

AGIR ↔ PENSER EN COMPLEXITÉ

Passer de causalités linéaires à des causalités complexes : Saisir la question de la contingence et de l'imprévisibilité de l'action

I. La thèse commune :

Globalement, la recherche « classique » répond d'un mode de raisonnement fondé sur un travail statistique plus ou moins sophistiqué, portant sur les innombrables variables susceptibles d'expliquer un phénomène

L'approche par les variables valorise une démarche classique de recherche de laboratoire consistant à construire un dispositif ultra-sélectif de conditions expérimentales afin de tester une relation précisément identifiée, à en apprécier la « vérité » à l'aune des postures classiques d'administration expérimentale de la preuve et conduit à rechercher des régularités en minorant les variations aléatoires considérées comme négligeables. Cette perspective enracinée dans le projet réductionniste apparaît sûrement adaptée à l'étude de systèmes jugés stables et constitués d'un nombre limité d'éléments aux interactions linéaires, i.e. pouvant être décrites par des lois mathématiques supposant une stricte proportionnalité entre les causes et les conséquences.

Notre culture scientifique, nos règles méthodologiques sont tout entières marquées par les hypothèses fondamentales d'indépendance des causes, de durée limitée des phénomènes, de stabilité générale des contextes. L'hypothèse princeps de la pratique expérimentale - implicitement admise - est de considérer que dans un protocole les essais (et/ou sessions) sont indépendants entre eux, i.e. que le résultat de n'importe quel essai ne doit pas affecter le résultat des essais suivants.

La temporalité considérée comme pertinente est alors purement interne à l'essai expérimental et la temporalité externe du temps de « l'action sujet » est par définition, considérée comme non pertinente, de façon à se conformer aux conditions d'équivalence stricte des essais expérimentaux « toutes choses étant égales par ailleurs ». C'est le raisonnement des modèles statistiques de type $y = f(x) + e$, où y est la variable dépendante, x l'ensemble des variables indépendantes, f la fonction de composition de ces variables indépendantes explicatives, et e la part de hasard. Cette causalité linéaire « chaînée » établie un enchaînement causal entre deux événements éloignés l'un de l'autre de la façon suivante : a est la cause de b qui est la cause de c qui est la cause de d qui est la cause de e : à travers la chaîne b, c, d , nous avons a qui est la cause de e .

Ces modèles convergents s'appuyant sur la loi des grands nombres, postulent que ce qui est imprévisible au niveau individuel peut se révéler plus prévisible au niveau agrégé.

Du point de vue de l'action que l'on considère comme située et dynamique, l'indépendance causale mutuelle des essais expérimentaux par rapport aux essais précédents et suivants - condition nécessaire pour supporter l'hypothèse évoquée ci dessus - nous apparaît difficile à tenir car il n'est pas assez réaliste de supposer que les séquences d'action antérieures n'ont pas influencé les séquences d'action ultérieures. Par exemple, l'observation d'un joueur de basket - ou d'un tireur de pénalty ou de coup de pied arrêté - montre qu'il a plus de chance de réussir sa série de tirs, s'il a réussi les premiers essais.

Cette discussion conduit à réexaminer les modélisations usuelles qui conceptualisent les phénomènes uniquement en termes de relations causales « simples » i.e. de processus linéaires causes - effets affirmant la nécessité de l'existence d'événements antécédents clairement identifiables à des conséquences subséquentes observées, souvent dans une temporalité conçue comme brève à la fois pour les causes antécédentes et pour les effets subséquents.

L'observation des pratiques contextuelles suggère des relations plus complexes entre les événements et dans une vision « circulaire », « récursive », les relations entre les causes et les effets sont discutées. Peut-on clairement déterminer - ou quel a priori permet d'affirmer comme dépendant uniquement d'un facteur - la cause efficiente d'un phénomène dans un système vivant où tout interagit ? Morin en 1977 attirait déjà l'attention sur la nécessité de dépasser le schéma uni-causal classique et affirmait : « *de mêmes causes peuvent conduire à des effets différents et/ou divergents ..., des causes différentes peuvent produire de mêmes effets ..., de petites causes peuvent entraîner de très grands effets ..., de grandes causes peuvent entraîner de tout petits effets, ...* ».

Outre qu'un même effet peut évidemment avoir plusieurs causes, et une même cause plusieurs effets, l'usage fonctionnaliste du concept de cause ainsi utilisé amène à promouvoir une image mécaniciste des phénomènes qui restent décrits en termes de conditions initiales (qu'on appelle donc des causes) et non d'instabilité structurelle. Ce regard mécaniciste, servi par le réductionnisme, ne peut décrire l'action contextuelle que comme une série de mécanismes - biologique, psychologique, sociologique, ... - à propos desquels la question des interactions est exclue, faute des moyens conceptuels qui permettraient d'en poser, puis d'en explorer l'hypothèse.

Une théorisation pauvre pour une visée pratique ambitieuse : expliquer l'action et souvent en prescrire le contrôle ! Les hypothèses de ce modèle - appliqué aux actions humaines - s'appuient sur des visions anthropologiques simplificatrices qui en réduisent abusivement la complexité.

II. Éléments de controverse¹

Dans la suite de cette analyse, il apparaît de plus en plus pertinent de rompre avec les principes et les modèles de l'agent représentatif, lesquels nient la singularité du comportement individuel en le réduisant à un « comportement moyen ». A l'agent représentatif qui ne fluctue pas, puisqu'il est le produit d'une vision qui est celle de l'équilibre, il faut concevoir des « agents » hétérogènes, singuliers, en interaction, potentiellement apprenants et encastrés dans des environnements qui sont à la fois, structurant pour permettre l'action de ces agents et structurés par l'action de ces mêmes agents.

Le consensus épistémologique favorable à la méthode expérimentale n'a donc rien d'évident et d'inéluctable. Cette démarche faite d'isolations analytiques soulève le problème du degré de généralité de la validité des propriétés qui ont été obtenues dans un cadre si particulier : peuvent-elles être appliquées dans des contextes qui ne répondent pas à la même sélectivité que le dispositif initial ? Avec quelles marges d'erreur ou d'approximation ? Par exemple, que

¹ Le terme « controverse » n'est pas employé dans le sens de la polémique, mais dans le sens de débats sur des questions professionnelles qui font appel à des savoirs émergents, instables, hétérogènes, laissant place aux incertitudes. Le débat ouvert ici ne consiste pas à dire que les choses ne sont pas bien comme elles sont. Il consiste à examiner sur quels types d'évidence, de familiarités, de mode de pensées reposent les pratiques que l'on accepte communément.

deviennent les résultats obtenus sur un muscle isolé lorsque celui-ci est en interaction avec la totalité de l'organisme auquel il appartient ? La théorie ne peut fournir des prévisions pour un résultat futur que sous la condition des résultats expérimentaux passés. Dès lors que l'on considère l'action finalisée, i.e. la complexité organisée, la perspective d'usage d'un savoir appelle nécessairement la réintégration de tout un contexte qui avait été mis de côté - certes et d'un certain point de vue, de façon productive - mais artificielle.

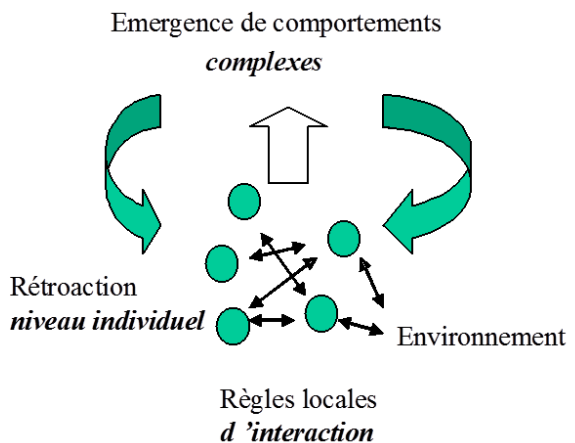
En effet, les systèmes complexes ont des caractéristiques particulières :

- Ils sont ouverts et en interaction forte avec l'environnement ;
- Ils impliquent de nombreux composants liés dynamiquement entre eux et le dysfonctionnement de l'un d'entre eux peut avoir des effets multiples avec des répercussions en chaîne ;
- Ils ont des boucles de contrôle non familières ou inattendues ;
- Ils sont incertains dans la mesure ou la prédiction des effets d'un ou plusieurs événements sur le système est faible voire nulle ;
- Ils ont de multiples critères de performance quantitatifs et qualitatifs souvent en conflit et dont l'importance n'est pas prédéterminée à l'avance ;
- Les connaissances sont distribuées, partagées parmi de nombreux agents qui s'informent mutuellement dans l'action.

Ces processus d'interdépendance à travers lesquels se construisent acteurs, action et environnement de l'action, excluent l'existence d'un principe de causalité linéaire, évoquant plutôt l'existence d'une causalité multiple interactive.

On touche ici aux limites des approches analytiques en raison de leur simplification excessive des modalités d'interaction homme - contexte, de l'importance qu'elles accordent à la méta - description et non au fonctionnement, à la discrétisation de variables continues, ... Dans un système d'action, composite par nature, tous les constituants concourent simultanément à la dynamique du comportement global.

Le comportement collectif ne peut donc être considéré comme un « individu » représentatif moyen (d'où les interrogations précédentes - et de ce point de vue - sur la signification de la notion de moyenne), de même que le comportement agrégé ne correspond pas au comportement moyen de chacun de ces constituants.



Dans le cours d'action, les interactions entre éléments génèrent des phénomènes de variabilité et de stabilité relative que l'on a du mal à expliquer par les modèles standard : un des aspects les plus marquants de ces systèmes est l'émergence de propriétés globales qui ne peuvent pas être directement déduites de l'analyse des comportements locaux des composants individuels.

Ce changement paradigmatique comporte plusieurs courants que l'on peut regrouper sous la bannière des sciences de la complexité. Celles-ci s'attachent notamment à comprendre l'émergence de phénomènes, c'est-à-dire à comprendre comment les interactions et les rétroactions qui relient les éléments d'un système s'organisent en son sein, face à l'environnement et dans le temps, de telle sorte que le système présente des qualités particulières que l'on qualifiera d'émergentes.

III. Une argumentation qui engage vers la complexité : La théorie de la ségrégation non voulue

En 1971, dans le *Journal of Mathematical Sociology* Thomas Schelling² publie « modèles dynamiques de ségrégation », article qui traite de la dynamique du partage de l'espace entre les « races », et qui démontre à quelles conditions un quartier où les races sont mélangées peut devenir pratiquement noir même si ce n'est pas ce que souhaitent ses habitants : si chacun admet, voire souhaite, un voisinage différent de lui mais « pas trop » sinon il quitte le quartier, le résultat final dépendra de la proportion de départ et de ce dernier seuil. Schelling montre, en appliquant la théorie des jeux, qu'à raison de cette tolérance limitée, le quartier peut se retrouver dans deux situations stables possibles : une de ségrégation pure ou une où les deux couleurs restent mélangées.

Il est possible de télécharger une simulation informatique sur le site « Agent - Based Computational Economics » de Leigh Tesfatsion et de « jouer à la ségrégation » <http://www2.econ.iastate.edu/tesfatsi/demos/schelling/schellhp.htm>

De même, les machines à « catastrophes » du type de celle de Zeeman feront mieux comprendre la notion d'instabilité d'un système : http://l.d.v.du.jardin.pagesperso-orange.fr/ct/fr_cusp.html#machines

IV. Une alternative dans le paradigme de la complexité : Des « facteurs » aux acteurs : itération, émergence et genèse de configurations dynamiques

Contrairement aux arguments « linéaires » avancés dans la première partie, cette idée d'émergence, d'auto-organisation au fil du temps suppose que les conséquences peuvent subsister alors que les causes ont disparu, ou encore, dit autrement, les causes du maintien d'une configuration ne sont pas nécessairement de la même nature que celles de son établissement.

Cela revient à établir une forme de causalité historique complexe dans laquelle chaque séquence influe sur la configuration qui sera à l'œuvre dans la séquence suivante, à travers les traces d'activités de toutes sortes qu'elle laisse dans l'environnement. Si bien que l'évènement observé à un temps (t) peut être rattaché à tout un faisceau de séquences d'action imbriquées plutôt qu'à une seule : il s'encastre dans d'autres faisceaux, rendant impossible l'isolement de chaînes discrètes de causalité. C'est donc cet agencement complexe et évolutif de séquences d'action dans une synchronisation précise qui illustre le principe d'équifinalité affirmant que dans tout système vivant le même état final peut être obtenu à partir de conditions initiales différentes.

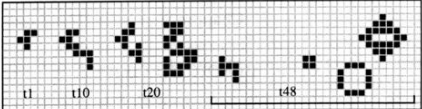
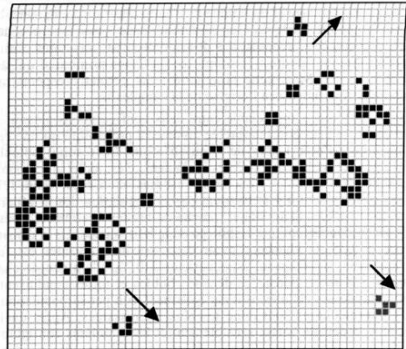
L'approche des phénomènes comme flux orienté de séquences d'action conduit donc à analyser les processus d'activité selon une logique séquentielle, pour laquelle chaque séquence peut influencer

² http://fr.wikipedia.org/wiki/Thomas_Schelling

les autres et peut présenter des configurations différentes. Cette genèse résulte de micro-pratiques qui s'insèrent dans des cadres conventionnels, lisibles et partagés, qui mettent en avant les détails jugés pertinents, selon le déroulement temporel de l'action.

Ces formes peuvent être considérées comme le résultat de règles de transformation, qui opèrent au sein du système d'action en intégrant le contexte pour produire les configurations appropriées. Comme nous l'avons argumenté dans la partie précédente, ce n'est pas tant la composition qui détermine la forme et la transformation, mais l'organisation dynamique qui génère de formes complexes, organisées et ordonnées dans l'espace et le temps. La question est alors d'identifier les types d'ordre dynamique qui caractérisent les séquences d'action en évolution et qui donnent naissance aux formes caractéristiques.

Comment rendre intelligible ce cheminement, cette continuité de l'action ?

<p style="text-align: center;">L'exemple du jeu de la vie³</p> <p>montre que des interactions simples entre objets peuvent conduire à l'émergence de structures complexes : à chaque étape du jeu, la vie persiste seulement si la case est entourée de plus de trois cases noires. Sinon elle disparaît.</p> <p>Ceci est un exemple de règles d'interaction parmi d'autres.</p> <p>On pourra « jouer » au jeu de la vie sur le site : http://serendip.brynmawr.edu/complexity/life.html</p>	 <p style="text-align: center;">Figure 7.1. Le « r pentomino »</p>  <p style="text-align: center;">Figure 7.2. Le « r pentomino » à la génération 150 (les flèches indiquent les directions prises par les planeurs)</p>
---	---

<p style="text-align: center;">Les modélisations de la vie artificielle</p> <p>Les Boids sont des agents autonomes et artificiels qui cohabitent dans un monde à 2 dimensions. Leur vie est régulée par un certain nombre de règles minimales :</p> <ul style="list-style-type: none"> - un boid n'est soumis qu'à 4 lois qui génèrent des forces s'appliquant sur lui et le font évoluer dans un monde peuplé d'autres boids. - Leur coordination ne dépend pas de signaux centraux mais de règles locales 	<p>On pourra manipuler mes paramètres de cette modélisation/simulation sur les sites :</p> <p>http://www.red3d.com/cwr/boids/apple t/ http://arieldolan.com/ofiles/JavaFloys.html</p>
---	--

³ http://fr.wikipedia.org/wiki/Jeu_de_la_vie

Fondée sur l'idée qu'il est possible de représenter de manière informatique les agents, leurs comportements et leurs interactions, la modélisation/simulation multiagents a pour objet l'étude, au niveau macroscopique, de systèmes complexes dont la dynamique est définie, au niveau microscopique, par l'action d'entités autonomes évoluant simultanément dans un environnement commun. Plus concrètement, la configuration (C_t) définissant l'ensemble des états possibles d'un système, toute simulation multiagents est basée sur l'hypothèse que l'évolution du monde de l'instant t à $t + dt$ résulte de la composition des actions $A_1(t)$, $A_2(t)$... $A_n(t)$ produites par les agents à l'instant t .

Dans ces modélisations individu-centré, un agent est - comme la proposition princeps de Schelling l'a proposée - principalement affecté par les conditions environnementales qui se trouvent dans son voisinage ainsi que par sa situation dans un réseau social. Les interactions qu'il entretient avec son environnement pris au sens général, sont localisées dans le temps et dans l'espace. Son histoire est différente des autres et il peut à ce titre influencer le cours des choses et il n'est pas rare que le comportement d'un seul individu puisse entraîner des changements du système en entier. Ainsi, la variabilité interindividuelle peut être à l'origine de phénomènes plus globaux.

En cherchant à reproduire le comportement des individus, les modèles individus-centrés, tels que les modèles multiagents facilitent la représentativité de situations complexes.

Travaux pratiques proposés

Sur les sites cités, manipuler les paramètres des systèmes agents