



HAL
open science

La singularité dans les systèmes complexes

Dominique Badariotti

► **To cite this version:**

| Dominique Badariotti. La singularité dans les systèmes complexes. 2016. halshs-01255111v2

HAL Id: halshs-01255111

<https://shs.hal.science/halshs-01255111v2>

Preprint submitted on 29 Nov 2016 (v2), last revised 6 Sep 2017 (v3)

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

La singularité dans les systèmes complexes

Dominique BADARIOTTI¹

¹ Université de Strasbourg, France

*Correspondance : dominique.badariotti@live-cnrs.unistra.fr.

5

Résumé

Le thème de la singularité, si difficile à aborder dans un système de pensée purement cartésien, peut devenir un thème d'étude et de questionnements dans le domaine des systèmes complexes naturels et artificiels où la singularité des émergences invite à s'interroger sur cette caractéristique particulière. Pour autant, ce thème demande à être davantage investigué tant les 10 acceptions sont différentes, d'une discipline à l'autre, derrière ce mot. Au delà des différences, on peut réduire le concept de singularité à cinq catégories fondamentales de compréhension par delà les disciplines.

Mots-clés

15 Singularité, philosophie, sciences humaines et sociales, sciences exactes, complexité, interdisciplinarité

I INTRODUCTION

Le colloque interdisciplinaire annuel de Rochebrune, dont l'objet concerne les systèmes 20 complexes naturels et artificiels, a fait porter sa XXIIème rencontre sur un thème a priori étrange : la singularité. L'objectif de cet article est de profiter de cette opportunité pour collecter les acceptions disciplinaires et interdisciplinaires de ce terme, et de rappeler brièvement la problématique qui a été développée sur ce thème, afin d'en donner quelques 25 clefs de lecture à la lumière des contributions mais aussi des débats de cette session. Mais au préalable il convient de rappeler ce qu'est Rochebrune.

Qu'est-ce en effet, et in fine, que Rochebrune ? Rochebrune est, et reste, essentiellement un lieu, mais un lieu vraiment « singulier ». Hors de toutes contraintes institutionnelles, Rochebrune est chaque année depuis trente ans le lieu du doute et du questionnement de 30 chercheurs et de penseurs en prise avec les systèmes complexes du physique au social. C'est, de ce fait, un lieu privilégié du dialogue interdisciplinaire qui permet à chacun d'ouvrir ses perspectives en interaction soutenue avec les autres.

Ceci ne peut se faire que dans un lieu physique approprié, et depuis 1992 c'est un chalet de montagne, isolé et chaleureux, qui nous accueille au sommet du téléphérique de Megève, créant ainsi le vase clos indispensable à l'alchimie du dialogue.

35 ILE THEME DE LA SINGULARITE

La notion de singularité est une notion étrange, typiquement « *border-line* », qui questionne la science, et notamment les sciences de la complexité, mais interroge aussi bien au-delà de cette sphère.

Elle désigne en effet ce qui est particulier, original, unique, étonnant, ce qui se démarque nettement, et qui du coup peut être objet d'attention pour tout être de raison du fait de l'étonnement et de la curiosité qu'elle suscite spontanément. Irréductibles par excellence, la singularité et le singulier ne semblent pouvoir être appréhendés que dans un cadre
5 idiographique, voire descriptif, qui s'oppose au projet nomothétique et explicatif, schèmes dominants de tout projet scientifique moderne. Et de fait, la singularité, du fait de son unicité, échappe à l'expérience dans un premier temps, celle-ci nécessitant un minimum de répétitivité pour se construire.

Et pourtant, la singularité est certainement à l'origine de maintes découvertes, intervenues à
10 partir de l'observation de faits qui semblaient singuliers, et sur lesquels des esprits curieux et logiques se sont penchés, à l'instar des princes de Sérendip, pour en inférer raisonnements, explications et concepts génériques. En ce sens, la singularité représente une nouveauté qui, lorsqu'elle est interprétée comme un élément signifiant, peut susciter un questionnement scientifique empirique et inductif.

15 Mais la singularité renvoie aussi au curieux, au bizarre, à l'étrange, voire à l'inquiétante étrangeté, et finalement au monstrueux. Angoisse et fascination peuvent facilement être ressentis face à la singularité monstrueuse, ce qui peut être à la fois un frein puissant mais aussi une motivation haletante pour appréhender ces phénomènes, que leur origine soit contingente ou émergente. Ainsi, c'est en étudiant des objets mathématiques jugés « monstrueux » par les
20 mathématiciens (il s'agissait d'objets complexes récursivement définis comme les éponges de Menger, la courbe ou le flocon de Von Koch, l'ensemble de Cantor, le tapis de Sierpinski, la courbe de Peano) que Mandelbrot a « inventé » les fractales. Ainsi la tératologie, avec son cortège de monstres tour à tour grotesques, terrifiants, repoussants ou touchants, est un des horizons de la singularité, et nous interroge.

25 Enfin, la singularité est porteuse de différence, de positionnements en rupture, de nouveaux questionnements voire de subversion ou de folie. "La singularité est dangereuse en tout" disait Fénelon (1), car elle peut ouvrir des portes dont nul ne sait exactement où elles mènent. Il était totalement singulier pour Christophe Colomb de vouloir traverser une mer océane qu'on pensait – en ignorant la science grecque - plate et peuplée de démons, pour rejoindre par
30 l'Ouest ce qui était à l'Est. C'est une motivation du même ordre qui a poussé Peter Diamandis et Ray Kurzweil à fonder en 2009 « SingularityUniversity » dans la SiliconValley, sur financements de la Nasa et de Google, dont l'objet est au fond de préparer les esprits au passage à la « transhumanité », c'est à dire à une humanité où esprits et technologies seront intimement liés dans une nouvelle symbiose qui bouleversera le monde et l'humanité telle que
35 nous la connaissons (2).

"Plus l'univers se standardise, plus la singularité m'intéresse" disait Claude Sautet (3), mobilisant la singularité en bouclier face à la prolétarianisation qui touche nos sociétés modernes, et prive nos concitoyens de leur savoirs distincts, ce qui fragilise les personnes en les empêchant de produire leur propres modes d'existence individuelles et les conduit
40 inévitablement à une forme d'assujettissement (4). En même temps, la Nasa et Google travaillent à partir du même concept à déconstruire l'homme biologique pour construire une nouvelle humanité, bio-technologique, mettant ainsi en œuvre une forme de singularité technologique qui permettrait de dépasser l'humain en lui permettant d'accroître de façon exponentielle sa connaissance à l'aide de supercalculateurs (5). Il y a donc bien quelque chose
45 de vital et d'essentiel qui s'exprime à travers la singularité, mais aussi de terrifiant, lorsqu'on l'associe à la perspective de la transhumanité, ce qui fait du concept de singularité un concept fondamentalement dialogique.

Nous sommes ainsi d'évidence devant une question fondamentale pour la science, mais aussi pour la société, voire l'humanité. La singularité méritait vraiment qu'on lui consacre une

semaine à Rochebrune, avec comme objectif scientifique de mettre avant toute perspective un panel de contributions, disciplinaires, interdisciplinaires, transdisciplinaires voire "indisciplinées" sur la singularité ou sur des singuliers, au travers des multiples approches et thèmes scientifiques constitutifs de la complexité.

5 **II PROBLÉMATIQUE DE LA SINGULARITÉ**

D'un point de vue transversal, le concept de singularité pose diverses questions. Nouveauté et singularité : quel est le statut de la singularité entre heuristique et incertitude ? Quel a été son rôle dans les changements de paradigme ? La singularité est-elle toujours un élément signifiant ? Ne peut être singulier que ce qui est repérable, ce qui dessine implicitement une limite au-delà du point d'identification : la science a-t-elle accès à cet au-delà ? Et comment l'appréhender ?

Dans le domaine des SHS, la singularité renvoie souvent à l'unicité ou à l'originalité ; En urbanisme par exemple, chaque ville semble avoir un caractère propre qui lui est singulier. Comment ce caractère émerge-t-il ? Est-il une composante nécessaire du caractère urbain d'un peuplement ? En géographie, la singularité renvoie d'une part à l'idée d'une irréductible unicité de chaque lieu à la surface de la terre – « la beauté de ce qu'on ne verra jamais deux fois » disait Pierre Birot-, et d'autre part à la possibilité de concevoir cette unicité comme une réalisation parmi des trajectoires possibles dans une évolution faite de dynamiques complexes, parcourant des « singularités » au sens mathématique qu'en donnait Poincaré dès 1881, soit des cols, fonds ou sommets dans un « système topographique » en courbes de niveau appelé depuis « paysage de Poincaré ». En anthropologie, que nous dit le singulier sur le commun, le standard, l'usuel ? En philosophie, le singulier renvoie à l'idiote, qui est un personnage fictif ou semi-fictif nécessaire à la création de concepts. Le singulier comme passeur d'idée ...

Dans les sciences exactes, la singularité désigne généralement des lieux précis où les propriétés observées diffèrent fortement des propriétés alentours. En physique par exemple, une singularité gravitationnelle est un point spécial de l'espace-temps au voisinage duquel certaines quantités décrivant le champ gravitationnel deviennent infinies. En mathématiques, une singularité est un point où un objet mathématique n'est pas bien défini : par exemple, une valeur où une fonction d'une variable réelle devient infinie ou encore un point où une courbe a plusieurs tangentes.

En informatique, science par définition de l'itération et donc de la répétition, la question de la singularité prend un relief particulier. Par exemple quelle est la place de la singularité dans les algorithmes et processus au sein des machines ? La condition d'arrêt d'un processus récursif est-elle un exemple explicite de singularité ? La phase d'apprentissage d'un système est-elle une singularité ? De même le point de convergence d'un algorithme ou d'un réseau connexionniste constitue-t-elle une singularité quand bien même elle est prévisible ? Et que dire de l'identité numérique des utilisateurs sur les réseaux sociaux, est-ce une singularité dans un point de vue centré-utilisateur ou bien est-ce une donnée (ou un agrégat de données) comme une autre ?

Enfin, en futurologie, la singularité technologique est un point hypothétique de l'évolution.

Ces champs et ces questionnements ne sont pas exclusifs, loin de là. Mais ils permettent de décliner en première approximation l'intérêt de la question de la singularité pour les sciences du complexe. C'est en écho à ces multiples questions que certains articles, discutés ou soumis, ont été sélectionnés pour réaliser un numéro spécial de la revue JIMIS. En parallèle il semblait également intéressant d'effectuer une lecture transversale des débats rochebruniens qui se sont tenus, et dont tous les contributeurs n'ont pas souhaité dériver un article, d'où notre préface.

Soyons clair : il n'est pas l'objet de ce texte d'entrer dans le cœur de ce que signifie la singularité pour la plupart des chercheurs du colloque, pris dans leurs disciplines et questionnement respectifs. C'est davantage à une lecture plus générale, typologique voire sémantique, que nous nous livrerons en essayant de mettre en exergue les pensées particulières de la singularité abordées lors des Journées de Rochebrune 2015, et les significations différentes accordées à ce mot.

IVLES CINQ CATEGORIES SCIENTIFIQUES DE LA SINGULARITE

André Lalande, dans son « Vocabulaire technique et critique de la philosophie » (6), donne cinq acceptions principales à la singularité. En dehors des contributions qui mettent en avant une lecture dialectique de la singularité, en l'opposant à la pluralité (BoisMargnac et Galaretta) ou à l'uniformisation (Pfaender), ou de celles qui s'interrogent sur la valeur du concept, par exemple dans les sciences humaines et sociales (Tronçon), il est intéressant de constater que non seulement le champ de ces acceptions a été couvert, mais que les contributions ont été proportionnées à la hiérarchie des sens accordés par Lalande à ce terme.

En effet, les contributions les plus nombreuses correspondent aux premières acceptions de la singularité référencées par Lalande, alors que les dernières ne renvoient qu'à des contributions éparses. Voyons à présent quelles sont ces cinq acceptions et comment les contributions de Rochebrune y renvoient.

3.1 Qui est un individu – un être singulier - *Eigenheit* - Qui est, désigne ou représente un individu.

On peut identifier cinq contributions au colloque qui vont dans ce premier sens, tout à fait fondamental, accordé à la singularité.

C'est tout d'abord une réflexion sur l'opposition classique en philosophie entre l'individualité et le général ou l'universel (Perreira). Cette singularité peut apparaître comme une dimension fondamentale de la réalité, et des faits qui la constituent chacun d'eux se détachant de la masse des autres faits.

Mais elle peut aussi être construite abstraitement (Bourdon) et correspondre par exemple à un modèle, que l'on a spécifiquement construit pour s'abstraire des singularités des faits observés et chercher à les généraliser. Ainsi est-on obligé de construire un modèle « type » d'arbre (Champion) lorsque l'on veut analyser et caractériser une forêt toute entière.

Par ailleurs, quand on pose la question de la singularité sous l'angle de l'individualité, on ne peut pas faire l'économie de considérer le processus d'individuation qui conduit justement à l'individu : il est intéressant de constater que ce processus d'individuation concerne également les algorithmes et processus calculatoires, voire les langages informatiques (Joinet) où chaque instruction est issue d'un tel processus.

Enfin, la singularité – au sens d'unicité ou d'individualité - renvoie également aux conditions de son apparition et de sa reproduction. Dans cette optique domine l'idée qu'il est impossible de re-faire quelque chose qui se distingue par sa singularité, parce que l'individu est unique par définition ; ou parce que le temps agit et que le système de règles évolue toujours dans un contexte spécifique, par définition absent du design du système (Bourcier).

3.2 Qui appartient à un individu ou qui concerne un individu - *Eigentümlichkeit* - Qui ne ressemble à rien ni à personne ; qui est seul de son espèce.

Cette seconde catégorie de sens est en quelque sorte un extrême du sens précédent. Lorsque l'individualité apparaît, suite à un processus d'individuation, elle peut conduire à l'apparition d'isolats, de « singulières » singularités qui caractérisent un fait unique.

C'est par exemple le cas des empreintes digitales, ou de toute particularité absolument unique, qui va permettre d'identifier un individu, ou une image. Ainsi, dans la recherche portant sur une falsification de documents, on va aller chercher de telles singularité de cet ordre pour démontrer l'authenticité d'un document, ou a contrario attribuer sa falsification à quelqu'un (Cozien).

De telles singularités sont bien entendu observables dans la réalité, mais on peut également en rencontrer dans des domaines plus abstraits comme les mathématiques où les singularités désignent des points typiques de certaines fonctions où les propriétés changent ou se particularisent (Allaoui). De même en physique les singularités correspondent à des objets précis qui sont fréquemment rencontrés comme les champs gravitationnels, électriques ou magnétiques qui ne sont pas définis à l'endroit où se trouvent les charges (ou masses) ponctuelles à l'origine de ces champs ; ou dans les assemblages de molécules en bâtonnet, de type cristaux liquides, où il existe des lignes suivant lesquelles l'orientation des molécules n'est pas définie (disinclinaisons) (Weisbuch).

Dans le domaine de l'anthropologie et de la sociologie, la singularité va renvoyer à l'unicité intrinsèque de chaque personne (Saussois). Dans ce cas on considère que la singularité renvoie à ce qui distingue un être humain, comme échappant aux normes sociales. Cette conception rejoint en partie la vision de la singularité en géographie, où ce concept va désigner ce qui particularise régions et villes, au delà des mécanismes identiques en œuvre pour différencier l'espace (Pumain, Finance).

3.3 Rare, étrange, surprenant (sans laudatif) - *Sonderbarkeit* - Un phénomène singulier.

Mais la singularité peut aussi renvoyer à l'observation de choses paradoxales ou surprenantes, que l'on ne comprend pas forcément de prime abord et qui du coup stimulent la science et la recherche. C'est par exemple l'observation très intéressante de la résilience inattendue d'une forêt humide malgache qui repousse spontanément des dizaines d'années après le défrichage et la mise en culture des parcelles (Hervé).

Autre exemple, l'observation particulière qu'en économie, une forme d'équivalence semble exister entre les niveaux micro et les niveaux macro, ce qui peut avoir des conséquences très intéressantes en matière d'observation des phénomènes économiques complexes. En effet, si suivre des données à un niveau micro équivaut à suivre des données à un niveau macro, il suffit dès lors d'avoir quelques variables macro sur une longue durée, ce qui serait équivalent à avoir beaucoup de mesures micro instantanées (Bourguine et Peyriéras).

Enfin on peut aussi évoquer la question de la collection (Blot), où un assemblage de choses ordinaires peut constituer quelque chose d'extraordinaire par leur simple agencement ; et inversement, où un ensemble de choses extraordinaires voire unique (une collection de livres rares par exemple) peut être organisé et référencé de la façon la plus banale qui soit.

3.4 Unique, de valeur supérieure à celle des autres choses de la même espèce (avec laudatif) - *Unice* – Se distinguant singulièrement.

Quelques fois la singularité, qui distingue les faits par leur rareté ou unicité, peut conduire à des situations où elle exprime une forme d'optimisation. Si on prend comme domaine la question des réseaux reliant des lieux différents entre eux, il est intéressant de noter que certaines formes singulières de réseaux correspondent à des optimisations du point de vue des possibilités de mobilités intrinsèques à ces réseaux. Ainsi il apparaît que les réseaux réguliers tissés par les araignées orbitales ont des propriétés supérieures, en termes de mobilité et de sunnexité (ou centralité d'entremise – *betweenness*), aux réseaux maillés de type damier, ou aux réseaux rectilinéaires (Josselin). Il s'agit bien là d'un exemple de singularité « positive » qui distingue une espèce de réseaux par rapport à d'autres en raison de ses qualités supérieures d'un certain point de vue.

Dans le même ordre d'idée, on pourrait aussi citer une autre construction écologique de grande valeur, qui correspond au piège que construit la larve du fourmilion pour attraper ses proies. En effet, le fourmilion utilise les propriétés de criticalité d'un cône de sable, qu'il construit et maintient en situation d'instabilité, pour capturer les fourmis : la fourmi qui s'aventure sur ce cône va déclencher une avalanche de sable qui va fatalement se terminer dans la gueule du fourmilion, mais aussi reconstituer la criticalité du cône, qui se maintient à environ 30° de pente (Olivier). Ce piège apparaît donc comme une forme de criticalité auto-construite et auto-entretenu de grande valeur... pour le fourmilion !

3.5 Etrange, choquant, contraire à ce qui devrait être - *Singular* – *Monstrueux*.

L'étrangeté, voire la monstruosité de certains phénomènes singuliers a été abordée incidemment dans certains débats ; mais jamais directement, comme si affronter la caractéristique la plus extrême, la plus choquante et aussi la plus incompréhensible de la singularité posait une difficulté à la communauté scientifique réunie.

On a pu parler de la singularité de l'expression artistique, qui n'est pas toujours monstrueuse, au demeurant et souvent loin de là ; ou de la singularité de certaines formes mathématiques ou physiques. Très souvent ces singularités s'expriment de façon radicale, un peu comme les catastrophes de René Thom, présentant une discontinuité profonde et brutale avec leur environnement. Par exemple, en matière de systèmes dynamiques selon Poincaré, le point d'une trajectoire où la vitesse s'annule est une singularité : ce qui correspond à un point étrange et inattendu pour un système en mouvement. De même en physique, une singularité est un endroit où une grandeur n'est pas définie, alors qu'à proximité de ces lieux singuliers, on observe un comportement universel (Allaoui) ; ce qui est effectivement étrange et paradoxal.

Donc la singularité étrange, voire monstrueuse, a été abordée mais pas directement traitée, comme si certaines dimensions de la singularité pouvaient encore rester « dangereuses », pour reprendre le mot de Fénelon, y compris pour des chercheurs curieux par définition.

V CONCLUSION ET RÉFÉRENCES

L'actualité scientifique du questionnement sur la singularité, dans le cadre des systèmes complexes naturels et artificiels, a pu être démontrée, commentée, et illustrée par les contributions au colloque de Rochebrune 2015, et par la sélection d'articles qui en résulte.

On constate que les postures scientifiques sont certes nuancées, certains opposant la singularité, au sens d'unicité, à l'universalité, et d'autres insistant davantage sur le caractère inattendu, mal défini, voire inconnu, que désigne ce terme. Mais au delà de ces nuances, on constate que la singularité, objet scientifique marginal pour ne pas dire ignoré jusqu'ici par les approches cartésiennes, peut devenir un objet de questionnement disciplinaire et interdisciplinaire dans le paradigme de la complexité, ouvrant ainsi de nouveaux horizons à la recherche et à la science.

Pour aller plus loin, nous pensons que la singularité, si peu évoquée dans le domaine scientifique et donc si absente en apparence du débat scientifique, est au fond fortement présente dans l'arrière plan de nos objets d'étude, de nos approches et de nos pensées du monde. C'est typiquement une de ces catégories de concept qu'on n'a jamais vraiment fini d'explorer et qui reste toujours une rafraîchissante source d'interrogations, de questionnements, de fascinations et de mystère.

Références

1. François de Salignac de La Mothe Fénelon, citation attribuée à Fénelon.
2. Voir le dossier « Liberté égalité immortalité – Le monde que vous prépare la Siliconvalley », dans Philosophie magazine, N°83, pp 39-65, octobre 2014

3. Claude Sautet, cinéaste : citation attribuée à Claude Sautet - le Nouvel Observateur
4. Voir l'article prolétarisation sur le site <http://arsindustrialis.org/prolétarisation>
5. Voir le site <https://iatranshumanisme.com/2015/05/01/la-singularite-technologique-en-route-vers-le-transhumain>
6. André Lalande, 1926, Vocabulaire technique et critique de la philosophie, Paris, PUF Quadrige, ed. de 2006

5

A Annexe 1

Liste des sessions set interventions au colloque de Rochebrune 2015

Session "Singularités, échelles en géographie"

- Peut-on modéliser la singularité en géographie ?, O. Finance

10 Session "Singularités et sémiotique "

- Falsification de documents. Quelles anomalies détecter ? Quelles singularités identifier ?, P. Beust, R. Cozien, S. Mauger
- Conciliation des singularités. Une étude sémiotique de la singularité, D. Galaretta

Session "Singularités et multi-agents"

- 15 • Modelling and simulatingorbweb networks using Multi-Agent-System, D. Josselin, S. Chekir, A. Pasquier
- Systèmes multi-agents: singularité des agents ou singularité des contextes?, J.-P. Muller
- Modèles à bases d'agents et degré d'universalité des propriétés : singularité des agents ou singularité des ontologies ?, D. Phan

Session "Singularités et calcul"

- 20 • Avalanches dans les écosystèmes computationnels, D. Olivier, F. Guinand
- Processus de calcul, individuation et singularité, J.B. Joinet

Session "Singularités et physique"

- 25 • De l'arbre à la forêt, singularité et généralisation dans les modèles physiques, I. Champion
- Singularités, Signes et Universalité: quelques exemples tirés de la physique et des systèmes dynamiques, G. Weisbuch
- Premiers éléments de la théorie du calcul singulier, R. Cozien

Session "Singularités et villes"

- Singularité et urbanité, D. Badariotti

Session "Singularités et multiplicités "

- 30 • Le time-graph permet-il de modéliser une collection ?, G. Blot, F. Rousseau, P. Saurel • Singularité et multiplicité, le paradoxe de l'émergence. F. Bourdon
- LogicalSingular and Logical Plural, L.-C. Pereira

Session "Singularités et mathématiques "

- 35 • Singularités en mathématique, A. Alaoui
- Singularités universelles, J.P. Bois-Margnac

Session "Singularités et sciences"

- Singularité et sérendipité, P. Van Andel
- Singularité et individuation: le cas de l'embryogenèse, P. Bourginie, N. Peyriéras

Session "Singularités et sciences sociales"

- 40 • Singularités, objectivité et performativité en sciences sociales, S. Tronçon
- Sociologie de la singularité, J. M. Saussois

Session "Singularités de dernières minutes ..."

- 45 • La personnalisation dans les réseaux sociaux est-elle une forme d'uniformisation., F. Pfaender
- Reproduire, simuler, créer. De l'intelligence artificielle à la création singulière, D. Bourcier