

ACTUALITÉ D'UNE PHILOSOPHIE DES MACHINES

Gilbert Simondon, les hadrons et les nanotechnologies

Vincent BONTEMS*

RÉSUMÉ : *Du mode d'existence des objets techniques* (1958) demeure une œuvre singulière dans l'horizon philosophique. Toutefois, tout au long de sa carrière, Gilbert Simondon s'est exprimé sur la technique. L'originalité de ses travaux est d'analyser les machines en tant que matière organisée. Cette orientation renvoie à la divergence entre les recherches française et allemande sur la technique au xx^e siècle. Simondon couple la mécanologie à une psycho-sociologie des techniques. En vue d'une réactualisation opératoire, ces deux approches sont mises à l'épreuve du grand collisionneur de hadrons (LHC) et du « halo » psychosocial des nanotechnologies.

MOTS-CLÉS : LHC, machines, nanotechnologie, Simondon, technique.

REVISITING A PHILOSOPHY OF MACHINES Gilbert Simondon, hadrons and nanotechnologies

ABSTRACT : *On the mode of existence of technological objects* (1958) remains a strange work on the philosophical horizon. Yet, all along his career, Gilbert Simondon has expressed himself on technique. The originality of his works is the analysis of machines as organised matter. This orientation sends us back to the divergence between French and German research on technique in the 20th century. Simondon joins mecano-logy to a psycho-sociology of techniques. In view of an operational reactualisation these two approaches are put to the test of the Large Hadron Collider (LHC) and to the psychosocial "halo" of the nanotechnologies.

KEYWORDS : LHC, machines, nanotechnology, Simondon, technique.

* Vincent Bontems, né en 1974, ancien élève de l'École normale supérieure de Lettres et Sciences humaines, agrégé de philosophie, docteur en philosophie et histoire des sciences, est philosophe des techniques au Laboratoire de recherche sur les sciences de la matière du Commissariat à l'énergie atomique (CEA). Ses travaux portent sur l'épistémologie des échelles, le concept d'analogie, la sociologie des sciences et l'œuvre de Gilbert Simondon. Il a notamment publié « De la science normale à la science marginale. Analyse d'une bifurcation de trajectoire scientifique : le cas de la Théorie de la Relativité d'Échelle » (*Information sur les sciences sociales*, 2007) et « Gilbert Simondon's genetic "mecanology" and the understanding of laws of technical evolution » (*Techne*, 2008).

Adresse : CEA-Saclay, SPEC/LARSIM, F-91191 Gif-sur-Yvette Cedex.

Courrier électronique : vincent.bontems@cea.fr.

DIE AKTUALITÄT EINER PHILOSOPHIE DER MASCHINEN
Gilbert Simondon, die Hadronen und die Nanotechnologien

ZUSAMMENFASSUNG: Das Werk „Über den Existenzmodus technischer Objekte“ (1958) verbleibt im philosophischen Umkreis einzigartig. Doch Gilbert Simondon hat sich während seines ganzen Berufsweges über die Technik ausgesprochen. Die Originalität seiner Arbeiten liegt darin, Maschinen als organisierte Materie zu analysieren. Diese Orientierung verweist auf die Divergenz zwischen französischen und deutschen Untersuchungen zur Technik im 20. Jahrhundert. Simondon koppelt die Mechanologie an eine Psychosozialogie der Technik. Unter dem Aspekt einer operationellen Re-Aktualisierung werden diese beiden Ansätze am Fall des großen Hadron-Colliders (LHC) und der psychosozialen „Halo“ der Nanotechnologien auf die Probe gestellt.

STICHWÖRTER: LHC, Maschinen, Nanotechnologie, Simondon, Technik.

فينسان بونتاسفينسان بونتاس جديد فلسفة الآلات جيلبار سيموندون، الأدرونات والنانوتكنولوجيات

ملخص: يشكّل "كتاب طريقة كينونة الأشياء التقنية (1958)" عملاً نادراً مقارنةً بالأفق الفلسفي. برغم أنّ جيلبار سيموندون قد عبّر، طيلة مشواره، عن موضوع التقنية. تكمن أصالة أعماله في فكرة تحليل الآلات كمادّة منظمة. يدل هذا التوجه على الاختلاف بين البحوث الفرنسية والبحوث الألمانية حول موضوع التقنية في القرن 20. يجمع سيموندون بين علم الميكانيك وعلم النفس الاجتماعي للتقنيات. وفي سبيل تجديد عملي تمّ امتحان هاته المقاربات من خلال أكبر مهتم بالهادرون (LHC) والهالو البسيكو اجتماعي للنانوتقنيات.

الكلمات المفتاحية: لافيت، (LHC)، آلات، نانوتقنيّة، سيموندون، تقنيّة.

機械の哲学に関する現状。ジルベール・シモンドン、ハドロンとナノテクノロジー
 ヴァンサン・ボンタム

要約: 技術的对象の存在様式 (1958) は哲学の分野で得意な書物である。しかしながら、その長い経歴をとおして、ジルベール・シモンドンは技術に関して意見を述べてきた。彼の研究の独創性は機械を組織的なものとして分析したことにある。この方針は、20世紀の技術に関するフランス人研究者とドイツ人研究者の間で、意見の不一致を導くことになる。シモンドンはナノテクノロジーを機械の心理社会学と連結させた。操作上の再現化を目指して、この2つのアプローチは、大型ハドロン衝突型加速器(LHC)とナノテクノロジーにおける社会心理学的「ハロ」において考査されることになる。

キーワード: ラフィット、大型ハドロン衝突型加速器、機械、ナノテクノロジー、シモンドン、技術

Un demi-siècle après sa parution en 1958, *Du mode d'existence des objets techniques* demeure un livre sans pareil dans le champ de la philosophie française, et fait figure d'ouvrage de référence pour tous ceux qui réfléchissent sur les machines¹. La conceptualisation s'y développe selon une perspective presque inespérée² : comprendre le sens de la technicité à travers la genèse des objets techniques et évaluer leur évolution suivant des critères établis *de l'intérieur*. Non pas seulement avec les connaissances de l'ingénieur ou du technicien, mais du point de vue de la technicité, en se mettant, pour ainsi dire, à la place des objets techniques. L'« essence » de la technique n'y est point considérée comme un domaine isolé ou fermé, mais comme une « phase » parmi d'autres au sein de la culture. La matière organisée y recouvre sa dignité pour qui reconnaît ce qu'il y a d'éminemment humain dans la technicité des artefacts. L'ensemble constitue un plaidoyer en faveur de l'émergence d'une culture technique³. Mais la réflexion de Gilbert Simondon sur les machines ne se réduit pas à un livre : ce travail pionnier a été complété et approfondi par de nombreux cours et articles, parfois inédits ou souvent devenus introuvables. Certains visent à établir la mécanologie génétique comme une discipline autonome, d'autres éclairent la réalité technique sous un autre angle théorique, celui de la psychosociologie. Le couplage de ces deux approches résulte d'une philosophie des machines.

Pour expliciter en quoi sa réflexion demeure pertinente face aux enjeux technologiques de notre temps, nous reviendrons d'abord sur la trajectoire de Simondon, philosophe et technologue. Puis, nous montrerons que sa pensée prend les objets techniques comme objets d'analyse, qu'elle est bien une philosophie des machines et non une philosophie de « la machine », où la notion serait employée de manière métaphorique pour définir d'autres objets. Cette distinction renvoie à la divergence, dans la première moitié du xx^e siècle, entre les traditions de recherche française et allemande sur la valeur des techniques industrielles. Nous présenterons ensuite deux « chantiers » où les concepts de Simondon s'avèrent d'actualité. Sa mécanologie génétique est en effet applicable à la lignée technologique des accélérateurs de protons qui aboutit au Large Hadron Collider (LHC) récemment mis en service au CERN. Sa psychosociologie de la technicité, quant à elle, complète cette approche par l'analyse de l'insertion des objets techniques en milieu social et culturel en fonction des résonances de leurs « halos » psychosociaux. Elle éclaire les enjeux du développement actuel des nanotechnologies. La raison pour laquelle ces approches ne sont pas intégrées aux méthodes de conception et aux stratégies mercatiques des nanotechnologies

1. SIMONDON, 1958.

2. DUCASSÉ, 1958, p. 90, portait ce jugement l'année même où parut l'ouvrage de Simondon : « D'une façon générale, on peut dire que chez le grand philosophe, dont la technie est raffinée, l'information technique – envisagé sous sa forme assimilatrice et surtout sous sa forme de participation – n'est pas à la hauteur des recherches de sens : soit qu'elle se fie trop à la pure rétrospectivité (histoire et préhistoire), soit qu'elle oublie l'*actualité* de l'engagement technique ; chez d'autres, au contraire, dont le sens technologique ou antitechnologique est naturellement orienté vers les points de crises – et de dévoilement – l'instrument philosophique de révélation et d'élucidation *universelle*, quand il n'est pas radicalement déficient, se montre par trop inégal à la tâche. » On peut lire en creux dans cette critique le double cahier des charges auquel Simondon se soumet dans le même contexte.

3. HOTTOIS, 1993.

n'est, selon nous, pas accidentelle. La philosophie des machines n'est pas tant une discipline ou une spécialisation qu'une entreprise synthétique qui combine la mécanique et la psychosociologie de la technique⁴. En outre, ces deux éclairages du « fait technique » sont irréductibles à des méthodes opératoires parce qu'ils ne prennent sens que par un engagement éthique vis-à-vis des machines qui implique de relativiser une évaluation strictement économique.

ESQUISSE D'UNE TRAJECTOIRE DE TECHNOLOGUE

La trajectoire de Gilbert Simondon (1924-1989), depuis son milieu d'origine jusqu'à son intégration parmi les « normaliens philosophes », en 1944, parvenus au sommet de l'institution scolaire, s'inscrit au sein d'une famille de parcours analogues somme toute assez classiques. Toutefois, si l'on se réfère, comme Pierre Bourdieu dans *Les Méditations pascaliennes*, à l'espace des possibles, tel qu'il se présentait au sortir de la Seconde Guerre mondiale à un jeune provincial sélectionné par l'institution scolaire, sa trajectoire ultérieure apparaît fort singulière : admis comme philosophe à l'École normale supérieure, il s'y est formé à l'électronique, puis, après avoir passé l'agrégation de philosophie, il a enseigné la physique en lycée (1948-1955), pour finir par diriger un laboratoire de « psychologie générale et technologie » (1963-1983). Ses biographies, que ce soit la brève notice de François Laruelle⁵, directeur de la collection où fut publié *Du mode d'existence des objets techniques*, ou le discours solennel prononcé par le ministre de la Recherche et de la Technologie, Hubert Curien, au premier colloque sur Simondon⁶, en 1992, éclairent la cohérence de ces choix par ses origines, et notamment par sa ville natale, Saint-Étienne. Ville industrielle, marquée par l'implantation de sa manufacture d'armes (Manufrance), celle-ci vaut comme symbole du « milieu associé » dans lequel sa pensée s'est formée : un milieu provincial, aux racines rurales et paysannes, dominé par le monde de l'industrie. La fréquentation précoce d'ingénieurs miniers et des techniques associées au monde agricole aura dû lui inspirer le respect de l'intelligence qui ne vise pas tant à contempler le monde qu'à s'assurer une prise effective sur lui. Mais, s'il fut profondément imprégné par cette culture technique, pourquoi voulut-il alors se réaliser en tant que philosophe ?

4. Soulignons à ce propos la lucidité du constat de PACOTTE, 1933, p. 134 : « Il semble bien qu'il faut imputer l'absence d'une science pure de la technique à une déficience de l'esprit de synthèse. »

5. LARUELLE, 1992, p. 3739 : « Né à Saint-Étienne. École normale supérieure (1944-1948) où il découvre l'électronique ; études de philosophie, de psychologie et d'électronique ; agrégation de philosophie et licence de psychologie (1948) ; doctorat ès Lettres de philosophie (1958). Assistant puis professeur de psychologie aux universités de Poitiers (1955-1964), de Paris-Sorbonne puis de Paris-V-René-Descartes (1964-1984). »

6. CURIEN, 1994, p. 12 : « Né à Saint-Étienne, dans un milieu très industriel, fréquentant dès sa jeunesse les ingénieurs, attentif dès ce moment aux processus d'invention, c'était un homme de grande culture scientifique, particulièrement en physique et en biologie, qui ne confondait pourtant pas la dynamique proprement technologique avec la dynamique scientifique. C'était aussi un penseur exemplaire du devenir culturel, des réalités psychologiques et sociales : il ne découpait pas artificiellement le monde à partir de la si regrettable séparation entre sciences de la nature d'une part, sciences de l'esprit de l'autre. »

Ses potentiels avaient un spectre si large qu'il ne fait guère de doute qu'il aurait pu devenir ingénieur aussi bien qu'universitaire. Pour qu'il choisisse la seconde voie, il fallait que sa perception des valeurs scolaires ne diffère pas grandement de celle qu'indique Bourdieu. Celui-ci a appartenu à la promotion qui est entrée à l'École normale au moment où Simondon l'a quittée. « Jusqu'aux années cinquante, la philosophie l'emportait en prestige sur toutes les autres disciplines et le choix de la philosophie, en classe terminale, et au-delà, au détriment de "math élem" n'était pas nécessairement un choix négatif déterminé par une moindre réussite en science⁷. »

Devenir philosophe signifiait un accomplissement et non une spécialisation. L'accession à cette position ouvrait des perspectives de rayonnement culturel pour une réflexion abstraite à vocation universelle. Toutefois, la trajectoire de Simondon accomplit une rupture avec ce modèle dominant mais déjà usé à l'époque où elle se déroule. À la rue d'Ulm, Georges Canguilhem incarnait le modèle d'une double formation, alliant à la rigueur du raisonnement philosophique la maîtrise des connaissances d'une « matière étrangère » (la médecine). Simondon radicalise cette posture en prenant pour principal centre d'intérêt extérieur des activités techniques dont la valeur culturelle est méconnue. Là où Bourdieu dénonce la connivence des philosophes autour de textes hermétiques, Simondon critique seulement les bases technologiques dépassées de cette solidarité intellectuelle. Dans son cas, l'*illusio* propre à la discipline philosophique n'était pas en cause.

S'initier aux spéculations d'Aristote sur « l'union de la forme et de la matière » aurait pu éloigner un philosophe de toute réflexion informée sur la technique. Mais c'est en restant attentif au fonctionnement des machines que Simondon conteste l'hylémorphisme. Risquons une hypothèse : c'est la synthèse précoce accomplie en lui-même entre la culture scolastique et les connaissances technologiques de son temps qui a commandé cette trajectoire intellectuelle. Sans que le dessein de réactualiser les bases technologiques de la culture philosophique ait forcément constitué un objectif conscient permanent, à travers une série de calculs réfléchis, il faut reconnaître à la recherche d'une identité en accord avec les dispositions de l'individu une puissance explicative vis-à-vis de ses orientations théoriques et pratiques. C'est une alliance des contraires – plus précisément de ce que les représentations sociales tiennent pour telles – entre la connaissance opératoire des techniques et l'aspiration à la reconnaissance de la dignité philosophique de cette connaissance, qui a guidé ses choix de carrière. Sans exclure l'incidence d'autres facteurs contingents qu'une enquête historique plus complète mettrait sans doute au jour, cette hypothèse explique le passage d'une affirmation philosophique ambivalente, où se sont mêlées les ressources du langage technologique dans la « petite thèse » et la discussion des thèses de la tradition pérenne dans la « grande thèse », à une professionnalisation au titre de psychologue et technologue. En procède un habitus clivé que *Du mode d'existence des objets techniques* définit expressément : « Cette prise de conscience nécessite l'existence, à côté du psychologue et du sociologue, du technologue ou *mécanologue*⁸. »

7. BOURDIEU, 1997, p. 46.

8. SIMONDON, 1958, ici 1969, p. 13.

L'AMPLIFICATION DE *DU MODE D'EXISTENCE DES OBJETS TECHNIQUES*

L'ouvrage paru en 1958 est un manifeste en faveur d'une nouvelle façon de philosopher en même temps qu'un plaidoyer pour la dignité des machines en tant qu'objets de connaissance et de culture. Le *press-book* que Gilbert Simondon s'était constitué à la sortie de cet ouvrage est éclairant⁹ : il contient les recensions de revues de quatre types. Signe d'un certain retentissement, on y trouve la presse quotidienne régionale et nationale : *Le Patriote de Lyon* du 24 juin 1958 (Jean-Marie Auzias), *Le Supplément littéraire du Nouvel Alsacien* du 16 juillet 1958 (M. Sédencelle) et *Le Monde* du 26 février 1959. Viennent ensuite un bon nombre de revues spécialisées en philosophie et en pédagogie qui témoignent d'une solide reconnaissance universitaire : *Les Temps Modernes* de juillet 1958, la *Revue internationale de philosophie* de 1958, le *Bulletin des facultés catholiques de Lyon* de 1958 (Régis Jolivet), *Les Études classiques* de janvier 1959 (J. Javaux), la *Revue de métaphysique et de morale*, numéro 2 de 1959, *Les Études philosophiques*, numéro 2 de 1959 (Louis Millet), *L'École* du 3 janvier 1959, le *Bulletin critique du livre français* de décembre 1958, ou encore la *Nouvelle revue théologique* de l'université de Louvain. Puis, des revues francophones à destination internationale : les *French News* de l'été 1959 et le *Bulletin de l'Agence de la presse étrangère et de la Direction des relations culturelles*, en décembre 1958, avec un article de Jean-Louis Bruch intitulé « Vers une philosophie de la technique ». Enfin, au-delà des sphères académiques, le livre est aussi signalé et recommandé dans certaines revues de vulgarisation technique, *Toute la Radio* ou encore *Radio plans*, daté du 16 juin 1958.

L'auteur avait consigné dans ce dossier une correspondance instructive. Canguilhem, son directeur de thèse, lui adresse une brève missive à l'en-tête de l'Institut d'histoire des sciences et des techniques, le 20 février, lui annonçant que l'ouvrage est sous presse. L'ingénieur Jean Guimbal, concepteur de la turbine-bulbe de l'usine marémotrice de la Rance, à laquelle Simondon consacre des pages élogieuses, témoigne de son vif intérêt. Réagissant à l'appel en faveur d'une réconciliation de la culture humaniste et de la civilisation technologique, il précise être issu d'une famille où les deux cultures étaient à l'honneur et avoir vécu sa propre spécialisation à l'École des Mines comme une mutilation. L'académicien Louis de Broglie envoie sa carte de visite avec ses remerciements. Une lettre du philosophe des sciences Robert Blanché, adressée au *Bulletin de l'université de Toulouse*, en 1959, et transmise à Simondon, recommande la lecture de l'ouvrage. Une autre, de Gilles-Gaston Granger, datée du 7 juillet 1958, éclaire les conditions de la réception par les philosophes : Granger indique avoir lu l'ouvrage sur le conseil de Jules Vuillemin, et fait état de son intérêt pour l'opposition entre « le fond et la forme », avant d'émettre des réserves sur le statut attribué aux schèmes et de critiquer la sous-évaluation de l'aliénation économique. On y perçoit le malaise d'un philosophe désarçonné par l'originalité d'une pensée qui ne s'accorde ni avec l'hylémorphisme aristotélicien (qu'il croit retrouver dans le couple fond-figure), ni avec le

9. Nous voulons rendre ici hommage à la mémoire de M. Michel Simondon qui a porté ces éléments à notre connaissance.

schématisme kantien ou la problématique marxiste. Simondon fit en outre adresser des exemplaires à des revues de vulgarisation technique et à des entreprises. Le directeur de la Société des éditions Radio remercie l'auteur et l'assure qu'il peut compter sur sa revue (*Toute la Radio*) pour s'en faire l'écho (comme ce fut le cas, on l'a vu). Une lettre du service de presse de la société Philips, datée du 20 mai 1958, informe l'auteur que la lecture de l'ouvrage sera recommandée au sein de l'entreprise.

Aussi naïve qu'elle puisse apparaître rétrospectivement, la stratégie de l'auteur visant à mettre en contact l'université et le monde de l'industrie a donc suscité l'intérêt. D'une part, la publication de *Du mode d'existence des objets techniques* lui assura immédiatement une réputation de spécialiste de la technique au sein du champ de la philosophie française. D'autre part, le livre connut une diffusion hors des canaux traditionnels de la philosophie à travers l'enseignement technique, dans des écoles d'ingénieurs, dans le milieu du design industriel. Mais au retentissement initial succéda une longue période d'isolement selon une séquence qui se reproduira à l'identique, en 1964, à la sortie de *L'Individu et sa genèse physico-biologique*¹⁰. Simondon devint la référence dont les élèves normaliens faisaient état pour dissenter sur la technique avant de l'oublier pour le restant de leur carrière. Quant aux techniciens qui avaient apprécié l'ouvrage, il n'est pas rare d'en croiser lors des manifestations dédiées à l'œuvre de Simondon, fort étonnés qu'elle soit pratiquée par les philosophes et par leur manière.

La plupart des commentateurs ont constaté l'échec de *Du mode d'existence des objets techniques* à faire souche comme manuel de technologie. Saluant la nouveauté et l'excellence de ce travail, ils soulignent que ce livre était à la fois trop technique pour séduire l'honnête-homme et d'un style trop « philosophant » pour donner prise à une interprétation opératoire. Le technologue John Hart analyse ainsi l'effet que produisit sur ses pairs l'étrange facture du livre :

« La première édition avait été publiée sans ces diagrammes, omission de l'éditeur pour des raisons financières, compréhensible mais néanmoins assez révélatrice. Sans cette représentation non verbale qui se révèle essentielle, le livre, lorsqu'il fut publié dans la collection "Analyse et Raison" des éditions Aubier, portait l'étiquette et la manière d'une étude philosophique. La présentation impliquait que ce livre devait être considéré dans la lignée de la tradition française philosophique plutôt que comme un départ radical¹¹. »

Hart cite pour preuve de cette réception philosophique traditionnelle le compte rendu de Granger qui qualifie l'ouvrage d'« essai brillant et solide sur l'objet technique ». La lecture de ce compte rendu (qui semble avoir échappé à Simondon) renforce l'impression d'un malentendu plutôt qu'elle ne la dissipe. Granger ne cite les concepts qui apparaissent dans *Du mode d'existence des objets techniques* qu'entre guillemets. La rupture épistémologique revendiquée avec l'hylémorphisme ne le dissuade pas de chercher à retraduire les thèses de l'ouvrage dans un langage aristotélien : « [...] le perfectionnement propre à la technologie consiste à passer de la machine "abstraite"

10. SIMONDON, 1964.

11. HART, 1969, p. IV.



Fig. 1. Du mode d'existence des objets techniques, pl. iv (détail).
Le processus de concrétisation du tube électronique (1924-1952).

à la machine “concrète” dans laquelle les organes sont plus ou moins intégrés dans le tout. Les antagonismes et limitations réciproques sont progressivement effacés, le fonctionnement global, et en résumé, l'objet technologique approche l'objet naturel par d'autres voies que celle de la nature¹². » Mais Simondon avait précisé: « [...] pour que cette technologie générale ait un sens, il faut éviter de la faire reposer sur une assimilation abusive de l'objet technique à l'objet naturel et particulièrement au vivant¹³. »

Symétriquement, Simondon souffrira longtemps d'une autre forme de préjudice à travers la réduction abusive de son œuvre à la philosophie de la technique considérée comme une spécialité insolite: « C'est à cette postérité de “penseur de la technique” que l'auteur d'un projet philosophique ambitieux visant à renouveler en profondeur l'ontologie [doit d'avoir] été davantage cité dans des rapports pédagogiques sur l'enseignement de la technologie qu'invité à des colloques de philosophie¹⁴. » La précision technique fit écran à la compréhension des ambitions profondes de l'ouvrage par les philosophes, tandis que la perception de ces enjeux non pragmatiques dissuada les techniciens de l'intégrer à leur discours. Paradoxe d'autant plus cruel que chaque évaluation, prise en elle-même, s'avère concluante, tant elle révèle la présence d'une information solide. Ni livre de philosophie « pure », ni manuel de technologie, *Du mode d'existence des objets techniques* résiste à ces lectures unilatérales réductrices.

« Et pourtant, bien que revues et commentaires aient été favorables, la thèse de Simondon sur la nature intrinsèque de la machine ne s'est pas intégrée au discours technique contemporain et n'est pas aussi connue que la plupart des études publiées

12. GRANGER, 1961, p. 23.

13. SIMONDON, 1958, ici 1969, p. 48.

14. COMBES, 1999, p. 5.

à la même époque ou plus tard, car bien que crédible en ce qui concerne l'optique particulière des savants en sciences sociales, philosophes, et critiques littéraires qui ont signalé sa venue, le langage employé pour écrire la mécanologie représente un obstacle pour tout le monde sauf pour les rares individus alliant le savoir à l'expérience en mécanologie, ce qui leur permet de combler le vide entre des domaines de compréhension jusque là séparés¹⁵. »

Toutefois on assiste récemment à une évolution : il ne se passe plus une année sans que paraisse un ouvrage, un numéro spécial d'une revue, que soit organisé un colloque, ou une journée d'étude sur Simondon, que soit republié un texte devenu introuvable ou que paraisse un inédit. Des traductions sont en cours en Italie, où *L'Individuazione psichica e collettiva* est déjà parue¹⁶, aux États-Unis, où sont traduites la première partie du livre *Du mode d'existence des objets techniques*¹⁷ et l'introduction de la thèse principale¹⁸, d'autres en Allemagne et en Amérique latine. Le recensement au moyen du *Web of Science* des articles où est cité le nom de Simondon fournit des informations concordantes. Cet outil bibliométrique, guère adapté à une objectivation quantitative des travaux philosophiques (tant il privilégie les articles, et particulièrement ceux des revues anglo-saxonnes), produit néanmoins, à travers l'examen des 167 références à Simondon recensées entre 1962 et 2007, la confirmation de l'intérêt croissant des chercheurs. On observe alors une hausse récente des citations (5 par an en moyenne à partir de 1992, plus de 10 à partir de 2004) ainsi qu'une grande dispersion disciplinaire : 19 % (32) proviennent de revues classées parmi les humanités, 17 % (29) de la philosophie, 11 % (19) de la sociologie, 10 % (17) de la psychologie ou de la psychologie appliquée, 10 % (16) des sciences sociales (regroupement de revues d'économie, de psychologie et de sociologie), et enfin 5 % (9) de l'anthropologie, le reste allant des sciences politiques à l'archéologie en passant par le management et la théorie littéraire. Une majorité est le fait de revues francophones (53 %), publiées en France, en Belgique et au Canada, mais à cette réception francophone s'ajoute désormais une réception anglophone dans 40 % des cas, principalement aux États-Unis et en Grande-Bretagne. Or, dans deux tiers des cas (114), la référence porte sur *Du mode d'existence des objets techniques*.

Une explication du contretemps qui affecta la réception de cet ouvrage est sans doute à chercher dans la tendance au découplage entre culture humaniste et civilisation technoscientifique que Simondon dénonçait lui-même : cette tendance s'opposait à toute amplification institutionnelle. La divergence pouvait paraître insurmontable, d'autant plus que l'autonomisation des sciences sociales s'est accompagnée du rejet de la revendication philosophique à l'égard de leur synthèse. Chaque discipline a alors revendiqué pour son propre compte un nouvel hermétisme qui a procuré un écran à l'horizon philosophique. Dès lors, une tentative encyclopédique ne pouvait qu'opérer à contretemps, c'est-à-dire à l'encontre du rythme que portait l'affirmation des disciplines. Mais l'intempestif explique aussi la résurgence de l'œuvre : isolé de son vivant face au marxisme, à l'existentialisme, au structuralisme et à tous les « ismes » du moment, *Du mode d'existence*

15. HART, 1969, p. VII.

16. SIMONDON, 2001.

17. SIMONDON, 1980.

18. SIMONDON, 1992.

des objets techniques demeure d'une singulière actualité après le déclin de ces courants de pensée. Simondon a donc aussi philosophé à contretemps.

En sorte que cette trajectoire inaboutie, de philosophe et de technologue, n'est pas achevée. D'autant plus que sa réflexion sur la technique ne se limite pas au livre de 1958. La campagne récente d'édition de nouveaux inédits comme la réédition de textes introuvables la prolongent. La parution récente, en 2005, du recueil *L'Invention dans les techniques* apporte de nouveaux éléments¹⁹. Le volume renforce toutefois l'impression que la contribution de Simondon à la philosophie des machines se résume à la mécanologie génétique développée dans la première partie de l'ouvrage de 1958. Le texte inédit de l'« Entretien sur la mécanologie », que nous présentons dans le présent numéro de la *Revue de synthèse*²⁰, corrigera sans doute en partie cette interprétation dans la mesure où Simondon y affirme expressément que sa réflexion vise à éveiller ses contemporains à la valeur culturelle des objets techniques. D'autres inédits ou d'autres écrits dispersés renforceraient cette nécessaire correction : qu'il ait traité de philosophie, de technologie, de cybernétique, de psychologie ou de mercatique, jamais Simondon ne s'est égaré. Ses différentes perspectives de recherche s'orientent toutes vers la résolution d'un problème central : abolir le conflit apparent entre la culture humaniste et la civilisation technologique en cherchant à combler le retard historique des schèmes culturels sur le progrès des opérations techniques²¹.

POLARISATIONS AUTOUR DE LA MACHINE

La conceptualisation des machines est d'abord une affaire européenne. Pour les besoins de notre démonstration, il suffira de s'en tenir aux traditions française et allemande. Deux traditions de recherches, assez convergentes, se sont formées à partir des travaux de l'*Encyclopédie* de Diderot et D'Alembert – Simondon s'en réclame expressément – et du projet d'une « technologie générale » de Johannes Beckmann²², qu'il

19. SIMONDON, 2005. Il s'agit d'un cours de 1968, « L'invention et le développement des techniques », accompagné d'une conférence prononcée au second Congrès de mécanologie (1971), initialement paru dans les *Cahiers du centre culturel canadien*, « L'invention dans les techniques ». Le volume contient aussi plusieurs extraits d'autres cours : « Imagination et Invention » (1965-1966), déjà intégralement paru dans des numéros du *Bulletin de psychologie de la faculté de Lyon* (1960-1961), « La résolution des problèmes » (1974) et « Invention et créativité » (1976) demeurés inédits. L'ensemble témoigne de la persistance et de la richesse de la réflexion de Simondon sur l'invention technique. Le texte principal étend les analyses de *Du mode d'existence des objets techniques* sur l'histoire des techniques et précise comment il s'est approprié les travaux de Jacques Lafitte (LAFITTE, 1932) ; un entretien entre Gilbert Simondon et Jean LeMoine, récemment publié dans *Il Protagora*, permet d'établir que le philosophe ne prit connaissance des travaux de Lafitte qu'au début des années 1970. Toutefois les extraits lacunaires laissent le lecteur sur sa fin. Il devra attendre les publications intégrales pour apprécier ces documents à leur juste valeur.

20. Voir, ci-après, p. 103-132. Le film de l'entretien peut être visionné sur le site de la Revue, à l'adresse suivante : <http://www.revue-de-synthese.eu/2009-1>.

21. C'est dire aussi que des publications à venir pourraient procurer un approfondissement de la mécanologie génétique, mais aussi de la psychosociologie de la technicité, rétablissant au passage un équilibre entre ces deux appréhensions complémentaires du fait technique.

22. BECKMANN, 1806.

semble avoir ignoré bien qu'il use lui-même de l'expression²³. Dans les deux cas, il s'agit d'élever au rang d'un enseignement académique les procédés techniques, même si la variante allemande possède déjà un caractère plus fonctionnaliste, puisqu'elle identifie l'objet technique à un moyen répondant à une intention.

Ces premiers travaux inciteront plusieurs savants du XIX^e siècle à envisager une systématisation des procédés technologiques : Gérard Joseph Christian propose qu'une « technonomie »²⁴ désigne la transformation de la production artisanale en travail industriel, tandis que plusieurs enseignants de l'École centrale des travaux publics (future École polytechnique), dont André Marie Ampère et Gaspard Monge, développeront le courant de la « cinématique » (avec de remarquables efforts de diagrammatisation des machines élémentaires chez Jean Hachette²⁵). Cette tradition de recherche aboutit à une synthèse critique, réalisée outre-Rhin en 1875 par Franz Reuleaux et rapidement traduite²⁶ (Simondon dit ne pas le connaître dans l'« Entretien sur la mécanologie »). En France, paraissent, en outre, les articles du *Mercure technologique*, fondé en 1818, *Du calcul de l'effet des machines* de Gustave de Coriolis (1829), et l'*Essai philosophique sur la technologie* du directeur de l'École nationale des ponts et chaussées, Léon Lalanne (1840). Cependant, à cette tradition formaliste (et polytechnicienne) s'oppose, à la fin du siècle, une approche plus anthropomorphe : la « praxéologie » d'Alfred Espinas²⁷. Enfin, la « philosophie des techniques » naît comme genre en 1877, en Allemagne, avec les *Principes de la philosophie de la technique* d'Ernst Kapp²⁸ qui fondent l'intelligibilité de la technique sur des analogies rudimentaires entre la forme des outils et la projection de schémas corporels.

Au XX^e siècle, les traditions de recherches françaises et allemandes vont développer une perspective évolutionniste (sans doute sous l'influence de la tradition britannique de zootechnie qui avait déjà intégré les travaux de Charles Darwin), mais il se produit une divergence : tandis que la tradition hexagonale, représentée en premier lieu par Jacques Lafitte²⁹ et Julien Pacotte³⁰, va demeurer fidèle à l'objectif d'une analyse systématique du fonctionnement des machines, la majorité des théoriciens allemands va comprendre la technique comme une application de la rationalité abstraite et du calcul. Ainsi, la « philosophie de la technique » allemande (Ulrich Wendt, Eberhard Zschimmer, Viktor Engelhardt, Friedrich Dessauer³¹) élargit la notion à toute pratique de subordination de moyens en vue de réaliser méthodiquement certaines fins. Chez Dessauer la réalisation de l'idée par la technique prend une tournure platonicienne. Mais, c'est Oswald Spengler qui exprime le mieux l'orientation anti-technologique de la philosophie des techniques dans son livre de 1931 : « Si nous voulons saisir l'essentiel de la technique, il ne faut pas partir de la technique de l'ère machiniste, encore moins de la notion

23. SIMONDON, 1958, ici 1969, p. 48.

24. CHRISTIAN, 1819.

25. HACHETTE, 1811.

26. REULEAUX, 1877.

27. ESPINAS, 1897.

28. KAPP, 1877.

29. LAFITTE, 1932.

30. PACOTTE, 1931.

31. WENDT, 1906; ZSCHIMMER, 1914; ENGELHARDT, 1922; DESSAUER, 1927.

trompeuse suivant laquelle la confession d'outils et de machines serait le but de la technique³². » Sous son influence, des penseurs réactionnaires tels que Hans Freyer, Karl Jünger, Martin Heidegger (et, à travers lui, Günther Anders) développent la thèse d'une déshumanisation engendrée par la rationalité technique. Ce déplacement de la « machine », depuis la technologie vers une philosophie du « *struggle for life* », est lourd de conséquences, en particulier, du fait de la caractérisation spenglérienne de l'homme comme « bête de proie », dont les techniques sont avant tout les techniques de chasse : « [...] l'existence libre de l'animal est une lutte, rien qu'une lutte : c'est *sa tactique vitale*, sa supériorité ou son infériorité face à l'"autre" (que cet autre soit nature animée ou inanimée) qui décide de l'histoire de cette vie et détermine si son destin est de subir l'histoire des autres ou de la réaliser soi-même. *La technique est la tactique de la vie*³³. » Sans que la figure du prédateur soit toujours apparente, ces penseurs ont en commun de penser la technique avant tout comme un moyen de subsistance et une tactique de lutte pour la survie. Ils héritent aussi de Spengler la « machine de guerre », c'est-à-dire l'organisation militaire, comme paradigme du développement industriel. Cette philosophie de la technique perd de vue le fonctionnement des machines comme définissant l'objet de connaissance et se focalise sur le « sens » de l'importance croissante des machines dans la société moderne.

Dans le contexte de la défaite allemande de 1918, l'analyse de l'importance de la technique dans l'évolution de la civilisation induit une attitude pour le moins ambivalente d'exaltation de la puissance technique en même tant que de dépréciation de sa valeur culturelle. La machine devient la métaphore d'un ressentiment. Or, Simondon connaît assez bien cette tradition, pour avoir lu les travaux de Manfred Schröter³⁴, disciple de Spengler favorable au national socialisme, et un livre d'Eugen Diesel³⁵, fils de l'inventeur du moteur diesel (et lui-même ingénieur), qui écrit, en 1931, dans *Germany and the Germans* : « Il est vrai que partout, et spécialement dans l'Allemagne vaincue, les peuples attribuent la plus grande part du changement et des transformations en cours autour de nous à la tournure de la guerre. Mais, ce n'est pas tant la guerre qui a donné naissance à ce nouvel âge que le triomphe de la machine³⁶. »

Aux yeux de Simondon, la machine n'a certainement pas « triomphé » dans l'entre-deux-guerres, elle a été *asservie* à des objectifs de domination, et la colère engendrée par le désastre de la guerre et l'impuissance des individus se trompe de cible : « Ce n'est pas contre la machine que l'homme, sous l'empire d'une préoccupation humaniste, doit se révolter ; l'homme n'est asservi à la machine que quand la machine elle-même est déjà asservie par la communauté³⁷. » Symbole de cet asservissement de la machine qui se généralise ensuite aux hommes et au vivant en général, une expression se généralise dans l'Allemagne des années 1930 : il faut accomplir des « performances » (*Leistungen*) qui désignent autant des opérations militaires ou industrielles que des exploits sportifs.

32. SPENGLER, 1969, p. 42.

33. SPENGLER, 1969, p. 43-44.

34. SCHRÖTER, 1934.

35. DIESEL, 1939.

36. DIESEL, 1931.

37. SIMONDON, 2006, p. 527.

Pour Simondon, le découplage de la culture littéraire et de la civilisation technologique représente une crise dangereuse de la Culture qui devrait en constituer l'unité. L'attitude des « élites culturelles » allemandes, qui dénigrent la civilisation technique au nom de la préservation de la *Kultur*, s'apparente à une réaction profondément malsaine³⁸. Mais, on le sait, la révolution conservatrice a su aussi exploiter la frustration des ingénieurs qui considéraient que les progrès rapides de la technologie se heurtaient à l'évolution trop lente des schèmes culturels³⁹. La « modernité réactionnaire » fut l'idéologie par laquelle le national socialisme a combiné le désir de modernité technologique avec la nostalgie d'une société immuable. C'est pourquoi à l'échelle du siècle, il conviendrait de comparer la pensée de Simondon non pas tant avec la pensée de Heidegger⁴⁰ qui fut une manifestation de cette crise à l'allemande, qu'à d'autres recherches d'inspiration *technologique*, telles la cybernétique ou TRIZ (la théorie de la résolution des problèmes inventifs). Cela nous écarterait de notre propos : indiquons seulement que Simondon ne connaissait pas Genrich Altshuller, alors qu'il appréciait fort l'œuvre de Norbert Wiener, qu'il a rencontré en 1965 au colloque de Royaumont sur le concept d'information dans les sciences contemporaines⁴¹.

MÉCANOLOGIE DU GRAND COLLISIONNEUR DE HADRONS (LHC)

L'application féconde de la mécanologie à l'instrumentation scientifique n'a été que rarement soulignée⁴². L'instrumentation constitue pourtant l'exemple même de l'objet *concret* : ouvert aux échanges d'informations avec l'opérateur, il représente, à la fois, un objet de très haute technicité et de technicité pure, c'est-à-dire *a priori* sans impératif économique, ni finalité utilitaire. Sa fonction coïncide avec l'opération : le dispositif d'expérimentation constitue une matérialisation de la science d'autant plus raffinée qu'il est de plus haute précision. Il n'est pas seulement une application de principes antérieurs : son fonctionnement prouve l'existence de certaines structures naturelles.

Cela autorise le rapprochement avec la notion de « phénoménotechnique » développée par Gaston Bachelard⁴³ pour décrire la nature de l'observation en microphysique : l'instrument ne permet plus seulement l'observation, il interagit avec les phénomènes, il actualise certaines potentialités de la nature. L'instrumentation scientifique, conditionnée par la connaissance du sujet, est, donc, en même temps, la condition de la connaissance de l'objet. Sans l'appareil, pas d'interaction entre l'observateur et le phénomène observé : « [...] la machine prolonge et adapte l'un à l'autre sujet et objet, à travers un enchaînement complexe de causalités. Elle est outil en tant qu'elle permet au sujet d'agir sur l'objet, et instrument en tant qu'elle apporte au sujet des signaux venus de l'objet ; elle véhicule, amplifie, transforme, traduit et conduit dans un sens

38. SIMONDON, 1960, p. 131. Voir à ce sujet BONTEMS, 2006a.

39. HERF, 1984.

40. COMBES, 2006.

41. COUFFIGNAL, dir., 1965.

42. BARTHÉLÉMY, 2005, p. 141.

43. BACHELARD, 1934, p. 17.

une action et en sens inverse une information⁴⁴. » La notion d'observateur s'en trouve décentrée par rapport au sujet de la perception. « La position de l'homme et la position de la machine ne sont pas symétriques par rapport à l'objet : la machine a une liaison immédiate à l'objet, et l'homme une relation médiatae⁴⁵. » En physique des particules, l'observateur phénoménotechnique est un dispositif d'amplification d'événements se produisant à des échelles très éloignées :

« L'instrument permet d'opérer pour l'observateur un changement d'ordre de grandeur. [...] C'est sans doute en partie ce rôle d'intermédiaire de l'instrument qui le fait si peu apparaître alors qu'il joue un rôle capital ; la perception, le savoir et l'action se situent aux niveaux bien définis des différents ordres de grandeur, alors que les instruments, ces intermédiaires ou adaptateurs, disparaissent du champ du savoir et de l'action, si bien que cette sorte d'objets ou de prolongements de l'opérateur sont rarement étudiés pour eux-mêmes⁴⁶. »

Dans cette perspective, il est pertinent de mettre le qualificatif de « phénoménotechnique » à l'épreuve du Large Hadron Collider (LHC) récemment mis en service au CERN. L'analyse de cette « machine » mobilise une panoplie des concepts de la mécanologie génétique. Il s'agit ici d'en donner un aperçu. En premier lieu, sa conception procède d'une résolution de problème, d'une invention et non d'une optimisation : le LHC représente un nouveau seuil franchi dans la *concrétisation* par rapport aux précédents accélérateurs de protons. Son fonctionnement n'est intelligible que si l'on distingue ses différents niveaux : l'immense machine qu'est le LHC est un ensemble technologique, non pas tant en raison de ses dimensions que de la complexité des différents milieux artificiels qu'il organise. Ses aimants ont besoin pour fonctionner d'une artificialisation extrême de leur milieu associé : ils sont entièrement refroidis par des liquides cryogéniques. Le LHC est, par ailleurs, inséré dans un double réseau d'énergie et d'information : il est associé à d'autres accélérateurs, plus petits que lui, pour être alimenté en protons et requiert un réseau informatique d'une puissance inégalée pour que soit traitée la masse des informations générées. Les aléas de sa construction ont produit des technologies auxiliaires de même technicité. En outre, seul le schéma de fonctionnement de ses détecteurs, beaucoup plus complexes que de simples instruments, éclaire leur finalité phénoménotechnique. Le LHC appartient à une lignée technologique, celle des accélérateurs de protons, dont on peut retracer l'évolution et caractériser le rythme de *relaxation* en repérant les progrès discontinus. Il représente une réalisation majeure : ce n'est ni un appareil ordinaire, ni un objet produit en série, mais un prototype portant à son maximum les possibilités techniques d'une époque. Considéré comme un *nec plus ultra*, et il se trouve par suite investi d'une charge symbolique peu commune. Sa construction représente un investissement considérable. Elle a mobilisé un travail de haute précision exceptionnel, et, plus encore que ces évaluations quantitatives, ce sont le caractère délibérément désintéressé de cet

44. SIMONDON, 2006, p. 523.

45. SIMONDON, 2006, p. 523.

46. SIMONDON, 1975.

investissement et la portée universelle du travail accompli qui lui confèrent une valeur extraordinaire. D'un point de vue organisationnel, la complexité de la collaboration entre les différents partenaires (laboratoires et entreprises) qui furent impliqués dans sa construction mérite l'attention. Il s'agit en fait d'un dispositif expérimental dont les résultats escomptés revêtent une importance cruciale pour le progrès des connaissances et le destin de la physique des particules, enjeux dont l'élucidation appellerait des développements épistémologique qui nous écarteraient de notre propos⁴⁷.

Le principe d'un collisionneur de proton comme le LHC est de propulser des protons dans un tunnel souterrain circulaire, de leur conférer une quantité d'énergie exceptionnelle, avant de produire une collision entre deux flux inverses, cela afin d'observer les particules produites lors de la collision. Anatole Abragam insiste, dans ses mémoires⁴⁸, sur le passage des collisionneurs linéaires sur cibles aux synchrotrons circulaires, où l'on peut accélérer davantage les flux de particules en leur faisant faire plusieurs tours avant de les faire se croiser. Plus les particules sont accélérées, plus leur inertie augmente et l'énergie libérée au moment de l'impact est importante. En concentrant autant d'énergie en un événement aussi bref, l'accélérateur permet de « remonter le temps », c'est-à-dire de recréer localement, durant un très court laps de temps, les conditions physiques qui prévalaient dans l'univers primordial. À un niveau d'énergie aussi élevé, certaines particules élémentaires confinées au sein des protons, tels que les quarks et les gluons, évoluent librement. Le LHC recrée ainsi artificiellement des potentialités naturelles révolues à la surface de la Terre: l'état plasmatique engendré est l'état physique le plus proche de cette « préindividualité » que Simondon caractérise comme étant une surabondance énergétique à l'origine de la genèse des individus physiques.

Alors que la mécanique quantique que pouvait lui enseigner Yves Rocard à l'École normale supérieure, dans les années 1940, considérait encore les protons comme des particules élémentaires, il faut accomplir tout un travail de réactualisation de la théorie de l'individuation de Simondon, en fonction de l'état actuel de la théorie quantique des champs (le « modèle standard »), si l'on veut retrouver un point d'accroche à l'intuition simondonienne au travers de l'opération du LHC. Le proton est une particule composite, constituée de quarks et de gluons dont les interactions sont l'événement recherché: le LHC étudie le résultat des collisions quark-quark, quark-gluon et gluon-gluon. Le but de la collision des protons n'est pas de les faire éclater, mais d'observer l'individuation de nouvelles particules. En vertu de l'équation relativiste $E = mc^2$, l'énergie cinétique accumulée des protons va se convertir en matière lors de la collision et engendrer la création de particules, dont certaines très instables qui ne tarderont pas à se désintégrer en d'autres particules moins énergétiques, dont certaines susceptibles de se désintégrer à leur tour, jusqu'à ce que l'énergie libérée se soit dissipée.

Pour atteindre ce résultat, le LHC sera capable, à terme, d'accélérer chaque flux de protons à une vitesse proche de celle de la lumière jusqu'à leur conférer une énergie cinétique de 7 tétra-électron-volt (TeV), leur collision libérant donc une énergie de l'ordre

47. Pour aller plus loin, voir les travaux en cours d'Alexei Grinbaum et d'Étienne Klein au LARSIM: http://iramis.cea.fr/spec/Phocea/Vie_des_labos/Ast/ast_groupe.php?id_groupe=748.

48. ABRAGAM, 1987.

de 14 TeV. La conception d'une machine capable d'une telle performance ne pouvait qu'être inventive car elle survient après la saturation de la génération précédente : les machines antérieures ont poussé à leurs limites leurs modèles d'organisation. Le Tévatron (collisionneur proton-antiproton), en service au Fermilab, culmine à 2 TeV. La conception du LHC ne résulte pas de l'amélioration des dispositifs antérieurs mais d'une reconfiguration globale, d'un progrès majeur de la concrétisation.

L'appareil installé auparavant au sein du grand anneau du CERN, le second Large Electron-Positron Collider (LEP2), produisait une collision entre un électron et son antiparticule, le positron. Or, une particule et une antiparticule se comportent de manière inverse quand elles sont soumises à un champ magnétique, ce qui est pratique quand le principe de fonctionnement de la machine consiste à les faire tourner en sens contraire dans le même anneau. Comment obtenir un résultat analogue avec des protons ? Le CERN disposait, certes, de l'expérience acquise avec l'Intersecting Storage Rings (ISR), qui réalisait déjà des collisions proton-proton. Mais, comme son nom l'indique, l'ISR consiste en deux circuits différents s'entrecroisant, dispositif impossible à reproduire à l'identique dans l'anneau du LEP2. La solution adoptée du « deux-en-un » évoque par certains aspects le cas de la turbine Guimbal, qui constitue le paradigme de l'invention selon Simondon. Dans le cas de la turbine-bulbe de l'usine marée-motrice de la Rance, la double contrainte à remplir était de réduire la taille d'une turbine sans que la chaleur produite par son mouvement sous l'effet du courant ne l'endommage : la réduction de la taille et l'impossibilité de maîtriser le débit du courant semblait concourir à rendre la chose impossible. Une optimisation entre ces deux contraintes était vouée à l'échec. La solution consistait à supposer le problème résolu : suffisamment réduite pour être insérée dans la conduite forcée à l'intérieur même du carter, la turbine communique sa chaleur à l'huile qui la transmet à l'eau, si bien que plus l'eau actionne la turbine, plus elle concourt à dissiper la chaleur produite. Sans induire ce type d'autorégulation, la solution des ingénieurs du CERN procède à une intégration analogue du système de contraintes

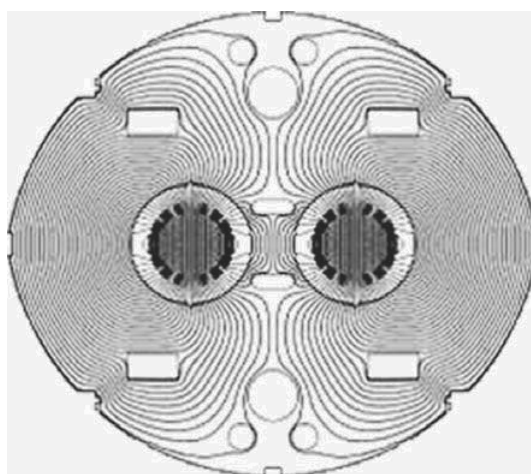


Fig. 2. Structure du champ magnétique à l'intérieur des aimants (plan de coupe).

dans sa structure : la double exigence est de faire transiter deux faisceaux de protons en sens inverse dans le même circuit alors qu'ils doivent être affectés par des champs magnétiques opposés. La solution est obtenue en les faisant circuler tous les deux *à l'intérieur même de l'aimant*, dans deux conduites situées symétriquement de part et d'autres de son centre magnétique de manière à recevoir des effets de champ opposés.

Le circuit constitué par la succession des polarisations n'est pas un « individu », mais un ensemble technologique, c'est-à-dire un dispositif dont les opérations techniques exigent la séparation relative entre différents milieux artificiels et la mise en relation avec des processus situés à des échelles éloignées. Une forge est un exemple d'ensemble au stade artisanal : le four où le métal est chauffé, l'enclume où il est modelé, la trempe où il est refroidi, la roue où il est aiguisé ou poli, sont des milieux associés isolés à travers lesquels l'objet transite durant sa prise de forme technique. La plupart des usines sont des exemples d'ensembles industriels. Les laboratoires reposent aussi sur le principe du cloisonnement des milieux techniques. Le LHC est un ensemble phénoménoteknique où le simple trajet des particules dans l'anneau de 27 kilomètres suppose déjà une succession réglée extrêmement précise de milieux artificiels. Le faisceau de protons se propage dans un tube ultravide où il est soumis à des polarisations magnétiques différentes (produites par des dipôles qui le dévient, des quadrupôles qui le focalisent, et des sextupôles qui empêchent certaines résonances d'apparaître) avant de subir une focalisation finale, par des aimants encore plus puissants, à l'entrée des détecteurs, où se produisent les collisions et la libération des particules élémentaires.

L'accélération des protons résulte, quant à elle, de l'action de cavités accélératrices, situés sur des segments linéaires de son parcours. Le même problème se pose qu'avec la déviation : comment accélérer simultanément des particules de même charge en sens inverse ? La polarité électrique des cavités accélératrices doit alterner à très hautes fréquences de manière à être en phase avec le faisceau qui les traverse. Les éléments qui assurent ce fonctionnement d'ensemble sont eux-mêmes d'une technicité effarante. Les aimants qui guident le double flux des protons sont les plus puissants jamais créés. Ils sont composés de bobines faites d'un câble électrique supraconducteur, c'est-à-dire où le courant se propage sans rencontrer la moindre résistance et donc sans perdre d'énergie. Or, de tels aimants supraconducteurs ne sont réalisables qu'à une température proche du zéro absolu (-271°C soit 1,8 K). Autrement dit, ils requièrent comme milieu technique associé des conditions artificielles extrêmes : ils sont plus froids que l'espace intersidéral. Cela implique un gigantesque système de refroidissement à base d'hélium liquide tout au long des 27 kilomètres de l'accélérateur. On comprend par là-même que les exigences de fonctionnement du LHC fixent un niveau de technicité maximal qui se communique à l'ensemble des éléments qui le compose et exige d'eux le même degré de concrétisation. Cette transduction de la technicité se constate aussi dans le développement accidentel de dispositifs auxiliaires comme la « balle de ping-pong ». Le secteur 7-8 de LHC ayant été refroidi puis réchauffé, les équipes du CERN ont décelé un défaut sur une interconnexion : un module enfichable assurant la continuité électrique de la chambre à vide avait été endommagé par les dilatations et contractions engendrés. Les cryostats de ce secteur ont été rouverts et la radiographie a révélé quatre autres modules défailants. La perspective de renouveler l'opération pour localiser une avarie était inacceptable en raison de sa difficulté et de sa durée :

trois semaines pour ouvrir et cinq pour refermer. La solution a été d'inventer un instrument électronique ayant la forme d'une balle de 34 millimètres de diamètre (d'où son surnom) renfermant un émetteur et que l'on put introduire et faire circuler à l'intérieur des conduites afin de déterminer à quel endroit précis se situait l'élément défectueux.

Le seuil franchi dans la concrétisation par le LHC est tel que les précédentes générations d'accélérateurs collaborent à son fonctionnement comme autant d'étapes préparatoires. Ce réseau l'approvisionne en protons accélérés. Produits par ionisation d'atomes hydrogènes, puis propulsé par un accélérateur linéaire (LINAC), ils circulent ensuite dans une série de synchrotrons, les ancêtres technologiques du LHC, qui les accélèrent progressivement : le synchrotron injecteur du synchrotron à protons (PSB), puis le synchrotron à proton (PS), et le super-synchrotron à proton (SPS).

LA PHÉNOMÉNOTECHNIQUE DU SOLÉNOÏDE COMPACT À MUONS

Si le LHC est un ensemble plutôt qu'un individu, ses détecteurs sont davantage des individus techniques que de simples instruments dans la mesure où ils combinent plusieurs instruments interagissant avec les particules produites lors de la collision. Leur structure est entièrement déterminée en fonction des informations à obtenir sur ces « événements ». Les stratégies diffèrent selon les détecteurs. Il y en a quatre principaux : Solénoïde Compact à Muons (CMS), A Thoroïdal LHC ApparatuS (ATLAS), A Large Ion Collider Experiment (ALICE), le LHCb, et deux autres plus modestes, TOTAL Elastic and diffractive cross section Measurement (TOTEM) et LHCf. Chacun d'eux réclamerait une analyse approfondie, dont nous ne donnerons ici qu'une esquisse en ce qui regarde CMS, que nous avons eu la chance de visiter avant sa mise en service.

CMS est un cylindre hermétique de 22 mètres de long pour 14 mètres de diamètres qui pèse 12 500 tonnes, d'où son nom de « compact », qui fournit une information sur la stratégie adoptée dans ce type de dispositif expérimental : CMS présente une série de couches extrêmement denses autour de son cœur palpitant, afin d'interagir avec les particules libérées lors des collisions, chaque couche constituant une détection pour un type de particules différent ou pour une caractéristique différente de ses particules (spin, masse, impulsion, charge...). En partant du point de collision vers l'extérieur, on trouve, successivement, une couche de silicium représentant 60 millions de détecteurs dont l'activation permettra de calculer la trajectoire des particules chargées au plus près

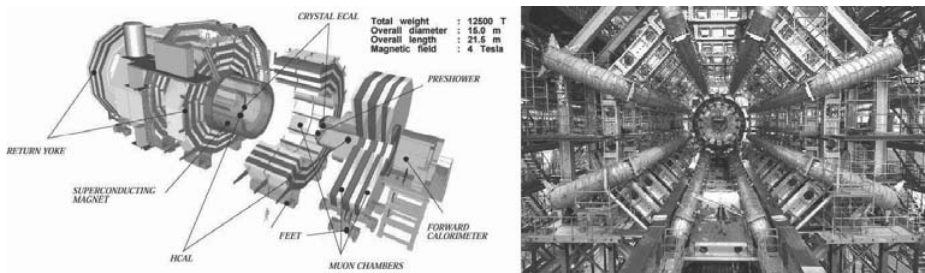


Fig. 3. Schéma écorché de CMS et photographie de sa cavité intérieure.

du point d'interaction ; puis, une couche de 83 000 cristaux transparents de tungstate de plomb formant un calorimètre électromagnétique qui mesure l'énergie de ces particules chargées ; ensuite, une couche très dense, contenant beaucoup de fer, constituant un calorimètre hadronique, c'est-à-dire sensible aux particules qui sont composées de quarks (les protons, les neutrons, les pions et les kaons) ; puis, le solénoïde lui-même, autrement dit le plus gigantesque aimant supraconducteur jamais construit, constitué d'une bobine de 12,5 mètres pour un diamètre interne de 6,3 mètres. Les particules qui émanent de la collision possèdent une vitesse et une énergie telles que pour espérer en courber la trajectoire de manière significative, et obtenir ainsi une information sur leur charge, il est nécessaire de produire un champ d'une intensité de 4 Tesla, c'est-à-dire cent mille fois plus puissant que le champ magnétique terrestre. Enfin, une dernière couche, la plus volumineuse, est constituée par le « système à muons », soit 1 400 chambres à muons situées dans les parties externes du « tonneau » et les « bouchons » de CMS. Elle alterne quatre sous-couches de matériau métallique lourde destinées à « freiner » ce type de particules et quatre sous-couches de chambres remplies de gaz ionisable où l'on peut détecter le passage de leur charge. CMS combine plusieurs phénoménotechniques : des *trajectographes*, permettant de calculer la trajectoire d'une particule chargée, des *calorimètres*, qui absorbent une part de l'énergie d'une particule pour la mesurer, et des *identificateurs* de particules.

On pourrait analyser son propre processus de concrétisation : CMS s'inscrit dans la lignée technique dont les maillons précédents était le détecteur UA1 installé dans le SPS et le solénoïde CDF actuellement en service au Tevatron. D'ailleurs, l'équipe qui a assuré sa conception et supervisée son installation est en partie issue de celle qui travaillait sur UA1. La même remarque vaudrait pour ATLAS et le détecteur UA2. Les physiciens expérimentateurs portent des traditions de conception instrumentale distinctes qui correspondent à des stratégies d'observation complémentaires : quelles que soient les observations de l'un ou l'autre détecteur, il faudra, pour qu'elles soient probantes, qu'elles soient complétées par celles de l'autre.

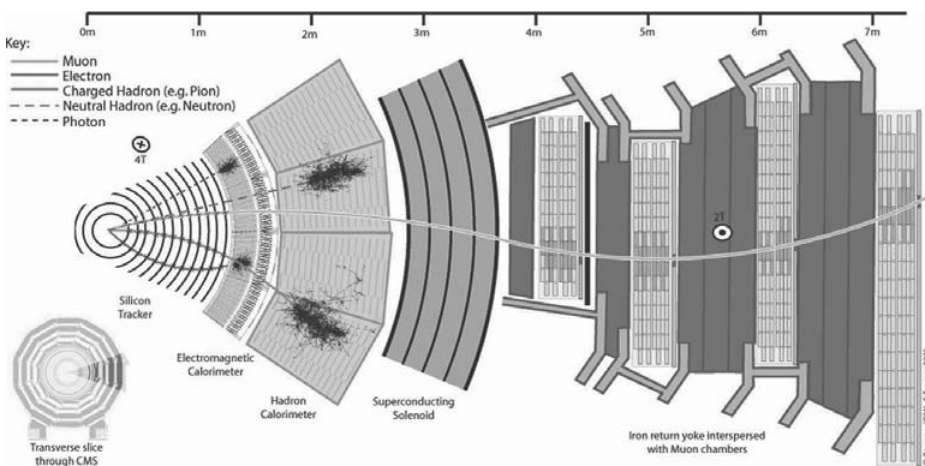


Fig. 4. Les différentes couches phénoménotechniques de CMS.

La notion d'observation intervient au LHC en aval et non en amont du traitement de l'information, elle est particulièrement contre-intuitive par rapport à ce que l'on entend d'ordinaire par ce terme. On présente souvent la construction du LHC comme motivée par le souhait d'observer le fameux boson de Higgs, qui est la clef de voûte du modèle standard de la physique des particules. Pourtant, il sera tout à fait impossible de faire interagir ce boson avec les détecteurs : étant très instable, cette particule se désintègre en un temps infiniment bref. Ce qui sera éventuellement détecté ce sont les traces des interactions des capteurs avec certaines des particules élémentaires résultant de sa désintégration. Là où l'affaire se complique c'est que l'on ignore la masse du Higgs et, par conséquent, quel type de particules il s'agit de guetter. Grâce au traitement informatique des données recueillies dans les différents détecteurs, il sera possible de calculer les trajectoires de certaines des particules émises. Dans le tracé embrouillé de toutes ces trajectoires, certaines particules n'apparaîtront pas, car elles interagissent trop peu avec la matière : il faudra donc aussi inférer leur existence du bilan énergétique et des bifurcations observées qui impliquent leur émission. Non seulement l'observation du Higgs est indirecte, mais elle ne sera prouvée qu'au terme d'une très longue évaluation statistique : il ne suffira pas d'une observation pour voir le boson, et ce n'est que rétrospectivement que les physiciens pourront exhiber l'image de la « première » détection. C'est pourquoi, en plus de l'énergie transmise aux protons, la seconde grandeur qui caractérise les performances du LHC est ce que les physiciens nomment la « luminosité », à savoir la grandeur qui, multipliée par la section efficace, donne le taux d'interaction. Pour en donner une idée intuitive, on pourrait dire qu'elle mesure la densité des protons qui est multipliée par la précision avec laquelle ils se percutent dedans. Plus la luminosité sera grande, plus rapide sera l'accumulation des données.

Pour accomplir ce traitement statistique des données recueillies par le LHC, les ordinateurs du CERN commencent par sélectionner parmi le nombre incroyable d'événements générés les 10% les plus susceptibles d'apporter les informations recherchées, soit l'équivalent de vingt millions de disques durs par an. Le travail de traitement est ensuite réparti et le CERN a développé pour cela un nouveau réseau informatique : la « grille de calcul » ou GRID, un ensemble de centres de calcul hiérarchisés en trois niveaux, qui permettra de distribuer l'information aux 70 000 ordinateurs des

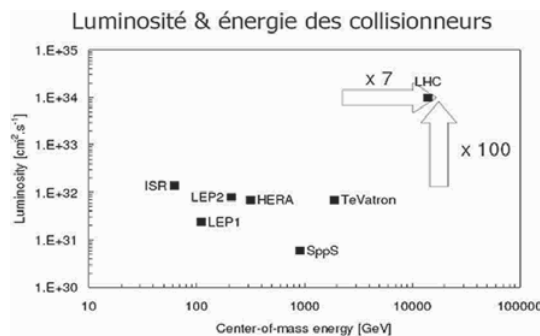


Fig. 5. Le LHC représente un progrès majeur en termes d'énergie et de « luminosité ».

laboratoires associés de par le monde. Là encore on peut faire état d'un progrès d'une lignée technologique puisque c'était déjà le CERN qui avait mis au point le système préfigurateur du Web actuel.

LA LIGNÉE TECHNOLOGIQUE DES ACCÉLÉRATEURS DE PROTONS

Il y a non seulement une cohérence synchronique au niveau de la technicité entre toutes les machines associées au LHC, mais aussi une solidarité diachronique de la succession par rapport aux machines antérieures. Les lignées technologiques progressent en alternant les phases de progrès mineurs et continus et les progrès majeurs et discontinus selon un rythme « qui détermine par sa loi d'évolution en dents de scie les grandes époques de la vie technique. Un tel rythme de relaxation ne trouve son correspondant nulle part ailleurs : le monde humain pas plus que le monde géographique ne peuvent produire d'oscillations de relaxation, avec des accès successifs, des jaillissements de structures nouvelles⁴⁹ ». Une application prometteuse de la mécanique génétique est la mesure de rythmes de relaxation distinctifs, notamment celui de la lignée technologique des accélérateurs de protons qui aboutit au LHC. L'évolution saccadée des performances de cette lignée (où chaque palier correspond à un progrès de la concrétisation) a été soulignée, il y a déjà longtemps, dans l'ouvrage de référence de Stanley Livingston⁵⁰, qui l'a représenté sous forme de diagrammes.

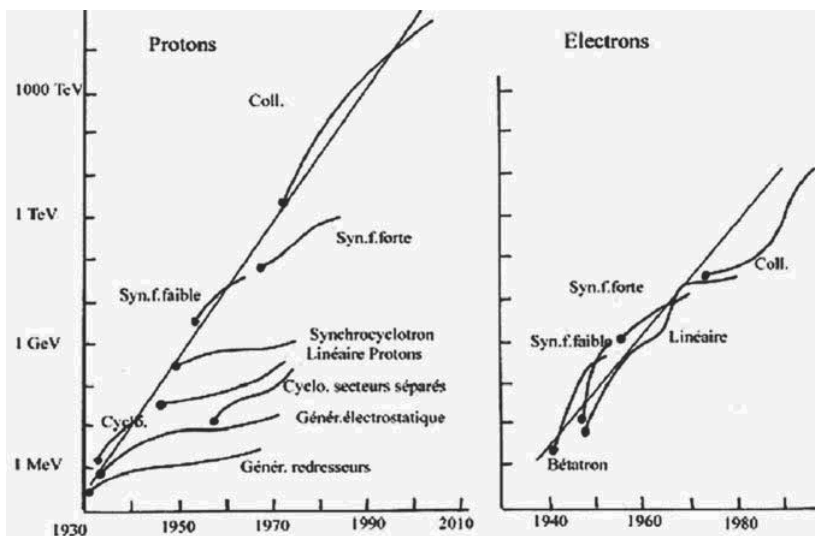


Fig. 6. Les diagrammes de Livingston sur les lignées d'accélérateurs (hypothèse d'une loi logarithmique).

49. SIMONDON, 1958, ici 1969, p. 67.

50. LIVINGSTON, 1954.

Le décalage temporel entre les deux lignées s'explique par le fait que les accélérateurs de protons ont une vocation exploratoire, celle d'atteindre les plus hautes énergies possibles afin de détecter la trace de nouvelles particules, tandis que la fonction des accélérateurs d'électrons est plus métronomique : ils produisent en masse ces nouvelles particules pour en préciser les caractéristiques. En effet, les protons sont plus massifs, mais comme leurs quarks se répartissent de manière aléatoire l'énergie au moment de la collision, il est impossible de prévoir *a priori* la kyrielle de particules qui en découle. Les électrons, plus légers, sont en revanche des particules élémentaires : on connaît exactement l'énergie des faisceaux qui entrent en collision.

La lignée des accélérateurs de protons possède comme origine le premier cyclotron, un objet « abstrait », encore peu synergique : « [...] le premier cyclotron, qui ne mesurait pas plus de deux pieds, était un assemblage de matériaux que l'on pouvait trouver traînant dans n'importe quel laboratoire de physique : des panneaux de verre, des morceaux de bronze, et de la cire⁵¹. » Les paliers franchis dans la puissance par ces accélérateurs correspondent, par la suite, à des processus de concrétisation repérable, avec réorganisation du dispositif et accès à un nouveau palier d'évolution graduelle. Chaque progrès donne naissance à une nouvelle branche de la famille des accélérateurs. Cette évolution s'accompagne, en outre, d'un processus de concentration des moyens : on passe d'une situation où chaque laboratoire pouvait héberger son propre accélérateur de poche à une situation où l'ensemble de la communauté mondiale des physiciens des particules s'organise autour du seul LHC. Ivan Brissaud et Éric Baron⁵² ont modélisé cette évolution des accélérateurs de protons par une équation log-périodique de la forme $(T_n - T_c) = (T_0 - T_c) \times g^{-n}$ avec pour constante $g = 1,37$ et la date de 1930 comme temps critique (comme origine de la lignée technologique). Cette modélisation permet de rétro-prédire, avec une précision assez satisfaisante, les principaux stades de la concrétisation.

Rang de l'événement	Génération technique	Date rétroprédite	Date observée
-1	Radioactivité alpha		avant 1911
0 (Tc)	Cyclotron	1932	1932
1	Accélérateur linéaire	1946	1946
2	Synchrotron à focalisation faible	1952	1952
3	Synchrotron à focalisation forte	1961	1959
4	Collision « chaud »	1972	1972
5	Aimants cryogéniques	1987	1988
6	Aimants et cavités cryogéniques	2008	2008

51. BAIRD, 2004, p. 59.

52. BRISSAUD et BARON, 2008. Cette modélisation dérive des travaux de Didier Sornette, Laurent Nottale, Jean Chaline et Pierre Grou : SORNETTE, 2004 ; NOTTALE, CHALINE et GROU, 2000.

L'un des enjeux principaux des résultats obtenus au LHC concerne le prolongement de sa lignée : si le LHC ne découvrait que le boson de Higgs, sans fournir aucune information sur la physique située au-delà du modèle standard, il serait difficile pour la communauté scientifique de justifier la construction d'un accélérateur encore plus puissant (encore plus coûteux). Ce scénario du « grand désert » est la hantise des physiciens des particules, car avec l'avenir des grands appareils se joue aussi l'avenir du champ de la physique des particules en tant qu'il n'est pas purement spéculatif. Or, la loi d'évolution de la lignée des accélérateurs de protons, élaborée et mise à l'épreuve à partir de rétroprédications, permet une prospective qui apporte une réponse ambiguë, car positive mais peu encourageante à court terme : elle prédit un stade ultérieur de concrétisation, mais seulement dans trente ans (2037)! Il faudra peut-être attendre le renouvellement d'une génération de physicien, voire un changement de paradigme scientifique, pour qu'un nouveau type d'accélérateur soit mis en service. Sans exagérer la validité de telles prévisions, le fait est que cette modélisation a le mérite, du point de vue de la mécanique génétique, contrairement à d'autres pseudo-lois⁵³, de reposer sur des critères strictement techniques et non sur l'anticipation des besoins de la compétition économique.

L'investissement dans les grands appareils phénoménotecniques est désintéressé au sens strictement économique du terme : la technicité du LHC vaut pour l'approfondissement de notre connaissance de la nature. Cet aspect mérite d'être souligné en ce qui regarde la puissance symbolique d'une réalisation telle que le LHC. Ainsi, alors que les médias sont particulièrement attentifs à la compétition entre ce projet européen et le TeVatron américain, les physiciens de toutes nationalités peuvent collaborer à l'un et à l'autre en même temps. L'un des traits distinctifs de ces grands appareils producteurs de connaissance est de permettre le dépassement des rivalités géopolitiques : nulle autre collaboration technologique n'opère de façon si œcuménique que l'Iran et Israël y soit impliqués ensemble. De la même manière, si les commentateurs conçoivent aisément le caractère à proprement parler extraordinaire de la construction du LHC, les procédés qui consistent à comparer la taille de ses détecteurs et Notre-Dame ou encore la masse de métal utilisé et le poids de la tour Eiffel n'aident en rien à comprendre en quoi il s'agit d'une réalisation majeure de l'humanité, comparable à certains égards à une merveille du monde contemporain. Mais, en suivant Simondon, on perçoit que cette réalisation pousse à ses limites les possibilités technologiques de notre temps. Le LHC excite l'imagination collective quand nous faisons appel à notre émerveillement face aux profondeurs mystérieuses de la matière. Il est vrai que les aspects psychosociaux de sa philosophie des machines s'avèrent plus probants et plus facile à illustrer dès que les objets techniques circulent dans le monde social, où le LHC ne se laisse transporter que par le jeu des systèmes de représentation.

PSYCHOSOCIOLOGIE DES NANOTECHNOLOGIES

Dans un autre domaine, les nanotechnologies et les nanosciences (NST) sont au cœur des débats sur l'orientation de la recherche scientifique et sur les retombées du progrès

⁵³. Pour une critique de la « loi de Moore » voir http://www.firstmonday.org/issues/issue7_11/tuomi/.

technologique au sein de nos sociétés. On désigne par « nanotechnologies » l'ensemble des travaux visant à caractériser, à manipuler et à comprendre le comportement des objets (atomes et molécules) à une échelle allant du nanomètre (un milliardième de mètre) à quelques centaines de nanomètres⁵⁴. La définition du domaine scientifique en fonction d'un ordre de grandeur lui confère un caractère conventionnel et transversal vis-à-vis des disciplines déjà constituées. Il est investi par des chercheurs qui disposent de méthodes et de modèles théoriques différents et, s'il est souvent fait état d'une convergence à l'échelle du nanomètre, la sociologie de ce domaine récent constate que le champ des NST est, au moins pour l'instant, davantage *multidisciplinaire* que véritablement *interdisciplinaire*⁵⁵ : les physiciens, les chimistes, les biologistes sont réunis sous le label « nano » sans forcément collaborer directement dans leurs recherches. Toutefois, ce ne sont ni les aspects épistémologiques des nanosciences, ni l'analyse sociologique du champ, qui retiendront ici notre attention, mais les enjeux de l'intégration sociale et culturelle des NST.

Une part de la charge symbolique que possèdent les nanotechnologies provient de la fascination qu'exercent les images produites par les microscopes à effet tunnel (STM) ou les microscopes à force atomique (AFM). Ces dispositifs phénoménotecniques sont à la fois instrument et outil puisqu'ils permettent l'observation et la manipulation des objets imperceptibles à nos sens que sont les atomes ou les molécules individuelles. Heinrich Rohrer et Gerd Binnig, inventeurs du STM et prix Nobel de physique en 1986, ont fait « voir les atomes ». Il s'agit, toutefois, d'une *vue de l'esprit*, car ce qui est représenté par l'infographie est une structure de la matière inférieure à la longueur d'onde de la lumière visible. Il est trompeur d'associer les images des nanostructures à une expérience perceptive, surtout lorsqu'on attribue à ces atomes des couleurs et des ombres ! Les microscopes à sonde locale mesurent en fait de très faibles différences de potentiel, représentables par de sobres diagrammes, avant qu'un algorithme informatique ne les traduise en images sur l'écran d'un ordinateur. À tout prendre, s'il fallait comparer l'intuition du réel que nous offrent les STM avec une expérience à notre échelle, il conviendrait de les comparer à celle d'un aveugle lisant du braille : c'est en tâtonnant à l'aide d'une pointe ultrafine que nous accédons à ces échelles. L'esthétique des images des NST associe donc des qualités sensibles inessentiellles aux données intelligibles signifiantes.

Si la mise en image des instruments phénoménotecniques produit un réel émerveillement auprès des scientifiques, elle a surtout un impact auprès d'un public non averti, susceptible de les confondre avec la représentation de choses ordinaires ou avec une œuvre artistique. Les images du « nanomonde » produites par les scientifiques échappent à leur contrôle en sortant de leur champ : les revues de vulgarisation scientifique en proposent une interprétation qui peut occulter la complexité de leur production ; certaines images sont parfois exhibées comme des œuvres d'art ; des associations de citoyens leur accordent une charge affective, voire un sens politique. Elles circulent, finalement, sur la toile sans entretenir plus aucun rapport avec le contenu cognitif dont elles étaient investies au sein du champ scientifique. Elles ont changé de statut : ce ne

54. ROCO et BAINBRIDGE, 2002.

55. SCHUMMER, 2004.

sont plus les *traces* intelligibles d'une opération phénoménoteknique mais les *signes* sensibles d'un sens équivoque en fonction des émotions de chacun. Davantage que les images elles-mêmes, ce sont alors les mots employés pour décrire les dispositifs élaborés à l'échelle du nanomètre qui orientent l'imaginaire. Le « nanomonde » est décrit à l'aide d'analogies mécaniques, l'infiniment petit se retrouvant surtout peuplé de « nano-robots », de « nano-machines », de « nano-moteurs », de « nano-tubes »... Popularisé par le livre d'Eric Drexler⁵⁶, le paradigme de la « manipulation atome par atome » présente les nanotechnologies comme la possible transposition des méthodes de l'ingénierie vers l'échelle de nanomètre.

Il ne manque pas de commentateurs avisés pour douter de la pertinence de ces métaphores machiniques et avertir qu'on exagère certainement la connexion entre l'image que véhiculent les discours actuels sur les « nanos » et la réalité des progrès accomplis par la science et la technologie à l'échelle du nanomètre : en-dehors du champ scientifique, le débat porte d'ailleurs davantage sur ce que pourraient devenir les « nanos » que sur ce qu'elles sont, anticipant sur les effets sociaux et les conditions légales de leur diffusion – principe de précaution oblige. Les promesses utopiques du discours futurologique que les anglo-saxons appellent *hype*, comme les scénarios catastrophiques (*anti-hype*) font florès et semblent même avoir joué, à travers l'annonce d'une révolution technologique, un rôle décisif dans l'émergence de la perception des NST, par les décideurs politiques et économiques, comme un ensemble cohérent de recherches voire même comme un « programme métaphysique ». La puissance évocatrice du préfixe « nano » dépasse alors largement l'amplification des résultats, encore modestes, obtenus par les chercheurs. Dans ces conditions, on peut se demander ce qui confère aux « nanos » une telle charge émotionnelle et pourquoi ce qu'il est convenu d'appeler le grand public se montre parfois si réceptif aux spéculations qui les mettent en scène.

Les nanotechnologies ne sont guère évaluées, hors du champ scientifique, en fonction des critères techniques et des valeurs scientifiques. Ce sont des considérations économiques ou utilitaires qui dominent les jugements portés sur les objets techniques. Leur insertion dans la culture, par la commercialisation, relativise l'évaluation technique en lui substituant l'évaluation marchande : des artefacts qui ne trouvent pas acquéreurs sont dévalorisés au point d'être condamnés à la casse sans égard pour le travail humain cristallisé en eux. Sans doute la qualité de ce travail n'est-elle pas sans rapport avec leur devenir sur le marché, mais ce sont avant tout les « halos psychosociaux⁵⁷ » qui déterminent l'aventure des objets techniques en milieu social et culturel.

Les objets qui circulent dans la société sont comme entourés d'un halo psychosocial, c'est-à-dire d'un complexe d'opinions et de motivations qui en redéfinit l'identité en fonction des résonances qu'il fait naître au sein de la culture. Les objets techniques souffrent à ce titre d'une sorte de complexe d'infériorité par rapport aux autres productions culturelles et sont souvent obligés de dissimuler leur nature sous les traits d'anciens dispositifs ou de déguiser leur technicité sous des airs de fausse magie. Pour améliorer les conditions de leur mise sur le marché, une stratégie évidente

56. DREXLER, 1986.

57. SIMONDON, 1960. Voir aussi BONTEMS, 2006b.

pour accroître la désirabilité des objets consiste à amplifier leur halo psychosocial en lui associant diverses images attractives et stimulantes (richesse, réussite sociale, jeunesse, etc.) sans rapport avec leur fonctionnement. L'effet obtenu est l'intensification de leur visibilité, une « brillance », analogue à un *effet de diffusion* qui accroîtrait la taille apparente de l'objet. Cette stratégie promotionnelle atteint sans doute ses fins, mais elle risque aussi de faire naître une saturation : à force de faire briller chacun des objets, on est ébloui par l'ensemble et l'on ne parvient plus à les distinguer dans leur singularité. C'est précisément ce qui arrive dans le cas des « nanos » : tout ce qui est nano est considéré comme éminemment moderne, efficace, et d'une valeur supérieure à ce qui ne l'est pas, mais chaque réalisation se trouve du même coup noyée dans l'ensemble, condamnée à assumer toutes les associations affectives du halo, au risque de brouiller l'identité technique de chaque réalisation, au point que plus personne ne s'y retrouve. En outre, l'amplification du halo par diffusion peut se révéler contreproductive. Tout ce qui est nano est réputé innovant, plus puissant, fantastique (repoussant les limites du réel), mais doit aussi assumer en bloc l'ensemble des composantes du halo, et celui-ci est aussi contaminé par des images inquiétantes : les « nanos » sont réputées indétectables, toxiques, capables de s'auto-reproduire, etc.

Dans ces conditions, il faut s'interroger sur les conséquences de la stratégie d'amplification de l'attention prêtée aux NST par la diffusion du halo des « nanos ». Les effets de diffusion sont des conditionnements relativement frustes et instables. Un autre type d'amplification psychosociale est possible qui ne présenterait pas les inconvénients de la confusion des objets et de l'aveuglement du public. Il s'agirait alors de mettre en valeur la technicité comme solidarité authentique entre les objets. Les ressemblances entre fonctionnements techniques détermineraient les associations entre halos, et l'on pourrait comparer ces résonances affectives à des interférences constructives entre halos à un *effet de dispersion*. Pour être durable, la dispersion doit faire émerger des critères de fiabilité. Au lieu de présenter les nanotechnologies comme un ensemble homogène et indistinct, il s'agirait au contraire d'établir un *spectre de résonances sociales et culturelles* mieux maîtrisées entre les halos de certains types de produits compatibles ou comparables. De cette façon, il serait possible au citoyen d'être rassuré et au consommateur de s'orienter en fonction de l'effet de dispersion des halos.

En proposant cette esquisse de séquences historiques nous entendons suggérer qu'une philosophie des machines, si elle n'est pas une discipline institutionnalisée, à l'autonomie reconnue et aux critères bien établis, n'est pas non plus une pure construction rétrospective : il s'agit d'un projet de recherche aux enjeux historiques récurrents. La réflexion sur les machines n'est pas « neutre » : elle est soumise à des effets de champ dont le plus puissant est sans doute la polarité sociale entre les techniques des ingénieurs et les activités dites spéculatives. Dans tous les pays industrialisés rares sont les individus à pouvoir réunir ensemble ces deux types de compétences.

La trajectoire relativement isolée de Simondon dans la France de l'après-guerre résonne néanmoins à une autre échelle avec les multiples tentatives de théorisation des machines en Europe, aux États-Unis et en URSS. Les deux conflagrations mondiales qui ont scandé le xx^e siècle apparaissent à cet égard comme des libérations d'énergies qui ont dynamisé, pendant des laps de temps finalement assez court, la production savante sur la technologie, et comme des conjonctures de polarisation des traditions

nationales de recherche. Toutefois, l'évolution des lignées phénoménotechniques n'en a pas moins connu des rythmes propres : il y eut en effet trois périodes de réalisation d'accélérateurs de particules : la première, très courte, à partir de 1931, la deuxième dès 1948 et d'une amplitude d'une trentaine d'année, la troisième, depuis 1989 s'achève de nos jours. Ainsi la philosophie des machines est à situer par rapport à plusieurs rythmes historiques de concrétisation, et celui de la phénoménotechnique l'éclaire sous un jour œcuménique tout à fait différent de celui, agonistique, de la technologie militaire – étant entendu qu'en substituant à la machine de guerre l'instrument scientifique, on accorde une moindre importance à la principale composante du développement technologique : l'industrie⁵⁸.

Selon Simondon, le progrès technique n'est pas un moyen d'augmenter les richesses, mais un moyen d'affirmer que « le monde est riche ». L'asservissement politique des machines n'était pas, à ces yeux, le seul fait du national socialisme, mais celui de l'idéologie du rendement en général. Dans son dernier article⁵⁹, il traçait la perspective d'une « éthique du recyclage » : au présent, elle implique de remplacer les technologies polluantes par d'autres ; devant l'avenir, elle suppose de développer le système technologique en tenant en compte la finitude des ressources naturelles, vis-à-vis du passé, elle incite à la récupération des objets obsolètes pour leur conférer une nouvelle vie. Le but de Simondon est que l'humanité réalise enfin l'importance du progrès technique et l'intègre comme une dimension essentielle de la culture. Parce qu'elle reconnaît la dignité des machines, sa philosophie est une philosophie *engagée*. Il faut donc prendre au sérieux l'appel en faveur de l'émancipation des machines sur lequel s'ouvre *Du mode d'existence des objets techniques* :

« La prise de conscience des objets techniques doit être effectuée par la pensée philosophique, qui se trouve avoir à remplir dans cette œuvre un devoir analogue à celui qu'elle a joué pour l'abolition de l'esclavage et l'affirmation de la valeur de la personne humaine⁶⁰. »

Même à travers la réactualisation de ses applications mécanologique ou psychosociologique, la philosophie des machines de Simondon résiste à l'idéologie du rendement. Aujourd'hui, son pouvoir transductif intact, l'ébauche de son amplification à une plus grande échelle, l'intérêt renouvelé de secteurs non académiques sont l'indice que sa formulation des enjeux technologiques est à l'horizon de notre temps. En définissant des critères de progrès dans la perspective de la coévolution de l'homme et des machines, ses réflexions échappent à l'aveuglement théorique des partisans de la fuite en avant comme des contempteurs de la technique.

58. Pour aller plus loin quant à ces rythmes industriels et à leurs effets, il conviendrait d'examiner la manière dont l'œuvre de Simondon est mobilisée dans des écrits technologiques récents dont le spectre s'étend de l'histoire philosophique des techniques aux méthodologies de conceptions, notamment AIT-EL-HADI, 2002 ; CAVALLUCCI et ROUSSELOT, 2007 ; DEFORGE, 1989 ; GOFFI, 1988 ; MAUNOURY, 1968. Ces auteurs en effet reconnaissent tous la valeur des travaux de Simondon, mais soulignent qu'ils sont irréductibles à une méthodologie opératoire.

59. SIMONDON, 1983.

60. SIMONDON, 1958, ici 1969, p. 9.

LISTE DES RÉFÉRENCES

- ABRAGAM (Anatole), 1987, *De la physique avant toute chose*, Paris, Odile Jacob.
- AIT-EL-HADJ (Smaïl), 2002, *Systèmes technologiques et innovation*, Paris, L'Harmattan.
- BACHELARD (Gaston), 1934, *Le Nouvel Esprit scientifique*, Paris, Presses universitaires de France.
- BAIRD (Davis), 2004, *Thing Knowledge. A Philosophy of Scientific Instruments*, Berkeley, University of California Press.
- BARTHÉLÉMY (Jean Hugues), 2005, *Penser la connaissance et la technique après Simondon*, Paris, L'Harmattan.
- BECKMANN (Johannes), 1806, *Entwurf der allgemeinen Technologie*, Göttingen, Rower.
- BONTEMS (Vincent), 2006a, « Encyclopédisme et crise de la culture », *Revue philosophique de la France et de l'étranger*, vol. 131, n° 3, p. 311-324.
- BONTEMS (V.), 2006b, « Aura artistique et halo technique : le cas de l'objet surréaliste », *Alliage*, n° 59, p. 64-76.
- BOURDIEU (Pierre), 1997, *Les Méditations pascaliennes*, Paris, Le Seuil.
- BRISSAUD (Ivan) et BARON (Éric), 2008, « La course des accélérateurs de particules vers les hautes énergies et la log-périodicité », *Cybergeos*, 28 avril, <http://www.cybergeos.eu/index14173.html>.
- CAVALLUCCI (Denis) et ROUSSELOT (François), 2007, « Evolution Hypothesis as a Means for Linking System Parameters and Laws of Engineering System Evolution », dans GUNDLACH (Carsten), dir., *Current Scientific and Industrial Reality. Proceedings of the TRIZ-Future Conference 2007*, Kassel, Kassel University Press (http://www.inventive-design.net/component?option=com_shared_private_space/task,showfile/fileid,181/).
- CHRISTIAN (Gérard Joseph), 1819, *Vues sur le système général des opérations industrielles ou Plan de technonomie*, Paris, Huzard et Courcier.
- COMBES (Muriel), 1999, *Simondon, individu et collectivité*, Paris, Presses universitaires de France.
- COMBES (M.), 2006, « Tentative d'ouverture d'une boîte noire. Ce que renferme la "question de la technique" », dans VAYSSE (Jean-Marie), dir., *Technique, monde, individuation. Heidegger, Simondon, Deleuze*, Hildesheim, Georg Olms, p. 75-98.
- CORLIOLIS (Gaspard Gustave de), 1829, *Du calcul de l'effet des machines*, Paris, Carilian-Goeury.
- COUFFIGNAL (Louis), dir., 1965, *Le Concept d'information dans les sciences contemporaines*, Paris, Minuit.
- CURIEN (Hubert), 1994, « Discours d'ouverture », dans CHÂTELET (Gilles), dir., *Gilbert Simondon. Une pensée de l'individuation et des techniques*, Paris, Albin Michel, p. 11-15.
- DEFORGE (Yves), 1989, « Simondon et les questions vives de l'actualité », dans SIMONDON, 1958, ici 1969, p. 267-333.
- DESSAUER (Friedrich), 1927, *Philosophie der Technik. Das Problem der Realisierung*, Bonn, Cohen.
- DIESEL (Eugen), 1931, *Germany and the Germans*, Londres, Macmillan.
- DIESEL (E.), 1939, *Das Phänomen der Technik*, Leipzig, Reclam.
- DREXLER (Eric), 1986, *Engines of Creation. The Coming Era of Nanotechnology*, New York, Anchor Books.
- DUCASSÉ (Pierre), 1958, *Les Techniques et le philosophe*, Paris, Presses universitaires de France.
- ENGELHARDT (Viktor), 1922, *Weltanschauung und Technik*, Leipzig, Meiner.

- ESPINAS (Alfred), 1897, *Les Origines de la technologie*, Paris, Alcan.
- GOFFI (Jean-Yves), 1988, *La Philosophie de la technique*, Paris, Presses universitaires de France.
- GRANGER (Gilles Gaston), 1961, « Compte-rendu de *Du mode d'existence des objets techniques* », *Le Progrès, Cahiers de l'Institut de science économique appliquée*, n° 110, cité par HART, 1969.
- HACHETTE (Jean Nicolas Pierre), 1811, *Traité des machines*, Paris, Klostermann.
- HART (John), 1969, « Préface », dans SIMONDON, 1958, ici 1969, p. I-XIV.
- HERF (Jeffrey), 1984, « The Engineer as Ideologue. Reactionary Modernists in Weimar and Nazi Germany », *Journal of Contemporary History*, vol. 9, n° 4, p. 631-648.
- HOTTOIS (Gilbert), 1993, *G. Simondon et la philosophie de la « culture technique »*, Bruxelles, De Boeck Université.
- KAPP (Ernst), 1877, *Grundlinien einer Philosophie der Technik. Zur Entstehungsgeschichte der Cultur aus neuen Gesichtspunkten*, Braunschweig, Westermann Verlag.
- LAFITTE (Jacques), 1932, *Réflexions sur la science des machines*, Paris, Bloud & Gay.
- LALANNE (Léon), 1840, *Essai philosophique sur la technologie*, Paris, Bourgogne et Martient.
- LARUELLE (François), 1992, « Gilbert Simondon », dans JACOB (André), dir., *L'Encyclopédie philosophique*, Paris, Presse universitaire de France, t. III, p. 3739.
- LIVINGSTON (Stanley), 1954, *High-Energy Accelerators*, New York, Interscience Publishers.
- MAUNOURY (Jean-Louis), 1968, *La Genèse des innovations*, Paris, Presses universitaires de France.
- NOTTALE (Laurent), CHALINE (Jean) et GROU (Pierre), 2000, *Les Arbres de l'évolution*, Paris, Hachette.
- PACOTTE (Julien), 1931, *La Pensée technique*, Paris, Alcan.
- PACOTTE (J.), 1933, « Esprit et technique », *Revue de synthèse*, t. VI, n° 2, p. 129-142.
- REULEAUX (Franz), 1877, *Cinématique. Principes fondamentaux d'une théorie générale des machines*, Paris, Savy.
- ROCO (Mihail) et BAINBRIDGE (William), 2002, *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*, Arlington, Report of The National Science Foundation.
- SCHRÖTER (Manfred), 1934, *Die Philosophie der Technik*, Munich, Oldenbourg.
- SCHUMMER (Joachim), 2004, « Multidisciplinarity, Interdisciplinarity, and Patterns of Research Collaboration in Nanoscience and Nanotechnology », *Scientometrics*, vol. 59, n° 3, p. 425-465.
- SIMONDON (Gilbert), 1958, *Du mode d'existence des objets techniques*, 1^{re} éd. Paris, Aubier, 2^e éd. avec une préface de John HART, Paris, Aubier, 1969.
- SIMONDON (G.), 1960, « Psychosociologie de la technicité. Aspects psychosociaux de la genèse de l'objet d'usage », *Bulletin de l'École pratique de psychologie et de pédagogie de Lyon*, vol. XV, n° 2, p. 127-140.
- SIMONDON (G.), 1964, *L'Individu et sa genèse physico-biologique. L'individuation à la lumière des notions de forme et d'information*, Paris, Presses universitaires de France.
- SIMONDON (G.), 1975, *L'Homme et l'objet*, texte inédit.
- SIMONDON (G.), 1980, *On the Mode of Existence of Technical Objects*, trad. Ninian MELLAMPHY, Londres, University of Western Ontario.
- SIMONDON (G.), 1983, « Trois perspectives pour une réflexion sur l'éthique de la technique », dans HOTTOIS (Gilbert), dir., *Éthique et technique*, Bruxelles/Paris, Éditions de l'université de Bruxelles/Vrin, p. 107-118.

- SIMONDON (G.), 1992, « The Genesis of the Individual », trad. Jonathan CRARY et Sanford KWINTER, dans *Incorporations*, New York, Zone Books, p. 297-319.
- SIMONDON (G.), 2001, *L'Individuazione psichica e collettiva*, trad. Paolo VIRNO, Rome, Derive Approdi.
- SIMONDON (G.), 2005, *L'Invention dans les techniques. Cours et conférences*, Paris, Le Seuil.
- SIMONDON (G.), 2006, *L'Individuation psychique et collective à la lumière des notions de formes et d'information*, Paris, Millon.
- SORNETTE (Didier), 2004, *Why Stock Markets Crash: Critical Events in Complex Financial Systems*, Princeton, Princeton University Press.
- SPENGLER (Oswald), 1969, *L'Homme et la technique*, trad. Anatole A. PETROWSKY, Paris, Gallimard.
- TUOMI (Ikka), 2002, « The Lives and Death of Moore's Law », *First Monday*, vol. VII, n. 11, 4 november, <http://www.firstmonday.org>.
- WENDT (Ulrich), 1906, *Die Technik als Kulturmacht in sozialer und geistiger Beziehung*, Berlin, Reimer.
- ZSCHIMMER (Eberhard), 1914, *Philosophie des Technik: vom Sinn des Technik und Kritik des Unsinn über die Technik*, Jena, Diederichs.