



HAL
open science

Fragilités matérielles

Jérôme Denis, David Pontille

► **To cite this version:**

Jérôme Denis, David Pontille. Fragilités matérielles. Revue d'Anthropologie des Connaissances, 2023, 17 (4), <https://journals.openedition.org/rac/31180>. 10.4000/rac.31180 . halshs-04319206

HAL Id: halshs-04319206

<https://shs.hal.science/halshs-04319206v1>

Submitted on 2 Dec 2023

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.

Fragilités matérielles

Jérôme Denis & David Pontille

Centre de Sociologie de l'Innovation
I3 (CNRS UMR 9217) - Mines Paris
PSL Research University, Paris, France
jerome.denis@minesparis.psl.eu
david.pontille@minesparis.psl.eu

Revue d'Anthropologie des Connaissances
2023, vol. 17(4), <https://journals.openedition.org/rac/31180>

Résumé

Cet article introductif montre comment le prisme de la fragilité permet de prolonger conceptuellement et empiriquement les travaux qui, en se focalisant sur l'agentivité des objets et des matériaux, ont insisté sur la part matérielle des sociétés humaines. Il détaille d'abord la richesse et les limites de la notion de fragilité à partir de la conception qu'en ont les sciences des matériaux, notamment fondée sur l'idée de contrainte extérieure. Il montre ensuite, à travers les articles du dossier thématique, qu'une autre conception de la fragilité matérielle est possible, qui ouvre sur l'exploration des interdépendances sociomatérielles faisant tenir les choses. En n'enfermant pas ces dernières dans la seule inquiétude du choc et de la perte, les fragilités matérielles peuvent ainsi être pensées, et pratiquées, comme génératives.

Mots clefs

agentivité • fragilité • nouveau matérialisme • matériaux • maintenance

Le rôle des artefacts dans l'organisation et le développement des activités humaines a été au centre d'innombrables travaux en sciences humaines et sociales. Outre Leroi-Gourhan, qui n'a eu de cesse de faire de l'étude de la technique et de son évolution une science humaine à part entière (Schlanger, 2023), les pensées de Marx et Foucault ont été centrales dans la constitution de courants de recherche en histoire, en anthropologie, en géographie ou en sociologie enclins à faire une place importante dans leurs analyses aux objets, des plus banals aux plus complexes (Mukerji, 2015). À la fin des années 1980 et pendant les années 1990, cet intérêt pour la part matérielle du monde s'est renouvelé et cristallisé à partir de l'étude des sciences, comme une réponse véhémement au « tournant linguistique » qui avait dominé le domaine pendant plusieurs années (Pickering, 2010). Initialement réactivée par des travaux ethnographiques qui ont notamment mis en lumière le rôle crucial des instruments dans la production des connaissances scientifiques (Knorr-Cetina, 1981 ; Lynch, 1985 ; Latour & Woolgar, 1986), la curiosité pour les objets a été amplifiée par le déplacement de plusieurs chercheuses et chercheurs de l'étude des sciences vers l'étude des technologies (Woolgar, 1991). L'émergence presque simultanée de préoccupations similaires en anthropologie (Gell, 1996), en études urbaines (Cronon, 1991), en philosophie (Verbeek & Kockelkoren, 1998), ou encore en études des organisations (Orlikowski, 1992) a été décrite, au-delà des spécificités disciplinaires, comme un « tournant matériel ».

Plus récemment, la part matérielle du monde s'est vue interrogée à nouveaux frais par une série de travaux que l'on a pris l'habitude de voir assemblés sous l'expression de « nouveau matérialisme ». Tandis que le premier « tournant » a surtout insisté sur la participation des objets à la vie des êtres humains en mettant en lumière leurs dimensions politiques et morales (Winner, 1980 ; Akrich, 1987 ; Latour, 1994 ; Gell, 1998 ; Pickering, 1995), ces travaux cherchent à se détacher du tropisme de l'action humaine, fusse-t-elle outillée. Dans la lignée de la philosophie de Deleuze et Guattari (1980) et de Whitehead (1978), ils décrivent l'imprévisibilité des processus d'auto-organisation et la créativité propre de la matière, à l'œuvre dans la vie aussi bien humaine que non-humaine, bien au-delà du périmètre des objets techniques (DeLanda, 2006 ; Barad, 2007 ; Bennett, 2010 ; Clark & Szerszynski, 2021).

Au-delà de leurs profondes différences, et des innombrables débats et critiques auxquels ils ont donné lieu, ces deux mouvements, à peine esquissés ici, ont un point commun : ils abordent la matière avec une approche « positive » (Ingold, 2013), qui insiste presque exclusivement sur la solidité et la force. Lorsque la panne ou la casse sont évoquées, c'est essentiellement dans une perspective heideggérienne : pour insister sur la valeur épistémique des ruptures temporaires qu'elles provoquent, mais pas pour considérer la fragilité comme une forme de présence des choses dans le monde (Denis & Pontille, 2023).

Comme si l'ouverture revendiquée de pans entiers de la recherche en sciences humaines et sociales à une physicalité qui déborde l'anthropocentrisme et bouscule les dualismes hérités de la science moderne ne tenait qu'à condition que tout signe de précarité ou de dégradation soit laissé de côté, mis à l'écart des démonstrations théoriques comme des descriptions empiriques. Pourtant, le vieillissement, l'érosion, l'usure, la corrosion sont des phénomènes on ne peut plus ordinaires, dont on peut faire l'hypothèse qu'ils forment une expérience commune à l'ensemble de l'humanité, même si leurs conséquences et leur appréhension varient grandement d'une situation à l'autre. Comment rendre compte de cette absence ? Et, surtout, que pourrait apporter une exploration des formes de fragilité matérielle ? Ce dossier thématique vise à esquisser de premières réponses à cette question.

Matérialismes et agentivité

L'absence d'un intérêt explicite pour la fragilité dans les travaux qui se penchent sur le rôle politique des objets, comme dans ceux qui interrogent les capacités organisatrices propres à la matière, doit beaucoup au fait que, au-delà de la diversité des perspectives et des cas étudiés, ces deux mouvements partagent un problème principal : celui de l'agentivité et de ses contours. C'est l'enjeu très explicite des travaux qui, à la fin des années 1980 et pendant la décennie suivante, ont insisté pour que les objets en tout genre, des plus ordinaires aux plus massifs, soient inclus dans la description du « social » (Winner, 1980 ; Akrich, 1987 ; Latour, 1994 ; Gell, 1998 ; Pickering, 1995). Loin de simplement plaider pour l'ajout d'un arrière-fond matériel dans le paysage des relations humaines, cette démarche de sémiotique matérielle visait à saisir les formes de participation des objets techniques à la vie des humains en enquêtant sur « le “faire” des choses » (Hennion, 2015), en identifiant la variété des formes d'action dont ils étaient capables (Akrich & Latour, 1992). À l'issue de processus de traduction (Callon, 1986) et d'inscription (Akrich, 1987), ceux-ci acquièrent en particulier des capacités à « faire faire », c'est-à-dire à engager un rapport de force avec certaines personnes et certains collectifs, et à imposer des formes de réaction à leur usage (Latour, 1993). Les objets sont ici appréhendés comme des acteurs (ou des actants, dans le vocabulaire de la sémiotique) qui font de la politique (Latour, 1994), voire de l'éthique (Verbeek, 2005), « par d'autres moyens » que ceux habituellement identifiés dans les sciences humaines et sociales.

Si ces travaux se sont dressés principalement contre les traditions de pensée qui défendent coûte que coûte l'exceptionnalisme humaniste dans la lignée de Descartes et de Bacon (Merchant, 1980), il faut aussi rappeler qu'ils se sont vite écartés du constructivisme social hérité de Durkheim, qui ne voit dans l'action des objets que le résultat d'interprétations et de conventions, ici encore, uniquement sociales (Hennion, 2015). Toutes les propriétés matérielles ne se valent pas, et tous les objets ne peuvent pas faire de la politique ou de la société au même titre. Or, la capacité d'agir de la matière tient ici essentiellement à la solidité. Si les objets contribuent à l'organisation de la vie des humains, et du reste des vivants, c'est essentiellement parce qu'ils sont faits d'une matière qui leur permet de durer (Goody, 1986 ; Winner, 1980). Si l'on peut traduire des injonctions morales, des principes, des intérêts partisans et produire des inégalités à même les choses, c'est en tant qu'elles tiennent bon et résistent (Gell, 1998)¹. Une telle qualité n'a bien entendu rien d'évident, et la stabilité des objets est généralement le résultat d'un processus sociomatériel complexe (Callon, 1986), d'un travail collectif au long court semé d'embûches et parfois voué à l'échec (Latour, 1992). Malgré tout, quand les objets agissent ici, c'est qu'ils ont atteint une certaine inertie, voire une immuabilité. Comme le remarque Fernando Domínguez Rubio à propos des pratiques de conservation artistiques, dans cette perspective la fragilité matérielle est un angle mort : « Rarely, if ever, do these approaches take into account the fact that objects wear down and change, that they break, malfunction and have to be constantly mended, retrofitted and repurposed (...) » (Domínguez Rubio, 2016, p. 60).

¹ L'article que de Laet et Mol (2000) ont consacré à la trajectoire d'une pompe à eau au Zimbabwe fait figure d'exception remarquable de ce point de vue. Si elles n'interrogent pas directement l'idée de fragilité, en montrant l'importance de la « fluidité » de la pompe en question (sa capacité à se transformer radicalement au fil des usages), les autrices y critiquent explicitement la perspective de la sociologie de la traduction qui se focalise sur les temps de clôture et sur le rôle de la stabilité matérielle dans le succès des innovations.

À première vue, les travaux assemblés sous l'étiquette de « nouveau matérialisme » diffèrent sur ce point fortement de cette perspective. Ils opèrent en effet un double élargissement. D'une part, ils ouvrent en grand l'éventail des matières prises en considération, et vont ainsi bien au-delà des objets techniques hérités de l'approche des STS. D'autre part, ils décentrent l'analyse des formes d'action propres aux humains : il ne s'agit plus ici de décrire comment ces derniers prolongent leurs gestes en les déléguant aux choses, dans la continuité de la pensée de Leroi-Gourhan (1945), mais d'explorer au contraire l'imprévisibilité des processus d'auto-organisation et la créativité propre de la matière, ou plutôt de la multitude des matériaux à l'œuvre dans la vie aussi bien humaine que non-humaine (DeLanda, 2006 ; Barad, 2007 ; Bennett, 2010 ; Clark & Szerszynski, 2021). C'est une écologie qui est décrite ici, faite d'interdépendances multiples et changeantes, qui met en avant des formes d'action spontanées de la matière, une propension à se manifester qui ne découle pas directement des humains, dont l'activité est elle-même toujours prise dans un champ de forces hétérogènes. Dans cette perspective, explicitement empreinte de vitalisme, la matière n'est pas appréhendée à l'aune de sa stabilité, bien au contraire. Loin des figures de la solidité et des formes de compositions immuables, son agentivité est ici appréhendée dans sa tendance à se transformer constamment et à générer des surprises au sein d'agencements hétérogènes toujours dynamiques.

Cela dit, on ne trouve pas non plus beaucoup de traces de fragilité matérielle dans ces travaux. Attachés au prisme de l'action, nombreux sont ceux qui, au contraire, insistent sur la force de la matière, sa puissance d'expression, dans la continuité des analyses de Jane Bennett (2004). Comme l'affirment Diana Coole et Samantha Frost dans l'introduction de leur livre, « new materialists emphasize the productivity and resilience of matter » (Coole & Frost, 2010, p. 7). Si fragilité il y a ici, elle est plutôt à trouver du côté des humains et de leurs institutions, qui n'ont de cesse de négliger ou tout du moins sous-estimer l'autonomie de la matière et l'imprévisibilité de ses agencements, à leurs dépens (Connolly, 2013). Cette fragilité humaine se donne tout particulièrement à voir à l'horizon des grandes catastrophes qui, tout en rendant perceptibles les risques provoqués par certaines défaillances matérielles des technologies, placent au premier plan l'autonomie des forces terrestres, et invitent principalement à remettre en question le prisme d'exceptionnalité de l'action humaine, que l'on retrouve jusque dans l'idée même d'Anthropocène (Clark, 2014 ; Haraway, 2016).

En proposant de prendre à bras le corps la question des *fragilités matérielles*, ce dossier thématique fait le pari d'un prolongement à la fois conceptuel et empirique des travaux d'une grande richesse et d'une infinie diversité qui ont nourri les deux tournants matériels (trop) rapidement esquissés ici. Ce prolongement peut s'entendre comme la poursuite du geste symétrique qui s'est joué autour de la question de l'agentivité. Si le décentrement du regard sur l'action pour la sortir de l'exclusivité humaine s'est avéré fertile, n'a-t-on pas intérêt à élargir aussi l'appréhension de la fragilité, dont les travaux féministes sur le soin (aux personnes) ont notamment souligné la valeur épistémique et politique (Molinier, Laugier & Paperman, 2009 ; Tronto, 2009) ? Que peut-on apprendre d'une enquête sur des matières fragiles ? À quelles conditions le terme lui-même, qui est moralement chargé dans le langage ordinaire, peut-il aider à (re)penser la condition sociomatérielle des êtres humains, voire la condition terrestre ? Mais aussi, bien entendu, quelles en sont les limites ? Quel en est le périmètre heuristique ?

C'est autour de ces questions, formulées comme des invitations, qu'ont été rassemblés les textes de ce dossier thématique. Composé de quatre articles de recherche, d'un retour en

forme d'essai spéculatif sur les coulisses d'un appel à communications centré sur la fragilité, et du compte-rendu de lecture du livre *Still Life* de Fernando Domínguez Rubio, ce dossier vise à ouvrir des pistes et identifier des lignes de fuite plutôt que d'apporter des réponses qui se voudraient exhaustives et définitives. Avant de présenter les articles plus en détail, nous proposons de prendre la mesure des richesses, mais aussi des ambiguïtés, de la notion de fragilité à partir de son usage dans la science des matériaux.

Ce que la fragilité donne à voir

En 2004, Jacques Roux a publié avec Thierry Magnin un livre curieux dans la collection « Matières à penser » des Publications de l'Université de Saint-Étienne (Roux & Magnin, 2004). Préfacé par Isabelle Stengers, le livre est construit comme une rencontre entre Roux, polytechnicien devenu chercheur en sociologie, et Magnin, physicien, alors directeur du laboratoire Sciences des matériaux et des structures de l'École des Mines de Saint-Étienne. Son titre ne laisse pas de doute quant à sa pertinence pour les questions qui nous préoccupent : *La condition de fragilité. Entre science des matériaux et sociologie*. Le programme est on ne peut plus clair. À l'initiative de cette conversation, Roux souhaitait initier un dialogue interdisciplinaire orienté, de la science des matériaux vers les sciences sociales. Il n'était évidemment pas question d'appliquer aveuglément dans les secondes les concepts issues des premières, mais plutôt de mettre en place les conditions d'une traduction possible.

Levons immédiatement tout malentendu : le résultat, de ce point de vue, n'est pas convaincant, en tout premier lieu parce que, de manière étonnante, Roux maintient dans ce livre une définition très étroite du « social » qui, précisément, n'intègre aucune propriété matérielle autrement qu'à partir de métaphores (sur les corps, les matériaux, etc.). Malgré tout, l'échange avec Magnin est très précieux. Il donne à comprendre dans une générosité de détails la place de la fragilité dans la science des matériaux et, comme l'écrit Stengers dans sa préface, dresse ce faisant un portrait passionnant de ces sciences « impures » qui occupent une place à part dans le domaine de la physique. C'est donc à ce titre que nous proposons de redécouvrir cette conversation² : comme une plongée dans les subtilités de la fragilité matérielle qui peut nous aider à consolider les questions qui ont nourri ce dossier thématique et à mieux comprendre la portée des analyses déployées dans les articles qui le composent.

L'enseignement majeur des échanges entre Roux et Magnin permet de lever ce qui constitue sans doute l'un des plus importants malentendus autour de la notion de fragilité. Dans la science des matériaux, la fragilité ne s'oppose pas à la robustesse ou à la solidité, mais à la ductilité. L'horizon de la fragilité ici est « l'évènement de la rupture » (Roux & Magnin, 2004, p. 33). En ce sens, la dureté, que l'on pourrait à première vue distinguer de la fragilité est au contraire directement liée à elle, puisqu'elle témoigne d'un certain rapport à la casse en contraste avec celui de la ductilité. En sciences des matériaux, explique Magnin, est fragile ce qui a tendance à rompre vite, tandis qu'est ductile ce qui, au contraire, supporte des transformations physiques importantes et parvient à retrouver sa forme après la mise sous contrainte.

² Nous remercions vivement Michel Péroni d'avoir attiré notre attention sur cet ouvrage lors d'une discussion passionnante dans le cadre du séminaire de recherche de l'équipe « Politiques de la connaissance » du Centre Max Weber à Lyon.

Inutile d'entrer dans les détails techniques pour comprendre l'importance de ce premier point pour l'exploration de la fragilité matérielle dans de nombreuses situations qu'étudient les STS. Celle-ci ne vise pas à mettre en lumière un pan négligé de la réalité sociomatérielle qui évoluerait aux marges de la solidité, un monde fragile à l'écart des dispositifs du pouvoir, ou même fragilisé par eux. Elle consiste au contraire à enquêter sur la robustesse, la dureté, l'inertie — tant de qualités qui ont été mises en avant comme propre à la part matérielle des activités sociales — en tant qu'elles sont consubstantiellement liées à des formes de fragilité. Cette première piste invite donc à rebattre les cartes du vocabulaire matérialiste. En la suivant, le geste qui consiste à prendre en considération la part matérielle du monde en sciences sociales ne se réduit plus à mettre en lumière des effets de consolidation ou de pérennisation en contraste de l'instabilité de phénomènes à la consistance matérielle moins importante. Il oblige à enquêter sur un continuum physique où rigidité et fragilité ne s'opposent plus systématiquement, et où le rapport aux transformations prévaut sur les prétentions à l'immuabilité.

À partir de ce point de départ, l'échange avec la science des matériaux ouvre plusieurs pistes d'analyse particulièrement riches. La première trouve son origine dans le nom même de la discipline : se pencher sur la question de la fragilité amène à enquêter sur les *matériaux*. Or ceux-ci sont multiples, changeants, et leurs comportements sont incertains. Ils résistent à toute appréhension globalisante, comme celle que l'on trouve dans d'autres domaines de la physique.

Le matériau - on pourrait dire ici la matière réelle, en opposition à la matière conceptualisée par la science des structures – apparaît en fait comme un agencement complexe et aléatoire, mélangeant sans précaution du pur et de l'impur, du régulier et de l'irrégulier, des bouts de théorie structurelle et des défaillances, des réseaux établis et des parasitages, des corps attendus et des corps étrangers, des mélanges et des incrustations... (Roux & Magnin, 2004, p. 132)

La prise en compte des matériaux et de leurs comportements est donc un opérateur de diversification et de complexification des descriptions. Elle représente en ce sens une forme de résistance face à l'hégémonie de la physique théorique et d'une science occidentale attachée à un modèle unifié de la matière et du temps qui fait fi des singularités. Elle donne les moyens de répondre à l'appel récemment formulé par Bernadette Bensaude-Vincent, qui invite à multiplier « les petits récits, les tableaux locaux, qui cassent la continuité du grand récit, commandé par le temps de la mécanique classique, vaste conteneur abstrait indifférent à ce qui arrive en lui » (Bensaude-Vincent, During & Hoquet, 2022, p. 701). Autrement dit, elle permet de multiplier les vues partielles et situées afin de rendre présentes et actives des compositions matérielles qui risqueraient de passer inaperçues.

Cette première piste qu'ouvre l'enquête sur la fragilité matérielle résonne aussi directement avec la discussion animée qui a eu lieu il y a quelques années en anthropologie, lorsque Tim Ingold (2007), réagissant aux travaux menés sur les « cultures matérielles », plaidait pour l'abandon du terme omniprésent de « matérialité » au profit d'une analyse concrète et précise des matériaux en présence. Ingold critiquait alors la prétention explicative d'une notion vague qui masquait une diversité de phénomènes et de processus à l'œuvre dans les objets qu'étudie l'anthropologie. Dans la ligne directe de ces débats, suivre la piste de la fragilité oblige à dépasser le flou de la « matérialité » pour se rendre sensible, empiriquement et conceptuellement, à la multiplicité indisciplinée des éléments qui composent la matière (Papadopoulos, Puig de la Bellacasa & Myers, 2021, p. 1-17).

Mais l'enquête sur la fragilité, et avec elle la piste des matériaux, ne débouche pas seulement sur un vaste horizon d'éléments hétérogènes aux comportements surprenants. Elle soulève aussi la question de l'échelle de ce qui est observé, et des entités dont la fragilité est considérée comme problématique. Si la science des matériaux est décentrée de la vision globale de la science des structures, elle ne se place pas non plus au niveau de la description de l'interaction des molécules. Comme l'écrit Stengers dans la préface du livre de Roux et Magnin,

(...) la physique des matériaux est une science du « mésoscopique », venant habiter le no man's land entre l'échelle moléculaire et l'échelle macroscopique. Ce qui signifie que c'est un art de la négociation et de la pertinence. Elle ne met pas en scène le pouvoir explicatif de notions toujours articulées à la notion d'une situation idéale (...) mais fait intervenir des « êtres » multiples (...). Ces êtres expliquent mais ils doivent également être expliqués. Par exemple, la micro-fissure que le matériau peut tolérer pose le problème de son seuil critique, à partir duquel il faudra décrire des fissures qui se propagent, et la propagation elle aussi atteindra une limite « pragmatique » lors du stade de la rupture. (Stengers, in Roux & Magnin, 2004, p. 10)

« Art de la négociation et de la pertinence », la science des matériaux ne peut se détacher d'une question vertigineuse, mais toujours située : qu'est-ce qui compte ? Et plus précisément, à propos de la fragilité, qu'est-ce qui rompt ? Comme l'explique Roux un peu plus loin : « Le matériau, ce n'est pas une pure matière, isolée dans sa définition intrinsèque ; c'est ce qui traverse telle ou telle forme, tel ou tel objet, pour lui donner une consistance, une tenue dans le monde. » (Roux & Magnin, 2004, p. 41). Au fil de la piste des matériaux, c'est donc la question de la forme et de ses dynamiques, des capacités à la conserver ou la retrouver suite à la mise sous contrainte, qui s'impose. Enquêter à partir de la fragilité, c'est décrire aussi bien ce qui tient et qui fait tenir, que ce qui ne tient plus ou ne tient pas assez, sans jamais se détacher de la situation particulière dans laquelle ces questions font problème.

Enfin, la rencontre orchestrée par Roux invite à suivre la piste de ce qu'il appelle « l'ontologie opérative » des matériaux. La science des matériaux appréhende en effet ces derniers, non pas d'un point de vue abstrait et décontextualisé, mais en fonction d'une série d'opérations auxquelles ils sont soumis. La fragilité n'est donc pas une essence, une qualité inscrite intrinsèquement dans la nature des choses, mais un comportement situé. Surtout, ce comportement n'advient qu'à l'aune d'une situation de sollicitation. Il est « provoqué », au sens que Fabian Muniesa (2014) donne à ce verbe, au gré des expérimentations des scientifiques et des ingénieurs. C'est le dernier enseignement que l'on peut retenir de l'échange entre Roux et Magnin : la fragilité matérielle doit être appréhendée non pas comme la propriété d'un assemblage d'éléments décrit de manière isolée, mais comme la condition d'un agencement provisoire, saisi dans ce que Roux propose d'appeler une « grammaire relationnelle ». Or, nous l'avons vu, en sciences des matériaux, la fragilité est étroitement liée à la rupture et à la déformation. La grammaire relationnelle qui s'y déploie est donc très particulière, puisque la sollicitation à laquelle il s'agit de soumettre les choses est entièrement dédiée à la mise en œuvre d'une contrainte. C'est cette contrainte provoquée qui permet non seulement de révéler la fragilité matérielle, mais aussi de la mesurer et de la connaître, c'est-à-dire d'associer la bonne tenue de l'agencement de matières à un niveau de sollicitation spécifique.

Cette pratique de la sollicitation par la contrainte est au cœur de deux articles de ce dossier thématique. Dans celui qu'ils consacrent aux « boues rouges », Sylvain Le Berre, Valentin Goujon et Vincent Banos montrent que depuis la fin du XIX^e siècle, les tentatives de valorisation de ces résidus toxiques issus du processus de transformation du minerai de bauxite passent par des mises à l'épreuve destinées à en démontrer la bonne tenue pour des usages variés. Qu'il s'agisse d'en tester l'immersion sous-marine, de les intégrer dans la formation de sous-couche routière, de couverture de décharge, de substrat agronomique, ou encore de coulis de comblement de cavités, les boues rouges sont mises à l'épreuve de nombreuses contraintes mécaniques, aussi bien en laboratoire qu'en sites naturels. Ces sollicitations sont vouées à tester leur composition, consistance, texture et résistance dans des conditions définies et contrôlées. Comme le montre les auteurs, si elles s'accompagnent de la production progressive de connaissances à propos des boues rouges, ces expérimentations révèlent surtout les fragilités d'une matière particulièrement récalcitrante à sa valorisation commerciale.

L'expérience de la fragilité sous contrainte est également cruciale dans les différentes formes d'appréhension d'un immense tapis de LED analysées par Dominique Vinck, Mylène Tanferri-Machado et Élodie Fischer dans leur contribution. Partant de la mise en place de ce dispositif technique inédit par sa taille (783 m²) durant un événement culturel pluriséculaire – la Fête des Vignerons à Vevey en Suisse –, les auteurs examinent les multiples épreuves que celui-ci subit tout au long de son intégration à la performance scénique. Parmi celles-ci, les contraintes que provoquent les nombreuses répétitions du spectacle soulèvent plusieurs inquiétudes : la masse des troupes qui défilent avec leurs équipements (chaussures, bicyclette ou fauteuil roulant) mais aussi leurs animaux (vaches, chèvres, mulets et chevaux) opère une forme d'expérimentation *in situ* de la fragilité du tapis dans des conditions extrêmes, qui ont l'avantage d'être les mêmes que celles du spectacle lui-même. C'est aussi le cas des événements météorologiques qui poussent le dispositif technique dans ses retranchements. La chaleur estivale engendre par exemple une déformation des matériaux du tapis et de son châssis (dilatation la journée et une contraction la nuit) qui modifient l'épaisseur des joints et forment ainsi des lignes noires sur l'image vidéo de l'événement retransmis à la télévision. De son côté, l'humidité générée par les fortes pluies, mais aussi par l'eau versée volontairement sur le tapis pour abaisser sa température, constitue une autre source de contraintes pour la connexion électrique des panneaux de LED. Au fil des descriptions, les auteurs offrent un panorama particulièrement riche des sollicitations auxquelles est successivement soumis le tapis, qui manifeste en retour une variété de fragilités matérielles sans jamais toutefois atteindre le stade de la rupture.

À l'issue de ce détour par la conversation passionnante que Jacques Roux a initié avec la science des matériaux représentée par Thierry Magnin, nous nous faisons une idée un peu plus précise de ce à quoi la fragilité matérielle renvoie et surtout du type d'enquêtes auquel elle invite. Qualité comportementale, elle n'est pas tant l'inverse de la rigidité qu'une de ses facettes ; toujours éprouvée en situation, elle est révélée par des sollicitations qui activent de manière singulière les matériaux traversant les choses et leurs milieux pour assurer leur tenue. Cela dit, si cette spécification conceptuelle est précieuse, c'est aussi parce qu'elle révèle le caractère restreint du cadre problématique de la science des matériaux. Malgré l'immensité de ces domaines d'application, celle-ci n'appréhende en effet la fragilité qu'à partir d'un horizon étroit : celui de la rupture et des événements qui y mènent. Comme l'évoque Stengers dans la préface, ce prisme du « subi », du rapport de force qui sépare d'un côté une chose mise à l'épreuve et de l'autre un agent perturbateur, est très limité. En

naturalisant le choc venu de l'extérieur (comme le fait aussi la notion de résilience) ce cadrage est par ailleurs politiquement et moralement discutable, en particulier si l'on tente de le traduire vers les sciences sociales. La condition de fragilité devient très asymétrique si elle se réduit à l'éventualité d'un choc, si elle se trouve tout entière recouverte par le vocabulaire du risque. Comment alors penser avec la fragilité sans être tenu par la double focale de la rupture et de la contrainte externe ? Comment garder le bénéfice des pistes dessinées jusqu'ici pour interroger la part matérielle du monde au-delà des figures de la solidité et de la puissance, tout en élargissant le registre de la « grammaire relationnelle » ?

Les articles rassemblés dans ce dossier thématique proposent, chacun à leur manière, de premières réponses à ces questions. Ils embrassent la fragilité matérielle comme un opérateur descriptif et analytique qui reconfigure l'attention, non seulement des personnes qui s'en préoccupent en situation mais aussi des chercheuses et chercheurs qui les suivent et acceptent d'apprendre du concernement des premières (Denis & Pontille, 2022). Ils tirent de leurs enquêtes des fils complémentaires qui débordent le cadrage par la contrainte extérieure et la rupture. Appréhendée *in medias res*, la fragilité s'y éprouve au gré des interdépendances sociomatérielles qui font tenir les choses.

Interdépendances

La principale limite d'une définition de la fragilité fondée sur la sollicitation extérieure tient aux postulats qu'elle nécessite de poser quant aux frontières entre les êtres. Il faut pouvoir partir d'une chose identifiée comme autonome pour être capable d'en observer les réactions. Pour cela, le passage par le laboratoire et ses dispositifs propres à l'expérimentation scientifique sont essentiels. Ils assurent un cadrage grâce auquel une chose est clairement distinguée de son environnement, et permettent ainsi non seulement de contrôler mais avant tout de générer les conditions d'un événement qui permet à la chose de se révéler (Latour, 2001). L'épreuve matérielle mise en place par l'expérimentation de la science des matériaux se rapproche en ce sens d'un « confinement provocateur » (Lezaun, Muniesa & Vikkelsø, 2013).

Nous l'avons vu, cette forme particulière de sollicitation contrôlée est présente dans les articles qui composent ce dossier thématique. Mais ni l'idée de contrainte ni même celle de « sollicitation » ne suffisent à rendre compte des fragilités à l'œuvre dans chacun des cas. Les choses débordent de toute part, et la fragilité matérielle est moins affaire de provocation extérieure que de processus hétérogènes et incertains où les enchevêtrements multiples sont la règle. Elle n'est par ailleurs pas problématisée par les personnes et les institutions qui s'en soucient comme une caractéristique comportementale individuelle. Au contraire, la fragilité se trouve au centre d'une préoccupation diffuse, aux prises avec de nombreuses interdépendances, et où la distinction entre ce qui est fragile et ce qui rend fragile ne va pas de soi.

Dans l'article qu'ils consacrent aux câbles sous-marins de télécommunication, conduits indispensables à la circulation des flux de données qui alimentent l'internet global, Loup Cellard et Clément Marquet insistent sur l'ambivalence des relations que ces câbles entretiennent avec les écosystèmes. Le point de départ de leur enquête est relativement simple. Dans la rade de Marseille, les herbiers de Posidonie, plante à fleurs endémique de Méditerranée, sont une espèce menacée par les nombreux remous de l'activité portuaire, chalutages et ancrages des bateaux en première ligne. La pose des câbles, dont les demandes d'autorisation se multiplient depuis plusieurs années, semble être un danger

supplémentaire évident, et le tracé de leur passage dans les fonds marins s'avère une affaire délicate pour ne pas dégrader plus encore les herbiers. Cette évidence n'est pourtant pas aussi flagrante dès qu'on s'approche des interactions effectives qui ont cours entre câbles et herbiers. En suivant de près les acteurs qui se préoccupent de la flore sous-marine, ceux qui la prennent directement en charge dans leurs activités de préservation environnementale, d'autres qui raisonnent à propos du tracé des futurs réseaux, d'autres encore qui s'occupent de leur installation en milieu sous-marin ou qui surveillent leur évolution au fil du temps, Cellard et Marquet mettent au jour des formes de relation bien plus complexes qu'une menace univoque. Ils documentent ainsi diverses « frictions » à l'œuvre entre câbles et herbiers de Posidonie, qui se donnent progressivement à voir au fil de leur contact. Retenons-en deux ici, particulièrement illustratives de la question des interdépendances.

Une fois le tracé choisi, les autorisations validées et les câbles installés avec précaution, autant pour les espèces traversées que pour eux-mêmes, vient le temps de l'exploitation. Celui de la fonctionnalité technique des réseaux de télécommunication, de la vitesse des échanges numériques, mais aussi celui plus lent de l'observation écologique des réactions croisées entre les câbles et les herbiers. Dans les yeux de leurs différents observateurs, ces interactions sont envisagées comme ouvertes et dynamiques. Si la fragilité initiale des herbiers traversés par les câbles est une préoccupation, elle est jugée transitoire, au point que la relation peut même s'inverser au cours du temps, voire se retourner en avantage. Alors que les câbles sont installés au cœur des herbiers, on découvre que les premiers se voient graduellement intégrés au fil du développement des seconds. Le rôle actif des herbiers peut même s'étendre au-delà de cette place faite aux câbles, et offrir par un effet d'entremêlement une protection contre les dégradations extérieures. Cellard et Marquet soulignent ici une forme d'agentivité relationnelle qui concourt au renforcement mutuel des entités les unes envers les autres. Ils poursuivent leur analyse en se penchant sur les discussions relatives au retrait de certains câbles. D'une durée moyenne d'exploitation équivalente à quelques décennies, ceux-ci ne sont pas voués à demeurer éternellement dans les fonds sous-marins. Or, l'intégration et l'enrobage des câbles par les herbiers de Posidonie sont parfois tels, qu'il est jugé préférable de laisser certaines portions en place, plutôt que d'endommager les plantes. Outre l'ambivalence des fragilités au cours du temps, l'analyse des interdépendances permet aux auteurs de mettre en évidence le phénomène en cascade qui accompagne les efforts de protection des câbles et des herbiers par différents équipements techniques. Loin d'être binaires, les interactions de protection sont susceptibles d'engendrer de nouvelles frictions et d'allonger ainsi la liste des êtres rendus fragiles, tels les substrats sous-marins ou les plaisanciers, par les torons d'aciers ou les ancres spécifiques utilisés pour maintenir les câbles.

Les chorégraphies qui se succèdent sur le tapis de LED, au centre de l'analyse de Dominique Vinck, Mylène Tanferri-Machado et Élodie Fischer, renseignent également sur des enchevêtrements de fragilités. Au fil des mises à l'épreuve que nous avons déjà mentionnées, les répétitions font en effet surgir diverses interdépendances qui appellent à des ajustements réciproques. Par exemple, certains jours, la température accumulée par la surface anthracite des dalles constitutives de la scène est telle que les acteurs sont contraints d'adapter leurs costumes, en utilisant notamment des chaussures non-réglementaires afin de supporter la chaleur et d'éviter les brûlures. D'autres pieds qui foulent le tapis sont au contraire source de menaces. C'est le cas de ceux des différents animaux, comme les vaches ou les mulets, dont les sabots peuvent provoquer des chocs détériorant les panneaux de LED. À ces assauts s'ajoutent leurs déjections, et plus

spécifiquement l'urine, dont l'acidité risque d'abîmer certains composants électroniques. Inversement, le caractère changeant et mouvementé du sol numérique peut engendrer des réactions problématiques de la part des animaux, surpris et en proie à la panique face à l'animation graphique sous leurs pieds. Si ces divers gestes qui dérogent à la scénographie doivent être maîtrisés pour le bon déroulement du spectacle vivant (e.g. chaussures adaptées pour les humains, sol stable et familier pour les animaux), ils sont aussi au centre des préoccupations des régisseurs audiovisuels. Le souci de diffuser de belles images pour la transmission télévisuelle en direct et pour l'archivage à vocation patrimoniale va avec son lot d'interdépendances des fragilités : la luminosité du tapis qui affecte les jeux de lumière traditionnels, des pavés de LED défaillants qui doivent restés invisibles aux objectifs des caméras, la dilatation des joints qui crée des lignes noires à l'écran, sont autant d'éléments qui nécessitent l'adaptation des conditions de captation vidéo et des corrections numériques pour masquer les défauts visuels. Vinck, Tanferri-Machado et Fischer montrent ainsi comment des enchevêtrements de fragilités insoupçonnées sont progressivement explorés par une diversité d'acteurs qui, bien qu'affairés autour du même tapis de LED, ont des préoccupations propres et se trouvent embarqués dans des interdépendances spécifiques et juxtaposées à celles des autres.

D'autres formes de relations sont à l'œuvre dans l'analyse de Sylvain Le Berre, Valentin Goujon et Vincent Banos à propos des tests sur les résidus produits lors de la transformation du minerai de bauxite et reconditionnés en Bauxaline. Effectuées aussi bien au sol, dans le sous-sol, que dans les fonds marins, ces expérimentations initiées par les industriels s'organisent en deux grands types d'épreuves de la consistance de la Bauxaline. Tandis que les tests géotechniques et géomécaniques visent à révéler les propriétés dynamiques de sa composition, les épreuves écotoxicologiques, agronomiques, géochimiques sont destinées à en mettre au jour la manifestation physico-chimique. Les boues rouges sont ainsi prises dès le départ dans un problème d'interdépendances puisque les expérimentations concernent les comportements de ce matériau composite dans des conditions diversifiées. Deux aspects sont privilégiés : sa capacité de résistance et sa non-toxicité, c'est-à-dire sa propension à ne pas provoquer de fragilité auprès des autres êtres en présence, que ce soit en milieu sous-marin, aux alentours des routes lorsque la Bauxaline est utilisée comme sous-couche possible, ou encore en contexte agronomique en tant que substrat de culture. Or, comme le montrent les auteurs, chacun des tests fait surgir des interactions fortes et problématiques avec le milieu dans lequel les résidus sont plongés. C'est par exemple le cas des turbulences des eaux sous-marines destinées à éprouver la résistance mécanique des boues rouges, ou bien de la « circulation d'eaux superficielles et souterraines » qui accentue les risques de glissement de terrain dans l'expérimentation en coulis de comblement.

Tout en soulignant les connaissances produites au gré de ces expérimentations, les auteurs montrent que ces interdépendances sont en fait doubles. À la fois matériels et marchands, les tests visent à « aligner la matière et le produit, le produit et le marché ». Autrement dit, par-delà leur variété, les expérimentations initiées par les industriels partagent un même horizon : trouver un débouché commercial à la Bauxaline. Mais la composition particulièrement hétérogène et toxique des résidus, leur instabilité géochimique, compromet le succès de chaque expérimentation. Le problème réside dans la grande difficulté à réduire cette variabilité de la matière, et à faire de son hétérogénéité interne une caractéristique pertinente pour sa valorisation marchande. La puissance propre de la matière louée par les tenants d'une conception vitaliste, dans la lignée de Bennett (2010), s'avère être problématisée comme une fragilité par celles et ceux qui tentent de valoriser la Bauxaline.

Aucune stabilisation économiquement viable n'émerge pourtant de « l'entremêlement de l'agentivité minérale et résiduelle et des agencements technomarchands ». C'est que l'enchevêtrement matériel à l'œuvre ici est tendu entre la performance générale escomptée et les fragilités de composition et de texture révélées.

Un tout autre type de performance est en jeu dans la conservation juridique des scellés biologiques destinés à résoudre des affaires criminelles qu'étudient Vololona Rabeharisoa et Florence Paterson. Objets prélevés sur la scène d'infraction et constitués d'une grande variété de matériaux qui sont emballés dans un contenant « en plastique, en papier kraft ou en carton », les scellés biologiques sont virtuellement puissants : soumis à la technicité de l'analyse génétique et érigés en preuves, ils peuvent conduire à l'élucidation d'une affaire judiciaire et participer ainsi de la force du droit. Pour autant, une fois stockés pour quarante ans, les scellés biologiques subissent les assauts du temps et courent le risque de transformations inéluctables. Les autrices insistent sur deux processus à l'origine de ces modifications potentielles, qui mettent en lumière des enchevêtrements de fragilité spécifiques. Le premier concerne la contamination, dont la définition judiciaire est avant tout positive. C'est parce que la scène de crime a été contaminée par son auteur qu'il est possible de recueillir les traces qu'il a laissées et de les constituer en pièces mises sous scellés. Le revers de cette force réside cependant dans la confection même des scellés biologiques, qui repose sur des manipulations successives le long de la chaîne criminalistique, des premiers prélèvements sur la scène d'infraction jusqu'à leur reconditionnement pour stockage, après que les éléments nécessaires à leur analyse génétique en aient été extraits. Malgré les procédures de précaution orientant chaque étape, de nouvelles traces peuvent être ajoutées durant le cheminement des scellés biologiques vers leur lieu de conservation. Si une telle contamination entrave l'identification des traces de l'auteur, elle pointe vers une préoccupation qui démultiplie les interdépendances : la liste des personnes potentiellement impliquées se trouve étendue à toutes celles qui ont été en contact avec la scène d'infraction.

Le second processus touche à la dégradation. Alors que celle-ci peut résulter de l'auteur du crime ayant effacé ses traces, ou d'une négligence des acteurs de la chaîne criminalistique, elle relève surtout de processus entropiques. Ici ce sont les interactions entre les matériaux qui composent un même scellé, voire entre différents scellés stockés à proximité l'un de l'autre, qui sont susceptibles d'engendrer dans la durée des transformations mettant en péril à la fois leur intégrité matérielle et leur valeur juridique. Ces interdépendances de fragilité générées entre matériaux, dont l'agentivité peut conduire à des débordements excessifs, mettent au premier plan les « intra-actions » (Barad, 2007) des scellés eux-mêmes, et rappellent que « biological and ecological concepts of decay are full of activity, exchange, acquisition and redistribution » (Jacobs & Cairns, 2014, p. 69). Face aux imbrications de matières et entremêlements de traces, le souci des fragilités matérielles prend ici la forme d'un travail de séparation. Plutôt qu'une sollicitation extérieure prenant pour acquise l'autonomie de l'entité dont sont éprouvées les réactions, tout l'enjeu est de « distinguer la contamination utile à l'enquête de celle qui la pollue, et la dégradation qui relève de la vie propre des matières de celle résultant de manipulations humaines, dont certaines possiblement malveillantes ». Comme le documentent Rabeharisoa et Paterson, cette différenciation est envisagée comme un processus délicat et constant qui, outre les procédures juridiques en vigueur, requiert des connaissances sur les pratiques criminalistiques au plus près de la trajectoire des scellés biologiques.

Fragiles devenirs

De même que Bennett (2005) plaide pour saisir l'agentivité matérielle en termes d'« *agency of assemblages* », les autrices et auteurs de ce dossier thématique nous invitent à penser la fragilité par les interdépendances matérielles qu'elle rend manifestes. En devenant une préoccupation dans des situations très différentes, la fragilité donne à voir des agencements traversés par des matériaux hétérogènes aux comportements incertains, qui sont appréhendés au gré d'enquêtes aux formes et aux instruments eux-mêmes hétéroclites. S'ils naviguent au cœur de ces multiples interdépendances, les articles portent toutefois chacun sur une configuration institutionnelle spécifique, au sein de laquelle les relations et interactions ne sont ni du même ordre ni de la même intensité. La problématisation des fragilités matérielles elle-même y est prise en charge par des acteurs dont les qualités, le concernement et le nombre différent. Enfin, les êtres en présence sont engagés dans des pratiques aux horizons de préoccupation bien particuliers.

Qu'il s'agisse des boues résiduelles reconditionnées en Bauxaline ou des scellés biologiques, la prise en considération des fragilités matérielles qui émergent des activités peut être variable selon les personnes, mais elle est tendue vers la singularisation des entités concernées. Quand l'objectif des industriels est de trouver une voie de valorisation marchande pour ces résidus toxiques, celui des acteurs de la chaîne criminalistique est de garantir aux scellés biologiques tout leur potentiel probatoire. La valeur du marché d'un côté, la force du droit de l'autre. Dans les deux agencements, l'enquête sur les fragilités que mènent les personnes concernées vise à couper les liens de dépendance, à démêler les fils qui concourent à l'ontologie en élaboration (un bien stabilisé marchandable ici, un objet intègre faisant preuve juridique là) de ceux qui, en attachant la chose à d'autres êtres, en modifient la capacité d'agir et la puissance expressive. L'horizon de préoccupations est tout autre dans l'exploration des réactions croisées du tapis de LED et des êtres qui s'y affairent, tout comme dans les interactions sous-marines provoquées par la présence de câbles de télécommunication. Comme le suggèrent les auteurs des deux articles, les activités dédiées aux performances scéniques et à la fonctionnalité de l'internet global donnent rarement lieu, dans les situations étudiées, à des initiatives de démêlage et d'autonomisation qui seraient favorables à la singularité ontologique. Elles sont plutôt guidées par un autre mot d'ordre : faire au mieux pour tirer parti des interdépendances entre des entités dont les fragilités respectives se manifestent au fur et à mesure que se déroulent les actions.

Chaque configuration explorée met ainsi en lumière à sa manière des fragilités qui débordent largement la seule figure de la contrainte externe. Au-delà des particularités de leur problématique et des processus qu'ils décrivent, les articles partagent un même regard sur les formes matérielles avec lesquelles composent les personnes qu'ils étudient. Loin de décrire des assemblages stabilisés qui seraient sujet à des chocs ou des crises qui les mettent à l'épreuve ponctuellement, ils donnent à voir, par le prisme de la fragilité, des agencements matériels en devenir. En ce sens, ils s'inscrivent dans une démarche pragmatiste qui associe aux apports théoriques du nouveau matérialisme une préoccupation pour les processus continus à travers lesquels les agencements matériels prennent consistance, durent, tout en se transformant (Denis & Pontille, 2022). Comme l'a montré Hennion, la fragilité oblige à prendre part aux « processus continus qui font durer les êtres et les choses, tout en les transformant et en transformant le milieu dans lequel ils se font durer » (Hennion, 2019, p. 488).

C'est un point théorique, mais aussi éthique, essentiel, que souligne les quatre articles de ce dossier thématique chacun à leur façon : les fragilités matérielles ne sont pas seulement

la manifestation d'une disparition possible. Appréhendées de manières très variées par les personnes qui se préoccupent de l'état des choses dont elles doivent répondre, elles débordent non seulement le cadre restreint de la rupture, mais plus généralement celui de la perte. Bien sûr, l'évitement ou la minimisation de la casse, de la dégradation, ou encore du vieillissement, sont au cœur des formes d'action mises en œuvre pour documenter, comprendre et composer avec les fragilités. Mais ces dernières ne sont pas seulement, et pas toujours, traitées comme les signes d'un passé révolu ou d'un présent en extinction qu'il faudrait préserver. Elles opèrent aussi comme des appels à déplier un futur possible pour les choses, dont l'existence tient à ce qu'elles sont toujours *en train de se faire* (James, 1909). « Fragile » ici ne renvoie plus simplement à un comportement propice à la casse ou à l'extinction dans certaines situations opératoires, mais à la condition des êtres matériels pris dans des formes relationnelles étendues et engagés dans des devenir communs incertains. La fragilité déplie le temps de la matière en engageant celles et ceux qui s'en préoccupe dans des enquêtes à même la durée qui peuvent varier grandement selon les configurations, de la mise en œuvre de techniques d'entretien fortement maîtrisée jusqu'à l'accompagnement discret de processus de dégradation assumés comme irréversibles (Denis & Pontille, 2022). Qui plus est, en n'enfermant pas dans la seule inquiétude du choc et de la perte, les fragilités matérielles peuvent être pensées, et pratiquées, comme génératives. Elles ne se replient pas uniquement sur le passé, mais nourrissent une forme « d'espoir ordinaire » (Jackson, 2023). Elles obligent à inventer et à cultiver les conditions d'existence qui se prolongent comme « une incitation ou le germe d'autre chose, le fragment d'une nouvelle réalité future » (Lapoujade, 2017, p. 33). Des vies à venir, à faire, dont il faut prendre soin.

Références

- Akrich, M. (1987). Comment décrire les objets techniques ? *Techniques & Culture*, 9, 49–64. <https://doi.org/10.4000/tc.4999>
- Akrich, M., & Latour, B. (1992). A Summary of a Convenient Vocabulary for the Semiotics of Human and Nonhuman Assemblies. In W. E. Bijker & J. Law (Eds.), *Shaping Technology/ Building Society Studies in Sociotechnical Change* (pp. 259–264). Cambridge: The MIT Press. <https://shs.hal.science/halshs-00081748>
- Barad, K. (2007). *Meeting the Universe Halfway: Quantum Physics and the Entanglement of Matter and Meaning*. Durham: Duke University Press.
- Bennett, J. (2004). The Force of Things: Steps toward an Ecology of Matter. *Political Theory*, 32(3), 347–372. <https://doi.org/10.1177/0090591703260853>
- Bennett, J. (2010). *Vibrant Matter: A Political Ecology of Things*. Durham: Duke University Press.
- Bensaude-Vincent, B., During, É., & Hoquet, T. (2022). Petites histoires de la nature. *Critique*, 903-904(8), 699–710. <https://doi.org/10.3917/criti.903.0699>
- Callon, M. (1986). Éléments pour une sociologie de la traduction: La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc. *L'Année Sociologique*, 36, 169–208. <https://www.jstor.org/stable/27889913>
- Clark, N. (2014). Geo-Politics and the Disaster of the Anthropocene. *Sociological Review*, 62(1 suppl), 19–37. <https://doi.org/10.1111/1467-954X.12122>
- Clark, N., & Szerszynski, B. (2021). *Planetary Social Thought: The Anthropocene Challenge to the Social Sciences*. Polity Press.

- Connolly, W. E. (2013). The “New Materialism” and the Fragility of Things. *Millennium - Journal of International Studies*, 41(3), 399–412. <https://doi.org/10.1177/0305829813486849>
- Coole, D., & Frost, S. (2010). *New Materialisms: Ontology, Agency, and Politics*. Durham: Duke University Press.
- Cronon, W. (1991). *Nature's Metropolis: Chicago and the Great West*. W. W. Norton & Company.
- de Laet, M., & A. Mol. (2000). The Zimbabwe Bush Pump: Mechanics of a Fluid Technology. *Social Studies of Science*, 30(2), 225–263. <https://doi.org/10.1177/030631200030002002>
- DeLanda, M. (2006). *A New Philosophy of Society: Assemblage Theory and Social Complexity*. London: Continuum.
- Deleuze, G., & Guattari, F. (1980). *Mille plateaux*. Paris : Editions de Minuit.
- Denis, J., & Pontille, D. (2022). *Le soin des choses*. Paris : La Découverte.
- Denis, J., & Pontille, D. (2023). Before Breakdown, After Repair: The Art of Maintenance. In A. Mica, M. Pawlak, A. Horolets, & P. Kubicki (Eds.), *Routledge International Handbook of Failure* (pp. 209-222). London: Routledge.
- Domínguez Rubio, F. (2016). On the Discrepancy Between Objects and Things: An Ecological Approach. *Journal of Material Culture*, 21(1), 59–86. <https://doi.org/10.1177/1359183515624128>
- Gell, A. (1996). Vogel's Net: Traps as Artworks and Artworks as Traps. *Journal of Material Culture*, 1(1), 15–38. <https://doi.org/10.1177/135918359600100102>
- Gell, A. (1998). *Art and Agency: An Anthropological Theory*. Oxford: Clarendon Press.
- Goody, J. (1986). *The Logic of Writing and the Organization of Society*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Haraway, D. J. (2016). *Staying with the Trouble. Making Kin in the Chtulucene*. Durham: Duke University Press.
- Hennion, A. (1993). *La passion musicale : Une sociologie de la médiation*. Paris : Métailié.
- Hennion, A. (2015). Et si les objets comptaient ? Le défi de la sociologie des sciences, des techniques et de la culture dans les années 80. In C. Paradeise, D. Lorrain, & D. Demazière (Eds.), *Les sociologies françaises. Héritages et perspectives 1960-2010* (pp. 553–564). Rennes : Presses Universitaires de Rennes.
- Hennion, A. (2019). Maintenir/soutenir : La fragilité comme mode d’existence, séminaire de recherche du Centre de Sociologie de l’Innovation (CSI), 2017-2019. *Pragmata*, 1(2), 484–500.
- Ingold, T. (2007). Materials against Materiality. *Archaeological Dialogues*, 14(1), 1–16. <https://doi.org/10.1017/S1380203807002127>
- Ingold, T. (2013). *Making: Anthropology, Archaeology, Art and Architecture*. London: Routledge.
- Jackson, S. J. (2023). Ordinary Hope. In D. Papadopoulos, M. Puig de la Bellacasa, & M. Tacchetti (Eds.), *Ecological Reparation: Repair, Remediation and Resurgence in Social and Environmental Conflict* (pp. 417–433). Bristol University Press.
- James, W. (1909). *The Meaning of Truth*. New York: Longmans, Green & Co Editor.
- Knorr-Cetina, K. (1981). *The Manufacture of Knowledge. An Essay on the Constructivist and Contextual Nature of Science*. Oxford: Pergamon Press.
- Lapoujade, D. (2017). *Les existences moindres*. Paris : Éditions de Minuit.
- Latour, B. (1992). *Aramis ou l’amour des techniques*. Paris : La Découverte.

- Latour, B. (1993). Le groom est en grève. Pour l'amour de Dieu, fermez la porte. In *Petites leçons de sociologie des sciences* (pp. 56–76). Paris : La Découverte.
- Latour, B. (1994). Une sociologie sans objet ? Remarques sur l'interobjectivité. *Sociologie du Travail*, 36(4), 587–607. <https://doi.org/10.3406/sotra.1994.2196>
- Latour B. (2001). *L'espoir de Pandore. Pour une version réaliste de l'activité scientifique*. Paris : La Découverte.
- Latour, B., & S. Woolgar. (1986). *Laboratory Life. The Construction of Scientific Facts*. Princeton: Princeton University Press.
- Leroi-Gourhan, A. (1945). *Milieu et Techniques*. Paris : Albin Michel.
- Lezaun, J., Muniesa, F., & Vikkelsø, S. (2013). Provocative Containment and the Drift of Social-Scientific Realism. *Journal of Cultural Economy*, 6(3), 278–293. <https://doi.org/10.1080/17530350.2012.739972>
- Lynch, M. (1985). *Art and Artifact in Laboratory Science. A Study of Shop Work and Shop Talk in a Research Laboratory*. London: Routledge.
- Merchant, C. (1980). *The Death of Nature. Woman, Ecology and the Scientific Revolution*. SanFrancisco: HarperCollins.
- Molinier, P., Laugier, S., & Paperman, P. (2009). *Qu'est-ce que le care ? Souci des autres, sensibilité, responsabilité*. Paris : Payot.
- Mukerji, C. (2015). The Material Turn. In R. Scott, & S. Kosslyn (Eds), *Emerging Trends in the Social and Behavioral Sciences* (pp. 1-13). John Wiley & Sons.
- Muniesa, F. (2014). *The Provoked Economy: Economic Reality and the Performative Turn*. London: Routledge.
- Orlikowski, W. J. (1992). The duality of technology: Rethinking the concept of technology in organizations. *Organization Science*, 3(3), 398–427.
- Papadopoulos, D., Puig de la Bellacasa, M., & Myers, N. (Eds.). (2021). *Reactivating Elements: Chemistry, Ecology, Practice*. Durham: Duke University Press.
- Pickering, A. (1995). *The Mangle of Practice: Time, Agency, and Science*. Chicago: University of Chicago Press.
- Pickering, A. (2010). Material Culture and the Dance of Agency. In D. Hicks, & M. C. Beaudry (Eds), *The Oxford Handbook of Material Culture Studies* (pp. 190-208). Oxford: Oxford University Press.
- Roux, J., & Magnin, T. (2004). *La condition de fragilité : Entre science des matériaux et sociologie*. Université de Saint-Etienne.
- Schangler, N. (2023). *L'invention de la technologie. Une histoire intellectuelle avec André Leroi-Gourhan*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Tronto, J. C. (2009). *Un monde vulnérable*. Paris : La Découverte.
- Verbeek, P.-P. (2005). *What Things Do: Philosophical Reflections on Technology, Agency, and Design* (illustrated edition). Pennsylvania State University Press.
- Verbeek, P.-P., & P. Kockelkoren. (1998). The Things That Matter. *Design Issues*, 14(3), 28–42. <https://doi.org/10.2307/1511892>
- Whitehead, A. N. (1978). *Process and Reality*. New York: The Free Press.
- Winner, L. (1980). Do Artifacts Have Politics? *Daedalus*, 109(1), 121–136. <https://www.jstor.org/stable/20024652>
- Woolgar, S. (1991). The Turn to Technology in Social Studies of Science. *Science, Technology, & Human Values*, 16(1), 20–50. <https://doi.org/10.1177/0306312713488820>