistent Robert Nadeau et Paul Dumouchel,⁸ ces maximes d'action ne sont pas des préceptes éthiques. Elles sont purement *procédures*.⁹ Ni mœurs primitives, ni règles rationnelles réflexivement adoptées, elles sont *abstraites et négatives*. Ce sont des maximes générales d'interdiction ou de prohibition¹⁰ se bornant à fixer des limites aux actions.

Là aussi, il existe une erreur gnoséologique du socialisme et de son concept de justice sociale. Il veut croire à des maximes d'action qui seraient des règles positives concrètes. L'"immoralisme" hayekien, son "athéisme" envers la religion démocratique de la justice sociale pourrait s'exprimer en disant que pour lui l'éthique doit être darwinienne et non lamarckienne, sélective et non instructive. L'aporie d'une véritable éthique sociale est de concevoir un ordre moral qui soit non téléologique et, encore plus, non thématé à partir d'un universal comme le Bien, bref, qui ne soit pas un jugement de valeur partagé mais seulement une régulation systémique.

Il y a bien là une aporie car, comme y insiste Robert Nadeau,

⁷ La logique des situations génériques est une logique *non monotone*.

⁸ Nadeau [1999], Dumouchel [1999].

⁹ Cf. l'exposé de Jocelyne Couture dans ce volume.

¹⁰ Un bel exemple anthropologique est la règle de prohibition de l'inceste qui, comme l'a bien montré Claude Lévi-Strauss, implique l'échange matrimonial restreint ou généralisé.

“lorsqu’elles sont thématiques pour elles-mêmes, ces règles morales sont la plupart du temps décriées, parce qu’elles sont perçues comme contredisant très souvent l’éthique rationalisée, qu’elle soit d’origine religieuse ou philosophique”,¹¹

Les maximes pratiques sélectionnées par l’évolution culturelle (propriété, liberté, justice) ne sont pas morales en tant que telles. Elles ne sont ni intentionnelles ni finales par rapport à un bien moral. Elles ne concernent pas les fins de l’homme. Mais elles sont pourtant les conditions de possibilité du bien général.

Une question théorique particulièrement difficile est de savoir par quels mécanismes précis de telles règles abstraites négatives ont pu être sélectionnées. En général, on pense en termes de sélection de groupes. Mais toute sélection de type darwinien doit porter exclusivement sur des individus. En fait on peut penser que ce sont bien les *règles* qui sont sélectionnées en tant que telles. Comme y a insisté Paul Dumouchel,¹² elles constituent un "génotype" qui, exprimé "phénotypiquement", se convertit en stratégies individuelles (maximes d'action). D’où l’homologation:

règle	génomme
ordre social	organisme
sélection de type sélection naturelle	sélection naturelle
évolution culturelle	évolution des espèces

La conséquence d'un tel point de vue est qu'une règle est plus qu'une description de régularité car une description ne saurait avoir d'efficacité causale. Le problème est extrêmement délicat. Comme me l'a signalé le referee anonyme,

"l'idée que les règles sont sélectionnées en tant que telles exige de trouver un processus biologique d'engrammation des règles".

Mais il faut voir qu'une évolution *de type* darwinien n'a aucune raison d'être biologique. Certes l'évolution biologique est prototypique mais, comme le montrent les algorithmes génétiques, on peut aussi définir une évolution de type darwinien pour certaines classes d'objet *formels* (cf. plus bas § II.2.3). C'est alors la structure symbolique même de l'algorithme qui constitue dans ce cas l'équivalent du génome.

¹¹ Nadeau [1999], p. 271.

¹² Dumouchel [1999]. Cf. aussi la contribution de cet auteur à ce volume.

5. Au niveau de la théorie du droit et de l'état, la thèse hayekienne est que l'état doit garantir les règles (droit civil abstrait nomologique opposé au droit public finalisé théorique). Si la liberté des échanges dans une société ouverte est un lien social producteur d'innovations et d'ordre spontané complexe, elle doit être politiquement assurée par un état de droit garantissant l'auto-organisation socio-économique.

6. Parce qu'il dénie la nature et les effets de la complexité, le "progressisme" politique socialiste est en fait fondamentalement obscurantiste. Il méconnaît radicalement la nature de la complexité et croit que l'ordre spontané et étendu évolutivement sélectionné par la catallaxie est récapitulable dans une intelligence rationnelle planificatrice. Or cela est impossible car il y faudrait une hyper-intelligence individuelle (un entendement "archétypique" aurait dit Kant) alors que l'intelligence humaine (surtout celle des décideurs politiques) est plutôt une hypo-intelligence (un entendement très "ectypique"). C'est pourquoi le progressisme repose sur la superstition d'une justice sociale fonctionnant magiquement comme une espérance (un tabou laïcisé) qui conduit fatalement à une augmentation constante de la dépendance par rapport à un état à la fois providence et parasite, à une demande croissante de contrôle et d'intervention qui conduit elle-même à son tour d'abord à la dictature des intérêts corporatistes et des groupes cratiques, puis à l'hétéro-organisation du contrôle politique brisant les mécanismes de production de richesses et de prospérité, pour aboutir enfin au totalitarisme.

On voit très nettement l'ambiguïté entre les thèses (i)-(ii) évoquées en introduction. Chez Hayek, la justification cognitive et évolutionniste du sens commun et des institutions fondant les règles et les maximes pratiques a pour fonction de justifier la critique du rationalisme constructiviste en matière de politique. Mais évidemment, rien n'interdit a priori une approche scientifique de cette justification. Une science suffisamment élaborée des organisations complexes devrait pouvoir démontrer *dans le cadre même d'un rationalisme scientifique élargi* que le rationalisme constructiviste est effectivement erroné. De même qu'une métamathématique (une mathématique des théories mathématiques, des preuves et des interprétations sémantiques) permet de démontrer l'existence de limitations internes des formalismes et l'erreur de l'idéal hilbertien d'une fondation finitaire, de même qu'une thermodynamique permet de démontrer l'existence de limitations universelles des échanges énergétiques et l'erreur de l'idéal d'un mouvement perpétuel, de même qu'une bonne théorie mathématique des systèmes dynamiques complexes permet de comprendre pourquoi des systèmes idéalement déterministes peuvent néanmoins être concrètement imprédictibles (chaos déterministe), de même une véritable science naturelle formalisée du social devrait pouvoir démontrer l'auto-limitation interne de la raison politique et l'erreur de l'idéal d'une justice constructiviste.

II. CONFIRMATIONS SCIENTIFIQUES DES THÈSES HAYEKIENNES

1. Les théories des systèmes complexes organisés adaptatifs

Certains travaux contemporains confirment le bien fondé scientifique du point de vue de Hayek sur la complexité. L'ayant fait longuement ailleurs et depuis longtemps, je ne vais pas revenir sur l'apport de théories comme celles des systèmes dynamiques non linéaires (de leurs attracteurs, de leurs propriétés de stabilité structurelle, de leurs bifurcations), du chaos déterministe, des phénomènes critiques et des états critiques auto-organisés, des structures dissipatives, ou de la synergétique.

Il est devenu maintenant banal ¹³ de remarquer que ces théories ont permis de comprendre sur des bases *physicalistes* comment les systèmes complexes naturels peuvent se constituer, s'adapter, s'auto-organiser stablement à un niveau "macro" et comment peuvent y émerger des structures causées par des phénomènes d'interaction "micro" sous-jacents (à la fois coopératifs et compétitifs). De tels systèmes possèdent tout un ensemble de propriétés "systémiques" qui les distinguent des systèmes classiques dont les théories physico-mathématiques avaient servi de support au rationalisme classique "mécaniste".

1. D'abord ce sont des systèmes à au moins deux échelles de structure (micro/macro) et à deux échelles de temps (rapide/lent). Même s'ils sont classiques au niveau micro-rapide, ils possèdent des propriétés émergentes d'un nouveau type au niveau macro-lent. Or ce n'est qu'à ce dernier niveau que leurs caractéristiques structurales et morphologiques apparaissent.

2. Ce sont des systèmes *singuliers* et *individus*, en grande partie contingents et résultant d'une évolution historique. Cela est dû au fait qu'ils ne sont pas concrètement déterministes (même s'ils le sont idéalement comme c'est par exemple le cas des systèmes turbulents) et présentent une sensibilité à des variations infinitésimales de leurs conditions initiales et de leurs contrôles, sensibilité induisant des effets de divergence de structure dans leur évolution temporelle. La théorie du chaos déterministe a conduit à une explication théorique de la non prédictibilité. Il s'agit là d'un résultat d'auto-limitation du déterminisme des systèmes dynamiques qui est aussi important que les théorèmes de limitation démontrés en logique dans les années 30. Le déterminisme mathématique idéal ne peut s'identifier à un déterminisme physique concret que dans les cas où les trajectoires du système sont stables (au sens de Liapounov). Or, comme y a insisté V. Arnold, l'instabilité (au sens de Liapounov) des trajectoires d'un système dynamique est une propriété *structurellement stable* (au sens de Thom-Smale) de certaines classes de

¹³ Mais cela ne l'était pas du tout dans les années 70 quand ces théories ont commencé à se développer.

systèmes dynamiques complexes. Elle n'a par conséquent rien d'exceptionnel. C'est une régularité de la nature et il en existe des modèles *universels*.

3. Ce sont des systèmes *morphologiquement* organisés à l'échelle macro par des patterns. L'organisation morphologique repose essentiellement sur l'émergence de *discontinuités qualitatives* provenant, comme dans les transitions de phases, de comportement collectifs d'ensemble qui brisent l'homogénéité des substrats. Ce sont les *brisures de symétrie* qui engendrent les discontinuités qualitatives constitutives des patterns.

4. Ce sont des systèmes hors équilibre possédant une régulation interne leur permettant de demeurer à l'intérieur de leur domaine de *viabilité*. Cette propriété de stabilité structurelle (d'homéostasie et d'homéorhèse) leur confère une robustesse systémique.

Eu égard à ces quatre propriétés, ces systèmes n'ont plus rien à voir avec les systèmes mécanicistes classiques. Il est remarquable qu'on ait pu les analyser, bien au-delà d'une théorie générale (domain independent), en termes de causalités micro sous-jacentes spécifiques (domain dependent) et d'émergence auto-organisationnelle. Pour évaluer leur statut épistémologique on peut considérer, comme l'a proposé Jean-Pierre Dupuy, les oppositions "holisme" VS "analyse en constituants" et "réductionnisme" VS "complexité". Les sciences classiques sont non-holistiques (disons analytiques) et réductionnistes. C'est pourquoi elles excluent l'organisation, la morphogenèse, la structuration en patterns, la régulation, la complexité systémique. Les nouvelles sciences sont au contraire *à la fois non-holistiques et non réductionnistes*. Elles étudient des structures globales émergentes. Les exemples abondent: comment des patterns morphologiques temporels (oscillations) et spatiaux (ondes spirales, pavages en "nid d'abeille", feuilletages, volutes turbulentes) peuvent être induits par des équations de réaction-diffusion (l'idée remonte à Turing); comment des réseaux de neurones (dont les équations différentielles sont analogues à celles des verres de spins en physique statistique) peuvent-ils expliquer des phénomènes cognitifs comme la catégorisation et l'apprentissage; comment les phénomènes critiques (par exemple les transitions de phase magnétiques) peuvent-ils se regrouper en classes d'universalité très largement indépendantes de la physique micro spécifique sous-jacente, etc.

Mais il est épistémologiquement important de noter que ces sciences de la complexité ne sont pas pour autant holistiques et finalistes car ce sont les interactions micro sous-jacentes qui y expliquent *causalement* les structures émergentes, même si celles-ci possèdent des propriétés d'autonomie et d'universalité *indépendantes* de la nature exacte de ces interactions. Elles justifient par conséquent un *dualisme faible* au sens de Robert Nadeau.¹⁴ C'est en restant analytiques qu'elles se réapproprient la part de

¹⁴ Cf. la conférence de R. Nadeau dans ce volume.

la réalité traitée jusqu'ici de façon non scientifique, holistique, spéculative, dialectique, vitaliste, finaliste.

Dans le domaine des interactions multi-agents, c'est exactement un point de vue analogue que Hayek a toujours défendu. L'illusion par excellence qu'il a dénoncée dans sa critique du rationalisme constructiviste (illusion qui, nous allons le voir, est un aspect de l'illusion transcendantale déjà bien analysée par Kant) est celle d'un holisme augmenté de l'attribution d'une finalité intentionnelle. Il critique essentiellement dans les conceptions socialistes non pas tel ou tel point technique mais une véritable erreur de principe, une conception "magique", anthropomorphe et "animiste", projetant une *intentionnalité* (une *finalité du sens*) sur l'ordre catallactique étendu de la civilisation moderne.

Dans le domaine bien défini des *démarches stratégiques* en entreprise et du *management* en milieu concurrentiel, la question peut être considérée comme réglée. C'est le rapport à la temporalité qui est essentiel et tout dépend de la conception théorique que l'on se fait de l'évolution temporelle des situations et des événements de l'avenir.¹⁵

(i) Si l'on se laisse inspirer par les concepts hérités des sciences physiques classiques, on considérera que l'avenir est idéalement déterministe, même si l'ignorance de la valeur exacte de nombreux facteurs le rend en grande partie probabiliste et donc concrètement non véritablement déterministe. En termes de systèmes dynamiques on considère que dans l'espace des phases (de très grande dimension) du système considéré les trajectoires sont stables au sens de Liapounov: une petite erreur sur les conditions initiales n'implique qu'une petite erreur sur toute l'évolution (autrement dit, si le point de l'espace de phases qui représente une condition initiale est épaissi en une petite sphère, la trajectoire qui en est issue est simplement épaissie en un petit tube). Cette propriété de stabilité rend les systèmes par essence prédictibles. Elle permet la *prévision* en tant qu'anticipation quantitative, analytique, idéalement déterministe et extrapolatrice.

(ii) La planification présuppose la prévision et donc l'essence prédictible des systèmes. Elle consiste à introduire de façon volontariste des actions programmées biaisant l'évolution naturelle et l'infléchissant vers des buts prévisibles. Pour ce faire elle transforme les conditions initiales. En ce sens, la planification suppose que l'avenir est maîtrisable parce qu'il est spontanément prévisible et qu'on peut l'infléchir de façon contrôlée. Elle suppose que l'État peut piloter une société moderne comme la NASA pilote une sonde spatiale: en allumant des fusées et rétrofusées appropriées aux moments appropriés on peut, grâce aux calculs de trajectoires permis par la théorie mécanique, mener la sonde où on le désire.

¹⁵ Je remercie Jean-Pierre Nioche, spécialiste de management stratégique, pour ses conférences au CNRS sur ce sujet.

(iii) Le problème est que cette conception planifiable de l'avenir est *incompatible* avec la nature profonde de l'évolution temporelle des systèmes complexes. Leurs trajectoires sont en effet sensibles aux conditions initiales et les erreurs sur les conditions initiales s'amplifient exponentiellement. Toute prévision devient alors impossible et l'idée de planification perd son sens. Lorsque l'avenir est indéterminable, la planification ne peut être que remplacée par une *prospective* qualitative, globale et *adaptative*, tenant compte des aléas issus de la complexité interne du système (par exemple celle due à l'interaction des agents).

Ces divergences de conceptions influent grandement sur la notion de stratégie. Une stratégie est un choix d'activité et d'allocation de ressources. Elle a pour objectif de développer un avantage compétitif défendable dans le long terme. Les stratégies fondées sur la planification et le contrôle ont toutes abouti à des échecs majeurs pour des raisons structurelles. La complexité des organisations et de leurs environnements exige la prospectivité, la réactivité, l'innovation, le redéploiement, les échanges, les réseaux. Les théories et les pratiques du management stratégique sont nées de cette exigence. Elles conçoivent les processus stratégiques comme des lignes directrices régies par une logique d'action cohérente et adaptative émergeant d'un flux d'action. Ce genre de stratégie couple une stratégie intentionnelle et délibérée (top down) avec une stratégie émergente des interactions (bottom up). Cela signifie que, en raison de l'instabilité structurelle des dynamiques internes, les stratégies planificatrices ne peuvent plus être que *régulatrices* — et non plus *déterminantes* — pour les décisions.

Aux théories permettant de modéliser les systèmes complexes à partir de lois et d'équations fondamentales est qui plus est venu s'adjoindre un autre progrès, que les chercheurs du Santa Fe Institute ont proposé d'appeler *la synthèse computationnelle*. Il s'agit de la possibilité de simuler des systèmes complexes sur de gros ordinateurs. Cela est très important car cela fournit aux sciences correspondantes, qui ne peuvent pas reconstruire leurs objets en laboratoire, une nouvelle *méthode expérimentale*. La synthèse computationnelle leur permet en effet de construire et de tester une *réalité virtuelle* obtenue au moyen d'une *ingénierie de l'artificiel*. Ce problème de la méthode expérimentale qui faisait jusqu'ici défaut est évidemment essentiel tant sur le plan méthodologique qu'épistémologique.

On me permettra de faire ici une remarque qui prolonge l'exposé de Robert Nadeau. Conçue dans un sens fort, une science interprète de façon falsifiable les données empiriques à partir :

- (i) d'une analytique théorique conceptuelle;
- (ii) d'une synthèse computationnelle permettant de reconstruire algorithmiquement la diversité des phénomènes empiriquement donnés.

Une science n'est authentiquement rationnelle que si elle comprend le second moment et permet de *calculer* une simulation de son domaine empirique de réalité — autrement dit

de reconstruire ses phénomènes — à partir d’algorithmes génératifs conceptuellement fondés.

Le lien de réciprocité entre ces deux moments est absolument essentiel mais aussi extrêmement difficile à réaliser, et en fait extrêmement rare. L’analytique conceptuelle correspond à ce que l’on appelait autrefois la *subsumption* de la diversité empirique sous l’unité des concepts. La synthèse computationnelle résout *le problème inverse* de la subsumption conceptuelle. Elle transforme les concepts en *algorithmes* générateurs d’une diversité formellement construite qui peut être comparée à la diversité empirique donnée. C’est elle — et seulement elle — qui permet la prédictibilité (pas nécessairement au sens du déterminisme mécanique, cf. plus haut) et la réfutabilité. Par essence, une analyse conceptuelle ne permet aucune prédictibilité d’aucune sorte et ne peut donc être réfutée.

Dans les sciences classiques ce sont *les lois* — exprimées par des équations différentielles fondamentales — qui permettent de résoudre le problème inverse et de réaliser la synthèse computationnelle. Ces équations sont des objets étonnants: leur *forme* (simple) exprime des principes physiques généraux (symétries, invariances, conservations) mais leurs *solutions* (en général complexes) simulent une diversité phénoménale infinie.

On a souvent considéré jusqu’ici, c’est entre autres le cas de Hayek, que l’absence de lois rendait impossible une science forte pour des raisons de principe et qu’il fallait alors changer de point de vue. Mais une donnée fondamentalement nouvelle de notre activité scientifique est précisément que l’on peut effectuer des synthèses computationnelles *sans* disposer nécessairement de lois, et par conséquent développer une méthode expérimentale et une reconstruction du réel par simulation, algorithmes et calcul, pour des domaines de réalité *non nomologiques*.

2. Les modèles sociaux

D’autres dans ce Colloque sont bien plus qualifiés que moi pour parler de l’application de ces théories, modèles et simulations à l’économie. Je me bornerai donc ici à quelques exemples un peu.

2.1 Les systèmes d’automates acentrés

Autrefois (au début des années 70) j’ai étudié le plus simple des problèmes de coordination pour une intelligence distribuée. C’est le fameux problème de la *synchronisation* d’un réseau d’automates.¹⁶ Considérons des automates distribués sur un réseau quelconque et ne pouvant communiquer que *localement* avec leurs voisins immédiats. Comment peuvent-ils globalement se synchroniser, c’est-à-dire se mettre tous

¹⁶ Cf. Petitot, Rosenstiehl [1974].

au même moment et pour la première fois dans un même état (état de "firing")? Ce problème a une solution (Moore 1964, Balzer 1966, Rosenstiehl 1972) n'exigeant qu'une "intelligence" minimale des automates. Il suffit que ceux-ci puissent envoyer deux types de signaux de vitesses différentes appropriées (par exemple 1 et 3) et puissent, en fonction de l'état de leurs voisins, se mettre dans un état de miroir (renvoyer les signaux) ou non. Une solution est alors la suivante.

On commence par résoudre le cas d'une chaîne circulaire. Si 2 signaux de même vitesse se rencontrent en un automate (ou en deux automates voisins suivant la parité de la chaîne), celui-ci :

- (i) se met dans un état interne reconnaissable par lui-même et par ses deux voisins en devenant un automate disons de type K , et
- (ii) renvoie les 2 signaux comme un miroir.

Si les signaux reçus sont de vitesses différentes l'automate les renvoie dans les 2 sens et devient un K -automate.

Le firing a lieu quand un K -automate constate que ses 2 voisins sont également devenus des K -automates.

Pour un graphe G quelconque on considère :

- (i) un arbre approprié de G (un arbre T maximal de G minimisant les longueurs des chemins entre vertex) et
- (ii) un parcours cyclique sur T .

On montre (P. Rosenstiehl) que les 2 algorithmes sont "localisables" i.e. implémentables de façon acentrée. Il suffit alors "d'empiler" les automates pour résoudre le problème de la synchronisation.

On mesure très bien sur cet exemple toute la différence qui existe entre la solution hiérarchique centrée (tous les automates sont reliés à un supérieur hiérarchique qui donne des ordres) et la solution auto-organisée acentrée (les automates se coordonnent globalement spontanément par propagation d'interactions locales). Pour des petits réseaux les solutions peuvent être équivalentes, mais pour les grands réseaux c'est évidemment la solution acentrée qui est la seule *effectivement* praticable.

2.2. Les jeux évolutionnistes ¹⁷

Depuis les travaux fondateurs de Robert Axelrod, on a beaucoup travaillé sur certains systèmes complexes adaptatifs "sociaux" pour lesquels on sait analyser les mécanismes causaux sous-jacents, à savoir les jeux évolutionnistes. Un exemple typique en est celui du dilemme du prisonnier itéré (IPD). On en trouvera une excellente présentation synthétique dans le numéro spécial de *Pour la Science* sur les

¹⁷ Certains auteurs préfèrent parler de jeux "évolutionnaires" de façon à ne pas être trop engagés relativement à l'évolutionnisme néo-darwinien.

Mathématiques Sociales (juillet 1999) où Jean-Paul Delahaye (Université de Lille) résume des travaux prolongeant ceux de R. Axelrod, W. Poundstone, M. Nowak et K. Sigmund.¹⁸ Pour chaque comportement des joueurs A et B la matrice du jeu donne les gains des joueurs (en haut à droite pour le joueur colonne, en bas à gauche pour le joueur ligne). Pour que le jeu soit intéressant il faut que les gains satisfassent les conditions:

$$T > C > P > D \text{ et } (T + D)/2 < C.$$

	$A(t)$	$A(c)$
$B(t)$	$P = 1$	$D = 0$
$B(c)$	$T = 5$	$C = 3$

Comportements:

$t = \text{trahir}, c = \text{coopérer}$

Gains :

$T=(t,c)=\text{trahir}, D=(c,t)=\text{duper}$

$C=(c,c)=\text{coopérer}, P=(t,t)=\text{piéger}$

$$T = 5 > C = 3 > P = 1 > D = 0$$

$$(T + D)/2 = 5/2 < C=3$$

On suppose le nombre de coups indéterminé pour éviter la backward induction (la possibilité de définir une stratégie en remontant à partir des résultats voulus au dernier coup) et on teste des stratégies du genre : $G = \text{"gentille"} = \text{toujours } c$; $M = \text{"méchante"} = \text{toujours } t$; $D-D = \text{"donnant-donnant"} (\text{tit for tat}) = c$ puis jouer ce que l'autre a joué à la partie précédente; $R = \text{"rancunière"} = c$ mais toujours t dès que l'autre a trahi une fois, etc. On confronte ces stratégies sur un grand nombre de parties (par exemple 1000) et on étudie leurs scores. On constate que pour un pool de stratégies simples il y a une supériorité de la stratégie $D-D$ (tit for tat) qui ne gagne pas mais est toujours très bien placée. De façon générale il y a supériorité des stratégies coopératives, vite réactives aux trahisons, pardonnant rapidement (non rancunières) et simples (sans ruses).

La théorie des jeux évolutionnistes consiste à considérer des *populations* d'individus utilisant différentes stratégies et à définir les nouvelles générations à partir des scores obtenus dans une confrontation généralisée. Les agents sont considérés comme des "phénotypes" exprimant des stratégies "génotypes" et leurs stratégies "micro" influent sur la dynamique "macro" de leur population. Les simulations (synthèse computationnelle) de cette *dynamique* donnent des résultats nouveaux extrêmement intéressants. Pour des stratégies simples comme ci-dessus :

(i) D'abord il y a élimination des stratégies anti-coopératives et la coopération s'installe et se stabilise. Cela ne veut pas dire que la coopération est moralement

¹⁸ Delahaye, Mathieu [1999].

meilleure. Simplement, elle gagne dans une compétition de stratégies suffisamment simples.

- (ii) C'est la stratégie *D-D* qui domine.
- (iii) Pour une stratégie, la réactivité aux trahisons est une condition pour être collectivement stable (ne pas pouvoir être déstabilisée par un mutant).
- (iv) Si l'on introduit des stratégies complexes alors il peut se produire énormément de phénomènes subtils différents dès que l'on a au moins trois stratégies en interaction. Par exemple une stratégie non coopérative peut en utiliser une autre pour éliminer les stratégies coopératives et l'éliminer ensuite à son tour. Ou encore le désordre permet à des stratégies non coopératives de survivre et même de gagner, etc.
- (v) La maîtrise computationnelle de ces situations permet alors de montrer qu'il existe d'autres stratégies que *D-D* qui sont maximalelement performantes dans ces contextes élargis. Autrement dit, on peut raffiner le *D-D* sélectionné par le sens commun.

Bref on constate "expérimentalement" (au sens de la synthèse computationnelle) une extrême complexité des dynamiques possibles. De façon judicieuse, Delahaye compare cette complexité des dynamiques d'interaction à celle du problème à n corps en mécanique (Poincaré, Birkhoff, Smale), ainsi qu'aux autres phénomènes typiquement complexes rencontrés en météorologie (turbulence) et en chimie (structures dissipatives) : sensibilité aux conditions initiales, instabilités, imprédictibilité, etc. (cf. plus haut).

Nous rencontrons ici un bel exemple de notre propos:

- (i) Les simulations confirment scientifiquement une "sagesse" hayekienne, tout un sens commun politique, social, pédagogique qui constitue bien un savoir incorporé et permet bien d'agir de façon efficace sans avoir à répéter indéfiniment les mêmes expériences décevantes.
- (ii) Mais dans le même temps elles permettent de dépasser le sens commun, non pas en lui donnant tort, mais en sélectionnant des règles en quelque sorte d'"hyper" sens commun dans le cadre *expérimental* (au sens de la synthèse computationnelle) d'évolutions culturelles *virtuelles*.

Les jeux évolutionnistes à la Axelrod sont "hayekiens" dans la mesure où on y remplace une intelligence rationnelle individuelle surhumaine (irréalisable) par l'intelligence collective (réalisable) d'une population d'agents en interaction dont la rationalité et les ressources cognitives sont limitées. L'optimisation n'est plus individuelle mais collective et peut être obtenue *sans hypothèse de rationalité individuelle forte*. C'est l'énorme avantage des points de vue évolutionnistes. Ils permettent de prolonger l'évolution culturelle ayant abouti au sens commun "naturel". Comme pour la vie et l'intelligence, le naturel se prolonge en artificiel et c'est un "génie technologique" du sens commun artificiel qui est devenu possible.

Comme Alan Kirman y a insisté,¹⁹ les jeux évolutionnistes permettent de se libérer de l'optimisation au niveau individuel (ce qui est incompatible avec le modèle néo-classique d'Arrow-Debreu). Comme le souligne également Pierre Livet, l'approche est "réactionnelle" plutôt que "raisonneuse". Elle permet de comprendre l'émergence sous des pressions évolutives

"de règles d'apprentissage (...) mieux adaptées à des univers ouverts"

que les révisions bayésiennes de croyance de joueurs raisonnables.²⁰ En ce sens, l'évolution ne mime pas le raisonnement. D'ailleurs les raisonnements individuels nécessaires que l'on doit attribuer aux agents sont, répétons-le, beaucoup trop compliqués et bien au-delà des ressources cognitives humaines.

Un certain nombre d'auteurs ont étudié des facteurs qui favorisent la coopération dans l'IPD lorsque l'on change l'espace des stratégies, les processus d'interaction et les processus d'adaptation (i.e. les changements de stratégie des agents par apprentissage). En particulier, l'introduction de relations "topologiques" de "voisinage" entre agents autorise pour chaque agent un apprentissage imitant le voisin qui a fait le meilleur score. L'évolution des stratégies par algorithmes génétiques a également des effets très importants.

On peut ainsi modéliser les systèmes "hobbesiens" de type Leviathan où la défection devient générale.²¹ Considérons des stratégies simples (i, p, q) où :

i = probabilité initiale de coopération,

p = probabilité de coopération au coup suivant si l'autre coopère,

q = probabilité de coopération au coup suivant si l'autre trahit.

Pour $(i, p, q) \in [0, 1]$ (cas continu), pour une "topologie" telle que chaque agent possède 4 voisins renouvelés à chaque période et pour un processus d'évolution qui est un algorithme génétique d'imitation du voisin ayant fait le meilleur score, Axelrod obtient les résultats suivants : pour des probabilités (i, p, q) initiales de $(0.5, 0.5, 0.5)$ distribuées aléatoirement (fitness de 2.25, la fitness étant le score moyen de la population), il y a une décroissance rapide car ceux qui coopèrent presque toujours (G : les gentils, les "suckers") sont éliminés par ceux qui trahissent presque toujours (M : les méchants, les "meanies") dont la stratégie se propage.

Dans un tel système, l'émergence de la coopération est impossible. En revanche si les voisins sont fixes (au lieu de changer à chaque période), alors les stratégies défectives ne peuvent plus envahir le système. C'est la stratégie $D-D$ (tit for tat) qui domine et se

¹⁹ Kirman [1999].

²⁰ Livet [1999], p. 185.

²¹ Cf. Axelrod et al. [1998].

généralise car si 2 agents *D-D* apparaissent par mutation et se rencontrent, ils font aussitôt école et leur stratégie se propage jusqu'à envahir le système. Par exemple, dans un tel système un *G* avec trois voisins *D-D* et un voisin *M* issu d'une mutation est éliminé par le *M* qui gagne. Mais ensuite les *M* doivent interagir entre eux avec uniquement des voisins *D-D*. Comme ce sont alors les *D-D* qui gagnent, les *M* se convertissent à *D-D*. Autrement dit, les fluctuations *M* sont *récessives*. C'est la base des propriétés de *stabilité*, dans ce contexte, des stratégies évolutionnairement stables comme *D-D*.

On remarquera que ces résultats sont en accord avec les théories du *mimétisme informationnel*, comme celles développées par André Orléan, qui traitent de situations où, pour prendre des décisions et agir, un agent ne se limite pas à ses informations personnelles (fiabiles seulement avec une certaine probabilité) mais considère que les choix des autres agents sont aussi le signe d'une information cachée. Il est rationnel d'être mimétique car le mimétisme permet une meilleure diffusion d'information dans le groupe d'agents,

“ce qui améliore les performances individuelles et collectives”.²²

Mais il existe un *seuil critique* à partir duquel le mimétisme devient "conformiste" et contre-productif, donc non rationnel, car le groupe ne fait plus que “reproduire mécaniquement le choix majoritaire antérieur” et devient “insensible aux informations privées” (cf. les phénomènes de bulles spéculatives en finance). Les agents copient des agents qui eux-mêmes copient, etc.

Il en va de même ici. Dans des circonstances génériques où les stratégies confrontées sont suffisamment simples, il est rationnel de suivre les règles coopératives de “bon sens” (par exemple *D-D*) car cela améliore les scores de tous les agents. Mais il ne faut pas suivre aveuglément et dogmatiquement les règles car des stratégies anti-coopératives vicieuses peuvent alors déstabiliser le système.

De tels résultats permettent sans doute de résoudre ce que Jean-Pierre Dupuy a appelé dans *Le sacrifice et l'envie* le "paradoxe de Hayek",²³ à savoir comment concilier les feed back *négatifs* garantissant l'auto-organisation avec les feed back *positifs* (d'auto-renforcement) induits par l'imitation. Dupuy insiste sur le fait que

“les attracteurs mimétiques sont des représentations auto-réalisatrices”

et que

“l'ordre associé est arbitraire et illusoire.” (p. 269).

²² Orléan [1999], p. 124.

²³ Dupuy [1992].

Si l'évolution culturelle est fondée sur la transmission par imitation, alors elle est "path-dependent", elle dépend de l'histoire des événements, des contingences, des fluctuations, des aléa initiaux et peut conduire, par piégeage dans des mauvais chemins qui amplifient irréversiblement par mimétisme des mauvais choix initiaux, à des résultats non seulement sous-optimaux mais catastrophiques. D'où le paradoxe de la "révolution conservatrice" hayekienne : soit

"renoncer à la théorie de l'évolution culturelle et fonder la supériorité du marché sur des arguments rationalistes",

soit admettre

"que l'ordre étendu du marché n'est pas le meilleur" (p. 278).

Selon Dupuy la solution du paradoxe est l'ambivalence de l'imitation:

"sans l'intervention d'un savoir qui la dépasse, il n'y a aucune garantie que l'évolution culturelle, fondée sur l'imitation converge vers un ordre satisfaisant, encore moins optimal" (p. 279).

Mais je pense que l'on devrait pouvoir sortir scientifiquement du paradoxe grâce à une synthèse computationnelle des processus de l'évolution culturelle permettant de simuler la mise en concurrence d'évolutions culturelles *virtuelles* différentes, d'en faire un objet scientifique *expérimental* et par là même d'en optimiser les solutions.

Or cela est en principe possible puisque nous venons de voir dans l'exemple élémentaire de l'IPD que l'on peut élaborer une approche scientifique — rationnelle et théorique — de règles *pratiques*. D'où l'idée de transformer l'aspect "conservateur" de Hayek (respecter les règles, le sens commun, les traditions) *en un programme de recherche sur un nouvel objet scientifique auquel on puisse appliquer les outils de la synthèse computationnelle et la méthode expérimentale*. Un tel point de vue permet de sortir de l'antinomie dialectique "conservatisme / progressisme", antinomie qui a été, Hayek n'a eu de cesse que de le répéter, la pire machine mortifère du siècle. Les traditionalismes ont raison en insistant sur le fait que l'apprentissage historique et collectif rendu possible par une évolution culturelle fait apparaître comme un délire les prétentions progressistes "constructivistes" à planifier politiquement les fins de l'homme. Mais ils ont tort de croire que sous prétexte que les fins de l'homme ne peuvent pas se planifier au moyen de représentations purement conceptuelles on devrait se plier à l'autorité de traditions. Ce n'est pas parce que les turbulences atmosphériques ne sont pas planifiables que l'on doit s'en remettre à des sorciers faiseurs de pluie. La bonne méthode est de comprendre pourquoi les dynamiques atmosphériques sont par essence imprévisibles et d'investir dans les moyens computationnels de la météorologie dynamique.

2.3 L'évolution darwinienne des règles et la programmation génétique

Chez Hayek l'évolution culturelle transmettant des institutions comme la langue, le droit, la morale, le marché ou la monnaie a des aspects plutôt "lamarckiens" (transmission mimétique par une tradition de règles apprises). Hayek a d'ailleurs souvent critiqué une conception trop strictement darwinienne du social. Mais en fait, l'évolution culturelle est plutôt chez lui, comme chez Popper, une évolution darwinienne "simulant" une évolution lamarckienne. Il y a un débat compliqué car de nombreux commentateurs estiment qu'un évolutionnisme des règles ne peut être darwinien que de façon très métaphorique. Toutefois, cet argument ne tient pas. Pour s'en convaincre il suffit de considérer ce que fait la *programmation génétique* (genetic programming) à propos de règles qui sont l'exemple même de règles à savoir les règles formelles constitutives des algorithmes.

Dans les théories contemporaines du Machine learning, on est passé de la représentation des connaissances (IA, systèmes experts) à la dynamique évolutionniste de leur acquisition et de leur apprentissage. Dans un processus d'apprentissage il y a toujours 4 composantes :

- (i) le domaine d'apprentissage,
- (ii) le training set (ensemble d'exemples associant des inputs à des outputs),
- (iii) le système d'apprentissage lui-même,
- (iv) les tests de la capacité qu'a le système d'effectuer correctement des généralisations et des inductions à partir des exemples et d'appliquer les règles apprises à de nouvelles données.

La programmation génétique est un ensemble d'algorithmes d'apprentissage formalisant l'évolution naturelle darwinienne.²⁴ L'évolution y est conçue comme un apprentissage sur le long terme issu de l'expérience collective d'un grand nombre de générations de populations. Ses conditions de possibilité sont :

- (i) la reproduction des individus dans la population,
- (ii) une source de variabilité par mutation,
- (iii) l'hérédité,
- (iv) la compétition pour l'appropriation de ressources finies et la sélection.

Dans la programmation génétique

- (i) on considère des populations d'individus supports "phénotypes" de programmes "génotypes",
- (ii) on fait opérer sur les structures formelles constitutives des programmes des opérateurs génétiques de cross over (on échange deux sous-programmes de programmes "parents"), de mutation (on remplace un fragment de programme par un autre) et de reproduction (on copie l'individu et on le rajoute à la population) et enfin

²⁴ Koza [1992].

(iii) on simule l'évolution d'une population au moyen d'une sélection qui est fondée sur une fonction de fitness avec les données, fitness qui sélectionne les programmes destinés à être améliorés.

Les opérateurs génétiques sont des opérateurs de recherche dans l'espace des solutions possibles.

Dans l'ouvrage de Banzhaf-Nordin-Keller-Francone ²⁵ on trouvera l'exemple de la fonction $y = f(x) = x^2/2$. Supposons que le training set soit par exemple l'ensemble des onze couples input-output (x, y) pour x variant de 0 à 1 par pas de 0.1. La fonction de fitness est l'erreur quadratique aux données. On initialise la population à un nombre $N = 600$ d'individus. On fixe une probabilité de cross-over (90%), une probabilité de mutation (5%) et l'on effectue une sélection au moyen de tournois à 4. On se fixe une taille maximale de la complexité des fonctions admissibles (une taille des arbres qui les représentent) et une profondeur maximale de mutant (ici 4).

À la génération 0 l'individu qui approxime le mieux les données est

$$f_0 = x/3.$$

À la première génération c'est

$$f_1 = \frac{x}{6 - 3x},$$

à la seconde c'est

$$f_2 = \frac{x}{\left(x(x-4) - 1 + \frac{4}{x} - \frac{9(x+1)}{6-3x} + x \right)}.$$

À la troisième génération on trouve la bonne fonction :

$$f_3 = x^2/2.$$

Il faut noter que le cross-over (qui est l'opérateur génétique fondamental) ne doit pas être purement aléatoire car sinon il serait massivement destructif. Pour être efficace il doit être "intelligent" et porter sur des fragments qui sont des sous-structures bien formées et utiles (building blocks) et homologues (i.e. assurant le même type de fonction). L'efficacité du cross-over est elle-même le résultat d'un processus évolutif.

Lors de l'évolution des solutions, on voit apparaître spontanément des segments de code qui ne servent à rien ($x = x + 0$, $x = x.1$, etc.). Ce phénomène est analogue aux phénomènes des introns pour le génome biologique. La conséquence en est un effet de "bloat" : la complexité des individus-programmes croît de façon incontrôlable (exponentielle) car des blocs de code qui ne servent à rien et n'affectent pas la fitness se mettent à proliférer. Mais en même temps cette redondance protège les programmes contre le cross-over destructif.

²⁵ Banzhaf et al. [1998].

3. Les modèles cognitifs

On sait que la théorie hayekienne de la catallaxie est inséparable de thèses précises de psychologie cognitive. Or sur ce plan également les sciences contemporaines donnent raison à Hayek. Il s'agit là de problèmes que j'ai beaucoup étudiés, concernant le *schématisme* de situations *génériques et typiques* permettant de dominer une complexité du réel qui, au niveau des données, est immaîtrisable.

On remarquera d'ailleurs que les deux grands points de vue développés par Hayek correspondent aux deux principales stratégies qui existent pour dominer la complexité: l'auto-adaptation et la schématisation qualitative.

1. La première stratégie consiste à permettre au système de s'adapter de lui-même à la situation. C'est le cas par exemple dans les théories de l'apprentissage des réseaux de neurones. Dans ces réseaux les mémoires associatives sont interprétées comme les attracteurs de la dynamique neuronale interne. Chaque système de valeurs $W=(w_{ij})$ des poids synaptiques (w_{ij} = poids de la connexion reliant le neurone n_i au neurone n_j) définit une dynamique interne X_w dont les attracteurs sont les états internes (asymptotiquement stables) du réseau. Si A est un attracteur, tout état initial instantané du réseau situé dans son bassin d'attraction est interprété par le réseau comme une occurrence (un token) du type A . Un algorithme comme l'algorithme de rétropropagation permet alors au réseau d'apprendre (par constitution d'attracteurs préétablis) en changeant ses poids synaptiques, i.e. en résolvant *le problème inverse* du problème direct poids synaptiques \rightarrow attracteurs. La valeur numérique des poids donnant les attracteurs préétablis est impossible à planifier, même par le meilleur des ingénieurs.²⁶

2. La seconde stratégie consiste à simplifier la complexité en ne gardant que des structures *qualitatives* significatives. C'est par exemple ce que fait la physique qualitative. Dans la mesure où ce qui est significatif pour les structures est en général la morphologie (les patterns d'organisation) et les phénomènes critiques pour les processus (les brisures de symétrie tant spatiales que temporelles), on comprend pourquoi la théorie des singularités et des bifurcations joue un rôle si déterminant dans toutes ces approches.

Ces deux stratégies ne sont d'ailleurs pas sans rapport car dans bien des cas les attracteurs du réseau correspondent à des types schématisés, à des catégories dont les autres états du réseau sont des tokens.

Or c'est une simplification qualitative de ce genre qu'opèrent la perception et le langage en *catégorisant et en typifiant* les objets, les processus et les états de choses *génériques* de notre environnement et de notre expérience. Une telle schématisation est essentielle à notre intentionnalité et à nos capacités d'anticipation. Hayek insiste sur le fait

²⁶ Pour quelques remarques sur les réseaux de neurones cf. Petitot [1991] et [1994a, b].

qu'il en va de même en ce qui concerne la prévisibilité des différents types d'action dans les coutumes, la morale ou le droit.

Le problème de la schématisation dans la perception et le langage est profond et difficile. Les données sensorielles des organismes sont immaîtrisables en tant que telles. Elles doivent être traitées et ces traitements reposent sur tout un ensemble d'algorithmes qui font l'objet d'études approfondies mettant en jeu de nombreuses théories physico-mathématiques sophistiquées. Dans le moindre des problèmes de vision il faut passer d'une matrice de pixels (activités des photorécepteurs) à une description de la scène de nature linguistique ("le livre est sur la table", "le jaguar capture l'antilope", etc.). Pour ce faire, il faut au minimum résoudre les problèmes suivants :

- (i) Segmentation des images locales 2D; établissement de bords et de discontinuités qualitatives dans les zones où il y a une forte variation des qualités comme l'intensité lumineuse, la couleur, la texture, etc.;
- (ii) Recollement des images 2D en une scène globale (saccades visuelles) et interprétation de certains bords comme des contours apparents d'objets 3D (stéréopsie);
- (iii) Reconnaissance de formes (livre, table, jaguar, antilope) et résolution du problème méréologique des relations tout/parties (couverture, feuilles, plateau, pieds, pattes, gueule, cornes, etc.). Coopération des textures, ombres, etc. pour la résolution de ce problème;
- (iv) Utilisation des mouvements locaux pour reconstituer, par recollement et intégration, des mouvements globaux (en général différents) d'objets 3D (problème particulièrement difficile);
- (v) Reconnaissance d'interactions types entre objets (par exemple "être sur", "capturer", etc.).

Résoudre ces problèmes exige des algorithmes extrêmement sophistiqués. Citons entre autres toute la physique statistique et la dynamique qualitative des réseaux, les techniques de compression d'information (ondelettes, etc.), les modèles de segmentation (modèles bayesiens, modèles à base d'équations aux dérivées partielles non linéaires de type formation de fronts entre phases homogènes, modèles variationnels), la théorie des patterns et les modèles morphologiques et morphodynamiques, les modèles de catégorisation et d'opposition type/token (prototypes = attracteurs, catégories = bassins d'attraction, bords = séparatrices entre bassins), modèles de généralisation, d'inférences inductives et d'extractions de règles à partir d'exemples (il s'agit de phénomènes critiques de type transition de phase), modèles de grouping gestaltistes, d'anticipations perceptives, d'intentionnalité perceptive, etc., modèles de la complémentarité structuraliste des axes paradigmatiques et syntagmatiques dans le langage (cf. les travaux de J. Elman : si l'on apprend à un réseau connexionniste les régularités statistiques de la syntaxe d'un corpus d'énoncés, il organise dans ses couches cachées internes le lexique en clusters assimilables à des paradigmes sémantiques), modèles de constituance des

représentations mentales (par exemple modèles de binding par synchronisation d'oscillateurs neuronaux), modèles de focalisation attentionnelle où la dynamique complexe (voire chaotique) d'un système perceptif bifurque vers une dynamique plus simple, la bifurcation correspondant au processus même de reconnaissance, modèles schématiques des liens entre perception et langage en linguistique cognitive (travaux de Len Talmy, Ron Langacker, etc.).²⁷

Pourquoi tous ces problèmes sont-ils si difficiles à résoudre? Essentiellement parce que la détection de structures organisées (de patterns) à partir d'inputs bruités et ambigus constitue *un problème mal posé*. Comme l'explique David Mumford :

- (i) Dans la moindre scène perceptive, les patterns observés permettent d'inférer de l'information sur les causes qui les produisent. Ces causes sont des *variables cachées*.
- (ii) Il y a beaucoup trop de variables cachées en jeu et les situations sont beaucoup trop compliquées pour être modélisées de façon déterministe. La possibilité de faire des inférences présuppose donc des modèles *stochastiques*.
- (iii) Mais en même temps, ces modèles stochastiques doivent respecter les patterns. C'est la contrainte la plus difficile à réaliser. Ils doivent qui plus est pouvoir être *appris à partir des données* — il s'agit là d'une autre énorme contrainte — et validables par exemplification (sampling). Les inférences sont alors effectuées en utilisant par exemple la règle de Bayes.

Le problème est que les signaux (les données, les inputs) ont une variabilité très grande et les variables cachées y sont très subtilement encodées. Si l'on veut inférer un état du monde S (i.e. les valeurs des variables définissant notre représentation du monde, par exemple la position, le mouvement, la forme, le type d'interaction spatio-temporelle d'objets individuels dans l'espace externe global 3D) à partir des observations I (des données acquises et mesurées par certains capteurs, par exemple l'état d'activité des photorécepteurs de la rétine), on doit, par exemple dans le cadre bayésien, calculer la probabilité conditionnelle a posteriori $p(S|I)$. L'égalité des probabilités $p(S,I) = p(S|I)p(I) = p(I,S) = p(I|S)p(S)$ implique le théorème de Bayes :

$$p(S|I) = \frac{p(I|S)p(S)}{p(I)} = \frac{p(I|S)p(S)}{\sum_S p(I|S)p(S)}$$

La probabilité conditionnelle $p(I|S)$ correspond au *problème direct* (simple) : si l'on connaît l'état du monde (par exemple les objets 3D, les réflectances, les sources de lumière), alors on peut reconstruire I (l'image sensorielle 2D). Mais à cause du bruit et de l'imprécision du modèle on ne peut pas accéder exactement à I mais seulement à $p(I|S)$.

²⁷ Pour tous ces travaux, cf. par exemple Mumford [1994], Morel, Solimini [1995], Mallat [1998], Petitot [1994a, c], [1995], Petitot-Doursat [1997], Petitot-Tondut [1999].

La probabilité conditionnelle $p(S|I)$ correspond au contraire au *problème inverse*. Il est incroyablement difficile car la reconstruction du monde 3D à partir d'images 2D n'est pas, en tant que problème inverse, un problème bien posé.

Tout tourne autour de $p(S)$, ce que l'on appelle le *prior model* encodant *nos connaissances préalables sur le monde*. Comme l'explique également David Mumford :

“In general the image alone is not sufficient to determine the scene and, consequently, the choice of priors becomes critically important. They *embody the knowledge* of the patterns of the world that the visual system use to make valid 3D inferences”.²⁸

C'est l'exemple même d'une connaissance tacite qu'il est pratiquement impossible de décrire au moyen de systèmes de règles explicites.

Ce que D. Mumford explique pour la vision est tout à fait général. Sans *prior model* il est impossible d'apprendre et de faire des inférences. Hayek ne dit rien d'autres dans le domaine économique, social et cognitif avec sa conception des règles d'action et des stratégies de comportement: le sens commun et les règles encodent des savoirs et fonctionnent comme des a priori ni transcendants ni innés, mais comme des prior models pour des inférences. D'où d'ailleurs la nécessité d'un point de vue évolutionniste.

III. RATIONALISME CRITIQUE ET AUFKLÄRUNG

Je reviens brièvement dans cette dernière partie sur le débat proprement philosophique concernant le rationalisme pour montrer comment la critique hayekienne du rationalisme constructiviste pourrait en fait être considérée comme un nouvel approfondissement du rationalisme critique. De Kant à Popper, les traditions critiques de la *finitude* insistent toutes sur le fait que la rationalité n'est légitime que si elle est positivement opératoire et appliquée à un domaine phénoménal conditionné et que, pour l'être, elle doit demeurer à l'intérieur de bornes définies par son auto-limitation même. On dirait maintenant, sans références philosophiques, que la rationalité est limitée, procédurale et située. La transgression de son auto-limitation la fait fatalement retomber dans la négativité dialectique d'une connaissance présumée possible d'un inconditionné qui est pourtant de droit inconnaissable. C'est dire qu'un rationalisme opératoire (effectif) doit être nécessairement *critique*, subordonné à la connaissance possible.

1. Subreption dialectique et illusion transcendantale

²⁸ Mumford [1994].

Dans sa Dialectique transcendantale, Kant a fort bien expliqué la subreption dialectique et l'illusion transcendantale conduisant à projeter une intentionnalité dans un ordre systémique que sa complexité rend immaîtrisable pour les ressources finies de l'entendement. Les ordres complexes dont il traitait étaient le système de toutes les connaissances possibles sur les causalités et les lois naturelles ainsi que la totalité des choses en général. L'illusion transcendantale consistait alors à introduire une intentionnalité, un sujet, globalement et causalement responsable de cet ordre jusqu'à

"transformer dialectiquement par subreption transcendantale l'unité distributive de l'usage expérimental de l'entendement dans l'unité collective d'un tout de l'expérience hypostasié dans une cause contenant les conditions réelles de sa détermination complète." (CRP, A 582-583/B 610-611)

On peut s'inspirer de ce diagnostic pour mieux formuler philosophiquement le problème du constructivisme. Il s'agit bien d'une antinomie dialectique au sens transcendantal. De même qu'il n'y a pas de lieu où serait récapitulable sous forme d'intention finale la complexité distribuée du nexus causal des phénomènes naturels, de même il n'y a pas de lieu où serait récapitulable sous forme d'intention finale la complexité distribuée des interactions entre agents.

L'antinomie de l'organisation et de la complexité est celle que dénonce Hayek pour le marché. Selon lui le constructivisme est bien une erreur d'un type gnoséologique précis.

2. La Critique de la faculté de juger

L'un des grands mérites de Kant est d'avoir compris de façon inégalée les conséquences de l'auto-limitation de la raison impliquée par la finitude. Cela est particulièrement clair à propos des exemples de l'organisation et du sens commun. Ses analyses restent d'une actualité étonnante et, comme nous allons le voir, sont tout à fait en résonance avec les thèses hayekiennes.

2.1. La finalité interne objective et la complexité organisationnelle

Nous avons vu que dans les sciences classiques ce sont les lois (exprimées par des équations différentielles fondamentales) qui permettent de résoudre le problème inverse de la subsumption conceptuelle et de réaliser la synthèse computationnelle. Que faire lorsque cela est impossible ? Dans la *Critique de la faculté de juger* (CFJ), Kant a admirablement théorisé le problème. Il a pris à bras le corps, sous le titre du problème de la *finalité* et au moyen de sa théorie du jugement *réfléchissant*, les domaines naturels où

le mécanicisme n'est pas applicable, en particulier celui de l'organisation morphologique des êtres vivants (la finalité interne objective) et celui du sens et de l'intentionnalité (la finalité subjective formelle). On ne pouvait certainement pas faire mieux en son temps. Mais on peut faire mieux désormais. Comme j'ai essayé de le montrer ailleurs, une façon de formuler le sens philosophique profond des sciences de la complexité que nous avons évoquées est de dire qu'elles font passer les analyses de la CFJ concernant l'organisation systémique du vivant et le sens commun, de la logique du jugement réfléchissant à celle du jugement déterminant.

La CFJ peut être conçue comme une sorte de morale provisoire pour les domaines phénoménaux dont il n'y a pas encore de sciences. Comme Cassirer l'a profondément expliqué dans *Kants Leben und Lehre*,²⁹ elle a ménagé, à l'intérieur même du rationalisme critique, le maintien d'un espace néo-aristotélicien. Selon Cassirer, la CFJ concerne la façon dont la philosophie critique se réapproprie le problème métaphysique des formes individuées et des structures organisées, espace théorique qui sera occupé au XIX^e siècle par la Naturphilosophie et l'embryologie vitaliste (jusqu'à Driesch et Spemann au début du siècle) et au XX^e siècle par la Gestalttheorie, la phénoménologie, le structuralisme, puis la cybernétique et enfin les théories de la complexité organisationnelle.

La CFJ téléologique traite du problème de l'auto-organisation. Le concept clé en est celui de la *finalité interne objective* des êtres organisés, en tant que la *production* de tels êtres par la "technique" de la nature exige que le "plan" — on dirait maintenant le "programme" — de leur organisation soit encodé, engrammé, dans leur mécanisme matériel, c'est-à-dire dans la physique de leur substrat. Son problème est de savoir si l'on peut penser que la "technique de production" de la nature n'est en définitive qu'un aspect sophistiqué de son "mécanisme".

Kant répond par la négative pour des raisons profondes et subtiles. De façon générale, la finalité a pour fonction de légaliser la contingence. Ici, la finalité interne objective légalise la contingence morphologique des formes naturelles. Étant donnée la structure même de l'objectivité scientifique, on ne saurait admettre une finalité objective dans la nature. Dans sa "technique de production", la nature est nécessairement objectivement "mécanique" et le réductionnisme physicaliste est la seule thèse objectivement valable *en droit*. Mais c'est pourtant un fait d'observation qu'il existe dans la nature des "fins naturelles", autrement dit des êtres organisés et même *auto-organisés*. Dans une fin naturelle il existe une détermination réciproque entre les parties et le tout. L'organisation n'y est pas celle d'un mécanisme centrifuge allant des parties au tout mais l'effet d'une "cause" centripète allant du tout aux parties. Le problème critique fondamental de Kant était que le concept *holistique* de totalité et d'unité systémique

²⁹ Cassirer [1918].

n'était pas pour lui un concept objectif déterminant mais seulement une *Idée* régulatrice déterminant la forme et la liaison des parties non pas comme cause efficiente (il n'y a pas réellement de finalité dans la nature) mais seulement comme principe de connaissance

"de l'unité systématique de la forme et de la liaison de tout le divers"(p. 192).³⁰

L'organisation dépend donc selon Kant d'une "force formatrice" (*bildende Kraft*) qui, n'étant pas explicable mécaniquement, n'est pas objective. C'est pourquoi, bien que seul à être objectivement valable, le réductionnisme mécaniciste doit nécessairement composer avec le concept holistique (systémique) de fin naturelle (de structure auto-organisée), concept non constitutif mais simplement régulateur pour la faculté de juger réfléchissante. Ceci dit, ce régulateur n'est pas simplement heuristique. *Quasi-constitutif*, il participe de plein droit à la légalisation scientifique de la nature. Mais comme il ne possède pas de valeur objective il n'est qu'une *maxime* du jugement, maxime nécessaire non pas à l'explication mais seulement à la compréhension de la nature.

Kant oppose ainsi des maximes de compréhension à des jugements déterminants explicatifs. De telles maximes peuvent entrer en conflit. Mais leur conflit n'est pas une antinomie dialectique à proprement parler car il ne porte que sur des heuristiques (même si celles-ci sont quasi-constitutives). Il ne devient une antinomie (celle, toujours actuelle, du réductionnisme et du holisme en matière d'organisation complexe) que si l'on passe "dogmatiquement" de l'ordre du jugement réfléchissant à celui du jugement déterminant et que l'on fait de la finalité une causalité objective. On rejoint alors l'erreur dialectique de l'illusion transcendantale explicitée plus haut.

En termes de rationalisme critique, on pourrait alors dire que Hayek fait une sorte d'analyse néo-kantienne d'un autre ordre organisationnel, non plus celui de la morphogenèse biologique mais celui de l'économie de marché. La "présomption fatale" serait de transformer dogmatiquement une maxime réfléchissante holistique et intentionnelle qui ne vaut que comme heuristique de compréhension en un principe explicatif donnant l'illusion de pouvoir maîtriser des causalités réelles alors que celles-ci demeurent inaccessibles, à cause de leur complexité même, à un entendement fini.

Nous touchons là au cœur de l'hayekisme radical que nous proposons. Hayek en reste au jugement réfléchissant et condamne le constructivisme comme un passage dogmatique au déterminant qui repose sur la fausse hypothèse d'une intention finale (le parti planificateur). C'est par un tel passage qu'un conflit entre maximes du jugement se convertit en antinomie. Mais on peut passer au déterminant d'une façon absolument

³⁰ Sur le rapport entre Tout et Structure, cf. Petitot [1985], [1992].

opposée — non antinomique — par un *calcul* de la complexité (synthèse computationnelle). C'est ce que nous proposons ici.

2.2. La finalité subjective formelle et le sens commun

Nous avons vu que chez Hayek la thèse de l'impossibilité de dominer conceptuellement la complexité est couplée avec la thèse de l'efficacité pratique du sens commun. Ce sont deux aspects de l'impossibilité pour la rationalité positive de maîtriser de façon déterminante la finalité. Il est remarquable qu'il existe chez Kant la même solidarité entre une complexité "objective" et un régime "subjectif".

Kant est sans doute le premier à avoir théorisé la façon dont des agents (en l'occurrence des sujets "esthétiques") peuvent échanger des valeurs de façon coordonnée et coopérative sans qu'il n'y ait pour autant aucun consensus, aucune communauté de fins particulières, aucune valeur partagée au niveau des contenus. Il explique même comment le fait de forcer les agents à adopter des goûts collectifs serait tyrannique. En ce sens l'agent économique hayekien est l'analogue de l'homme de goût kantien.

Mais Kant va beaucoup plus loin. Il établit un lien entre d'une part le "jugement sans concept" et la "finalité sans fin" qui sont selon lui caractéristiques du jugement esthétique et d'autre part le *sens commun*. La problématique kantienne du jugement esthétique ne concerne pas les théories de l'art mais les problèmes communicationnels de coordination de jugements hétérogènes dans une société d'agents attribuant des valeurs différentes, incommensurables, aux mêmes objets.

Ce qui intéresse Kant dans la nature esthétique d'un objet est qu'il s'agit d'un sentiment ("de plaisir ou de peine"), d'une valeur subjective privée, incommunicable en tant que telle, ne pouvant faire l'objet d'aucune connaissance partageable. La valeur d'un objet pour un sujet s'exprime à travers le sentiment pathique (l'affect) de sa "finalité subjective formelle". Et pourtant il existe bien une communicabilité universelle et un échange général de ces valeurs incommensurables irréductiblement singulières. Comment cela est-il possible? L'idée centrale de Kant est que la finalité subjective formelle relève d'une "convenance" aux facultés de connaître mises en jeu dans la faculté de juger réfléchissante. L'universalité des valeurs relève ainsi de l'intersubjectivité communicationnelle. Il n'existe aucun consensus effectif des jugements particuliers quant au *contenu* des valeurs. Dans un jugement de valeur, ce qui se communique en droit universellement est le "libre jeu" de l'entendement et de l'imagination, libre jeu qui fonde l'affect. Le jugement est donc ici un acte cognitif d'une nature très étonnante puisque c'est un *jugement sans concept*. Il ne peut pas porter, comme un jugement théorique, sur l'accord explicatif entre une donnée empirique et un concept qui la détermine. Il ne peut porter que sur un accord général — possible tout en restant *indéterminé* — entre la faculté d'appréhender des données empiriques et la faculté de subsomption conceptuelle.

Un lien essentiel relie ce type de jugement (sans concept mais néanmoins universellement communicable) à la problématique du sens commun. Fondé sur l'Idée communicationnelle, le jugement d'attribution de valeur n'est ni théorique, ni pratique. Il exemplifie à chaque fois une règle universelle dont la finitude de l'entendement rend impossible la formulation. Sa nécessité est une nécessité subjective conditionnelle qui n'est pas fondée sur l'expérience. Insistons-y, ce sens commun est un ensemble de règles qui permettent de communiquer universellement des valeurs qui, ne pouvant être déterminées que par le sentiment et pas par des concepts, ne peuvent pas être partageables en tant que contenus. Kant essaye d'expliquer (surtout dans les §§ 20-22 de la CFJ) qu'un "sens collectif" (*gemeinschaftlich*) ne peut pas porter sur "des conditions personnelles d'ordre subjectif" — qui sont incommensurables entre les individus — mais seulement *sur les normes mêmes de la communicabilité et de l'échange*. Cette limitation est une conséquence de la finitude de l'entendement. Si elle pouvait être surmontée par un intellect "archétype" omniscient alors ce ne serait plus le sens commun mais la connaissance scientifique qui interviendrait.

Là encore on constate que la critique du rationalisme inconditionné chez Hayek rejoint jusque dans le détail les argumentations du rationalisme critique de la CFJ. Nous l'avons vu pour le problème de l'organisation, nous le voyons maintenant pour celle du sens commun.

3. Rationalisme critique et fins de l'homme (ou Hayek comme héros moral)

Ce qui m'intéresse tout particulièrement dans cette mise en perspective de la pensée hayekienne par rapport à la tradition critique est qu'elle permet de l'inclure dans la façon systématique et architectonique dont le rationalisme critique traite le problème général des *fins de l'homme* et, ce faisant, de montrer que, contrairement aux idées reçues, le libéralisme de Hayek est aussi une culmination de la raison pratique, un aboutissement de l'économie de salut d'une humanité civilisée.

L'architectonique kantienne articule systématiquement, on le sait, trois ordres rationnels conformes, comme l'a dit Habermas, à trois intérêts de la raison. Ils correspondent aux trois questions ultimes : que puis-je savoir ? que dois-je faire ? que m'est-il permis d'espérer ? Mais il existe une *hiérarchie* architectonique entre ces ordres. En particulier l'ordre de l'espérance dépend de celui du savoir.

Le risque majeur est de découpler l'espérance d'avec la connaissance possible en transgressant la finitude de l'entendement et l'auto-limitation de la raison qui en est corrélative. C'est ce qui est arrivé à notre modernité à partir de Hegel, chez qui l'on observe un rabattement de ces ordres transcendentalelement reliés — et donc

commensurables — sur des sphères concrètes d’activité incommensurables possédant chacune son histoire, sa logique et ses critères de vérité spécifiques :

1. L’ordre causal et explicatif de l’objectivité et de la vérité a été rabattu sur la sphère instrumentale du travail et de la technique;
2. L’ordre prescriptif et juridique des règles normatives et de l’éthique a été rabattu sur la sphère intersubjective communicationnelle;
3. L’ordre auto-réflexif de la liberté, de l’authenticité et de l’espérance a été rabattu sur la sphère symbolique des praxis de libération (en particulier l’engagement politique).

Les conséquences de ce rabattement auront été incalculables et l'une des principales origines de la “crise” de la raison.

(i) D’abord le progrès des sciences et des techniques, accusées de positivisme scientifique et de complicité avec la domination politique, s’est trouvé idéologiquement découplé de tout horizon émancipateur. C’est le fameux “désenchantement” de la perte du sens.

(ii) Par contre-coup, l’auto-réflexion émancipatrice s’est trouvée amalgamée à la légitimation culturelle des revendications et des contestations.

(iii) Le seul médium de l’émancipation est resté celui de la *narrativité*, ce que Jean-François Lyotard appelait "les grands récits de libération".

D’où la *mythification* du politique et de l’existentiel. En ce sens, notre siècle aura bien été celui des “présomptions fatales”. D’ailleurs Hayek a souvent souligné ³¹ que les principes très contraignants de la civilisation (travail, discipline, prise de risques, épargne, honnêteté, respect de promesses, soumission volontaire des relations de solidarité et d’hostilité à des règles légales et morales générales) sont vécus par les “intellectuels” comme une aliénation devant être balayée par les revendications de libération.

CONCLUSION

Le développement de "sciences hayekiennes" est fondamental car il permet de dépasser le conflit du libéralisme hayekien avec les formes scientistes du rationalisme. En effet Hayek critique essentiellement le fait

“que c’est uniquement ce qui est rationnellement justifiable, démontrable par l’expérimentation, observable et susceptible de faire l’objet d’un rapport qui peut susciter une adhésion (...) et que tout le reste doit être rejeté. Les règles traditionnelles *qui ne peuvent être démontrées* doivent être rejetées.” (PF p. 85).

³¹ Cf. par exemple PF p. 89.

Mais évidemment tout change si l'on peut montrer que les thèses antirationalistes de Hayek sont en fait justifiables rationnellement grâce à de nouvelles sciences et démontrables par l'observation grâce à de nouvelles méthodes (computationnelles) d'expérimentation qui, d'une certaine façon, permettent de "démontrer" le bien fondé des règles traditionnelles.

Il existe chez Hayek (comme chez Gilbert Ryle et tant d'autres), deux types très différents de connaissances: les connaissances pratiques (to know how) et les connaissances scientifiques (to know that). A juste titre, Hayek insiste sur le fait que c'est le premier type de connaissances qui intervient dans la cognition distribuée des agents. Mais l'un des aspects les plus intéressants des sciences contemporaines concerne précisément le développement de connaissances *scientifiques* sur les connaissances *pratiques*, autrement dit un "*know that*" à propos du "*know how*". Cela permet d'unifier les deux dimensions de la pensée de Hayek.

Je défends donc la thèse qu'il existe désormais (serait-ce partiellement) une synthèse computationnelle et une méthode expérimentale pour les "sciences hayekiennes". En y mettant le prix, comme on le fait pour l'astrophysique, les programmes spatiaux, la météorologie ou le séquençage du génome, on pourrait donc commencer à simuler les thèses hayekiennes, par exemple sur la justice sociale, et voir si les modèles lui donne véritablement raison .

Cela permettrait d'intégrer ces thèses dans une rationalité naturaliste élargie et unifiée dépassant complètement leur conflit avec les sciences nomologiques classiques. De même que pour un physicien actuel il n'y a plus d'exception ontologique des systèmes chaotiques imprédictibles (par exemple turbulents) par rapport aux systèmes mécaniques classiques comme les systèmes keplériens, mais "seulement" des différences entre des systèmes dynamiques complètement intégrables et des systèmes dynamiques non linéaires présentant de fortes propriétés d'instabilité et de sensibilité aux conditions initiales; de même que pour un biologiste actuel il n'y a plus d'exception ontologique du vivant mais "seulement" un saut dans la complexité de mécanismes macromoléculaires; de même, si nous suivons le chemin scientifique hayekien, il n'y aura plus d'exception ontologique de l'humain (du mental, du symbolique, du social) mais "seulement" un autre saut dans la complexité des mécanismes informationnels et organisationnels.

Cette nouvelle unité ontologique faisant des *Geisteswissenschaften* des *Naturwissenschaften* élargies, marque pour moi la fin du politique comme art de gouverner et comme lieu d'une volonté générale eschatologiquement finalisée. De même que la médecine comme art s'est transformée, grâce aux progrès de la biologie, en un immense domaine technoscientifique inséparable d'un capitalisme de pointe (thérapie génique, imagerie médicale, pharmacologie, etc.), de même le politique comme magie se transforme sous nos yeux, grâce aux progrès des sciences de la complexité cognitive et sociale — ce que nous avons appelé les sciences "hayekiennes" — en un nouveau

domaine technoscientifique inséparable d'un nouveau capitalisme de pointe. Les pays qui auront foi en ce progrès acquerront un avantage évolutif décisif pendant que d'autres s'évertueront à masquer pitoyablement sous de nouveaux ordres moraux les régressions "progressistes" qui les feront sortir de l'histoire. L'histoire récente a magistralement donné raison à la dénonciation incessante par Hayek du socialisme réel. Mais la critique hayekienne demeure encore pleinement valable pour ses métamorphoses.

Remerciements

Je remercie Robert Nadeau et Alain Leroux de leur aimable invitation au colloque de Cerisy. Les critiques du referee anonyme m'auront beaucoup aidé à clarifier certains points.

BIBLIOGRAPHIE

- Axelrod R., Cohen M., Rislo, R. 1998. "The Emergence of Social Organization in the Prisoner's Dilemma: How Context Preservation and other Factors Promote Cooperation", à paraître.
- Banzhaf W. et al. 1998. *Genetic Programming*, Morgan Kaufman Publishers.
- Binmore K., 1994. *Playing Fair*, Cambridge, MIT Press.
- Cassirer E., 1918. *Kant's Life and Thought*, (tr. J. Haden), Yale University Press, 1981.
- Delahaye J-P., Mathieu P., 1999. "Des surprises dans le monde de la coopération", *Les Mathématiques sociales, Pour la Science*, 58-66.
- Dupuy J-P., 1992. *Le sacrifice et l'envie*, Paris, Calmann-Lévy.
- Dupuy J-P., 1999. "Rationalité et irrationalité des choix individuels", *Les Mathématiques sociales, Pour la Science*, 68-73.
- Hayek F. von, 1988. *The Fatal Conceit. The Errors of Socialism*, London-New York, Routledge.
- Hofbauer J., Sigmund K., 1988. *The Theory of Evolution and Dynamical Systems*, Cambridge UP.
- Kirman A., 1998. "La pensée évolutionniste dans la théorie économique néoclassique", *Philosophiques*, XXV, 2, 219-237.
- Koza, J.R., 1992. *Genetic Programming: On the Programming of Computers by Natural Selection*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Livet P., 1998. "Jeux évolutionnaires et paradoxe de l'induction rétrograde", *Philosophiques*, XXV, 2, 181-201.
- Mallat S., 1998. *A Wavelet Tour of Signal Processing*, New York, Academic Press.
- Morel J-M., Solimini S., 1995. *Variational Methods in Image Segmentation*, Berlin, Birkhäuser.

- Mumford D., 1994. "Bayesian rationale for the variational formulation", *Geometry-Driven Diffusion in Computer Vision*, Dordrecht, Kluwer.
- Nadeau R., 1998. "L'évolutionnisme économique de Friedrich Hayek", *Philosophiques*, XXV, 2, 257-279.
- Nemo P., 1988. *La société de droit selon F.A. Hayek*, Paris, PUF.
- Orléan A., 1999. "L'imitation en finance est-elle efficace?", *Les Mathématiques sociales, Pour la Science*, 120-125.
- Petitot J., Rosenstiehl P., 1974. "Automate associal et systèmes acentrés", *Communications*, n° 22, 45-62, Paris.
- Petitot J., 1985. *Morphogenèse du Sens. Pour un Schématisme de la Structure*, Presses Universitaires de France, Paris.
- Petitot J., 1990. "Note sur la querelle du déterminisme", *La Querelle du Déterminisme*, (K. Pomian ed.), 202-227, Le Débat, Gallimard, Paris.
- Petitot J., 1991. "Why Connectionism is such a Good Thing. A Criticism of Fodor's and Pylyshyn's Criticism of Smolensky", *Philosophica*, 47, 1, 49-79.
- Petitot J., 1992. *Physique du Sens*, Editions du CNRS, Paris.
- Petitot J., 1994a. "La sémiophysique : de la physique qualitative aux sciences cognitives", *Passion des Formes*, à René Thom (M. Porte éd.), 499-545, E.N.S. Editions Fontenay-Saint Cloud.
- Petitot J., 1994b. "Dynamical Constituency: an Epistemological Approach", *Sémiotiques, Linguistique cognitive et Modèles dynamiques*, 6-7, 187-225.
- Petitot J., 1994c. "Natural Dynamical Models for Visual Morphology, Topological Syntax and Cognitive Grammar", *Representation : Relationship between Language and Image* (S. Levialdi, C. Bernardelli, eds.), World Scientific, Singapore, 187-208.
- Petitot J., 1995. "Morphodynamics and Attractor Syntax. Dynamical and morphological models for constituency in visual perception and cognitive grammar", *Mind as Motion*, (T. van Gelder, R. Port eds.), 227-281, Cambridge, MIT Press.
- Petitot J., 1999. "Morphological Eidetics for Phenomenology of Perception", *Naturalizing Phenomenology: Issues in Contemporary Phenomenology and Cognitive Science*, (J. Petitot, F. J. Varela, J.-M. Roy, B. Pachoud, eds.), Stanford, Stanford University Press, 330-371.
- Petitot J., Doursat R., 1997. "Modèles dynamiques et linguistique cognitive: vers une sémantique morphologique active", *Le mouvement: des boucles sensori-motrices aux représentations cognitives et langagières*, Actes de l'Ecole d'été de l'ARC, 167-183.
- Petitot J., Tondut Y., 1999. *Vers une Neuro-géométrie. Fibrations corticales, structures de contact et contours subjectifs modaux*, Numéro spécial de

Mathématiques, *Informatique et Sciences Humaines*, 145, 5-101, EHESS, Paris.

Poundstone W., 1993. *Prisoners Dilemma*, Oxford UP.

Samuelson L., 1997. *Evolutionary Games and Equilibrium Selection*, Cambridge, MIT Press.

Weibull J., 1996. *Evolutionary Game Theory*, Cambridge, MIT Press.