

VII-2 | 2019

## La sauvegarde du patrimoine scientifique

*Safeguarding Scientific Heritage*

Anne-Sophie Rozay (dir.)

---



### Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/ephaistos/4634>

DOI : 10.4000/ephaistos.4634

ISSN : 2552-0741

### Éditeur

IHMC - Institut d'histoire moderne et contemporaine (UMR 8066)

### Référence électronique

Anne-Sophie Rozay (dir.), *e-Phaïstos*, VII-2 | 2019, « La sauvegarde du patrimoine scientifique » [En ligne], mis en ligne le 03 octobre 2019, consulté le 18 septembre 2020.

URL : <http://journals.openedition.org/ephaistos/4634> ; DOI :

<https://doi.org/10.4000/ephaistos.4634>

---

Ce document a été généré automatiquement le 18 septembre 2020.

Tous droits réservés

# SOMMAIRE

---

## Dossier

### *Sauvegarder le patrimoine de la recherche scientifique : pratiques et enjeux*

Anne-Sophie Rozay

### *Étude et valorisation du patrimoine de l'Université de Strasbourg : du bâti à l'objet, méthode de l'inventaire général*

Delphine Issenmann

### *Qu'a-t-on conservé des premiers accélérateurs de particules ?*

L'accélérateur de particules Cockcroft-Walton : enquête mondiale

Séverine Derolez

### *La patrimonialisation de l'œuvre du botaniste Henri Gaussen : divers attachements au passé de la science.*

Anne-Claire Jolivet

### *La clarinette logique. Inventaire et sauvegarde d'un instrument scientifique en développement.*

Corine Lévy-Soussan

---

## Entretiens et Leçons

### *Sauvegarder le patrimoine scientifique et technique*

Entretien avec Catherine Cuenca

Anne-Sophie Rozay et Catherine Cuenca

### *La Vallée de l'Étrange de Mori Masahiro*

Importance et impact sur l'esthétique et la conception des robots

Karl F. MacDorman

---

## Un objet une technique

*Agglomérés, agglomérer : Valoriser les charbons non marchands, en Europe, au XIX<sup>e</sup> siècle*

Jean-Philippe Passaqui

---

Un ouvrage nous a appris

*Quatre mille ans d'histoire du cuivre. Fragments d'une suite de rebonds, sous la direction de Michel Pernot*

Florian Téreygeol

---

Positions de thèses/HDR

*Articuler l'histoire des sciences et l'histoire des techniques : une approche heuristique.*

La question de la matière entre sciences et techniques (XIX<sup>e</sup>-XX<sup>e</sup> siècles)

Virginie Fonteneau

*Pour une socio-anthropologie des techniques*

Caroline Moricot

---

Horizons internationaux

*Le transfert de technologie entre la Belgique et les Asturies au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle*

Jorge Muñoz-Sánchez

*Fenêtres historiques sur les rôles des espaces verts en plan de ville : Curitiba au Brésil, Monterrey au Mexique*

Maclovia Corrêa-Da-Silva et Maria-Eugenia González-Ávila

---

Dossier

---

# Sauvegarder le patrimoine de la recherche scientifique : pratiques et enjeux

*Safeguarding Scientific Heritage : Practices and Challenges*

Anne-Sophie Rozay

---

- 1 Encore peu de travaux en histoire des sciences et techniques concernent l'histoire des laboratoires de recherche de la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle à nos jours. Ces laboratoires constituent pourtant le creuset des évolutions de la pensée scientifique et de leurs développements théoriques.
- 2 Le déploiement des technologies numériques a bouleversé les pratiques, que ce soit au niveau des modes du point de vue des modes de communication ou de production des savoirs. Si la prise en compte du patrimoine industriel est née de la désindustrialisation, en matière de patrimoine scientifique, c'est la rapidité de l'évolution des techniques qui a précipité la nécessité patrimoniale. Comme le décrit Catherine Cuenca <sup>1</sup> dans l'entretien qui lui est consacré, l'obsolescence en masse de matériels a éveillé les premières prises de conscience pour la mise en œuvre d'opérations de sauvegarde. La perte de matériel n'est pas anecdotique. Elle entraîne une perte de pratique, de savoir-faire et, à terme, de connaissances.

- 3 Le champ de la pratique scientifique n'échappe pas à ce constat général. Quelles seront alors les autres sources de connaissance ? Est-ce que le patrimoine matériel et immatériel peut être considéré comme un matériau pour l'historien ? Les futurs travaux de recherche historiques seront sans doute confrontés à de nouvelles problématiques cruciales, avec en outre comme la question de l'accessibilité aux archives complémentaires des publications scientifiques : aura-t-on accès aux correspondances électroniques entre les chercheurs ? Les documents de travail auront-ils été sauvegardés sur des supports valides ?
- 4 Le présent dossier propose, à partir de travaux de professionnels de terrain, d'esquisser les contours de la prise en compte du patrimoine scientifique de la recherche et de l'enseignement supérieur. Les différentes contributions visent à éclairer le lecteur sur les processus et les pratiques de la sauvegarde de ce patrimoine. Il sera question d'en évaluer les spécificités, les enjeux et d'aborder les réflexions actuellement en cours.
- 5 De cet ensemble, trois axes d'analyse émergent : tout d'abord la question de la méthodologie de sauvegarde de ce patrimoine ; ensuite la prise en compte de ces nouveaux corpus patrimoniaux comme sources de connaissance ; enfin, le processus de sauvegarde patrimonial comme objet de recherche et de réflexions.
- 6 Le premier axe fait émerger la question de la méthodologie de sauvegarde. Dans l'article *Le Patrimoine, antidote de la disparition* <sup>2</sup> ? Anne-Françoise Garçon analyse les modalités de mise en mémoire, de patrimonialisation dans le champ de l'industrie, et conclut sur la nécessité de confier la sauvegarde à de l'ingénierie culturelle au sens « noble du terme ». Cette recommandation a trouvé, d'une certaine manière, un écho dans le champ du patrimoine scientifique, puisque depuis le début des années 2000, plusieurs projets de sauvegarde du

patrimoine scientifique émanent d'institutions culturelles et de l'enseignement supérieur et de la recherche.

- 7 De manière consensuelle, la première étape pour une sauvegarde réside dans une phase de repérage et d'inventaire des items matériels susceptibles de posséder un intérêt patrimonial. Ce travail *in situ* trouve deux sources méthodologiques ; la première est celle de l'inventaire général, la seconde renvoie à la méthodologie de la Mission Nationale de Sauvegarde du Patrimoine Scientifique et Technique porté par le Musée des arts et métiers. Cette dernière est placée sous la tutelle du Ministère supérieur de l'enseignement et de la recherche, tandis que l'Inventaire général, un temps sous la tutelle des Directions Régionales des Affaires Culturelles, donc du Ministère de la Culture, est aujourd'hui rattaché aux régions, dans le sillage des lois de décentralisation. Si les objectifs restent les mêmes, les deux approches témoignent de visions différentes.
- 8 Dans son article, Delphine Issemann interroge sa pratique en tant que chargée de l'inventaire du patrimoine scientifique au sein de l'Université de Strasbourg. Après quinze années de travail en partenariat avec l'inventaire général, elle a pu, au fil des années, nourrir une véritable expertise qui lui permet aujourd'hui de disposer du recul nécessaire pour un premier bilan critique d'une méthode à la « poupée russe ». Cette méthode s'articule autour du lien entre les collections d'objets et leur contexte d'usage prenant en compte à la fois le bâti, l'environnement urbain, ou encore paysager... Quels en sont les succès ? Les défis ?
- 9 L'entretien avec Catherine Cuenca revient sur la genèse du programme de la Mission nationale de sauvegarde du patrimoine scientifique et technique contemporain <sup>3</sup>, connue également sous l'appellation « PATSTEC », acronyme du site internet de la Mission. Catherine Cuenca présente la Mission et nous expose comment est

né son intérêt pour l'instrumentation, quelles sont ses références. Elle nous présente son regard sur les enjeux futurs de la sauvegarde, notamment ceux liés au tri, à la sélection et aux technologies numériques.

- 10 La seconde idée forte du dossier participe de la prise en compte des corpus patrimoniaux comme sources de connaissances. Le travail de sauvegarde patrimonial permet une sauvegarde, non seulement des artefacts, mais aussi des documents associés : archives scientifiques, notices techniques, etc. Les enquêtes font quelquefois l'objet de constitution d'archives orales des acteurs. De ces corpus peuvent parfois émerger des généalogies d'objets techniques.
- 11 Partant de ce constat, Corine Battesti a choisi de s'intéresser à une lignée technique. Chargée d'inventaire pour la Mission PATSTEC à l'université d'Aix-Marseille, elle inventorie un type d'objet particulier au sein du Laboratoire de mécanique et d'acoustique (LMA) : la clarinette logique et sa synthèse sonore. Les travaux de recherche en acoustique exploitent les outils informatiques qui permettent la modélisation, la simulation et offrent la possibilité d'explorer des modes d'expérimentation virtuels. À partir de ses travaux d'inventaire de ces objets en « développement », effectués dans le cadre d'un Master en Histoire des techniques, l'auteur dresse une carte heuristique illustrant une généalogie technique et s'interroge sur la manière de traiter patrimoniallement les outils numériques. Ces questionnements aboutissent à la proposition d'extension des méthodes d'inventaire existantes.
- 12 Enfin, le troisième axe repose sur les spécificités de la patrimonialisation des sciences. Les corpus constitués ne sont pas seulement des sources directes de connaissance. Ils participent d'un renouvellement des regards sur les concepts de patrimoine. Les diverses expériences réflexives font se déplacer les frontières et

évoluer les définitions. Dans son travail de thèse, Anne-Claire Jolivet choisit les outils de la sociologie des sciences pour analyser le processus de patrimonialisation. À travers le parcours du botaniste Henri Gaussens, l'auteur identifie les différentes étapes de la mise en patrimoine au prisme de la relation des acteurs à la science et, de manière plus large, aux normes sociétales.

- 13 Séverine Derolez puise dans la sémantique et la linguistique pour aborder la patrimonialisation des premiers accélérateurs de particules à l'échelle mondiale. L'un des enjeux de son étude repose sur la question de la méthode de collecte d'informations, où la dénomination, le vocabulaire technique, les visions culturelles et linguistiques sont déterminants pour la constitution et la compréhension de l'étude de son corpus.
- 14 Ce dossier, loin d'être exhaustif, illustre cependant le dynamisme indéniable d'un champ à explorer <sup>4</sup>. Résolument pluridisciplinaires, d'autres recherches nourrissent ces questions, que ce soit par les travaux en philosophie des sciences <sup>5</sup>, ou encore via des projets de retro-conception numérique <sup>6</sup>. Il reste à souhaiter que les historiens des techniques se saisissent eux aussi de ces questions et de ces corpus d'un nouveau genre.

---

## BIBLIOGRAPHIE

Conférence-débat, « La sauvegarde du patrimoine instrumental », *La Revue pour l'histoire du CNRS* [En ligne], 5 | 2001, <http://journals.openedition.org/histoire-cnrs/3382>.

BALLE Catherine, CUENCA Catherine, THOMAS Yves, *Le Patrimoine scientifique et technique contemporain. Un programme de sauvegarde en Pays de la Loire*, Paris, L'Harmattan, 2008.

BALLE Catherine, CUENCA Catherine, THOULOZE Daniel, *Patrimoine scientifique et technique : un projet contemporain*, Paris, La Documentation française, 2010.

BALLE Catherine, CUENCA Catherine, THOULOZE Daniel, CHAMBAUD Serge, *Patrimoine contemporain des sciences et techniques*, Paris, La Documentation française, 2016.

CUENCA Catherine, JOYAUX Valérie, « Le programme de sauvegarde et de valorisation du patrimoine scientifique et technique contemporain », *La Lettre de l'OCIM* [En ligne], 167 | 2016, <http://journals.openedition.org/ocim/1691>.

CUENCA Catherine, *Le patrimoine scientifique, un projet contemporain*, Paris, L'Harmattan, 2018.

CHOLFFEL-MAILFERT Marie-Jeanne, ROLLET Laurent, *Mémoire et culture matérielle de l'université, Sauvegarde, valorisation et recherche*, Nancy, Presses universitaires de Nancy-Éditions Universitaires de Lorraine, 2008.

DEROLEZ Séverine, *La patrimonialisation des objets scientifiques contemporains et leurs contextes de valorisation : cas de l'accélérateur de particules Cockcroft-Walton*, soutenue le 08 décembre 2016, Université de Lyon, <https://www.theses.fr/2016LYSE1274>.

GARÇON Anne-Françoise, « Le patrimoine antidote de la disparition », *Historiens et Géographes*, n° 405, 2009, p.197-206.

MOUNIER-KHUN Pierre, *L'Informatique en France de la Seconde Guerre mondiale au Plan Calcul. L'Émergence d'une science*, Paris, Université Paris-Sorbonne, 2010.

MOUNIER-KHUN Pierre, *Mémoires vives. 50 ans d'informatique chez BNP Paribas*, Paris, BNP Paribas, 2013.

ROTH Catherine, « Étude sur le patrimoine scientifique : les enjeux culturels de la mémoire scientifique », <http://www.cnrs.fr/Archives/ARISC/rapports/rapports.html>.

TEISSIER Pierre, *Une histoire de la chimie du solide. Synthèses, formes, identités*, Paris, Hermann, 2014.

## NOTES

1. Conservateur en chef, co-fondatrice et responsable de la Mission nationale de sauvegarde du Patrimoine scientifique et technique contemporain portée par le CNAM-Musée des arts et métiers.

2. GARÇON Anne-Françoise, « Le patrimoine antidote de la disparition », *Historiens et Géographes*, n° 405, 2009, p.197-206, Article disponible au téléchargement sur le site [https://www.academia.edu/10322339/Le\\_Patrimoine\\_antidote\\_de\\_la\\_disparition](https://www.academia.edu/10322339/Le_Patrimoine_antidote_de_la_disparition).

3. CUENCA Catherine, « Patrimoine contemporain et culture scientifique et technique », *La Lettre de l'OCIM* [En ligne], 129 | 2010, mis en ligne le 01 mai 2012, URL : <http://journals.openedition.org/ocim/153>.
  4. Le réseau européen Uniserveum met en ligne des ressources et préconisations concernant le patrimoine scientifique contemporain, (Référénts, Marta LOURENCO et Rolland WITTJE), <https://www.universeum-network.eu/projects-and-resources/> Selection criteria for recent material heritage of science at universities (pdf), Document by Universeum Working Group on Recent Heritage of Science, 17 January 2014 ; Minimum Requirements for Preservation and Access of Recent Heritage of Science (pdf) ; Checklist for the preservation and access of recent heritage of science (pdf) ; Literature on recent heritage of science (pdf).
  5. BONTEMS Vincent et MINIER Vincent, *Inventing a space mission, The story of the Herschel Space Observatory*, Springer International Publishing AG, 2017.
  6. Projet Re-seed (Rétro-conception Sémantique d'objets patrimoniaux Digitaux) <http://www.agence-nationale-recherche.fr/Projet-ANR-16-CE38-0005>
- 

## INDEX

**Mots-clés** : histoire des techniques, histoire des sciences, patrimoine scientifique, patrimoine technique

**Keywords** : history of technology, history of science, scientific heritage, technical heritage

## AUTEUR

ANNE-SOPHIE ROZAY

Anne-Sophie Rozay, cheffe de projet du réseau Résitech, est dans le cadre de la mission nationale PATSTEC, chargée d'inventaire et de valorisation du patrimoine matériel et immatériel de l'enseignement supérieur et de la recherche en Normandie. Ce réseau Résitech est porté par l'INSA Rouen Normandie en partenariat avec l'Université de Rouen Normandie. En 2016, Anne-Sophie Rozay a mené un travail de recherche sur le laboratoire CORIA (Complexe de Recherche Interdisciplinaire en Aérothermochimie) dans le cadre du

Master Histoire des techniques de l'université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne sous la direction d'Anne-Françoise Garçon.

# Étude et valorisation du patrimoine de l'Université de Strasbourg : du bâti à l'objet, méthode de l'inventaire général

*Study and Valorisation of the Heritage of Strasbourg University: a Global and Collaborative Approach*

Delphine Issenmann

---

- 1 Parmi les établissements d'enseignement supérieur prenant en charge leur patrimoine scientifique, l'Université de Strasbourg est régulièrement citée comme une référence, tant sur le plan national qu'euro péen. De part son engagement dès le début des années 2000 dans l'étude, la préservation et la valorisation de son patrimoine, l'institution fait en effet figure de pionnière. En optant de façon singulière pour l'approche de l'inventaire général, l'Université de Strasbourg s'est assuré le soutien méthodologique du Service de l'Inventaire général du Patrimoine Grand Est, qui a fortement contribué à la pérennité et l'efficacité de sa démarche.
- 2 Quel regard porter sur les quinze années écoulées depuis ces premières démarches ? Cette contribution est l'occasion de dresser un bilan de l'action patrimoniale de l'Université de Strasbourg : il est indispensable de commencer par décrire le contexte et les raisons

qui ont présidé au choix de la méthodologie de l'inventaire général afin de mieux comprendre ensuite, à travers l'évocation d'exemples choisis, comment son application au terrain strasbourgeois a favorisé une compréhension globale de l'héritage de l'établissement. Cette démarche permettra de formuler un état des lieux critique des résultats obtenus dans les trois maillons qui structurent la chaîne patrimoniale : l'étude, la préservation et la valorisation.

## Aux origines de l'engagement patrimonial

### Le contexte strasbourgeois

- 3 Depuis 2004, l'Université de Strasbourg s'attache à inventorier et étudier le patrimoine scientifique, tant architectural qu'instrumental, qu'elle détient. Sur la base du diagnostic ainsi produit, diverses actions sont entreprises pour la mise en valeur de ce legs matériel : conception de bases de données et expositions virtuelles accessibles à tous, organisation d'événements culturels, animations pédagogiques en direction du public scolaire, politique de publication, etc. Ces différentes opérations s'inscrivent dans une dynamique plus générale, celle d'un intérêt croissant porté depuis le début des années 2000 au patrimoine scientifique et, plus particulièrement, celui des universités. En témoignent la mise en place d'opérations d'inventaire et d'études patrimoniales, la multiplication des colloques et séminaires ainsi que la constitution de réseaux spécialisés à l'échelle nationale et internationale <sup>1</sup>.
- 4 Pour autant, c'est parce qu'il a rencontré un terrain localement favorable que ce mouvement a pu, dans le contexte strasbourgeois, trouver un développement particulier. C'est aussi parce que l'université a su saisir l'opportunité d'une mission de recherche menée à l'échelle du territoire pour bénéficier des moyens mis en

place pour cette étude, tester leur efficacité puis s'organiser pour prolonger leur action.

- 5 Ainsi, au tournant des années 2000, le patrimoine des observatoires astronomiques historiques en France a fait l'objet d'un inventaire mené par des équipes pluridisciplinaires rassemblant astronomes et professionnels du patrimoine du ministère de la Culture <sup>2</sup>. Réalisé sur une douzaine de sites, en exploitant la démarche de l'inventaire général du patrimoine <sup>3</sup>, ce recensement thématique a permis la constitution de bases de données <sup>4</sup> et la publication de plusieurs guides à destination du grand public. Sur le plan local, l'opération a constitué, pour l'Université de Strasbourg, un élément déclencheur d'une prise en compte du patrimoine. Ainsi, une convention de partenariat a été mise en place, impliquant la Mission Culture Scientifique et Technique de l'Université Louis Pasteur -dédiée aux sciences- et le Service de l'Inventaire du Patrimoine, alors dépendant de la Direction régionale des affaires culturelles et donc du ministère de la Culture. Elle a permis, non seulement de faciliter la mise en œuvre de l'étude portant sur le patrimoine astronomique, à travers la réalisation de la campagne photographique professionnelle, la finalisation de l'enquête, sa saisie dans les bases de données de même que sa mise en ligne, mais elle a également accompagné la poursuite de la démarche d'étude portant sur d'autres éléments du patrimoine scientifique universitaire. Les protagonistes ont entre-temps évolué dans leurs statuts institutionnels : l'Université Louis Pasteur a fusionné avec les deux autres universités <sup>5</sup> pour former l'Université de Strasbourg, tandis que la Mission Culture Scientifique et Technique devenait le Jardin des sciences. C'est désormais sous cette nouvelle appellation que ce dernier travaille en collaboration avec le Service de l'Inventaire, passé, de son côté, sous la tutelle de la Région, en application de la loi de décentralisation de 2004 <sup>6</sup>. Dans

le prolongement de l'enquête conduite sur l'observatoire astronomique de la ville, les deux partenaires ont étendu le travail d'étude et de valorisation aux témoignages de l'ensemble des activités de recherche et d'enseignement menées en leur sein : ce sont les sciences physiques, puis les sciences de la Terre qui sont englobées dans cette démarche <sup>7</sup>. Là encore, il s'agit, pour le Service de l'Inventaire, de mettre à disposition les moyens nécessaires à la réalisation d'une campagne photographique professionnelle et ceux permettant la saisie puis la diffusion des données. Le partenariat se poursuit sur le volet éditorial puisque l'Université bénéficie de l'expertise et du savoir-faire de l'inventaire dans le domaine des publications patrimoniales pour coéditer des ouvrages dans la collection « parcours du patrimoine » <sup>8</sup>. En retour, l'Université accepte la mutualisation des données textuelles et visuelles dont elle partage les droits avec le service de l'inventaire.

- 6 Cette implication croissante de l'Université de Strasbourg dans le devenir de son patrimoine s'appuie sur une prise de conscience progressive. L'intérêt s'est d'abord manifesté hors du cadre institutionnel : au début des années 1980, des scientifiques de l'Université Louis Pasteur <sup>9</sup> et des ingénieurs à la retraite, constatant la destruction ou la disparition du matériel d'enseignement et de recherche, entreprennent de sauvegarder les anciens instruments scientifiques de l'université et se constituent en une association, l'AMUSS (Association pour les musées de sciences de Strasbourg) pour, à terme, mettre en place un musée des sciences et des techniques qui ne verra finalement pas le jour <sup>10</sup>. Il faut attendre la création de la Mission Culture Scientifique et Technique en 1998 pour que se forge officiellement une politique patrimoniale à l'université : cette dernière commande dès 2001 la réalisation d'un premier repérage des collections de l'ensemble des trois universités

<sup>11</sup>, à l'origine d'une dynamique nouvelle dans la prise en compte du patrimoine scientifique. Évoluant avec la fusion de l'Université, la structure est dénommée aujourd'hui le Jardin des sciences. Bénéficiant du statut de service central, celle-ci assume, en tant qu'organisme de diffusion de la culture scientifique, la mission de mise en œuvre de l'étude et de la valorisation de son patrimoine, avec le soutien technique et méthodologique du service de l'Inventaire du patrimoine de la Région Grand Est. Pilotée par le responsable de la politique muséale, la mission d'inventaire du patrimoine scientifique architectural et instrumental de l'Université se poursuit depuis 2004 grâce au recrutement d'une chargée de l'inventaire et des collections. Cette situation offre à l'Université de Strasbourg un terrain particulièrement favorable à la conduite de nouveaux projets touchant à la mémoire matérielle et immatérielle de l'institution. Si Strasbourg bénéficie de la dynamique générale de prise en charge, par les universités, de leur patrimoine à l'échelle internationale, c'est bien l'impulsion insufflée localement par les décideurs de l'université qui, aux côtés du partenariat développé avec le service de l'Inventaire, s'avère décisive dans le destin de ses collections. Elle touche dans un premier temps le domaine de la physique et s'articule notamment autour d'une démarche réflexive à partir du rapport qu'entretiennent les communautés savantes avec leur patrimoine <sup>12</sup>.

## Le choix d'une méthodologie : inventaire général versus Patstec

- 7 La contractualisation de la collaboration entre l'Université et le service de l'Inventaire dont la genèse a été précédemment évoquée, mutualise les moyens humains, techniques et éditoriaux mais

consacre également la mise en œuvre de la méthodologie propre à l'inventaire général.

- 8 À l'origine de ce choix se trouve bien entendu la nécessité de s'inscrire dans la continuité et la cohérence de l'enquête nationale thématique portant sur les observatoires astronomiques : nous reviendrons sur ses spécificités. Mais il s'agit également d'opter pour l'approche la plus adaptée au patrimoine universitaire strasbourgeois. Or celle de l'inventaire général n'est pas la seule à être mise en œuvre pour l'étude du patrimoine scientifique, détenu notamment par les universités. Ainsi, le Programme de Sauvegarde et de Valorisation du Patrimoine Scientifique et Technique Contemporain (PATSTEC) a d'abord été initié dans les laboratoires d'enseignement universitaire et les organismes de recherche de la région des Pays de la Loire <sup>13</sup>. Tout en se poursuivant à Nantes et en Pays de la Loire, ce programme s'est généralisé en 2004 au niveau national, à la demande du ministère de la Recherche et sous l'impulsion et l'égide du Musée des Arts et Métiers à Paris. L'objectif est de sensibiliser, sauvegarder et valoriser le patrimoine scientifique et technique (instruments scientifiques des laboratoires, documents associés) et les savoir-faire des femmes et des hommes de la recherche de la fin du XX<sup>e</sup> siècle, tout en replaçant les objets dans le cycle de l'innovation qui a conditionné leur apparition. Au-delà du repérage et de l'inventaire des objets, effectués dans les établissements d'enseignement supérieur et les organismes de recherche, le programme, entre autres actions, alimente un site web dynamique et sémantique permettant d'accéder à la base de données des objets matériels et immatériels sauvegardés <sup>14</sup>.
- 9 Très performante pour la prise en compte du patrimoine matériel scientifique récent, l'approche de PATSTEC n'a pas été choisie pour l'étude du patrimoine universitaire de Strasbourg qu'elle n'aurait

permis de réaliser que de façon partielle, une partie importante des objets à traiter étant antérieure au XIX<sup>e</sup> siècle. Surtout, elle n'offrait pas la possibilité d'une étude globale du patrimoine, prenant en compte, au-delà des objets, non seulement les bâtiments dans lesquels ils ont été préservés, mais aussi leur environnement urbain, paysager, etc. D'où le recours à la méthodologie de l'inventaire général.

- 10 S'inscrivant dans les études thématiques entreprises par les services de l'Inventaire, celle-ci en applique les principes suivants : la démarche exhaustive, l'étude conjointe du mobilier et de l'immobilier, le recensement critique des œuvres. Concernant cette dernière question, l'approche de l'Inventaire a été d'étudier non seulement une sélection des plus belles pièces mais aussi et surtout une « collection » : elle est constituée par l'ensemble des instruments prestigieux, faisant parfois l'objet d'une présentation muséale, mais également par les appareils conservés en réserve, souvent plus modestes ou présents en série, et dont certains ont été démantelés ou démontés. Cela se traduit concrètement par l'établissement, pour chaque étude -correspondant le plus souvent à un institut scientifique et son patrimoine-, d'un dossier électronique donnant accès à la documentation collectée sur le(s) bâtiment(s) et sur les collections d'instruments qu'il(s) abrite(nt) sous forme de dossiers individuels. Chacun de ces dossiers comporte une bibliographie détaillée, un descriptif et un historique précis des appareils, abondamment illustrés par des plans, des prises de vues actuelles aussi bien que des reproductions de documents graphiques et photographiques anciens. La documentation s'accompagne de textes de synthèse portant sur les caractéristiques patrimoniales du site.

- 11 Grâce à la prise en compte globale de l'édifice, de son environnement et des collections qu'il renferme, cette démarche a pour avantage de donner une vision d'ensemble du patrimoine étudié, tout en le restituant dans son contexte. Le principe est comparable à celui des poupées russes : il place l'instrument étudié au sein de son laboratoire, le laboratoire au sein de l'institut, l'institut au sein du campus et le campus au sein de son environnement urbain. Ce faisant, les partenaires disposent d'un diagnostic complet. Celui-ci porte non seulement sur le patrimoine scientifique qui, au lieu d'être « marginalisé », est intégré à un ensemble plus vaste, comprenant par ailleurs d'autres types de collections universitaires, telles les œuvres d'art, elles aussi traitées suivant la même méthodologie. Ainsi, les collections de tapisserie de l'université, de même que les œuvres issues de la commande publique dans le cadre de la procédure dite du « 1% artistique » font également l'objet, depuis 2012, d'un recensement systématique, qui s'accompagne de la constitution, en cours, d'une base de données.

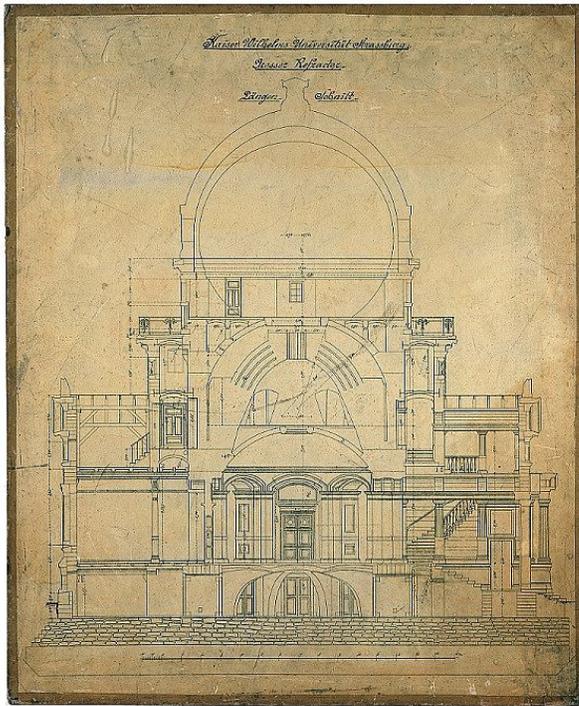
## Pour une vision globale et contextualisée du patrimoine

### Étudier des bâtiments-instruments

- 12 L'évocation détaillée de quelques exemples permet d'illustrer la pertinence du choix méthodologique qui vient d'être évoqué. Le lien entre équipement scientifique et architecture a pu être mis en avant à différents niveaux, à commencer par celui qui correspond à l'échelle du bâtiment. À cet égard, celui de l'astronomie est sans aucun doute le plus parlant. Ainsi, l'étude du bâtiment dit « de la grande coupole » conjointe à celle de l'instrument qu'il abrite, la

lunette équatoriale de 49 cm fabriquée par la maison Repsold, a mis en évidence la connexion étroite entre l'instrument et le bâtiment conçu pour l'abriter. Une description détaillée du dispositif d'ensemble, inauguré en 1881, permet de s'en convaincre. Ainsi, la lunette, la plus grande de l'Empire allemand au moment de son installation, est contenue dans une salle d'observation au sommet d'une tour carrée de 15 mètres de haut, surmontée d'une coupole mobile. Les cinq tonnes du pied de l'appareil reposent sur le sommet d'un dôme couvrant une succession de trois voûtes constituant la partie supérieure de l'édifice. La quatrième voûte supporte quant à elle le plancher de la salle d'observation, évidé circulairement en son centre. Ce dispositif permet de désolidariser l'instrument des vibrations provoquées par le déplacement de l'escalier d'observation sur rails qui équipe la salle et par les pas des astronomes qui y circulent. Précaution supplémentaire destinée à isoler la lunette des vibrations dues au trafic, les fondations de l'édifice reposent sur une plaque de béton de près de 600 m<sup>2</sup> sur 1,5m d'épaisseur, coulée au niveau de la nappe phréatique, sur laquelle a été posé un massif de pierre de taille maçonnée, de surface et épaisseur équivalentes. Ce système de fondation protège l'intérieur du bâtiment des variations de températures en provenance du sol.

Pavillon de la grande coupole de l'observatoire astronomique de Strasbourg



Coupe transversale du pavillon de la grande coupole montrant les fondations et la succession de voûtes qui soutiennent l'édifice (Archives de l'observatoire astronomique de Strasbourg).

© Inventaire du patrimoine culturel - Grand Est / Université de Strasbourg- Jardin des sciences.

- 13 Le souci de concevoir une architecture au service de la science a animé l'architecte Hermann Eggert qui s'est appuyé sur les recommandations du premier directeur de l'observatoire, August Winnecke, pour suivre au mieux les besoins de la pratique de l'astronomie, et notamment d'un équipement de pointe, très sensible aux écarts de température, d'humidité et aux vibrations. C'est en menant une étude conjointe de l'instrument scientifique, ici la grande lunette, et du bâtiment conçu selon ces contraintes techniques et les spécificités de l'appareil, en l'occurrence la grande coupole, que les liens fonctionnels entre l'architecture et l'équipement scientifique qu'elle contient ont pu être mis à jour. Pour autant, l'efficacité de la démarche ne s'est pas limitée à

l'astronomie, et a pu être étendue aux autres sciences expérimentales. Ces dernières occupent une place particulièrement importante dans le programme intellectuel de l'université, lisible dans l'emprise spatiale. Au sein du campus, chaque discipline dispose d'un institut avec son ou ses bâtiments dédiés.

- 14 Dans le cas de l'Institut de physique, l'étude du bâtiment a mené à identifier un certain nombre de caractéristiques dont certaines n'ont pu, dans un premier temps, être expliquées. Ainsi, il a été clairement établi que les fondations du bâtiment conçu lui aussi par Hermann Eggert, répondaient aux mêmes exigences de stabilité que celles de l'observatoire astronomique. Par ailleurs, la forme de l'édifice et la distribution de ses espaces intérieurs permettaient de rassembler en un même établissement les fonctions de recherche (avec la présence de laboratoire), d'enseignement (avec des amphithéâtres) et d'habitation, le logement du directeur de l'institut étant en général prévu dans les murs. Mais la présence sur la façade sud du bâtiment de deux portes ouvrant chacune sur le vide à près de deux mètres de hauteur face à un pilier, ne relevait *a priori* d'aucune de ces contraintes.

Institut de physique de Strasbourg, vue de détail de la façade sud de l'aile ouest

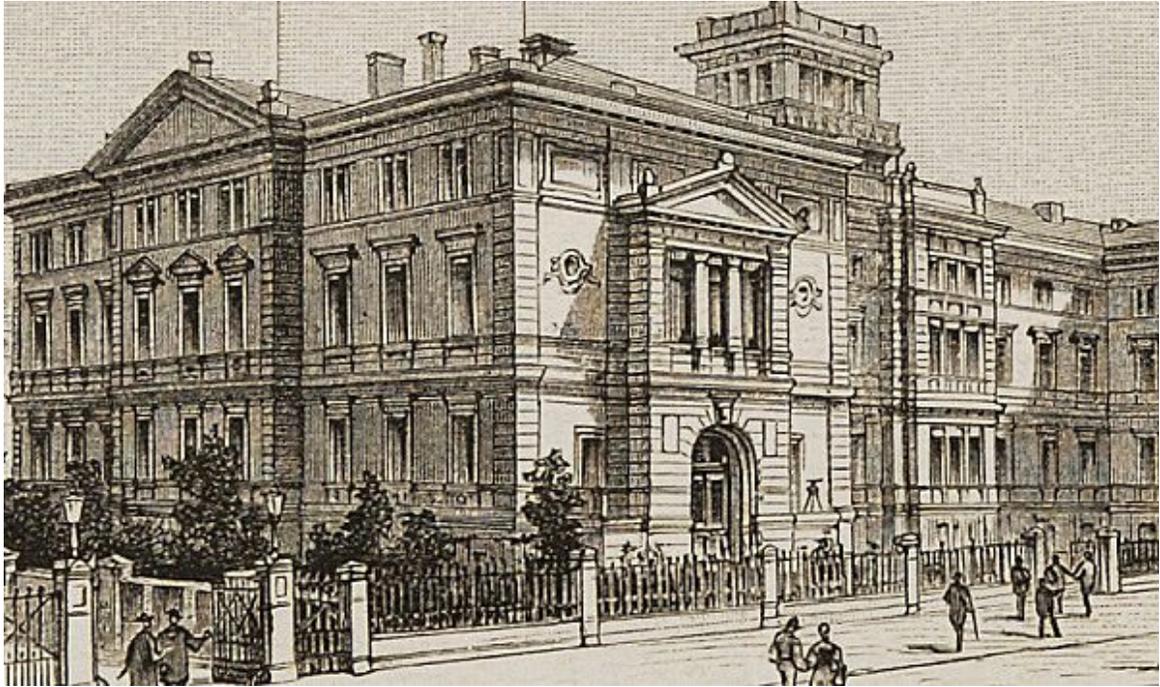


Porte permettant la capture des rayons solaires pour les expériences en optique.

© Inventaire du patrimoine culturel - Grand Est / Université de Strasbourg- Jardin des sciences.

- 15 C'est en croisant l'étude fine de la documentation et des archives portant sur le bâtiment avec la liste des instruments conservés et celles des travaux de recherche dans le cadre desquels ils étaient utilisés, que l'origine et la raison d'être de ces ouvertures ont pu être identifiées. Cette partie du bâtiment était dévolue aux expérimentations en optique : des appareils appelés héliostats étaient positionnés à l'extérieur de l'édifice, sur les piliers faisant face aux ouvertures afin, par un système de miroir, de capter la lumière du soleil tout en la réfléchissant à travers ces portes, à l'intérieur du bâtiment où elles étaient guidées, par un système d'ouvertures en enfilade, vers les laboratoires d'optique et leurs appareils de mesure.

Gravure représentant l'institut de physique, depuis la rue de l'Université



À droite du porche d'entrée, sur la façade sud, on distingue un instrument installé sur le pilier extérieur pour les expérimentations en optique. Vue de détail d'une gravure représentant l'université impériale, extraite de : *Über Land und Meer, Allgemeine Illustrierte Zeitung*, janvier 1885.

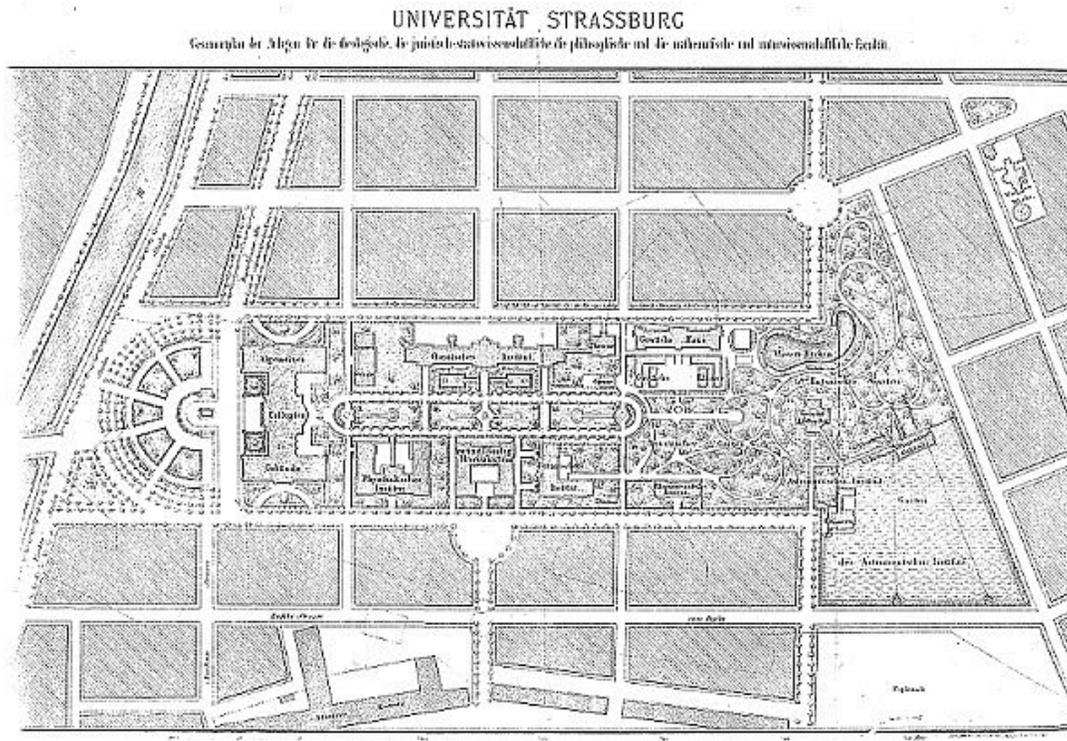
© repro J.L Stadler, Inventaire du patrimoine culturel, Grand Est.

- 16 À l'échelle de la salle, c'est la présence d'appareils de projection de plaques de verre (épidiascopes ou skioptikons) dans les collections qui a permis de faire le lien avec l'aménagement des amphithéâtres. Les fenêtres étaient toutes équipées dès l'origine de système d'obturation permettant de faire l'obscurité facilement, et les bancs étaient escamotables, à la façon des strapontins, afin de dégager la place nécessaire à la mise en place de l'appareil lorsque cela était nécessaire. Ce dispositif, éminemment moderne à l'époque de l'inauguration du campus allemand, venait compléter l'équipement des salles de cours et de travaux pratiques : paillasses accueillant appareils et spécimens, tringles et autres systèmes de suspension pour les cartes et planches pédagogiques.

**Le campus dans son environnement paysager et urbain**

17 En élargissant la focale au-delà de l'édifice, la relation avec l'environnement paysager et urbain peut être établie grâce à l'approche de l'inventaire. C'est au cours de l'étude de l'équipement astronomique dédié aux observations méridiennes que cette démarche mettant en évidence l'interrelation structurelle entre les différents éléments du patrimoine a été la plus parlante... et la plus surprenante. En effet, celle-ci nous a conduit à étudier le cercle méridien, contenu dans l'édifice dit « bâtiment est ». L'articulation particulière de la lunette à sa monture permet un mouvement nord-sud selon un axe est-ouest, qui explique d'une part l'aménagement particulier de la salle d'observation, munie de part et d'autre de hautes fenêtres étroites. Par ailleurs, afin de « réduire » les résultats obtenus par l'appareil <sup>15</sup>, celui-ci pointe en direction de dispositifs lumineux, appelés mires, contenus dans des abris, répartis de part et d'autre de l'édifice dans le jardin botanique, à une distance d'environ 150 mètres. En visant ces mires, dans une direction puis dans une autre, il est possible de déterminer l'erreur d'alignement est-ouest de l'axe de rotation de la lunette. Sur le plan, l'analyse du tracé de l'axe formé par la visée des mires de part et d'autre du bâtiment révèle que ce dernier est strictement parallèle à la rue de l'observatoire. L'orientation particulière de la voie, qui ne suit pas, pour une raison jusqu'alors indéterminée, l'organisation rectiligne du maillage des rues bordant la partie occidentale du campus, était ainsi expliquée. C'est en faisant le lien entre l'axe des mires et le dessin de la rue de l'observatoire, qui conditionne également l'aménagement urbain de la partie orientales du campus, que l'on a pu mettre en évidence le rôle joué par la présence d'un instrument scientifique –le cercle méridien–, de ses accessoires –les mires– dans l'organisation, au-delà même du périmètre du campus stricto sensu, des rues bordant l'université.

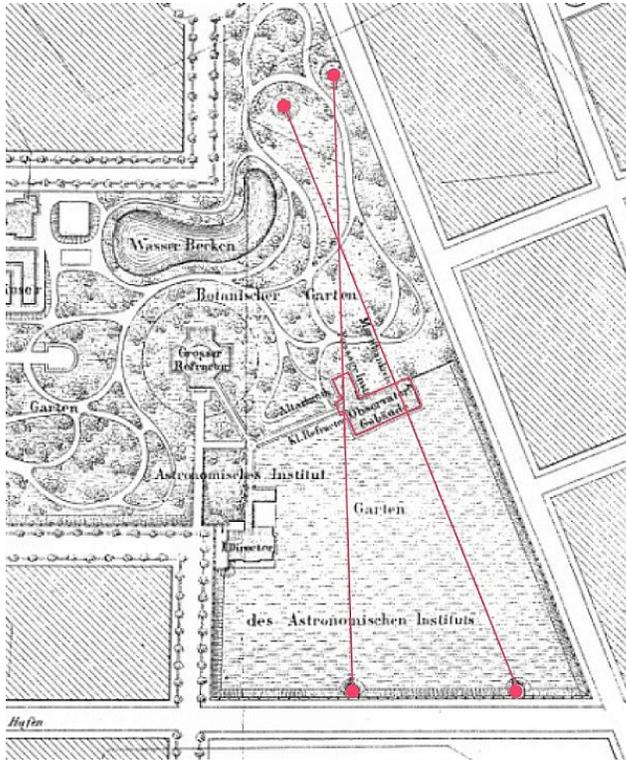
## Plan d'ensemble de l'université impériale.



La rue qui détermine la partie orientale du campus suit un axe qui ne reproduit pas le système orthogonal des autres rues bordant le périmètre universitaire (lithographie par R. Schultz et Cie Berger Levrault, à Strasbourg, joint au mémoire de 1877 de l'architecte de l'université Hermann Eggert).

© Archives départementales du Bas-Rhin, ADBR537D133.

Détail du plan montrant la partie orientale du campus.



Cet axe suit de façon parallèle celui déterminé par les mires qui permettent de déterminer les constantes de l'instrument méridien de l'observatoire astronomique.

© Archives départementales du Bas-Rhin, ADBR537D133.

- 18 Pour ce qui touche au plan de l'aménagement des espaces verts du campus historique, l'étude des documents d'archives nous a également permis de comprendre les choix opérés en la matière, certains étant encore visibles dans le paysage. Des arbres de haute taille, plantés dès l'installation du campus, bordent les bâtiments de certains instituts (physique, astronomie) afin de mieux les isoler les uns des autres, tandis que des essences basses forment des massifs devant certaines façades, laissant pénétrer abondamment l'air et la lumière naturelle dans les espaces où ceux-ci sont nécessaires. Au-delà de l'organisation des jardins, l'opération d'inventaire révèle également la fonction même de ces derniers : alors que le jardin aménagé à l'arrière du palais universitaire, et autour duquel sont ordonnés les différents instituts, a clairement une fonction d'agrément, le jardin jouxtant l'Institut de botanique et les serres,

rassemble les collections vivantes et constitue un véritable outil d'enseignement et de recherche au service de la botanique. De même, les espaces verts qui sont implantés sur le côté de l'Institut de zoologie, accueillent faune et flore étudiées dans le cadre des activités de l'institut.

## 2004-2018 : retour d'expérience

- 19 Nous pourrions continuer ainsi de développer les exemples illustrant le bénéfice d'une prise en compte globale du patrimoine dans le cadre d'une démarche d'inventaire. Mais leur nombre suffit-il à dresser un bilan positif de la collaboration entre l'Université et l'inventaire général pour l'étude du patrimoine universitaire ? Quatorze années se sont écoulées depuis les débuts du partenariat. Cette contribution nous offre l'occasion de faire le point, non seulement sur les résultats obtenus, mais aussi sur les modalités pratiques, humaines et institutionnelles de la démarche.

### Le défi du patrimoine contemporain

- 20 La méthodologie de l'inventaire permet à l'Université de Strasbourg, nous venons de l'exposer, l'étude du patrimoine dans sa diversité et révèle les cohérences entre les différents éléments qui le constituent. Pour autant, a-t-elle permis de traiter toutes les composantes de cet héritage matériel avec la même efficacité ?
  - 21 Sur le plan de l'approche tout d'abord, la méthodologie de l'inventaire a pu montrer certaines limites pour ce qui concerne la prise en compte du patrimoine scientifique contemporain. Ainsi, le Jardin des sciences a été sollicité au cours des années 2006-2007 pour collecter le matériel scientifique ancien de l'institut Charles-Sadron
- 16 qui ne serait pas déplacé vers les nouveaux locaux du

laboratoire, sur le campus de Cronenbourg. L'opération a consisté à circuler auprès des chercheurs et techniciens en les sensibilisant à la démarche, pour repérer les appareils et collecter directement auprès des scientifiques la mémoire et l'information relative aux objets. Ce faisant, une campagne photographique professionnelle a également été réalisée dans les anciens locaux, permettant à la fois une mise en contexte de l'équipement scientifique appelé à être sauvegardé, mais documentant également les bâtiments de l'institut, voués à être détruits après le déménagement du laboratoire vers Cronenbourg. Cette expérience, du point de vue méthodologique, présentait un caractère inédit. Elle a parfois conduit à improviser là où le cadre offert par l'inventaire présentait des limites ou des manques. Ainsi, l'opération a eu l'énorme bénéfice de documenter un site aujourd'hui disparu : l'inventaire permet de mettre en forme des dossiers d'architecture consacrés à des bâtiments détruits. En revanche, la complexité de la discipline concernée – la recherche dans le domaine des macromolécules, à la croisée de la physique, de la chimie et de la biologie – génère un équipement de recherche extrêmement compliqué à appréhender sur le plan intellectuel... et visuel. Cela n'est pas sans poser certains problèmes : les images prises *in situ* représentaient des montages impossibles à identifier sans le commentaire des chercheurs. D'où l'obligation de collecter cette mémoire vivante : une chance mais aussi un défi pour nous qui travaillions jusqu'alors sur du patrimoine datant de plus de cent ans ! Collectés à l'origine dans le but unique de légèrer les photographies prises sur le terrain dans le cadre d'un travail d'identification des images, les entretiens réalisés avec les chercheurs posent la question de leur intégration à la documentation, que la grille de l'inventaire, non conçue pour le patrimoine immatériel, ne permettait pas nécessairement d'inclure.

Comment valoriser la multiplicité des photographies prises sur place, montrant les chercheurs dans leur laboratoire, les équipes dans les lieux de convivialité, les techniciens dans les ateliers, etc. ? Leur caractère, plus proche de celui du reportage, les différencie très nettement des images traditionnelles d'architecture, dépourvues d'êtres humains, et davantage représentatives de l'approche purement descriptive de l'inventaire général. Faute de réponse précise sur le plan technique, ce sont pour le moment des dossiers « classiques » d'architecture et d'objets qui ont été constitués dans l'outil de production Gertrude <sup>17</sup>, une grosse partie des informations collectées étant valorisée sous une autre forme. Ainsi, les données visuelles et textuelles récoltées lors de la campagne d'inventaire ont été présentées, aux côtés des instruments, dans le cadre d'une exposition organisée en 2017 par l'institut Charles-Sadron, à l'occasion des 70 ans du laboratoire. Les questions liées aux aspects techniques n'empêchent donc pas l'accompagnement d'un travail de mémoire et ne remettent pas en cause l'adhésion des acteurs impliqués et leur souci d'intégrer aux outils de l'inventaire la documentation reproduite.

## Forces et faiblesses du lien partenarial

- 22 Sur le plan technique et informatique, le fait que les données saisies dans les outils de l'inventaire soient versées dans les bases de données nationales dédiées au patrimoine constitue un atout évident : le patrimoine scientifique n'est pas cloisonné dans un ghetto propre à sa thématique et est ainsi intégré à un vaste ensemble au sein duquel il peut être interrogé et étudié selon de multiples critères de lieux, de fonction, de fabricant, etc. Pour autant, il apparaissait important à l'Université de Strasbourg, pour favoriser une reconnaissance de la valeur de son patrimoine, de

pouvoir diffuser de façon exclusive les données relatives à ses bâtiments et son équipement. Elle s'est donc dotée, dès 2005, d'un portail dédié, conçu à partir d'un serveur SDX permettant de diffuser les exports en xml générés à partir de l'outil de saisie Renabl <sup>18</sup>. La mise en place d'un nouvel outil national de saisie, intervenu en 2013, a eu pour conséquence le changement de format d'export xml, qui n'est désormais plus reconnu par la plateforme universitaire. Faute de moyens au niveau local pour faire évoluer cette dernière, il est devenu impossible de procéder à la moindre mise à jour de l'existant ou d'y verser toute nouvelle étude. Ce véritable blocage technique fut amplifié par les évolutions sur le plan des ressources humaines au sein du service partenaire de l'Inventaire. En effet, celui-ci ne dispose plus d'un photographe professionnel titulaire, ce qui implique le recours à la sous-traitance pour des opérations bien ciblées dont l'université ne fait pas systématiquement partie. L'absence d'un administrateur de bases de données prive aussi d'une ressource-clé pour la gestion quotidienne de l'information documentaire, une situation encore aggravée par le départ en 2017 de la responsable du Service de l'Inventaire en Alsace. Faute d'interlocuteurs, nous avons donc fait le choix de mettre en sommeil la saisie des données pour avancer sur d'autres terrains, dans l'attente d'une évolution du service de l'inventaire sur ces différents points. Depuis le mois d'août 2018, les échanges ont pu reprendre : la restructuration du service, à la faveur de la constitution des grandes régions, l'a conduit à réformer l'organisation de sa collaboration avec les partenaires. C'est désormais avec le pôle Inventaire de la direction de l'Inventaire et du Patrimoine de la Région Grand Est que l'université s'apprête à réfléchir à une convention cadre de 3 à 5 ans, fixant les grandes orientations et modalités de la collaboration,

accompagnée de conventions annuelles d'application fixant le détail du programme d'étude.

- 23 Si l'université se réjouit de la relance de la dynamique de travail, celle-ci va devoir considérer d'une nouvelle façon son approche des collections d'instruments scientifiques, notamment pour ce qui touche à la gestion physique et matérielle des collections. En effet, afin de pouvoir suivre la localisation des objets et leurs mouvements, le Jardin des sciences avait fait le choix de s'appuyer sur les bases de données de l'inventaire : l'objectif de ces dernières, outre leur diffusion publique, est en théorie exclusivement documentaire, et n'est pas un outil pensé pour mener un inventaire de type muséal, d'autant que les musées sont supposés disposer de logiciels métiers permettant de prendre en charge cette question. Mais le système a l'énorme avantage, de par ce caractère documentaire, de collecter bon nombre d'informations figurant également dans les grilles d'inventaire des musées (datation, historique, description, fabricant, dimension, etc.) auxquels sont associés tous les types de documentation visuelle. Seuls manquaient les éléments liés à la localisation exacte, la valeur d'assurance, le mouvement des œuvres ou leurs éventuelles restaurations. Ces données à caractère confidentiel et, par conséquent, non partageables ont été saisies dans un premier temps pour une partie des études dans une base de données complémentaire, dans l'outil de production Renabl, mais le passage au logiciel Gertrude a conduit à réfléchir à d'autres solutions, passant notamment par le logiciel libre *Collective Access* <sup>19</sup>. Ce sont des pistes pour le moment complexes à mettre en place et envisagées plus par manque de moyens techniques et de temps allouables au développement d'un projet dédié que par choix délibéré. Par ailleurs, cette démarche conduit à constituer, pour chaque objet de collection, une fiche d'inventaire, même si peu

d'informations sont disponibles sur lui et si ce dernier revêt peu d'importance sur le plan historique et/ou scientifique. Ce parti pris multiplie le nombre de dossiers et a pour effet pervers de noyer les informations dans la masse, au détriment d'une analyse qualitative faisant ressortir les éléments les plus remarquables de chaque collection, à travers la constitution de dossiers d'ensemble et de monographies d'objets pour les plus importants. La nécessité de réduire le nombre de dossiers pour les futures études réalisées en collaboration avec le Service de l'Inventaire doit conduire à poursuivre la réflexion dans ce champ et permettre la mise en place d'une solution alternative conciliant les besoins d'une gestion d'information confidentielle à l'échelle de l'objet et la publication de données documentaires de synthèses à l'échelle d'une collection.

## Conclusion : un essai transformé... et une transformation à essayer !

- 24 Au-delà de ces difficultés rencontrées récemment sur le plan méthodologique et technique, la collaboration de l'Université de Strasbourg avec le Service de l'Inventaire du Patrimoine se traduit par des apports indéniables sur le plan local. Le soutien matériel apporté tant par la campagne photographique professionnelle que par la mise à disposition d'une méthodologie opérationnelle, d'outils informatiques de production et de diffusion des données mais aussi l'approche éditoriale, faisant bénéficier à l'université de collections et maquettes existantes, a indéniablement contribué de façon significative non seulement au succès de la première opération d'inventaire portant sur le patrimoine astronomique. Mais ce faisant, en se prolongeant sur les années, elle a accompagné la poursuite et le développement de la prise en compte du patrimoine

scientifique par l'institution qui en était détentrice, contribuant ainsi à légitimer, puis stabiliser et pérenniser le poste de chargée de collection et de l'inventaire du Jardin des sciences. Il a fait l'objet d'une titularisation par concours d'ingénieur d'étude en 2016.

- 25 Surtout, en participant à une connaissance accrue des collections et à une diffusion de celles-ci à l'échelle nationale, cette collaboration a contribué à faire connaître la richesse du patrimoine universitaire strasbourgeois en France, mais aussi à l'étranger : preuve en est le développement significatif des demandes de prêts d'objets dans le cadre d'expositions temporaires (à Strasbourg, dans les musées et bibliothèques, à Paris, en Allemagne, etc.). À l'appui des informations récoltées, de nombreuses actions de valorisation (visites guidées, événements patrimoniaux, applications mobiles, etc.) ont pu être organisées, développées, tandis que les collaborations se sont multipliées avec les musées et les services patrimoniaux de la Ville. Ainsi, ces derniers ont pu bénéficier de l'étude globale, comprenant architecture et mobilier, menée par le Jardin des sciences sur l'université impériale allemande de Strasbourg (1872-1918) dans le cadre de l'opération d'inventaire <sup>20</sup>, pour instruire et porter vers le succès les dossiers de candidature à différents labels pour la Neustadt (la ville allemande de Strasbourg dont fait partie le campus historique de l'université) : celui de ville d'art et d'histoire en 2013, et plus récemment, en 2017, le label patrimoine mondial de l'Unesco. Le rapprochement s'est également concrétisé avec le réseau des musées de la Ville de Strasbourg pour des expositions temporaires d'envergure internationale, « L'Europe des esprits » en 2012 puis « Laboratoire d'Europe, Strasbourg 1880-1930 », auxquelles les collections universitaires étaient associées, contribuant ainsi à faire de l'Université un acteur culturel à part entière. Au-delà d'une collaboration multi-partenariale riche, ce dernier projet a par

ailleurs permis de mener une démarche globale sur le plan culturel. Elle a été sanctionnée par la parution d'un dictionnaire consacré à la ville durant cette période et, de façon plus large, a mené à une véritable réhabilitation du patrimoine allemand, y compris pour l'Université <sup>21</sup>.

- 26 Aujourd'hui, la perspective de nouvelles études nous pousse à mener une réflexion inédite sur le partenariat avec l'Inventaire. La relance d'une convention sous une nouvelle forme nous permettra de déterminer avec précision à la fois le cadre scientifique et les moyens à mettre en place pour les années à venir : l'inventaire du patrimoine des lycées de la région, dont certains sites remarquables ont été identifiés, ou la poursuite et l'élargissement de l'inventaire du patrimoine artistique et de l'architecture universitaire contemporaines sont autant de pistes pour des opérations futures. Cette entente devra nécessairement s'accompagner d'une nouvelle approche en termes de préservation et de gestion de collection, passant non seulement par la mise à disposition de lieux de stockage adaptés mais aussi par la mise en place d'un outil informatique de gestion adapté, et qui puisse être lié à l'étude documentaire menée grâce à l'inventaire. Cet enjeu est d'autant plus primordial que le décret du 13 septembre 2018 <sup>22</sup>, s'il rappelle la mission que doivent remplir les universités dans le domaine de la valorisation du patrimoine artistique, architectural, mais aussi scientifique et technique, ne fait mention ni de l'étude ni de la préservation <sup>23</sup>. Ces deux aspects seront pour autant à prendre en compte dans le cadre des projets patrimoniaux développés à l'université, que ce soit dans le cadre de l'opération Campus, avec la construction du nouveau planétarium ou la rénovation du musée zoologique, mais aussi dans les initiatives soutenues par les investissements, dont la ligne « Université & Cité » <sup>24</sup> accompagne dorénavant le déploiement.

27 À cet égard, la collaboration avec le Service de l'Inventaire a permis d'obtenir des résultats qui placent aujourd'hui le Jardin des sciences au cœur d'enseignements et de recherches financés par ce dispositif. Si la méthodologie de l'inventaire n'est pas toujours adaptée pour ces types d'objets, c'est bien par effet rebond que d'autres collections universitaires (moulages en archéologie, plaques de verre, modèles de minéralogie, etc.) bénéficient à présent de la dynamique dans laquelle ce partenariat s'inscrit.

---

## NOTES

1. Citons UMAC, le comité pour les musées et collections universitaires de l'ICOM (Conseil international des musées), <http://umac.icom.museum/>, ou Universeum, le réseau du patrimoine universitaire européen, <https://universeum.it/>, consultés le 18 octobre 2018. L'objectif de ces réseaux est de partager des connaissances et expériences entre les membres et entreprendre des projets communs permettant d'améliorer l'accès aux collections à tous les niveaux.

2. Le patrimoine scientifique et technique des universités n'est pas le seul à être étudié par le ministère de la Culture : une vaste opération d'inventaire des instruments scientifiques anciens des établissements de l'enseignement secondaire a également été lancée, voir : Henri Chamoux : <http://www.inrp.fr/she/instruments/instruments.htm>, consulté le 18 octobre 2018.

3. Pour plus d'informations sur l'inventaire général, voir : <http://www.inventaire.culture.gouv.fr/>, consulté le 18 octobre 2018.

Sur l'opération thématique portant sur l'astronomie : LE GUET TULLY Françoise, DAVOIGNEAU Jean, « Le patrimoine des observatoires astronomiques : l'inventaire », <https://culture.univ-lille1.fr/fileadmin/documents/patrimoine/txt/36leguettully.pdf>, consulté le 18 octobre 2018.

4. Voir les bases de données du Ministère de la Culture : *Palissy* pour les objets et *Mérimée* pour l'architecture : <http://www.culture.gouv.fr/culture/inventai/patrimoine/>. Sont parus dans la collection « Itinéraires du Patrimoine » devenue « Parcours du Patrimoine » : les

guides sur observatoires de Haute Provence, l'observatoire de Besançon et l'observatoire de Strasbourg.

5. L'Université Louis Pasteur a fusionné en 2009 avec l'Université Marc Bloch, dédiée aux sciences humaines, et l'Université Robert Schumann, spécialisée dans le droit.

6. La loi du 13 août 2004 relative aux libertés et responsabilités locales confie aux régions la conduite des opérations d'inventaire du patrimoine culturel.

7. Voir les opérations en ligne : [http://www.hp-physique.org/sdx/sriaulp/main.xsp?execute=show\\_document&id=IA67012330&q=sdx\\_q1&n=1](http://www.hp-physique.org/sdx/sriaulp/main.xsp?execute=show_document&id=IA67012330&q=sdx_q1&n=1) (pour la physique) et [http://www.hp-physique.org/sdx/sriaulp/main.xsp?execute=show\\_document&id=IA67001240&q=sdx\\_q1&n=1](http://www.hp-physique.org/sdx/sriaulp/main.xsp?execute=show_document&id=IA67001240&q=sdx_q1&n=1) (pour la sismologie), (consultés le 18 octobre 2018).

8. Sont ainsi parus dans la collection « Parcours du patrimoine » les ouvrages collectifs suivants : *Mesurer les séismes, la station de sismologie de Strasbourg*, Lyon, Lieux Dits, 2011 ; *L'observatoire astronomique de Strasbourg*, Lyon, Lieux Dits, 2009 ; *L'université impériale de Strasbourg, le site de la Porte des Pêcheurs*, Lyon, Lieux Dits, 2012.

9. A l'issue des événements de mai 1968, l'Université de Strasbourg a été scindée en trois : l'Université Marc Bloch pour les sciences humaines, l'Université Robert Schumann pour le droit et l'Université Louis Pasteur pour l'enseignement des disciplines scientifiques. Ces trois composantes ont à nouveau fusionné en 2009 pour former une université unique.

10. L'association poursuit aujourd'hui ses activités de sauvegarde du patrimoine scientifique, universitaire ou non. Elle a collaboré avec l'université pour l'étude du patrimoine de l'institut de physiologie dont elle a sauvé la collection [http://www.hp-physique.org/sdx/sriaulp/main.xsp?execute=show\\_document&id=IA67000001&q=sdx\\_q1&n=1](http://www.hp-physique.org/sdx/sriaulp/main.xsp?execute=show_document&id=IA67000001&q=sdx_q1&n=1), consulté le 18 octobre 2018.

11. CLAVIER Jean-François. *Repérage des collections. Orientations muséologiques, 18 février 2002*. Mission Culture Scientifique et Technique. Université Louis Pasteur. Ce document fournit, pour chaque collection, une présentation brève, ainsi que des informations sur l'état d'inventaire, la conservation et la gestion des œuvres.

12. BOUDIA Soraya, RASMUSSEN Anne, SOUBIRAN Sébastien, *Patrimoines et communautés savantes*, Rennes, Presses universitaires de Rennes, 2008.

13. Cette initiative a d'abord été développée à l'échelle régionale de 1999 à 2004 dans les organismes de recherche et les laboratoires universitaires. Porté par le Groupement d'Intérêt Public Atlantech-Pays de la Loire, en collaboration avec l'Université de Nantes, le projet a été financé dans le cadre d'un contrat État-Région (2000-2003) par le Ministère chargé de la Recherche et par la Région des Pays de la Loire, et soutenu par le Conseil général de Loire-Atlantique et l'Union européenne (Programme Feder).

14. L'initiative a fait l'objet d'un certain nombre de présentations et d'articles. Voir entre autres : CUENCA Catherine, « Patrimoine contemporain et culture scientifique et

technique », *La Lettre de l'OCIM*, n° 129, mai-juin 2010, pp. 21-27. Voir aussi le site Internet : <http://www.patstec.fr/PSETT>.

**15.** Aucun instrument méridien n'étant construit et positionné parfaitement, il est indispensable de connaître les écarts à l'instrument idéal –les « constantes » de l'instrument– en vue de réduire les observations brutes et obtenir les mesures corrigées. Ces constantes sont déterminées à l'aide d'accessoires dont font partie les mires.

**16.** Créée en 1947 par Charles Sadron, l'institut, dédié à la recherche sur les macromolécules, constitue le premier laboratoire du CNRS de province.

**17.** Après la décentralisation de l'Inventaire général, 25 régions de France se sont regroupées pour mener un projet, identifié sous l'acronyme GERTRUDE (Groupe d'Etude, de Recherche Technique, de Réalisation et d'Utilisation du Dossier Électronique). Il a permis de définir, développer et mettre en service une solution de production, de gestion et de diffusion du Dossier Électronique d'Inventaire du patrimoine culturel commune à l'ensemble des régions.

**18.** Renabl (« inventaire » en breton) correspond à l'outil de production des données du dossier électronique utilisé avant le déploiement de Gertrude.

**19.** *Collective Access* est un système open-source gratuit de gestion et de publication des collections muséales et archivistiques. Il est reconnu par les musées de France et sa communauté d'utilisateurs comprend également les musées nord-américains. Voir : <https://www.collectiveaccess.org/>, Consulté le 18 octobre 2018.

**20.** Ces résultats ont été valorisés notamment dans la publication coordonnée par le Service de l'Inventaire du Patrimoine Grand Est et l'Université de Strasbourg, consacrée à la Neustadt et accompagnant l'exposition : « La Neustadt de Strasbourg, un laboratoire urbain, 1871-1930 », présentée à l'église Saint-Paul de Strasbourg, du 29 septembre au 1<sup>er</sup> décembre 2017. *La Neustadt de Strasbourg - un laboratoire urbain, 1871-1930*, Lyon, Lieux Dits, 2017.

**21.** RECHT Roland, RICHEZ Jean-Claude (dir.), *1880-1930. Dictionnaire culturel de Strasbourg*, Strasbourg, Presses universitaires de Strasbourg, 2017.

**22.** Décret n°2018-792 relatif aux services communs universitaires, articles D 714-94 et 96.

**23.** La loi Savary du 26 janvier 1984, dans son article 7, précise cependant que « le service public de l'enseignement supérieur a pour mission le développement et la diffusion des connaissances et des résultats de la recherche [...]. Il participe à l'étude et à la mise en valeur du patrimoine national et régional. Il assure la conservation et l'enrichissement des collections confiées aux établissements ».

**24.** Baptisé IDEX pour « initiatives d'excellence », le fonds a notamment pour vocation d'accompagner les projets de valorisation (expositions, numérique etc.) du patrimoine universitaire. Voir : <https://www.unistra.fr/index.php?id=26570>, consulté le 18 octobre 2018.

---

# RÉSUMÉS

Il n'existe a priori aucun lien entre la lunette méridienne de l'Observatoire astronomique de Strasbourg et le tracé particulier suivi par la rue longeant le bâtiment qui l'abrite. L'approche de l'inventaire général, employée par l'Université de Strasbourg pour mener à bien l'étude de son patrimoine, a pourtant permis de révéler l'existence d'une relation fonctionnelle entre ces deux éléments - un exemple parmi d'autres illustrant l'efficacité du partenariat établi depuis 2004 entre l'Université et le service régional de l'inventaire du patrimoine. L'objet de la contribution sera de proposer un bilan de treize années de collaboration : après avoir précisé le contexte et les raisons qui ont présidé au choix de la méthodologie de l'inventaire et exposé à travers quelques exemples comment son application au terrain strasbourgeois a favorisé une compréhension globale de l'héritage de l'institution, je proposerai un état des lieux critique des résultats obtenus tant sur le plan de l'étude que de la préservation et la valorisation.

There is no obvious connection between the telescope of the Astronomical Observatory of Strasbourg and the particular route followed by the street going along the Observatory. However, the approach of the general inventory used by the University of Strasbourg to carry out the study of its heritage, allowed to reveal the existence of a functional relation between these two elements - an example among others illustrating the efficiency of the partnership established since 2004 between the University and the regional heritage inventory service. The purpose of the contribution will be to propose a report of thirteen years of collaboration. After having specified the context and the reasons that led to the choice of the inventory's methodology and exposed, through some examples, how its application to the Strasbourg field has fostered a global understanding of the institution's legacy, I will propose a critical overview of the results obtained in terms of both study and preservation and valorisation.

# INDEX

**Mots-clés** : histoire des techniques, histoire des sciences, patrimoine scientifique, patrimoine universitaire

**Keywords** : history of technology, history of science, scientific heritage, university heritage, preservation policies

# AUTEUR

DELPHINE ISSENMANN

Chargée de l'inventaire et des collections au sein du Jardin des Sciences de l'Université de Strasbourg, Delphine Issenmann coordonne depuis 2004 l'inventaire des instruments scientifiques et l'étude du patrimoine architectural du campus, en partenariat avec le Service de l'inventaire du patrimoine de la Région Alsace. A ce titre, elle a coordonné divers ouvrages, entre autres : *La Neustadt de Strasbourg, un laboratoire urbain (1871-1930)*, Lieux-Dits, Lyon, 2017, *Strasbourg, de la Grande-Île à la Neustadt, Un patrimoine urbain exceptionnel*, Lyon, Lieux-Dits, 2013. *L'université impériale de Strasbourg, le site de de la Porte des Pêcheurs*, Lyon, Lieux-Dits, 2012). Responsable de l'organisation et la coordination d'événements impliquant les musées et collections de l'université, tels que les Journées du patrimoine et la Nuit des Musées, elle participe aux projets permettant de valoriser le patrimoine universitaire auprès du grand public. Elle a été ainsi co-commissaire de l'exposition « Laboratoire d'Europe : Strasbourg 1880-1930 » présentée en 2017 au musée d'art moderne et contemporain de Strasbourg. Elle a participé au *Dictionnaire culturel de Strasbourg (1880-1930)*, Roland Recht, Jean-Claude Richez (dir.), PUS, Strasbourg, 2017 et publié récemment, « Comment préserver et valoriser le patrimoine des sciences physiques ? L'exemple de la collection pédagogique de l'institut Le Bel » in *Regards sur le patrimoine mobilier de l'enseignement supérieur scolaire et universitaire*, Actes Sud, Paris, 2017.

# Qu'a-t-on conservé des premiers accélérateurs de particules ?

L'accélérateur de particules Cockcroft-Walton : enquête mondiale

*What Have Been Preserved From the First Particle Accelerators? The Cockcroft-Walton Particle Accelerator: Global Survey*

Séverine Derolez

---

- 1 Le fil conducteur de notre recherche est un outil majeur de la physique du début du XX<sup>e</sup> siècle, fondamental dans le contexte historique lyonnais : un accélérateur de particules Cockcroft-Walton (CW). À Lyon, il y a aujourd'hui deux exemplaires de cet objet : celui qui est exposé au musée des Confluences depuis son ouverture en 2014 ; celui que conserve l'institut de Physique Nucléaire de Lyon (IPNL). Démonté depuis la fin des années 1990 après avoir été supplanté par des accélérateurs plus performants et après deux projets muséographiques avortés, un nouveau projet de valorisation du générateur CW de l'IPNL émerge.
- 2 Notre étude s'inscrit dans le cadre de ce projet plus vaste, engagé depuis 2013, grâce au groupe de travail Patrimoine scientifique et diffusion de la culture scientifique, technique et industrielle (PSDCSTI) de l'Université Lyon 1 et du rassemblement du département des collections de physique. L'objectif de ce projet est d'exposer le générateur CW sur le campus, mais aussi de l'intégrer dans une véritable démarche de reconnaissance patrimoniale. Mais

la démarche entreprise par les membres du groupe patrimoine, bien qu'originale et unique sous certains aspects, n'est certainement pas isolée. Parmi tous les accélérateurs CW développés entre 1932 et les années 1990, combien en restent-ils ? Ont-ils fait l'objet de démarches de sauvegarde ? Une fois devenu inutile, qu'en ont fait les autres laboratoires ?

- 3 L'objectif de cet article est multiple : identifier les lieux de conservation de ces grands instruments de la science ; comparer les choix de conservation faits par les différentes structures (lieu, intégrité, accessibilité, etc.) ; établir une cartographie des structures possédant un accélérateur CW ; expliciter la méthode inhabituelle qui a été utilisée pour réaliser cette enquête.
- 4 La première partie de cet article présente brièvement les contextes d'invention et de fonctionnement des accélérateurs CW, quelques éléments sur la trajectoire de l'accélérateur de l'IPNL et de patrimonialisation de l'accélérateur CW. La seconde partie de l'article montre en quoi l'étude historique/sociale/scientifique de l'objet a été importante dans la réussite de cette enquête. La méthodologie de recherche est largement expliquée, de manière à montrer comment une bonne connaissance de l'objet a amené à adopter une méthodologie qualifiée d'alternative. La troisième et dernière partie insiste sur les résultats de cette enquête en soulevant quelques cas particuliers découverts à travers le monde. Enfin, la conclusion revient sur les principaux éléments auxquels nous souhaitons répondre, principalement les lieux de conservations de ces grands instruments et les choix de conservations.

**Qu'est-ce qu'un accélérateur de particules  
Cockcroft Walton et pourquoi s'y intéresser ?**

## Un emblème de la course aux particules (contexte historique)

- 5 Notre objet d'étude n'est pas anodin puisque l'accélérateur de particules de type Cockcroft-Walton, né à la veille de la Seconde Guerre mondiale, est considéré aujourd'hui comme le premier objet de la « *Big Science* ». L'année 1932 est représentative de « la course aux particules » dans laquelle s'engagent différents pays. Cette année-là, dans le laboratoire Cavendish de l'Université de Cambridge, lorsque le théoricien John Cockcroft et l'expérimentateur Ernest Walton réalisent la première transmutation artificielle, ils répondent à un besoin grandissant de l'époque : accélérer les particules. Plus qu'une manipulation difficile, la réalisation de l'appareil nécessite pour ses inventeurs de dépasser les théories classiques utilisées par la physique de leur époque. Des rencontres déterminantes <sup>1</sup>, leur imagination et parfois le hasard donneront naissance au tout premier accélérateur de particules. Ils obtiendront pour leur prouesse technique et pour avoir fourni la première vérification expérimentale de l'équivalence masse-énergie définie par Albert Einstein en 1905, le prix Nobel de physique en 1951 <sup>2</sup>.

## L'accélération des particules (contexte scientifique)

- 6 Les physiciens étudient la matière en faisant interagir les particules entre elles. Pour ce faire, ils les accélèrent à très haute énergie et les orientent minutieusement, de manière à ce qu'elles rentrent en collision l'une avec l'autre. Les collisions qui se produisent à haute énergie peuvent engendrer la création de nouvelles particules ou produire de nouveaux phénomènes. C'est dans l'étude de ces collisions que les constituants de la matière révèlent leurs

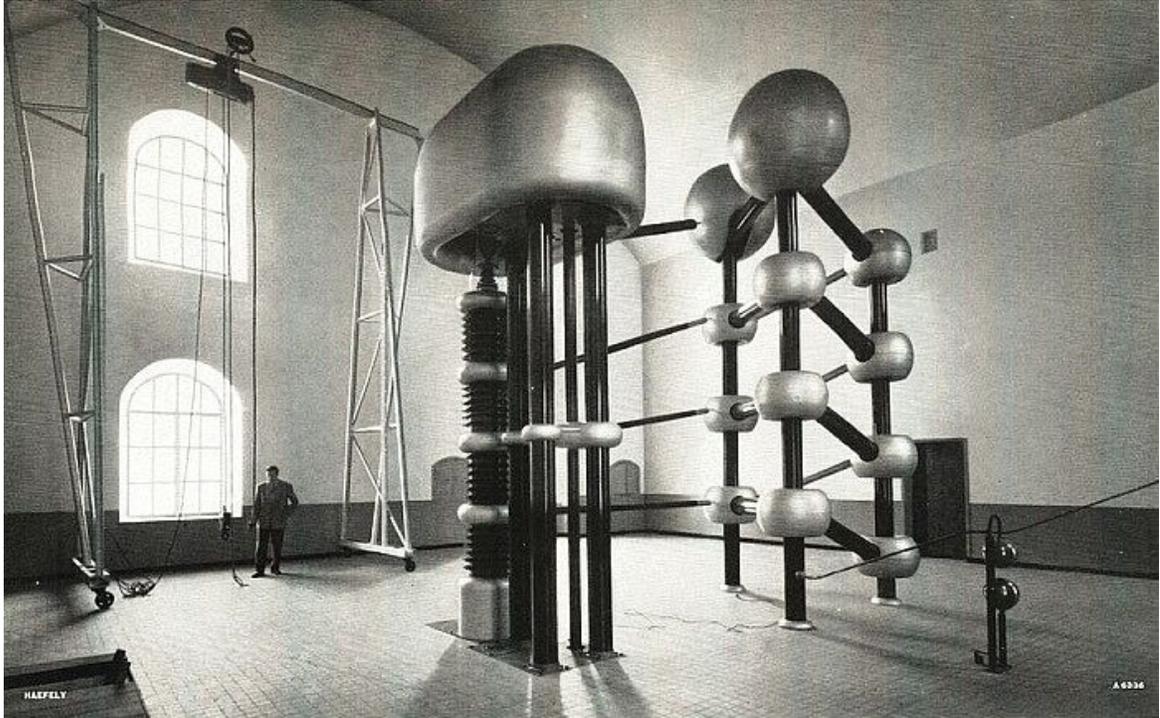
propriétés. Aujourd'hui, il y a 13 000 accélérateurs de particules en usage à travers le monde et la majorité est utilisée pour l'exploration de la matière. Viennent ensuite des utilisations à des fins médicales (radiothérapie), industrielles (imagerie, stérilisation), pour les recherches sur les accélérateurs en eux-mêmes et, enfin, la production de radio-isotopes <sup>3</sup>. De manière générale, un accélérateur de particules est conditionné par plusieurs composantes : une source (d'ions ou d'électrons qui vont alimenter le système), un champ électrique (qui va accélérer les particules chargées de la source), des éléments assurant la focalisation du faisceau (pour diriger les particules accélérées), une cible (sur laquelle est focalisé le faisceau de particules chargées) et des détecteurs (placés à des endroits stratégiques de l'accélérateur pour « voir » les particules), le tout sous vide. Ce qui est donc communément appelé accélérateur de type Cockcroft-Walton est en réalité un générateur de hautes tensions (de type Cockcroft-Walton), couplé à une partie accélératrice puis à un ensemble de cibles et de détecteurs.

## Trajectoire locale de l'accélérateur CW de l'IPNL

- 7 Le générateur Cockcroft-Walton est aujourd'hui à Lyon grâce au professeur Jean Thibaud (1901-1960), précurseur de la physique atomique et nucléaire dans cette ville. Après avoir obtenu le diplôme de l'École supérieure d'électricité de Paris et fréquenté le laboratoire de Maurice de Broglie (1875 - 1960) (il soutient sa thèse en juillet 1925), il devient sous-directeur du même laboratoire en 1928. Il fonde en 1935 l'Institut de physique atomique (IPA), rue Raulin, à Lyon. Ce physicien de renom est très vite intéressé par la question des accélérateurs et cherche à reproduire l'expérience de Cockcroft et Walton, comme le montrent les travaux de thèse de Pascal

Bellanca-Penel <sup>4</sup>. La guerre, le régime de Vichy et les querelles entre physiciens français laissent de grosses séquelles, tant sur le bâtiment de l'IPA (bombardé le 26 mai 1944) que sur l'image du professeur Thibaud. Ce qui ne l'empêche pas de poursuivre avec obstination ses recherches et d'amorcer le projet de création d'un centre dédié à la physique nucléaire à Lyon. À partir de 1951, Thibaud crée officiellement le Centre de perfectionnement en physique nucléaire (CPPN) dans un bâtiment du fort de la Vitriolerie <sup>5</sup> et commande à la maison Haefely, pour la somme de 20 millions de francs (soit 480 000 euros <sup>6</sup>), un accélérateur de particules à 1 million de volts. C'est donc dans une caserne militaire qu'est monté l'accélérateur Cockcroft-Walton Haefely pour la première fois (Fig.1). D'après le témoignage de M. Raymond Salin <sup>7</sup>, qui se rappelle avoir vu des porcelaines nues <sup>8</sup>, l'appareil est arrivé en pièces détachées en 1949 à la Vitriolerie. Un plancher du bâtiment a même dû être cassé, un autre percé, pour installer l'ensemble de l'appareil <sup>9</sup>.

Figure 1. Extrait de la brochure commerciale de la société Haefely dans les années 1950-1960. Un objet du patrimoine scientifique contemporain



La photographie montre l'accélérateur Cockcroft-Walton Haefely vendu au professeur Thibaud, monté à l'intérieur du fort de La Vitriolerie à Lyon.

Crédit photographique : Haefely

- 8 Dans notre thèse, le processus de patrimonialisation des objets scientifiques contemporains, qui a conduit à la sauvegarde de certains accélérateurs de particules CW est interrogé. Les analyses produites ont pour objectif de mettre en évidence ses différences par rapport au processus de patrimonialisation décrit pour les objets culturels plus classiques. Il est différent parce que l'objet étudié est :
- 9 - un objet scientifique : il comprend les appareils de laboratoires, les modèles pédagogiques, les archives, les publications, les savoirs, les concepts, les pratiques de chercheurs, etc. Notre intérêt se porte plus précisément sur le patrimoine matériel « mobilier » : celui des instruments scientifiques, tel que le définit Paolo Brenni : « Nous pouvons considérer les instruments comme les outils indispensables à la recherche scientifique, à la didactique des sciences et à toute une

série d'activités professionnelles impliquant mesure, observations, contrôles et analyses <sup>10</sup> ».

- 10 - un objet contemporain : il a été construit après les années 1950, avec des matériaux nouveaux, des moyens financiers et humains importants, dans une société moderne dont les mœurs évoluent rapidement <sup>11</sup>.
- 11 Si les objets du patrimoine scientifique contemporain gagnent lentement une place dans nos musées, leur présence aux côtés des collections historiques ne va pourtant pas de soi, comme l'enseigne l'expérience lyonnaise <sup>12</sup>. Ces objets sont lourds à déplacer, volumineux à stocker, composés de matériaux dont le vieillissement est encore peu connu <sup>13</sup> et encore trop souvent sauvegardés sans éléments biographiques <sup>14</sup>. Ils sont des « boîtes noires » <sup>15</sup> difficiles à « faire parler » et à légitimer dans les collections patrimoniales ou dans un espace d'exposition.
- 12 Conscient de ces difficultés et interrogeant la pertinence, les moyens et conditions nécessaires à la sauvegarde de l'accélérateur CW conservé par l'Institut de Physique Nucléaire de Lyon (IPNL), la question s'est posée de savoir si d'autres y avaient déjà répondu. La préservation des grands instruments de la science étant conditionnée par les caractéristiques propres à l'objet <sup>16</sup>, il a été entrepris de rechercher tous les accélérateurs de ce type ayant existé en France, en Europe et dans le monde. L'accélérateur CW est-il un objet qui a suscité un intérêt patrimonial dans le monde ?

## Méthodologie de l'enquête

- 13 Pour réaliser cette enquête, il faut surmonter un certain nombre de difficultés, à la fois d'ordre méthodologique et sémantique, mais aussi d'accessibilité aux informations. Les accélérateurs de

particules, comme la grande majorité des objets scientifiques contemporains, ne font pas partie du « patrimoine » identifié et répertorié en tant que tel. Les recherches classiques sur les bases de données du patrimoine se sont révélées infructueuses. Les laboratoires de recherche ne font pas état, sur leur site Internet, de tous leurs équipements. Les chances de trouver un instrument « vieux » qui n'est plus utilisé sont encore plus faibles. En raison de son gros gabarit, il était possible de rencontrer des objets exposés en extérieur, mais dans ces cas-là, c'est un peu comme une sculpture de rond-point que l'on ne mentionne nulle part. Les musées n'adoptant pas tous la même politique de communication, certains ne dévoilent pas le contenu des expositions, et donc les objets faisant partie des collections. Une méthodologie de recherche alternative a été développée, en ce sens qu'elle se doit de ne pas cibler de manière précise l'objet de la recherche <sup>17</sup>. Il a été nécessaire d'intégrer une « mesure d'incertitude », plus ou moins grande autour de notre « valeur » de recherche : l'accélérateur de particules Cockcroft-Walton.

- <sup>14</sup> La connaissance de l'objet en amont oriente la méthodologie : les autres noms de cet appareil (Greinacher, Cascade, Multiplicateur, etc.), les événements marquants de l'histoire à laquelle il est associé (l'année 1932, la Seconde Guerre mondiale, le laboratoire Cavendish, etc.), mais aussi son esthétisme et ses représentations <sup>18</sup>. Ainsi il a été nécessaire et très utile de mener des recherches informatiques en incluant les résultats « images », le nom exact de l'objet et toutes les variantes mal orthographiées, les synonymes, les autres langues et de faire ces reconnaissances sur différents ordinateurs et à différents moments du processus de recherche.

Comment sont présentés les résultats ?

- 15 Pour certains accélérateurs, un dossier documentaire complet regroupant à la fois leur valorisation actuelle et les traces historiques liées à leur utilisation a été constitué tandis que d'autres n'ont qu'une photographie et une maigre légende. Certains sont identifiés avec certitude, tandis que d'autres n'existent qu'à travers une trace écrite ou photographique. La question se pose donc de savoir comment présenter ces résultats.
- 16 En plus du répertoire documentaire complet, le choix a été fait de réaliser un tableau conséquent qui regroupe l'ensemble des accélérateurs Cockcroft-Walton retrouvés. Ce tableau rassemble les accélérateurs de particules CW par régions du monde, donne leur localisation (pays, ville, laboratoire), des informations sur la source qui a permis de trouver leur trace, les dates marquantes de leur fonctionnement (première utilisation, achat, mise hors service, destruction, etc.), la puissance, le fabricant, et une information sur son accessibilité actuelles (conservé dans des réserves, remonté à l'extérieur, détruit, etc.). Toutes les informations ne sont pas présentes pour tous les accélérateurs. Pour certains, ce tableau représente l'ensemble des données recueillies ; pour d'autres, ce n'est qu'un bref aperçu. Il commence par présenter les accélérateurs CW en France puis, de manière générale, en Europe (Royaume-Uni, Suisse, Espagne, Italie, Portugal, Allemagne, Belgique, Hongrie, Pays-Bas, Suède). Arrivent ensuite ceux trouvés sur le continent nord-américain (Canada, Etats-Unis), puis dans le reste du monde (Afrique du sud, Argentine, Australie, Chili, Chine, Japon, Corée, Mexique, Taïwan, Pakistan, Turquie, Inde, Yougoslavie, Nouvelle-Zélande, Pologne).
- 17 Au total, 126 accélérateurs de particules de type Cockcroft-Walton sont identifiés à travers le monde (dont 7 en France). Plusieurs points semblent intéressants à discuter : Où se situent ces

accélérateurs dans le monde ? Combien de ces accélérateurs ont persisté dans le temps et existent encore aujourd'hui ? Parmi ces accélérateurs « actuels », combien sont visibles ? Comment le sont-ils ?

- 18 Ces résultats sont représentés sous forme de cartes géographiques sur lesquelles les accélérateurs sont indiqués (Fig.2).

Figure 2. Représentation cartographique de la répartition des accélérateurs de particules de type Cockcroft-Walton retrouvés lors de nos recherches, en France et dans les pays limitrophes. (carte réalisée avec l'application *Google maps*)



Les accélérateurs CW dont nous avons seulement une trace historique (cité dans un article de recherche, identifié sur une photographie d'époque, cité dans un rapport, etc.) sont représentés par un rond rouge ; les accélérateurs CW qui sont encore probablement en fonctionnement sont identifiables par un rond jaune ; les accélérateurs qui sont conservés démontés dans des réserves d'un musée ou dans les locaux d'un laboratoire sont marqués par un rond vert. Enfin, les accélérateurs remontés dans un musée, un laboratoire ou sur un espace public, sont repérables par le petit logo bleu qui est assimilable à la forme générale de la haute tension.

□ Séverine Derolez

# Les accélérateurs CW en France

19 En France, nous avons retrouvé la trace de 7 accélérateurs CW :

1) À l'Institut de physique Nucléaire de Lyon sur le campus de l'Université Lyon 1 (voir première partie) ;

2) Au musée des Confluences, à Lyon. Ce dernier, moteur de notre travail, est exposé au public depuis l'ouverture du musée en 2014, dans l'exposition « Sociétés : le théâtre des hommes ».

L'accélérateur, qui a fonctionné jusqu'en 1980, a été utilisé par les services de la Défense nationale au Fort de Montrouge pour étalonner ses appareils de dosimétrie et de radioprotection. Il appartient à la Cité des sciences de Paris (Universcience) et a été fabriqué par Philips en 1958.

3) Au laboratoire de synthèse atomique d'Ivry, chez les Joliot-Curie (il en existait probablement deux). Même si cet objet ne fait pas l'objet d'une valorisation, il reste, de notre point de vue, à la fois emblématique de la physique nucléaire en France, mais aussi de la perte patrimoniale occasionnée par la prise de conscience tardive de l'importance de ces objets. Lors de l'exposition intitulée « Doisneau chez les Joliot-Curie », présentée au public en 2005 au musée des Arts et Métiers de Paris, un cliché atteste bien de l'existence de cet accélérateur que Joliot a récupéré en Allemagne après la Seconde Guerre mondiale. Mais de l'accélérateur CW utilisé au laboratoire de synthèse atomique d'Ivry-sur-Seine, il ne reste apparemment rien.

4) Dans le laboratoire de physique de l'École Normale Supérieure de Paris, cité dans un article de recherche.

5) À Strasbourg, sur le campus de sciences. Grâce à l'AMUSS (Association de Culture et Muséographie Scientifiques de Strasbourg), cet accélérateur a été remonté au cours des mois de septembre et octobre de l'année 1999, sous la direction d'un

ingénieur du laboratoire et avec l'aide des techniciens retraités. Pour effectuer ce remontage, les responsables possédaient des photographies d'archives, des plans de montage et le savoir-faire d'un technicien qui avait utilisé l'appareil lors de sa période de fonctionnement <sup>19</sup>. La partie remontée concerne la portion supérieure de l'accélérateur de particules (générateur de tension et partie accélératrice). Lors d'une visite sur place en 2014, l'expertise de l'élève restaurateur M. Geindreau révèle que les éléments ont apparemment été peints et que des altérations sont déjà visibles au niveau des peintures de revêtement et des éléments en bakélite.

6) Chez Max Morand (1900 - 1990) à Lyon. Pour celui-ci, nous n'avons rien trouvé de plus qu'une trace dans la littérature de l'IPNL.

7) Dans un laboratoire de physique grenoblois, cité dans un article de recherche mais dont nous n'avons pas trouvé d'autre trace.

- 20 Parmi ces sept accélérateurs, trois existent donc encore : les deux qui sont au centre de notre étude (celui exposé au musée des Confluences et celui de l'IPNL) et une partie de celui qui était utilisé à Strasbourg.

## Les accélérateurs Cockcroft-Walton aujourd'hui dans le monde

- 21 La carte suivante (Fig.3) permet de voir la répartition globale des accélérateurs Cockcroft-Walton repérés.

Figure 3. Représentation cartographique de la répartition des accélérateurs de particules de type Cockcroft-Walton retrouvés lors de nos recherches, à travers le monde (réalisée avec l'application *Google maps*)



Les points de densité se situent essentiellement de la frontière Est de la France au Royaume-Uni et sur la partie Est des États-Unis (une trentaine). Mais il est intéressant de noter qu'un pays comme le Japon en possédait également dix, l'Allemagne huit et qu'elle n'en a apparemment conservé aucun, la Suisse neuf à elle seule, et le Royaume-Uni quatorze. Aucun n'a été retrouvé en ex-URSS, mais l'importance de la recherche nucléaire à l'époque laisse penser qu'il devait forcément y en avoir.

□ Séverine Derolez

## Royaume-Uni : « terre-mère » des accélérateurs CW

- 22 Le Royaume-Uni est en quelque sorte la « terre mère » de ces instruments. Six ont été identifiés avec certitude, mais d'autres sources indiquent qu'il y en avait probablement le double. Ce recensement ne prend pas en compte le morceau du tout premier prototype, conservé à l'Université de Cambridge. Parmi ces accélérateurs, deux appartiennent à des instituts de recherche (Université de Cambridge et *Cockcroft Institute*) et quatre à des institutions muséales (*Science Museum* (deux), *Hunterian Museum*, *National Museum of Scotland*). Les accélérateurs conservés dans les centres de recherche sont remontés dans des lieux de passage de ces institutions. Mais leur accessibilité reste dépendante de celle du laboratoire.

## Suisse : entre utilisation et valorisation

- 23 Au CERN (Organisation européenne pour la recherche nucléaire), un accélérateur Cockcroft-Walton est remonté dans l'espace d'exposition Microcosm qui est accessible au public, mais non de manière permanente. Ce générateur Philips a été remonté par les équipes (et avec les moyens) mises à disposition par le CERN pour ce projet, dans les années 1990. L'expertise apportée par Geindreau sur cet appareil indique qu'un revêtement a été appliqué sur les pare-effluves et une peinture résistant aux intempéries sur les éléments de bakélite. Malgré le temps, il n'y a pas de corrosion, mais un ternissement général des matériaux et un désajustement des pièces. L'appareil est donc « protégé » pour tenir à l'extérieur, mais ses matériaux d'origine ne sont plus visibles et les revêtements appliqués semblent « salir » l'objet <sup>20</sup>.

« Le jeudi pour nous c'était Villigen en Suisse, car il y avait l'institut Paul Scherrer [...] remarque : les Suisses ne font pas seulement le fromage » (auteur anonyme).

- 24 Voici comment a commencé notre rencontre avec cet instrument, encore en fonctionnement : par un blog d'adolescent en visite scolaire, puis, plus tard, avec la page qui est destinée à l'accélérateur sur le site Internet de l'Institut Paul Scherrer (Suisse).

« L'origine du faisceau de protons au PSI est un accélérateur linéaire au look rétro. Ce modèle charismatique est baptisé Cockcroft-Walton, du nom de l'inventeur du principe. Depuis 1984, il fournit la première étape d'accélération des protons, qui sont ensuite amenés dans l'accélérateur circulaire à une vitesse équivalant à 80% de la vitesse de la lumière. Depuis des décennies, c'est ici qu'est généré un faisceau de protons remarquable qui, grâce à des améliorations continues,

détient même depuis 1994 le record du monde du faisceau le plus performant <sup>21</sup> ».

- 25 C'est par l'intermédiaire de Pascal Lequitte, commercial de la société Haefely, que l'existence du générateur de hautes tensions décrit ci-dessous a été révélée. Il est remonté à l'extérieur, devant le musée de l'électricité fondé par la société Elektra Birseck (EBM) à Münchenstein. EBM est l'un des fournisseurs d'énergie suisse. Elle alimente 226 000 personnes en Suisse du Nord-Ouest et en Alsace, tout en exploitant plus de 170 installations en Suisse, en Alsace et en Allemagne du Sud.

## Espagne et Italie : des exemples de valorisation muséale

- 26 La recherche par image a permis de trouver un accélérateur, conservé dans le musée de sciences appelé le MUNCYT (Coruña) en Espagne. Il est exposé dans le département de physique, au sein de la section physique nucléaire. Les recherches en physique nucléaire commencèrent timidement en Espagne, après l'attribution du Prix Nobel à Cockcroft et Walton. Les quelques éléments conservés sont ceux d'origine, issus du premier accélérateur construit en 1957 en Espagne.
- 27 Le musée italien de la technologie électrique a été créé en mars 2000 par un accord entre l'Université de Pavie, la région de Lombardie, la province de Pavie et de la ville de Pavie. C'est en parcourant la galerie de photographie du musée qu'a été trouvé cet instrument, avec très peu de précisions. Il est manifestement conservé dans sa globalité. Antérieur à 1945, il fournissait une tension de 560 kV. Des échanges avec le musée ont permis de savoir qu'il a été construit avant la Seconde Guerre mondiale, mais intensément utilisé après la fin de celle-ci au sein de l'institut de physique de l'Université de

Pavie. Il s'agit bien ici de la haute tension connectée à un accélérateur de protons linéaire. Grâce à Paolo Brenni, son dossier est enrichi de photos prises lors du remontage dans le musée, ainsi que d'un article de recherche de 1956 décrivant le fonctionnement de l'appareil et son utilisation au sein du laboratoire Volta.

## Portugal

- 28 Dans le jardin du musée national d'histoire naturelle et des sciences de Lisbonne se trouve une partie d'un accélérateur de 0,6 MeV. Il est arrivé au Portugal en 1957 à l'Institut technologique et nucléaire (ITN) et a été acquis dans les années 1990 par le professeur Gil Bragança pour le musée. Il porte la marque de fabrication de la société américaine *Hight Voltage* <sup>22</sup>.

## Chili (Beauchef)

- 29 Lorsque l'accélérateur de particules de Cockcroft-Walton de Beauchef (Région métropolitaine de Santiago) a commencé ses activités, le développement de la physique au Chili a littéralement pris un autre rythme. Cet instrument est maintenant répertorié comme une pièce de musée et exposé dans l'une des cours du campus Beauchef. Son acquisition est le résultat d'une initiative de l'ancien recteur de l'Université du Chili, Juan Gómez Millas (1953-1963), qui croyait qu'aucun pays, quel que soit son niveau de développement, ne pouvait manquer d'intérêt pour la recherche scientifique. L'accélérateur de particules a été fabriqué par Philips, en 1954, pour être installé dans le sous-sol du bâtiment du Département de physique et exploité de 1956 à 1967 <sup>23</sup>. Cet accélérateur, remonté en extérieur, ne semble pas avoir de

protection particulière contre les intempéries. En revanche, c'est le seul qui est monté dans sa totalité.

## Chine (Beijing)

- 30 Lors d'un colloque en Chine, un physicien américain a eu l'occasion de visiter le laboratoire IHEP (*Institut of High Energy Physics*), et a photographié cette partie d'accélérateur remontée devant l'entrée du bâtiment (Fig.4). Cette photographie a été postée sur un réseau social, et c'est par ce biais qu'il a été identifié.

Figure 4 : Partie d'un accélérateur Cockcroft-Walton remonté à l'extérieur devant l'Institut Physique des hautes énergies de Beijing, Chine



Crédit photographique : Richard Ruiz.

- 31 Sur son site Internet, l'IHEP décrit un générateur Cockcroft-Walton intégré au Beijing Proton LINAC (BPL) 35 MeV. La description coïncide avec l'objet photographié par M. Ruiz et il y a une

probabilité pour que ce soit le même appareil. Ce premier gros accélérateur chinois a été mis en service en 1987 et fut récompensé en 1991 par le premier prix national pour le progrès des sciences et les technologies. Ici, le générateur de hautes tensions Cockcroft-Walton fait office d'injecteur (750 keV) et a été monté en collaboration avec les physiciens du *Fermi Lab* (États-Unis). Le BPL est lui-même une partie d'un plus gros accélérateur : le BPS (*Beijing Proton Synchrotron*) qui atteint 50 GeV.

## Chine (Taiwan)

- 32 Dans la galerie consacrée à la physique du musée de l'Université Nationale de Taïwan se trouve le premier accélérateur de particules Cockcroft-Walton construit en Asie. Il a été construit par l'équipe du professeur Arakatsu Bunsaku, pendant le régime colonial japonais (avant 1945). L'accélérateur fut reconstruit après la Seconde Guerre mondiale et a permis aux physiciens de reproduire l'expérience de fission du lithium en 1948. Il est exposé au public depuis 2005, dans une salle reconstituant un laboratoire de physique de l'époque. Cet appareil a été identifié grâce au référencement photographique sur le blog d'un Américain qui a habité à Taïwan <sup>24</sup>, puis par le site institutionnel du musée <sup>25</sup>.

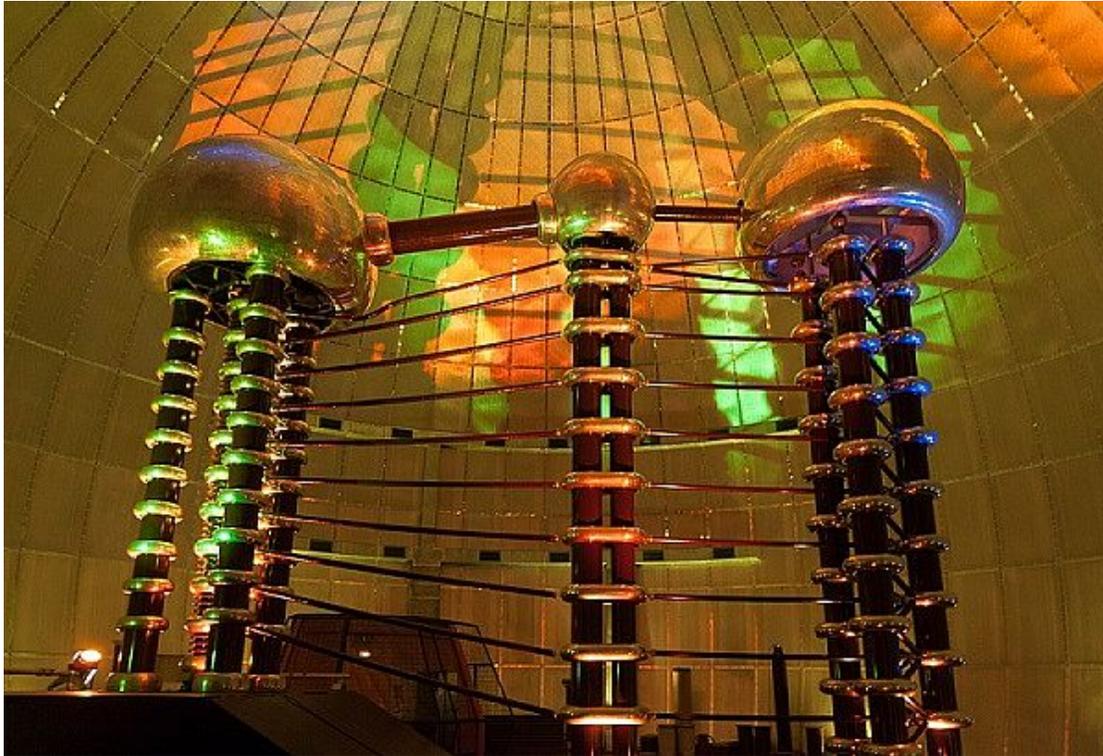
## Des objets proches : microscope électronique ou laboratoire d'essai à haute tension

- 33 Un accélérateur de particules est composé de plusieurs éléments dont un générateur de hautes tensions. C'est d'ailleurs la présence d'un générateur de hautes tensions de type Cockcroft-Walton qui donne son nom à l'accélérateur. Mais les accélérateurs de particules ne sont pas les seuls instruments scientifiques à être composés d'un

générateur haute-tension. Parmi les objets proches d'un accélérateur de particules CW et étant accessibles au public, deux autres exemples méritent d'être cités : celui du microscope électronique de Toulouse et du centre de recherche à haute tension d'Istra en Russie.

- 34 Construit par Jeanne Marvige dans le quartier de Rangueil, le bâtiment appelé « la boule » abrite un puissant microscope électronique à très haute tension (Fig.5). Cet objet a été inauguré en grande pompe par le Général de Gaulle en février 1959. Il a été immortalisé par le photographe toulousain Jean Dieuzaide. Appartenant au laboratoire CEMES/CNRS, ce microscope n'est plus utilisé aujourd'hui, mais il est accessible au public lors d'évènements comme les journées du patrimoine. La vidéo faite par des enfants lors de leur visite dans la boule Rangueil <sup>26</sup> montre que la haute tension de type CW qui alimente le microscope a été construite par la société Haefely (la même que celle qui a construit l'accélérateur de particules de l'Institut de physique nucléaire de Lyon). Les échanges avec la société ont permis de savoir que cette haute tension de 1,5 MeV a été commandée par le professeur Gaston Dupouy pour le laboratoire toulousain. Cet objet est conservé dans l'établissement où il a été utilisé, mais aussi dans un bâtiment qui a été construit spécialement pour lui et ses dimensions hors-normes.

Figure 5. Haute tension de type Cockcroft-Walton du microscope électronique de Rangueil, dans son bâtiment appelé « la boule » à Toulouse en 2011



Crédit photographique : Bernard Rome

- 35 Un autre exemple de haute tension très relayée par le public se trouve en Russie. Surnommée « *High Voltage Marx and Tesla Generators Research Facility* » (Centre de Recherche des Générateurs Tesla et Marx à Haut Voltage), cette installation fait partie de l'Université d'ingénierie électrique de Moscou (Fig.6). Elle se trouve dans la paisible ville d'Istra, à 40 km à l'ouest de Moscou. La quantité d'informations non scientifiques sur cet instrument et la lecture du Russe rendent les recherches assez complexes. Un article de recherche diffusé par l'Université de Harvard confirme que l'installation appartient bien au « *High-Voltage Research Center, All-Russia Institute of Electrical Engineering, Istra, Russia* » et que des physiciens de plusieurs structures y ont accès (Académie des sciences russe, Institut de physique appliquée, Université des hautes études économiques de Moscou <sup>27</sup>). Construite dans les années 1970, elle sert à l'étude de la foudre et de son impact sur diverses

installations et comporterait un générateur de Marx, un multiplicateur de tension Cockcroft-Walton et des bobines de Tesla. L'installation est toujours en fonctionnement, même si on la présente souvent comme « une base abandonnée ». Elle peut être accessible à la visite sur demande. Attirant les curieux et les artistes, les photographies du site d'Istra sont nombreuses. Nous avons choisi les clichés de la photographe russe Elena Liseykina Petrova qui a accepté d'échanger avec nous sur sa séance de photographies en famille à Istra. L'objet a toujours connu des conditions climatiques extrêmes. Il présente de nombreuses altérations (une corrosion très forte). Les barrières qui délimitent le centre de recherche tombent sous le poids de la neige, ce qui rend l'endroit accessible au tout-venant.

Figure 6 : installation de haute tension sur le site d'Istra, Russie, 2013





Crédit photographique : Elena Liseykina Petrova

## Conclusion

- 36 Cette enquête a été réalisée avec l'objectif de voir s'il y avait eu un intérêt patrimonial en faveur des accélérateurs de particules CW, et si c'était le cas, comment ces gros instruments de la science avaient été conservés et, si possible, dans quel but. Sur les 126 accélérateurs CW identifiés à travers le monde, nous pouvons observer un certain nombre de pratiques qui nous éclairent sur ces questions.
- 37 15 ont été conservés et accessibles au public (12%), 3 sont encore en fonctionnement. Ces objets sont exposés dans des structures différentes suivant des modes de préservations parfois divergents. Le tableau ci-dessous (tableau 1) donne un petit récapitulatif des informations collectées à propos des objets visibles par le public :

Tableau récapitulatif des accélérateurs de particules de type Cockcroft-Walton faisant l'objet d'une exposition ou d'un remontage, et quelques-unes de leurs spécificités.

Identification de l'objet	Lieu	Intérieur ou extérieur	Partie de l'objet concernée	Restauration si spécifiée	Commentaires sur l'état général de l'objet
Lyon(France)	Exposé dans le musée des Confluences	Intérieur	Partie supérieure de l'accélérateur	Restauration muséale	Bon état
Strasbourg (France)	Remonté sur le campus	Extérieur	Partie supérieure	Peinture de revêtement	Altération du revêtement, Bakélite altérée
Cambridge (Royaume-Uni)	Remonté dans le couloir d'un laboratoire	Intérieur	Partie supérieure	Nettoyage intégral	Bon état
Daresbury (Royaume-Uni)	Remonté dans le hall d'entrée de l'institut	Intérieur	Générateur de hautes tensions (et une autre partie probablement)	Nettoyage intégral	Bon état
Edimbourg (Royaume-Uni)	Exposé dans le musée	Intérieur	Une partie du générateur de hautes tensions	Restauration muséale	Bon état
Cavendish (Royaume-Uni)	Exposé dans le musée universitaire	Intérieur	Un condensateur		Bon état
Genève (Suisse)	Remonté dans le jardin du musée	Extérieur	Partie supérieure de l'accélérateur	Peinture anticorrosion	Ternissement général, pièces mal ajustées
Bâle (Suisse)	Remonté à l'entrée du	Extérieur	Générateur de hautes tensions		Ternissement général

	musée				
MUNCYT (Espagne)	Exposé dans le musée	Intérieur	Partie supérieure de l'accélérateur	Restauration muséale	Bon état
Pavie (Italie)	Exposé dans le musée	Intérieur	Partie supérieure de l'accélérateur	Restauration muséale	Bon état
Lisbonne (Portugal)	Remonté dans le jardin de l'université	Extérieur	Partie supérieure de l'accélérateur		Ternissement, corrosion assez forte
Beauchef (Chili)	Remonté dans le jardin de l'université	Extérieur	Partie supérieure et inférieure de l'accélérateur (manque l'alimentation et les pupitres de commande)		Ternissement général
Beijing (Chine)	Remonté devant le laboratoire	Extérieur	Générateur de hautes tensions		Ternissement accentué
Taiïwan (Chine)	Exposé dans le musée universitaire	Intérieur	(Intégralité ?)	Nettoyage	Bon état
Debrecen (Hongrie)	Remonté devant le laboratoire INR (Atomki)	Extérieur	Partie supérieure de l'accélérateur		Bon état

Ce tableau réunit donc les quelques accélérateurs de particules de type Cockcroft-Walton ayant fait l'objet d'une sauvegarde et qui sont accessibles au public, identifiés par leur localisation (ville et pays). Pour chacun, est spécifié le lieu où l'objet est présenté (dans un musée, sur un campus, dans un laboratoire, dans un hall ou sur une place publique), si l'objet est en intérieur ou en extérieur, la partie de l'objet concernée par la valorisation, les actions de conservation préventive dont il a fait l'objet (un nettoyage, une peinture amateur ou une démarche de restauration par des professionnels) et un petit commentaire sur l'état de l'objet fait à partir des photos de l'objet.

□ Séverine Derolez

## Lieux et choix de conservation

- 38 Pamir les 15 accélérateurs présentés ci-dessus, nous pouvons distinguer ceux qui sont conservés par des institutions muséales de ceux qui sont conservés *in situ* (au sein des laboratoires, des établissements d'enseignement et de recherche, dans les entreprises, les usines de fabrications, les hôpitaux, etc.). Dans notre cas, aucune des tendances ne se démarque puisque 8 sont conservés dans des musées et 7 *in situ*. Malheureusement pour ces objets, l'enquête a montré qu'ils sont souvent méconnus même par leurs propriétaires et sont confrontés à un désintérêt de la part de la majorité des décideurs <sup>28</sup>. Une institution scientifique est par définition portée vers le progrès. Pour cette communauté, le patrimoine est trop souvent synonyme d'une vision passéiste et rétrograde.
- 39 Le choix le plus marquant en faveur de la conservation de ces instruments concerne leur intégrité : aucun accélérateur CW n'est montré dans sa totalité. Dans la majorité des cas (9 fois sur 15), c'est la partie supérieure de l'accélérateur qui est remontée : le générateur de haute tension et la partie accélératrice. Dans un cas seulement, l'accélérateur a été monté sur pilotis, ceci permettant de montrer la partie inférieure de l'objet (Chili) : la cible et les détecteurs. Le public ne voit jamais le pupitre de commandes.

- 40 Parmi ceux qui peuvent être vus par le public, nous pouvons désormais distinguer :
- Les accélérateurs sauvegardés : ceux qui sont gardés mais qui restent soumis aux intempéries, aux dégradations de l'homme et du temps ;
  - Les accélérateurs conservés : ceux qui sont protégés de la dégradation (on parle ici de conservation préventive) ;
  - Les accélérateurs conservés et stabilisés : ceux dont l'état a nécessité un nettoyage, une protection antirouille pour en améliorer l'aspect (le terme qu'il convient est ici conservation curative) ;
  - Les accélérateurs restaurés : ceux qui ont nécessité une intervention « plus lourde » comme le remplacement d'une pièce trop dégradée, le recollage, la reproduction d'une pièce manquante, etc.
- 41 L'enquête a aussi montré que cet objet est encore trop souvent conservé sans sa documentation associée. En général, il est seulement accompagné d'un petit cartel donnant un minimum d'informations (nom, fabricant, puissance). Les personnes pouvant témoigner de son utilisation passée se font de plus en plus rares. Il est aussi observé que dans 14 cas sur 15, le propriétaire de l'objet est une institution publique qui est souvent bien éloignée des préoccupations des unités de recherche ayant travaillé avec l'objet concerné.
- 42 La préservation des grands instruments de la science, comme l'accélérateur de particules CW, présente des difficultés. Au-delà de ses caractéristiques physiques difficiles à intégrer dans un projet muséographique (hauteur, masse, surface au sol, vieillissement des matériaux, etc.), le manque de documentation technique en vue d'un remontage complet, les moyens financiers que cela nécessite et l'identification précise du propriétaire sont des obstacles à franchir.

Il semble avoir fait l'objet d'une intention de patrimonialisation à travers le monde, mais aucun d'entre eux n'est conservé dans son intégralité dans un cadre pérenne. N'est-ce pas le signe que le processus de patrimonialisation pour ces objets n'est pas achevé mais doit encore être consolidé en vue d'une reconnaissance pérenne.

---

## BIBLIOGRAPHIE

BELLANCA-PENEL Pascal, *Jean Thibaud, un atomiste du XX<sup>e</sup> siècle*, Thèse de doctorat, laboratoire S2HEP, Université de Lyon, 2016.

BONNOT Thierry, *La vie des objets : d'ustensiles banals à objets de collection*, Paris, Maison des sciences de l'homme, coll. « Ethnologie de la France », n<sup>o</sup>22, 2002.

BRENNI Paolo, « L'importance des instruments scientifiques comme témoignages matériels de l'histoire des sciences et des techniques », dans CUENCA Catherine, THOMAS Yves & BALLÉ Catherine, *Le patrimoine scientifique et technique contemporain : un programme de sauvegarde en pays de la Loire*, Paris, L'Harmattan, coll. « Patrimoines et Sociétés », 2005.

BRENNI Paolo, « Les instruments scientifiques anciens : un patrimoine à redécouvrir », *Bulletin de la Sabix. Société des amis de la Bibliothèque et de l'Histoire de l'École polytechnique*, n<sup>o</sup>18, 1<sup>er</sup> décembre 1997, p.5-7.

DEROLEZ Séverine, *La patrimonialisation des objets scientifiques contemporains et leurs contextes de valorisation : cas de l'accélérateur de particules Cockcroft-Walton*, thèse de doctorat, Université de Lyon, 2016.

DEROLEZ Séverine, « L'accélérateur de particules Cockcroft-Walton dans les bandes-dessinées : un contenu représentationnel uniquement esthétique ? », *Inter-pares*, n<sup>o</sup>6, juin 2016, p.11-18.

GEINDREAU Rémy, *Contribution de la conservation-restauration au destin patrimonial d'un générateur Cockcroft-Walton*, Avignon, École Supérieure d'Art d'Avignon, 2014.

GELLEREAU Michèle, « Le récit de témoignage sur les usages comme reconstruction du sens des objets », *Culture et musées*, n°18, 2012, p.75-97.

GOYON Jean, « Témoignage », 27 juin 2013, communication privée.

HENNEMANN Laura, « Il date des années 1980, mais il est toujours aussi fiable », sur *Faszination Forschung | Paul Scherrer Institut (PSI)*, <https://www.psi.ch/media/>, 23 septembre 2014, consulté le 21 avril 2016.

KOSTINSKIY Alexander Yu., Vladimir S. SYSSOEV, Nikolay A. BOGATOV, Evgeny A. MAREEV, Mikhail G. ANDREEV, Leonid M. MAKALSKY, Dmitry I. SUKHAREVSKY et Vladimir A. RAKOV, « Observation of a new class of electric discharges within artificial clouds of charged water droplets and its implication for lightning initiation within thunderclouds », *Geophysical Research Letters*, vol.42, 1<sup>er</sup> octobre 2015, p.8165-8171.

LISEYKINA Elena, « Elena Liseykina », sur *SmugMug*, <http://www.liseykina.com>, 2013, consulté le 26 avril 2016.

Office de Coopération et d'Information Muséales et Université de Bourgogne, « Plateforme OCIM-Universités 2010, Observatoire du patrimoine et de la culture scientifiques et techniques - OPCST », [http://ocim.fr/wp-content/uploads/2013/11/Universites\\_130627.pdf](http://ocim.fr/wp-content/uploads/2013/11/Universites_130627.pdf), consulté le 2 décembre 2015.

OTERO Sofia et DANIELA Cid, « El acelerador Cockroft-Walton », sur *Inter Acciones*, [http://www.dfi.uchile.cl/~newsletter/index.php?option=com\\_content&view=article&id=8:el-acelerador-cockroft-walton&catid=6:todo-por-la-ciencia](http://www.dfi.uchile.cl/~newsletter/index.php?option=com_content&view=article&id=8:el-acelerador-cockroft-walton&catid=6:todo-por-la-ciencia), 2008, consulté le 21 avril 2016.

PELLEQUER Bernard, « Les grands instruments de la science - Culture, science et innovation au Cern », dans *Patrimoine scientifique et technique : un projet contemporain*, dans BALLÉ Catherine, CUENCA Catherine & THOULOZE Daniel, Paris, La Documentation française, 2010.

REID David, « Museums at NTU », sur *David on Formosa*, <http://blog.taiwan-guide.org/2008/08/museums-taipei-ntu/>, 3 août 2008, consulté le 25 avril 2016.

RUIZ Richard, « @bravelittlemuon », <https://twitter.com/bravelittlemuon>, 2014, consulté le 24 avril 2016.

SALIN Raymond, « Témoignage », 12 avril 2013, communication privée.

SOULET Jean-François, *L'histoire immédiate historiographie, sources et méthodes*, Paris, A. Colin, 2012.

TEIXEIRA Vasco, « Há um acelerador de partículas no Museu | Sul Informação », sur *Sulinformação*, <http://www.sulinformacao.pt/2013/06/ha-um-acelerador-de-particulas-no->

museu/, juin 2013, consulté le 21 avril 2016.

Nobel Media AB. (2016). *Accelerators in use*. Consulté 24 mai 2016, à l'adresse <https://www.nobelprize.org/educational/physics/accelerators/overview-1.html>

« NTU Museums », [http://www.museums.ntu.edu.tw/english/museums\\_physics.jsp](http://www.museums.ntu.edu.tw/english/museums_physics.jsp), 2014, consulté le 25 avril 2016.

« Un microscope électronique de légende », sur *Chic Planet Toulouse*, [http://www.chicplanet.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=70:visite-de-qla-bouleq-cemes-de-rangueil&catid=35:reportages&Itemid=27](http://www.chicplanet.org/index.php?option=com_content&view=article&id=70:visite-de-qla-bouleq-cemes-de-rangueil&catid=35:reportages&Itemid=27), 2011, consulté le 25 avril 2016.

« Ernest T.S. Walton - Nobel Lecture: The Artificial Production of Fast Particles », sur *Nobel Lecture Physics 1942-1962*, [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1951/walton-lecture.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1951/walton-lecture.html), 11 décembre 1951, consulté le 14 septembre 2015.

## NOTES

1. Notamment celle avec Thomas Edward Allibone (1903 - 2003) en 1927 et celle avec George Anthony Gamow (1904 - 1968) en 1929.

2. WALTON Ernest, « The Artificial Production of Fast Particles », Lectures des prix Nobel de physique 1942-1962, prononcée le 11 décembre 1951, [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1951/walton-lecture.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1951/walton-lecture.html), consulté le 14 mai 2016.

3. Nobel Media AB « Accelerators in use ». Consulté 24 mai 2016, articles en lien avec les prix nobels, <https://www.nobelprize.org/educational/physics/accelerators/overview-1.html>, consulté le 24 mai 2016.

4. BELLANCA-PENEL Pascal, *Jean Thibaud, un atomiste du XX<sup>e</sup> siècle*, Thèse de doctorat, laboratoire S2HEP, Université de Lyon, 2016.

5. La caserne a été construite dans le 7<sup>e</sup> arrondissement de Lyon en 1840 à côté de la Société Jalabert et C<sup>ie</sup> dont l'usine, connue sous le nom de « Vitriolerie » a été fondée en 1803. À l'extrémité sud du bâtiment se trouvait une autre Vitriolerie, plus petite, probablement détruite lors de la construction du fort.

6. Nous sommes avant 1960, donc l'appareil a coûté 20 000 000 d'anciens francs. Pour la conversion, nous utilisons un convertisseur en ligne, développé par l'INSEE. Compte tenu de l'érosion monétaire due à l'inflation, le pouvoir d'achat de 20 000 000 anciens francs en 1951 correspondait en 2015 à 479 650 euros.

7. Ce témoignage a été recueilli en avril 2013 au domicile de M. Salin. Le questionnaire utilisé était celui développé par l'équipe de l'Université de Toulouse, découvert lors des rencontres sur les récits de vies savantes. Les propos sont donc retranscrits de l'oral et n'ont pas été modifiés ou interprétés.

8. Le rapport de pré-restauration n'indique pas la présence de porcelaine. Peut-être que ces éléments faisaient partie des éléments liés à la chaîne de détection (qui se situe en périphérie de l'accélérateur) ou une confusion avec un autre matériau (la Haefelyte).

9. GOYON Jean, « Témoignage », 27 juin 2013, communication privée ; Salin Raymond, « Témoignage », 12 avril 2013, communication privée.

10. BRENNI Paolo, « L'importance des instruments scientifiques comme témoignages matériels de l'histoire des sciences et des techniques », dans CUENCA Catherine, THOMAS Yves & BALLÉ Catherine, *Le patrimoine scientifique et technique contemporain : un programme de sauvegarde en pays de la Loire*, Paris, L'Harmattan, 2005.

11. SOULET Jean-François, *L'histoire immédiate historiographie, sources et méthodes*, Paris, A. Colin, 2012.

12. DEROLEZ Séverine, *La patrimonialisation des objets scientifiques contemporains et leurs contextes de valorisation : cas de l'accélérateur de particules Cockcroft-Walton*, Thèse de doctorat, laboratoire S2HEP, Université de Lyon, 2016.

13. GEINDREAU Rémy, *Contribution de la conservation-restauration au destin patrimonial d'un générateur Cockcroft-Walton*, Avignon, École Supérieure d'Art d'Avignon, 2014.

14. GELLEREAU Michelle, « Le récit de témoignage sur les usages comme reconstruction du sens des objets », *Culture et musées*, n° 18, 2012, p. 75-97 ; BONNOT Thierry, *La vie des objets : d'ustensiles banals à objets de collection*, Paris, Maison des sciences de l'homme, 2002.

15. BRENNI, Paolo « Les instruments scientifiques anciens : un patrimoine à redécouvrir », *Bulletin de la Sabix. Société des amis de la Bibliothèque et de l'Histoire de l'École polytechnique*, n° 18, 1<sup>er</sup> décembre 1997, p.5-7.

16. PELLEQUER Bernard, « Les grands instruments de la science - Culture, science et innovation au Cern », dans BALLÉ Catherine, CUENCA Catherine & THOULOZE Daniel, *Patrimoine scientifique et technique : un projet contemporain*, Paris, La Documentation française, 2010.

17. Comme pour la majorité des recherches documentaires aujourd'hui, Internet est le support principal d'exploration. Dans cette partie, quand nous utilisons le terme « chercher » ou « rechercher », il signifie la majorité du temps, l'utilisation d'un moteur de recherche.

18. DEROLEZ Séverine, « L'accélérateur de particules Cockcroft-Walton dans les bandes-dessinées : un contenu représentationnel uniquement esthétique ? », *Inter-pares*, n° 6, juin 2016, p. 11-18.

19. GEINDREAU Rémy, *Contribution...*, op.cit., Avignon, 2014.

20. *Ibidem*.

21. HENNEMANN Laura, « Il date des années 1980, mais il est toujours aussi fiable », sur *Faszination Forschung | Paul Scherrer Institut (PSI)*, <https://www.psi.ch/media/>, consulté le 23 septembre 2014

22. TEIXEIRA Vasco, « Há um acelerador de partículas no Museu | Sul Informação », sur *Sulinformação*, <http://www.sulinformacao.pt/2013/06/ha-um-acelerador-de-particulas-no-museu/>, consulté en juin 2013

23. OTERO Sophia et CID Daniela, « El acelerador Cockroft-Walton », sur *Inter Acciones*, [http://www.dfi.uchile.cl/~newsletter/index.php?option=com\\_content&view=article&id=8:el-acelerador-cockroft-walton&catid=6:todo-por-la-ciencia](http://www.dfi.uchile.cl/~newsletter/index.php?option=com_content&view=article&id=8:el-acelerador-cockroft-walton&catid=6:todo-por-la-ciencia), consulté en 2013

24. REID David, « Museums at NTU », sur *David on Formosa*, <http://blog.taiwan-guide.org/2008/08/museums-taipei-ntu/>, consulté le 3 août 2012.

25. Site institutionnel du musée « NTU Museums », [http://www.museums.ntu.edu.tw/english/museums\\_physics.jsp](http://www.museums.ntu.edu.tw/english/museums_physics.jsp), consulté en 2014.

26. « Un microscope électronique de légende », sur *Chic Planet Toulouse*, [http://www.chicplanet.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=70:visite-de-qla-bouleq-cemes-de-rangueil&catid=35:reportages&Itemid=27](http://www.chicplanet.org/index.php?option=com_content&view=article&id=70:visite-de-qla-bouleq-cemes-de-rangueil&catid=35:reportages&Itemid=27), consulté en 2012.

27. KOSTINSKIY Alexander Yu *et al.*, « Observation of a new class of electric discharges within artificial clouds of charged water droplets and its implication for lightning initiation within thunderclouds », *Geophysical Research Letters*, vol. 42, 1<sup>er</sup> octobre 2015, p. 8165-8171.

28. Office de Coopération et d'Information Muséales et Université de Bourgogne, « Plateforme OCIM-Universités 2010, Observatoire du patrimoine et de la culture scientifiques et techniques - OPCST », [http://ocim.fr/wp-content/uploads/2013/11/Universites\\_130627.pdf](http://ocim.fr/wp-content/uploads/2013/11/Universites_130627.pdf), consulté le 2 décembre 2015

---

## RÉSUMÉS

L'article que nous vous proposons est extrait d'un travail de thèse réalisé entre 2012 et 2016 à l'Université Claude Bernard Lyon 1. Cette recherche s'est intéressée à l'étude d'un objet particulier : l'accélérateur de particules de type Cockroft-Walton. Après avoir mené une étude historique sur la naissance du premier prototype sur le territoire anglais, la diffusion des connaissances en physique nucléaire et plus localement son implantation sur le territoire lyonnais ; nous nous sommes rapidement demandé quels autres appareils du

même type ont été conservés. Nous vous présenterons plus particulièrement comment nous sommes partis à la recherche de tous les accélérateurs de ce type ayant existé, en France, en Europe puis dans le monde. Nous vous proposons un regard sur la méthodologie de recherche alternative utilisée pour mener à bien cette enquête ainsi qu'une analyse des résultats qu'elle a apportée.

The article we propose is from a thesis work done between 2012 and 2016 at the University Claude Bernard Lyon 1 (France). This research was interested in the study of a particular object: the particle accelerator Cockcroft-Walton. After having conducted a historical study on the birth of the first prototype in England, the diffusion of knowledge in nuclear physics and more locally its implantation on Lyon, we quickly wondered what other devices of the same type were kept. We will present more specifically how we went in search of all the accelerators of this type that existed, in France, in Europe and in the world. We offer a look at the alternative research methodology used to carry out this survey as well as an analysis of the results it has provided

## INDEX

**Mots-clés** : histoire des techniques, histoire des sciences, big science, patrimoine scientifique

**Keywords** : history of technology, history of science, big science, scientific heritage

## AUTEUR

SÉVERINE DEROLEZ

Spécialiste de la didactique et de l'histoire de la physique-chimie, docteur en Sciences de la communication, membre du laboratoire ICAR (UMR 5191/LabEx ASLAN), Séverine Derolez a effectué sa thèse au musée des Confluences de Lyon, dans le cadre de la mission PATSTEC et du laboratoire S2HEP (Sciences, Société, Historicité, Éducation et Pratiques) de l'Université Claude-Bernard Lyon 1. Ses travaux portent sur la patrimonialisation des instruments scientifiques contemporains et leurs contextes de valorisation.

# La patrimonialisation de l'œuvre du botaniste Henri Gaussen : divers attachements au passé de la science.

*The Patrimonialization of Botanist Henri Gaussen's Studies: Various Attachments to the Scientific Past*

Anne-Claire Jolivet

---

- 1 Au temps du « tout patrimoine <sup>2</sup> », le patrimoine scientifique peut concerner à la fois un lieu, un bien matériel, une figure, des pratiques, une idée. Ces différents « objets » donnent toujours à voir un pan d'un passé choisi par certains dans des circonstances particulières ; d'autant plus qu'il ne s'inscrit pas dans un cadre institutionnel unique et stable. Quelles que soient leurs modalités de gestion, les collections d'histoires naturelles comprenant des types, des figurés et des instruments se placent entre deux mondes <sup>3</sup>, celui de l'Enseignement supérieur et de la recherche (ESR) et celui des musées. L'utilisation d'une planche d'herbiers ou un équipement de physique doit pouvoir répondre à certains besoins des chercheurs et des enseignants, tout en respectant les règles de conservation et de valorisation inhérentes à leur statut patrimonial. Ils doivent pouvoir être utilisés pour la recherche et l'enseignement dans le champ

d'étude qui les a constitués (botanique, géologie, ethnologie, physique, notamment). La légitimité de ces éléments comme témoins du passé de l'institution et des activités scientifiques en serait-elle fragilisée ? Par l'analyse des diverses « opérations » de sauvegarde des productions d'Henri Gaussen et de construction de sa figure, nous déroulerons la chaîne patrimoniale <sup>4</sup> .

« La « chaîne patrimoniale » permet [...] d'objectiver une pragmatique globale du patrimoine, sans privilégier a priori des catégories d'acteurs, de mettre en séquence les actions qui font les destins patrimoniaux accomplis, et de cerner les points d'articulations récurrents du conflit, de l'émotion et de la mobilisation [...] 5 moments composent la séquence complète : désigner, classifier, conserver, restaurer et publiciser <sup>5</sup> . »

- 2 Cet article se placera majoritairement en amont des problématiques muséales, en s'attachant à l'étape « originelle » de l'entrée en patrimoine : celle de la désignation, qui modifie le regard que l'on pose sur l'objet puis son statut. Désigner des traces de sciences pour leur valeur patrimoniale relève de diverses pratiques sociales spécifiques à l'ESR. Nous posons l'hypothèse que mieux connaître les enjeux inhérents à la constitution de ce « patrimoine mou <sup>6</sup> » facilitera la prise en charge postérieure de cet héritage constitué au gré d'intérêts et d'opportunités multiples. Pour comprendre la complexité des phénomènes de patrimonialisation des sciences et ce qu'ils révèlent des mondes scientifiques, cette contribution s'emploie à les décrire via les régimes d'engagement des acteurs impliqués. Ce cadre théorique permet d'éclairer les actions à visée mémorielle et patrimoniale et, notamment, les entrelacements entre leurs dimensions individuelles et collectives. Ces processus ne sont pas entendus comme un enchaînement chronologique de conditions

à pourvoir pour acquérir un statut. Les étapes s'entrecroisent, certaines sont avortées, et d'autres privilégiées. Par l'examen croisé des entretiens d'acteurs, des archives produites et conservées lors des commémorations et des plans de sauvegarde, nous expliciterons dans ce cas particulier, les choix entrepris par les acteurs qui les ont amenés à désigner certaines traces, « au détriment » d'autres. Ce « dépliage <sup>7</sup> » des pratiques sociales donne à voir les tensions en jeu lors de la patrimonialisation d'un pan de l'activité scientifique. Ce travail explicite, dans un contexte très spécifique, les interactions entre le « chercheur » et l'« objet de science » sur qui toute l'attention se tourne pour devenir en premier lieu « objet du passé » puis « objet de leur patrimoine » et éventuellement « objet du patrimoine » !

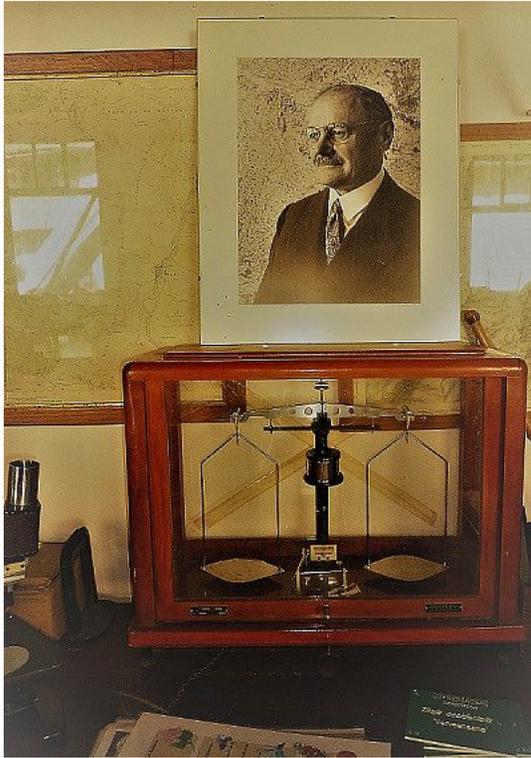
## Des patrimoines en action : quels sont les objets matériels ciblés ?

- 3 Une vie savante <sup>8</sup> se rythme d'étapes, voire de rites d'initiations <sup>9</sup>, qui permettent d'acquérir progressivement les connaissances et les méthodes propre à la recherche et à l'enseignement. Chacune d'entre elles produit et/ou utilise de multiples artefacts spécifiques : archives, cartes, iconographies, collections, publications, instruments, etc... Lorsqu'il s'agit de faire le bilan d'une carrière, à moyen ou plein parcours, le « matériel » mentionné dans le curriculum vitae représente essentiellement des publications : la « science faite » et non celle « en train de se faire <sup>10</sup> ». La conservation de ces articles et ouvrages est déléguée aux bibliothèques et aux éditeurs spécialisés. Quelques exemplaires sont gardés dans le bureau du chercheur constituant la bibliothèque « personnelle » auprès des archives courantes et écritures ordinaires

<sup>11</sup> : des documents administratifs, des manuscrits non achevés, des données récoltées, des correspondances, agendas, etc.

- 4 Henri Gaussen fait partie de ces professeurs d'université qualifiés de prolifiques pour son époque (« plus de 600 publications » <sup>12</sup>). Chercheur des trois premiers quarts du XX<sup>e</sup> siècle, ce botaniste toulousain est un des fondateurs de la phytogéographie et de la carte nationale de la végétation. Explorateur des Pyrénées puis de différents pays du globe, Henri Gaussen est également l'auteur d'une collection de photographies scientifiques et touristiques, de la collection vivante de l'Arboretum de Jouéou, et des herbiers régionaux des Pyrénées. Le Jardin botanique de l'Université Paul Sabatier accueilli dans l'enceinte du Muséum d'histoire naturelle de Toulouse porte son nom. Décryptons les conditions qui ont facilité ou fait avorter les processus de patrimonialisation d'un pan de son œuvre par l'étude des archives disponibles aux Archives départementales de la Haute-Garonne, à la Bibliothèque universitaire du service commun d'études et de conservation des collections patrimoniales et du jardin botanique de l'Université Paul Sabatier, au laboratoire ECOLAB, à l'Académie des sciences et des belles lettres de Toulouse (qui décerne un prix Henri Gaussen) et par la récolte de témoignages d'acteurs ayant participé à ces événements, en tant que professionnels du patrimoine, journalistes ou scientifiques.

Portrait d'Henri Gaussen - Photographie Anne-Claire Jolivet



Disposé dans la salle principale de l'arboretum de Jouéou, le portrait est entouré de divers d'objets du passé.

© Anne-Claire Jolivet

## Rupture ou continuité : sauvegarde du fonds photographique et numérisation de la carte nationale de la végétation

- 5 Parmi les traces provenant de l'activité universitaire d'Henri Gaussen, le fonds photographique a fait l'objet d'une opération patrimoniale spécifique. À partir de la fin des années 80, plusieurs acteurs en lien plus ou moins étroits avec leurs institutions ont collaboré pour sauver et documenter la collection ancienne de plaques des Pyrénées. Les principaux sont : Jean-Paul Métaillé, géographe membre du groupement de recherche ISARD <sup>13</sup>, Guy Durrieu et Paul Rey, tous deux professeurs à l'Université Paul Sabatier, Jo-Link Pezet et Dominique Duport, respectivement présidente et salariée de l'association ADEMAST <sup>14</sup>, et Pierre Izard,

Président du Conseil général de la Haute-Garonne et ancien élève d'Henri Gaussen. Jean Le Pottier, conservateur des antiquités et objets d'arts du Tarn et directeur des Archives départementales de la Haute-Garonne entre 2004 et 2014, résumait l'opération ainsi :

« Cette collection eut la chance à la fin des années 1980 de voir converger sur elle des intérêts multiples : le souci des naturalistes disciples d'Henri Gaussen de voir sa collection continuer à servir ; l'intérêt croissant des géographes pour l'histoire du milieu et l'utilisation des photographies anciennes comme témoignages des évolutions du paysage ; la passion croissante pour le patrimoine, notamment rural, et la volonté de garder l'image d'un monde dont la disparition s'accélérait sous les coups de l'urbanisation ; la volonté de populariser la recherche scientifique, de l'ouvrir sur la cité et de lancer des ponts entre sciences « dures » et sciences humaines, entre science et culture (c'est l'époque où fleurissent les centres de culture scientifique et technique). Vecteurs d'une recherche scientifique, mais aussi œuvres d'arts et témoignages d'un monde disparu, ces photographies ne pouvaient que « parler » à notre temps <sup>15</sup>. »

- 6 Cette citation évoque une convergence d'intérêts qui mérite d'être développée. Les chercheurs et professeurs sans qui le fonds n'aurait pu être sauvé, trouvent ou espèrent maintenir une utilité scientifique à cette collection. Chaque plaque photographique est perçue comme un instantané de la flore et du paysage d'un territoire. La collection acquiert une valeur patrimoniale pour les données qu'elle contient, à exploiter et à transmettre. C'est une promesse de recherches immédiates et ultérieures grâce au regard scientifique de l'auteur, Henri Gaussen. Un engagement qui construit un pont temporel entre des recherches passées et des données disponibles ultérieurement.

« Les lieux qui attiraient son attention [Henri Gaussen] pouvaient être une simple lisière forestière, un éboulis, une tourbière, un pâturage..., scènes banales pour la plupart des touristes photographes qui ne s'y intéressaient pas. Ce que sont devenus l'éboulis, la forêt ou le pâturage est pourtant une question fondamentale pour quiconque cherche à comprendre comment évolue notre environnement <sup>16</sup>. »

- 7 Les avis convergent pour attribuer au fonds des caractéristiques relevant d'une dimension patrimoniale classique : la rareté et l'ancienneté <sup>17</sup>. Notons cependant que le patrimoine n'a pas confisqué entièrement à l'objet tous les qualificatifs qui lui étaient attribués à l'intérieur du monde qui l'a vu naître, celui du secteur scientifique. Le fonds photographique sert et doit servir à la recherche soit en tant que données, soit en tant que faire valoir. Le phénomène de rupture décrit comme nécessaire par Michel Rautenberg <sup>18</sup> pour l'attribution d'un nouveau statut symbolique de l'objet n'est pas ici totale. Certes, le temps qui passe modifie la valeur scientifique et historique des données, mais la justification de l'engagement des acteurs s'inscrit par et pour les sciences. C'est également le cas pour la numérisation de la carte nationale de la végétation financée dans le cadre d'un appel à projet de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) :

« Déjà faire le scan pour sauvegarder, parce qu'il y avait des cartes dont il ne restait plus d'exemplaires, il ne faut pas perdre ce patrimoine ! Et ces informations qui sont précieuses, même si elles ont été faites sur 40 ans, elles ont été faites à un moment donné par région, donc ça donne une trace de ce qu'était la végétation à cette date-là. » <sup>19</sup>

- 8 Face à l'incontournable obsolescence de travaux scientifiques, n'avons-nous pas ici une sorte de résistance à l'idée qu'une vie de

science devienne entièrement désuète, d'autant plus quand celle-ci a occupé de nombreuses responsabilités ? Serait-ce une nécessité de retenir certains éléments dans le présent, ne pas les laisser acquérir pleinement le statut de données historiques ?

## La sélection et le délaissement de certaines traces : l'invisibilité du travail des données.

« Qu'elle soit assimilée à une ressource naturelle ou présentée comme le résultat d'un phénomène climatique, cette entité [la donnée] de toutes les promesses (et de tous les dangers pour les plus pessimistes) n'est quasiment jamais décrite dans des termes précis. » <sup>20</sup>

- 9 Dans sa leçon inaugurale au Collège de France, Serge Abitoul <sup>21</sup> propose de définir la donnée comme une « description élémentaire d'une réalité » ; dans notre cas, cela correspondrait à un état de la végétation observé à un endroit précis décrit par des mesures mais aussi via un instantané photographique. Selon lui, l'information serait obtenue en organisant ces données collectées, en les structurant pour en dégager du sens ; pour le terrain étudié, cela nous évoque la carte ou la collection. Puis, il rajoute que grâce à ces informations, des connaissances sont construites au travers de « lois » ou de concepts ; Henri Gaussen a inventé l'indice xérothermique pour qualifier un climat aride. Sur quelles entités de la vie de laboratoire le regard patrimonial se pose-t-il ? Le « monde d'origine » <sup>22</sup> dont témoigne le bien est celui d'une activité scientifique : un travail des données dont l'objectif et le résultat se matérialise par la publication. Les moyens techniques (inscriptions, modes opératoires et instruments), ainsi que les arrangements financiers et humains qui ont permis d'y accéder sont comme invisibles <sup>23</sup>. Dans notre cas, l'ensemble des éléments et artefacts

qui permettraient la mise en contexte historique et sociale de sa production ne sont pas valorisés ; pour les personnels de laboratoire, ils paraissent difficilement dignes d'intérêts. Les obligations légales des institutions publiques de l'ESR de versement de leurs archives aux archives départementales ou nationales sont peu connues et/ou peu entendues par leurs personnels. N'est-ce pas parce que le tri entre les archives courantes, intermédiaires et permanentes hiérarchise les valeurs d'usages dans le temps ? Elles doivent pouvoir être respectivement définies comme disponibles immédiatement, potentiellement disponibles, et indisponibles pour son producteur. Or la désignation de données intéressantes à sauvegarder par et pour les sciences ne permettent pas à ses archives d'être considérées comme versables. Calquer cette méthodologie archivistique sur l'ensemble des artefacts de sciences : papiers, instruments, collections et fichiers numériques aujourd'hui donnent à voir certaines difficultés de prise en compte patrimoniale des traces de l'activité de l'ESR. Le patrimoine reste « mou » au vu de cet objectif utilitariste. L'organisation de l'accessibilité des données prime et la conservation de l'objet n'est qu'un moyen et non un but en soi.

- 10 Une autre conséquence de cette approche est de percevoir comme « privé » tout ce qui ne décrit pas des résultats publiables, tout ce qui relève des archives ordinaires <sup>24</sup>. Leur périmètre pouvant aller au-delà des brouillons et de post-it, elles peuvent inclure les correspondances, les dossiers administratifs, les cahiers d'intendance de lieu, les préparations de cours et même certains carnets de terrain et livres annotés. Le « public » doit être communicable et présentable, il reste le garant de la scientificité de l'auteur.

**Construction d'une figure savante consensuelle**

11 Si nous avons vu que les objets matériels du passé scientifique contiennent de « précieuses » informations pour ceux qui se mobilisent pour leur sauvegarde, nous allons voir maintenant qu'ils incarnent également une figure dont la construction du récit concilie un homme et sa vie « forte » de science <sup>25</sup>. Lorsqu'il décrit la valeur du fonds photographique, Jean-Paul Métaillé peint simultanément le portrait d'Henri Gausсен :

« C'est une couverture complète de la moitié orientale des Pyrénées, du moins des Pyrénées jusqu'aux Albères, des deux côtés. Et ensuite, c'était l'amplitude des sujets, je dirais la curiosité du bonhomme. Et sa longueur, la longueur de sa collection sur 80 ans quasiment, sur 70 ans. [...] sa valeur : c'est qu'il allait là où les autres n'allaient pas. C'était un marcheur qui sortait des chemins, des sentiers battus. ».

12 Conserver le fonds reviendrait-il à rendre hommage à l'homme de science ? Pour autant, l'héritage d'Henri Gausсен n'a pas été pensé dans une relative globalité ; il avait plusieurs « maisons-laboratoires » et de nombreux héritiers intellectuels. Lors de l'opération de sauvegarde et de documentation des plaques photographiques, la médiatisation construit une figure savante consensuelle : un maître disponible pour ses élèves dont l'exemple inspire, un voyageur-collectionneur dans une tradition naturaliste de l'élite intellectuelle avec ses excursions, un homme-travail dévoué quotidiennement à son œuvre <sup>26</sup>. Ces portraits successifs mettent en contexte et en valeur le fonds photographique mais ce « grand-homme » n'est cependant pas assez prestigieux pour le sanctuariser comme l'ont été Pasteur et la famille Curie <sup>27</sup>. Le processus étudié relève en quelque sorte d'un « cas ordinaire », la postérité d'Henri Gausсен est réelle mais cependant son rayonnement est relatif : il est connu par ses pairs et leurs héritiers,

et il est jugé comme méritant plus de reconnaissance par certains chercheurs de ses disciplines de prédilection. La perte de sa mémoire est perçue comme regrettable par des acteurs culturels et politiques locales, les programmeurs d'évènements de culture scientifique à l'échelle de la ville et le personnel des archives départementales, essentiellement. Aux yeux de tous les acteurs, cités jusqu'à maintenant dans cet article, il est un personnage ancré dans un territoire marqué par les Pyrénées. Dans un registre plus familier, il évoque la silhouette du « patron » qui a arpenté les locaux de l'ancienne faculté des sciences au centre-ville de Toulouse jusqu'à la dernière année de sa vie, il incarne en douceur l'époque révolue du mandarinat. Mais pour les sciences, le local ne suffit pas, voire il décline par une suspicion de médiocrité <sup>28</sup>. Henri Gaussen et son œuvre apporte en même temps un rayonnement par ses travaux de renommée internationale. La figure d'Henri Gaussen concilie le local et le global : elle permet de mettre en récit un territoire en l'inscrivant dans une perspective mondiale. Mais pour autant, il n'est que peu question de musée dédié, ni de décrypter ses écritures manuscrites. L'homme est honoré ainsi que certaines de ces productions, dans les différentes pratiques patrimoniales développées ci-dessous mais le propos ne sera jamais de reconstituer la globalité de son œuvre. La mémoire de l'homme s'adjoint sans se fondre à la conservation et à la transmission de ses productions sans pour autant créer un véritable « musée-laboratoire » <sup>29</sup>.

## Des acteurs au prisme du processus

- 13 Après avoir esquissé le rôle donné aux objets par les acteurs de processus patrimoniaux, ce volet de l'article décrit les pratiques mémorielles rattachées à chaque « geste » de la patrimonialisation

<sup>30</sup> . L'objectif est de percevoir l'environnement de l'acteur, et la dimension collective du processus au regard de l'engagement « individuel ». Au lieu de décliner les cinq chaînons du processus, il semble plus opportun de les résumer en quatre moments : l'oubli et la trouvaille qui sont des temps et événements nécessaires à la désignation, l'inventaire qui inclue l'organisation de la sauvegarde, et la valorisation vers un public plus ou moins éloigné du monde d'origine de l'objet. La présentation de ces gestes s'établit volontairement segmentée et à rebours, afin d'instituer une relative hiérarchie : la transmission constitue la « promesse » du plan de sauvegarde, elle est l'objectif ultime à atteindre ; l'inventaire est une étape nécessaire ; la trouvaille n'est possible que par un préalable oubli qui serait le point de départ sans quoi rien ne pourrait se passer.

## Le temps des célébrations : un miroir aux alouettes pour la sauvegarde du patrimoine scientifique ?

- 14 Attribuer à un objet des valeurs patrimoniales inclut pour les acteurs une nécessité de transmission vers les générations futures. Pour autant, se confond la célébration et la transmission : rendre accessible au présent une œuvre et ses connaissances associées n'est pas l'aboutissement d'un plan. C'est parfois un moyen d'y parvenir, une opportunité pour obtenir des financements ou construire des partenariats, d'autant plus lorsqu'il s'agit de convaincre sur la pertinence du jugement patrimonial. L'un peut aller sans l'autre : toute commémoration dans les mondes scientifiques n'implique pas forcément des opérations patrimoniales <sup>31</sup> ; cependant, il est plus rare pour ces dernières de ne pas être provoquées ou tout au moins catalysées par des pratiques mémorielles. Dans le cas d'Henri Gaussen, « ces disciples, amis et admirateurs » <sup>32</sup> ont commencé

par organiser la célébration de son vivant pour ses 80 ans. A cette occasion, leur choix n'a pas été de réaliser des mélanges <sup>33</sup> mais de constituer (avec son aide) puis de lui offrir dans 20 volumes reliés en cuir, les 607 publications qu'il avait publiées à la date de 1971. La collection comprend toutes sortes d'écrits <sup>34</sup> rassemblés par thématique : par exemple, Pyrénées-Flore, Pyrénées-Végétation, Pyrénées-Expériences économie, Forêts, Biologie, Cartographie, Climats, Montagnes, etc. A son décès, dix ans plus tard, Henri Gaussen mentionne ces ouvrages dans son testament comme devant être légués à la bibliothèque universitaire « qui permettra leur consultation » <sup>35</sup>. Ce bien unique et non normalisé a été identifié par l'institution universitaire comme un fonds de chercheur, il n'a donc pas été traité comme un livre classique qui mérite un catalogage systématique. Sa conservation est assurée mais son accessibilité relative compte-tenu de sa communicabilité inexistante.

- 15 Par la suite, la sauvegarde du fonds photographique s'est réalisée conjointement à la commémoration du centenaire de sa naissance, dans le cadre du « mois Gaussen », en juin 1981. Le programme de l'évènement comprenait des conférences scientifiques universitaires, des journées des académies à l'Hôtel d'Assézat à Toulouse, des excursions dans les Pyrénées à Luchon et à l'arboretum en particulier, et deux expositions. La première présente les photographies prises en charge depuis le début de l'« opération » en 1988: c'est le fruit du travail en cours d'indexation et de documentation du fonds qui se matérialise dans le hall administratif de l'Université Paul Sabatier puis dans la salle de l'Orangerie au Conseil général. La deuxième exposition montre des « documents illustrant la carrière d'Henri Gaussen » <sup>36</sup> dans les salons de l'Hôtel d'Assézat. L'héritier de la chaire de botanique, Jean-Louis Trochain précisait :

« Elle aura permis l'espace d'un instant, et pour le privilège de ceux qui ont pu assister à la séance académique du 5 juin 1991, de rassembler une collection significative de documents portant témoignage d'un cheminement scientifique d'une exceptionnelle densité. Ce catalogue n'a d'autre prétention que celle de sauver de l'oubli l'expression éphémère d'un hommage de reconnaissance et d'admiration. »

- 16 Cette citation résume deux points révélateurs de la prise en charge segmentée de l'héritage d'Henri Gaussen par les universitaires en ce début des années 90. Tout d'abord, elle soulève le caractère momentané des pratiques mémorielles à l'œuvre, et en parallèle témoigne du souhait de les « sauver de l'oubli ». Mais cette intention mémorielle ne s'attarde pas, étonnamment, sur les documents, mais sur l'évènement organisé : le catalogue n'est pas présenté comme une manière de conserver une trace des objets mais de transmettre l'intention des acteurs à rendre hommage par le choix des documents qu'ils ont opéré <sup>37</sup>. Ainsi les chercheurs se désignent comme héritiers tout en hissant leur « maître » au rang de « père » : la « filiation inversée » <sup>38</sup> se réalise par l'entretien de la reconnaissance des pairs au fil du temps et non par la réification de l'œuvre via de multiples objets matériels. Cela semble relever du maintien d'un « entre-soi » <sup>39</sup> souligné ici par le lieu de l'exposition : le salon de l'Hôtel d'Assézat. 27 ans plus tard, Jean-Louis Trochain est à son tour honoré, par la pose d'une plaque commémorative dans le jardin du 41 allées Jules Guesde, bâtiment de l'ancienne faculté des sciences, aujourd'hui siège social de l'Université Fédérale de Toulouse, le texte est composé par deux professeurs d'universités :

« Ce jardin abrite des essences remarquables - dont un *Metasequoia*, véritable fossile vivant - pour la plupart introduites par Henri GAUSSEN (1891-1981), Professeur de botanique et biogéographie à la Faculté des Sciences de Toulouse. Spécialiste de la végétation des Pyrénées - et à plusieurs titres du monde - ainsi que des Gymnospermes, il a fondé l'Arboretum de Jouéou (1934), créé le Laboratoire Forestier, le Service de la Carte de la Végétation de la France (1945) et l'Institut de la Carte Internationale du Tapis Végétal (1960). Il fut directeur, de 1946 à 1958, du Jardin botanique qui lui est aujourd'hui dédié. Jean-Louis TROCHAIN (1903-1976) lui succéda comme Professeur et Directeur du Laboratoire de botanique et biogéographie de 1961 à 1974. Spécialiste de l'écologie et de la phytogéographie de l'Afrique intertropicale, il a fondé, en 1943, l'Institut d'Etudes Centrafricaines de Brazzaville. A sa mort, un bâtiment de botanique initialement construit dans ce jardin lui a été dédié. Il a été détruit en 2011 lors de la réhabilitation du site. Cette plaque associe désormais la mémoire du maître à celle de son élève devenu son collègue et ami. »

## Le temps ingrat de l'inventaire

- 17 Derrière le terme « inventaire », nous entendons l'ensemble des actions qui permettent d'organiser la sauvegarde par une normalisation de l'identification de l'objet (description physique, utilisation, encombrement, état de conservation, documentation, etc.). Les fiches d'inventaire, aujourd'hui informatisées dans des bases de données plus ou moins sophistiquées, gèrent également le mouvement des œuvres pour des restaurations ou des expositions. Concernant les traces de l'activité scientifique, l'unité de valeur des fonds et des collections est rarement une pièce, un document, un

instrument, mais généralement elle correspond à un ensemble, une série, un corpus dont la cohérence prend corps dans sa pluralité. Cette multiplicité rend compte de la construction intellectuelle conçue pour la recherche et/ou pour l'enseignement par le ou les chercheur(s). Si nous avons vu que la donnée est primordiale pour attribuer une valeur à l'objet patrimonial scientifique, cette donnée n'a souvent de sens qu'adjointe à ses congénères. Les relevés météorologiques, l'état de la végétation et du climat, les observations astronomiques, un fonds photographique : dans ces exemples, les valeurs et leurs registres <sup>40</sup> ne sont pas attribuées à une œuvre d'art original, mais plutôt à un ensemble de biens qui donne à voir le monde au prisme du regard et des connaissances du chercheur. Si la qualité s'adjoint à la quantité, le temps long et couteux de la documentation n'en est que multiplié. « L'opération Gausson est une opération de très longue haleine » <sup>41</sup>. Son comité de pilotage de composition essentiellement universitaire a orienté le travail de la documentaliste recrutée vers une description « très pointue » de chaque image avec une identification botanique et un repérage géographique. Cette minutie a dépassé celle des pratiques archivistiques habituels jusqu'à mettre en péril la conservation du travail effectué : «il voulait détruire les fichiers [...], il ne voulait pas les intégrer car il y avait trop de champs, j'ai dû insister et me battre pour éviter de perdre ces fichiers. C'était incroyable quand même ! » <sup>42</sup>. La problématique du niveau de précision nécessaire à la documentation d'un objet émanant de la production d'une activité scientifique est d'autant plus limitant quand elle repose sur des financements par projet à durée par définition limitée.

**Les temps nécessaires de l'oubli et de la trouvaille**

18 Pour les traces des productions savantes qui entrent en patrimoine, nous avons vu précédemment que la rupture avec leur monde d'origine n'est pas totale. Certes, les objets désignés sont témoins d'une époque révolue, mais ils doivent également continuer à servir pour la recherche et la pédagogie contemporaine. Pour autant, le temps de l'oubli comme « composante essentielle de la mémoire »<sup>43</sup> reste nécessaire pour la patrimonialisation mais en amont, également pour l'exercice de créativité indispensable à l'avancée des sciences. A ce propos, Muriel Lefebvre<sup>44</sup> précise que « fermer la boîte [ou jeter], c'est en effet libérer son esprit de manière à pouvoir (enfin) passer à autre chose [...] » une fois le travail publié. L'oubli passe donc par différentes strates temporelles. En premier lieu, le tri effectué par le producteur lui-même est décisif pour les traces transmises aux héritiers, puis ces derniers entreprennent un tri d'usage au fil des besoins de leurs activités et enfin, il y a l'abandon d'un emploi courant qui fait basculer les objets et les données qu'ils détiennent vers un possible devenir patrimonial.

« Je l'appelais la collection « fantôme ». Quand j'allais y travailler, je cherchais des choses qui se trouvaient dans les revues anciennes, et une fois sur deux, je trouvais des fantômes, et bien sûr personne ne remettait le [document]. Ensuite, il y avait une pièce entière qui était remplie de quantités de tirés à part, de revues, de tas de choses que Gaussen avait accumulé là, c'était son fonds de travail en quelque sorte, et tout ça, un jour, hop, à la benne ! Par bonheur, je dirais, cela a fait le bonheur de tous les marchands, les brocanteurs, il y avait la brocante ce jour-là, et ils sont tous arrivés avec leur voiture ! »<sup>45</sup>

19 Ce témoignage exprime le basculement de statut d'un objet qui perd petit à petit sa valeur d'usage pour acquérir d'autres valeurs marchandes ou uniquement symboliques pour un nombre croissant

d'acteurs, ceux qui réalisent la « trouvaille » en premier lieu puis par une sorte d'effet boule de neige les premiers usagers modifient leur regard sur l'objet, jusqu'à manifester un intérêt considérable pour des biens jusqu'alors méprisés. « Le fait que cela passe aux archives a déclenché une réaction de jalousie, "Non, cela appartient à l'université, c'est nous qui nous nous en occupons" » Pour autant, cet intérêt peut être éphémère et contre-productif : « et ils n'ont rien fait ! [...] A posteriori, je le regrette beaucoup, parce que la mémoire d'Henri Gaussen, ce sont les successeurs dans le laboratoire qui se sont chargés de la mettre à la benne ! » <sup>46</sup>

## Des engagements patrimoniaux sous tension

- 20 Les processus de patrimonialisation d'une activité scientifique mettent en jeu la coordination de multiples acteurs pour qui l'action, l'environnement et les objets mobilisés sont pluriels. Ainsi, dans notre cas, nous nous attardons plus amplement sur « l'individu collectif » membres de plusieurs institutions : « *l'action comme spécifiant la façon dont les gestes de l'agent vont avec le monde qui l'entoure* » <sup>47</sup>. Il ne s'agit pas ici de définir si certaines situations ou étapes de la chaîne patrimoniale relèvent d'un régime d'engagement ; mais seulement d'éclaircir leur « entremêlement ». Par exemple, lorsqu'un ancien élève d'Henri Gaussen, professeur de botanique évoque les moments partagés avec le « patron » pendant ses projections photographiques relatant les excursions pyrénéennes puis mondiales, son action s'inscrit dans le régime familial d'engagement. Pour autant, ce même professeur s'intègre dans un régime en plan en participant au projet d'un jeune chercheur, dont l'objectif est de développer ses recherches de géographie historique grâce aux photographies sauvegardées. Par ailleurs, cette approche

permet de prendre en compte le bien matériel ou immatériel sur lequel l'attention des acteurs se focalise sans pour autant l'aborder comme un but ultime, mais plutôt comme un outil de coordination, qui facilite des ajustements sociaux <sup>48</sup>.

## Entre le public et le privé

- 21 Dans le contexte de la construction d'un patrimoine « mou », le cadre institutionnel est bien plus souple que celui imposé dans un musée de France ou pour des objets mobiliers ou immobiliers classés au titre des Monuments Historiques. Les régimes d'engagement des acteurs investis dans la patrimonialisation des traces de l'activité scientifique relèvent à la fois de la dimension privée et publique. Ces deux notions peuvent être entendues à différentes échelles sociales : l'une de dimension juridique plus « macro », le public relevant de l'Etat et des collectivités, et le privé concernant les mondes de l'entreprise et de l'associatif. L'autre plus « micro » met en tension la vie publique (médiatique, politique et institutionnel) et la vie privée (dans l'intimité familiale et amicale).
- 22 Dans le cas de la conservation des traces de l'œuvre d'Henri Gaussen, l'implication de l'institution universitaire n'a pas été univoque ; ce relatif investissement met en lumière un rapport ambigu à « son » patrimoine, voire même à la culture en générale. Certes le botaniste a construit sa carrière académique dans des locaux dédiés et les acteurs impliqués sont également salariés d'un établissement d'ESR et fonctionnaires de l'Etat mais pour autant c'est une association (ADEMAST) qui s'est vu confier la gestion de l'organisation de la sauvegarde et de la documentation du fonds photographique : phénomène de délégation de compétences particulièrement courant au-delà de la problématique patrimonial, mais dans l'ensemble du secteur de la culture scientifique en général. L'implication du Conseil

général via les archives départementales fut, quant à elle, plus volontaire, mais néanmoins relative, compte-tenu de leur manque de moyens humains pour cadrer le « désherbage » et le versement de ces archives publiques soumis, nous l'avons dit, au même cadre légal que toutes les autres, malgré leur « spécificité d'usage ».

- 23 La frontière entre l'activité publique et l'activité privée est mince pour la grande majorité des chercheurs. Il y a peu de « division spatiale [ou institutionnelle] de lieux publics et privés », la pluralité de localisation du ou des bureaux en témoigne ; et il y a encore moins « une différenciation d'identités conçues comme des costumes que l'on emprunterait à loisir »<sup>49</sup>. Cette caractéristique « professionnelle » se répercute sur leurs actions à visée patrimoniale. Le caractère public de l'activité scientifique est compatible avec les valeurs de l'ethos de la science proposée par Merton : les productions et les résultats sont des biens communs<sup>50</sup> ; mais le reste des artefacts serait-il alors perçu comme relevant du « privé » ? D'ailleurs, nous observons que dans le cas de la transmission d'éléments du passé, ces traces peuvent être données à des collègues avec un statut de « souvenirs » ou de témoignages d'une grande complicité intellectuelle, ou bien récupérées post mortem par des collègues dans leur bureau ou même chez eux. Ce régime d'engagement familial est interdépendant à un attachement où,

« les agences des êtres humains et des êtres non humains se rapprochent quelque peu : on pourrait dire aussi bien que la chose est personnalisée ou que la personne est consolidée par les choses de son entourage. [...] L'engagement fait ressortir que toute atteinte aux entours et attachements primordiaux, qu'ils touchent les choses usées ou les lieux habités, est une atteinte à la personne intime. »<sup>51</sup>.

- 24 Il n'est pas rare d'entendre un chercheur à la retraite qualifier son ancien lieu de travail d'ESR de « maison », compte-tenu probablement du temps passé et des liens intergénérationnels et amicaux construits autant avec les étudiants qu'avec les collègues <sup>52</sup>.

## Entre le collectif et l'individuel

- 25 Il n'y a patrimoine que s'il y a un bien perçu comme commun pour un groupe plus ou moins revendiqué ou imaginé <sup>53</sup>. Parallèlement, il n'y a action que si des individus agissent vers un objectif plus ou moins planifié et organisé avec autrui (s). Le régime d'engagement en plan donne à voir plus spécifiquement l'« entrepreneur de patrimoine » qui est en quelque sorte : « le planificateur quel qu'il soit, stratège militaire, ingénieur ou organisateur, réussit d'autant mieux qu'il compose avec un autre régime d'engagement propre à tirer les bénéfices de la familiarité des lieux, de la distribution des compétences dans une configuration ou un site » <sup>54</sup>. Dans le cas de l'opération sur le fonds photographique, le géographe Jean-Paul Métaillé a joué ce rôle en tirant partie de l'environnement pour mener à bien son projet de recherche sur l'histoire des paysages :

« Je leur ai dit "mais là ! vous avez un patrimoine fantastique [...] il faut absolument monter un coup », alors on a réfléchi, on s'est rapproché de l'ADEMAST. Et puis politiquement, cela est tombé avec Iazard[Président du Conseil général de 1988 à 2015] qui avait été élève de Gaussen, alors tout de suite, cela lui a plu, [...] les archives s'y sont consacrées » <sup>55</sup>.

- 26 Pour la patrimonialisation des sciences, les acteurs étant couramment des chercheurs eux-mêmes, l'organisation du travail de l'acteur s'effectue grâce à une coopération forte avec ses pairs mais

également avec d'autres acteurs, provenant plutôt des métiers des archives, des musées, des bibliothèques, de la médiation culturelle, etc. Chacun ayant bien sûr des intérêts personnels à défendre qui s'inscrivent dans un cadre hiérarchique plus ou moins fort. Pour les chercheurs, ce cadre est, paradoxalement, à la fois souple et prégnant « De leur vivant, les chercheurs sont contraints de s'ajuster, par exemple en trouvant une juste mesure entre la distinction et la conformité. » <sup>56</sup>. Un chercheur en activité qui occupe une part de son temps à entreprendre une action patrimoniale sur son domaine scientifique réalise cette action singulière pour se positionner intellectuellement sur les données patrimoniales au regard du collectif concerné : il peut ainsi à la fois prendre position sur des orientations de recherches contemporaines et se placer comme un des héritiers, ou bien servir la mémoire d'une institution (discipline, laboratoire, université, par exemple) ou encore apporter à la science une dimension sociétale plus large (ancrée sur un territoire ou sur un temps long).

27 Le cas étudié ne s'inscrit pas entièrement dans un régime de la justification qui implique des « conventions collectives de l'action publiquement justifiable », avec un cadre organisationnel inscrit dans des institutions. C'est un volet qui mériterait d'être exploré pour d'autres entrées en patrimoine, dans les cas par exemple d'une politique d'acquisition d'un musée universitaire, de la stratégie de développement d'un service commun d'études et de conservation des collections, ou encore de la construction d'un dossier de protection au titre des Monuments Historiques.

28 Quel que soit les régimes d'engagement dans lesquels opèrent les acteurs d'un processus de patrimonialisation des sciences, il est toujours question d'une double « promesse » <sup>57</sup> : celle de l'aboutissement d'un projet mais aussi celle de l'idée même de

multiples futurs projets possibles grâce aux potentialités de l'objet conservé.

## Conclusion

- 29 Explorer l'engagement de différents acteurs pour le passé scientifique nous a permis d'aborder de façon originale les raisons et tensions en jeu lorsqu'il s'agit de sauvegarder la mémoire d'un chercheur et le patrimoine associé, sans se contraindre au cadre institutionnel des métiers de la conservation, mais au contraire pour être au plus proche de l'environnement des biens concernés : les institutions de l'ESR et les individus qui les animent. Les diverses expériences d'attachement au passé par l'intermédiaire de la mise en mémoire du botaniste Henri Gaussen et de l'entrée en patrimoine de certaines de ses traces posent également la question des régimes de valeurs attribués aux choses de sciences <sup>58</sup>. La méthodologie adoptée permet d'en dessiner quelques contours. Leur correspondance avec l'ethos professé lors des discours commémoratifs et diverses inaugurations d'exposition a été détaillée dans une précédente étude <sup>59</sup>. Les observations, de type ethnographique, des processus de patrimonialisation mettent en exergue majoritairement les valeurs cristallisées par la texture temporelle de ces pratiques mémorielles. Par ailleurs, si la pluralité des régimes d'engagement de l'action patrimoniale repose sur une sorte de complémentarité entre les dimensions collective et individuelle, ainsi que publique et privée, dans quelle mesure ces actions ne réifient-elles pas des identités ?

« Ces identités, quand elles ne sont pas imposées par le haut et qualifiées alors de « légitimantes », sont tantôt des identités de « résistance », tantôt des identités de « projet <sup>60</sup> ».

---

## NOTES

2. GUILLAUME Marc, *La Politique du patrimoine*, Paris, Galilée, 1980 ; RIOUX Jean-Pierre, *La France perd la mémoire*, Paris, Perrin, 2006.
3. LOURENCO Marta C., *Entre deux mondes : la spécificité et le rôle contemporain des collections et musées des Universités en Europe*, thèse sous la direction de Dominique Ferriot et de Steven de Clercq, Paris, CNAM, 2005.
4. DAVALLON Jean, *Le don du patrimoine : Une approche communicationnelle de la patrimonialisation*, Paris, Hermès Sciences-Lavoisier, 2006 ; JEUDY Henri-Pierre, *La Machinerie patrimoniale*, Paris, Sens & Tonka, 2008.
5. FABRE Daniel, ARNAUD Annick (dir.), *Émotions patrimoniales*, Paris, Éd. de la Maison des Sciences de l'Homme, 2013, p.49.
6. RAUTENBERG Michel, *La Rupture patrimoniale*, Bernin, À la Croisée, 2003, p.122.
7. LATOUR Bruno, « La fin des moyens », *Réseaux*, Vol. 18, n°100, 2000, p.39-58.
8. ADELL-GOMBERT Nicolas, LAMY Jérôme (dir.), *Ce que la science fait à la vie*, Paris, CTHS, 2016.
9. BOURDIEU Pierre, *Homo academicus*, Paris, Les Éditions de Minuit, 1984.
10. LATOUR Bruno, *La science en action : introduction à la sociologie des sciences*, Paris, Éd. La Découverte, 1989.
11. LEFEBVRE Muriel, « L'infra-ordinaire de la recherche. Archives, mémoires et patrimoine scientifique », *Sciences de la société*, n°89, 2013, p.3-17 ; FABRE Daniel, *Écritures ordinaires*, Paris, Bibliothèque publique d'information, Centre Georges Pompidou, P.O.L, 1993.
12. Archives du jardin botanique Henri Gaussen de l'Université Paul Sabatier (JBHG) : Extrait du discours prononcé par Jean-Louis Trochain pendant la remise de l'ensemble de ses publications reliées à l'occasion de l'anniversaire de ses 80 ans.
13. GDR ISARD-Cnrs : Groupement de recherche sur l'Information Scientifique sur l'Aménagement Régionale et le Développement).
14. Association pour le développement et la maîtrise des sciences et des techniques en Midi-Pyrénées créée en 1988.
15. Archives départementales de l'Haute-Garonne (AD31) : extrait d'un document de travail interne des archives courantes de Marie-Hélène Bernard-Ristorcelli.
16. DURRIEU Guy, METAILIÉ Jean-Paul, REY Paul, *Un naturaliste aux Pyrénées : Henri Gaussen (1891-1981)*, Toulouse, Catalogue financé par le Conseil général de la Haute-Garonne ; avec la

collaboration de l'Université Paul Sabatier et de l'Université Toulouse-Le Mirail et de l'ADEMAST Midi-Pyrénées, 1991.

17. RIEGL Aloïs, traduit par DUMONT Matthieu, LOCHMANN Arthur, *Le Culte moderne des monuments sa nature et ses origines*, Paris, Éditions Allia, 2016 [1903].

18. RAUTENBERG Michel, *La rupture...*, op.cit., 2003.

19. Entretien réalisé en 2016 avec Anne Probsts, chercheuse Cnrs au laboratoire Ecolab (Ecologie fonctionnelle et environnement)

20. BORGMAN Christine L., *Big Data, Little Data, No Data : Scholarship in the Networked World*, Londres, The MIT Press, 2016, p.28-29.

21. ABITOU Serge, *Sciences des données : de la logique du premier ordre à la Toile : Leçon inaugurale prononcée le jeudi 8 mars 2012, Chaire d'Informatique et sciences numériques*, Paris, Collège de France, 2012.

22. DAVALLON Jean, *Le don...*, op.cit., 2006.

23. DENIS Jérôme, *Le travail invisible des données : éléments pour une sociologie des infrastructures scripturales*, Paris, Presses des Mines, 2018, p.37.

24. LEFEBVRE Muriel, « L'infra-ordinaire... », op.cit., 2013.

25. ADELL-GOMBERT Nicolas, LAMY Jérôme (dir.), *Ce que la science...*, op. cit., 2016.

26. JOLIVET Anne-Claire, « Questionner l'ethos de la science via la figure du botaniste Henri Gausson » in Lefebvre Muriel et Jolivet Anne-Claire (dir.), *Des patrimoines en action. Mise en mémoire des activités scientifiques 1880-2016*, PUM (sous presse), 2019.

27. SAURIER Delphine, *La fabrique des illustres : Proust, Curie, Joliot et lieux de mémoire*, Paris, Éditions Non standard, 2013.

28. LIVINGSTONE David N., *Putting Science in Its Place. Geographies of Scientific Knowledge*, University of Chicago Press, Chicago, 2003. VAN DAMME Stéphane, « Les Sciences humaines à l'épreuve de la ville : les enjeux d'une archéologie des savoirs urbains (XVII<sup>e</sup>-XX<sup>e</sup> siècles) », *Revue d'Histoire des Sciences Humaines*, n<sup>o</sup> 12, 2005.

29. GROGNET Fabrice, « Les enjeux muséologiques de la réorganisation du Musée d'ethnographie du Trocadéro », dans DELPUECH André, LAURIERE Christine et PELTIER-CAROFF Carine, *Les années folles de l'ethnographie : Trocadéro 28-37*, Paris, Publications scientifique du Muséum, 2017, p.80.

30. DAVALLON Jean, *Le don...*, op.cit., 2006.

31. ABIR-AM Prima Géraldine (dir.) *La Mise en mémoire de la science : pour une ethnographie historique des rites commémoratifs*, Amsterdam, Éditions des archives contemporaines, 1998.

32. JBHG : Extrait du discours prononcé par Jean-Louis Trochain pour les 80 ans d'Henri Gausson.

33. WAQUET Françoise, « Les « Mélanges » : honneur et gratitude dans l'Université contemporaine », *Revue d'histoire moderne et contemporaine*, n 53-3, 3, 2006, p.100-121.

34. Ouvrages, thèses, articles scientifiques mais aussi actes de colloques, compte-rendu d'assemblées générales, allocutions, discours, articles de presse, etc.
35. AD 31 : Fonds ADEMAST, extrait de la copie du testament d'Henri Gaussen
36. AD31 : Fonds ADEMAST, dossier Gaussen, boîte J 170, N°1, puis N° 27 à 31. Voir notamment le pré-programme
37. Comprenant une grande diversité de documents provenant de fonds privé et public éparses, dont l'origine n'est pas systématiquement indiquée dans le catalogue : cartes imprimées et manuscrites, Document et lettre autographe, citation d'Henri Gaussen, document dit « original », médaille, orfèvrerie, échantillon d'herbier, ouvrage imprimé, fac-similé, photographies.
38. POUILLON Jean, « Tradition : transmission ou reconstruction ? dans POUILLON Jean, *Fétiches sans fétichisme*, Paris, F. Maspero, 1975.
39. BOURE Robert, « La mise en patrimoine des sciences toulousaines à travers les hommages rendus aux figures de chercheurs » dans LEFEBVRE Muriel et JOLIVET Anne-Claire (dir.), *Des patrimoines...*, op.cit., 2019.
40. HEINICH Nathalie, *Des valeurs. Une approche sociologique*, Bibliothèque des sciences humaines, Paris, Gallimard, 2017, p. 253. La typologie des valeurs proposée par Nathalie Heinich a le mérite de rassembler de multiples valeurs en registre et ainsi d'en faciliter l'approche. Citons pour illustrer : le registre affectif qui inclue l'attachement, l'émotion, la tendresse, la sensibilité etc., mais également le registre domestique qui donne à voir la proximité, la présence, le lien, l'entraide ..., ou encore le registre économique, épistémique, fonctionnel, technique, herméneutique, parmi d'autres. AMOUGOU Emmanuel, *La question patrimoniale : de la patrimonialisation à l'examen des situations concrètes*, Paris, L'Harmattan, 2004, p.25-26.
41. Entretien réalisé en 2016 avec Dominique Duport, ancienne documentaliste en charge de l'inventaire du fonds ancien photographique Henri Gaussen.
42. Entretien réalisé en 2016 avec Marie-Hélène Bernard, dont le titre est aujourd'hui chef du service des archives communales, architecturales et figurées des AD31.
43. PARRET Herman, « Vestige, archive et trace : Présences du temps passé », *Protée*, vol.32, n°2, pp.37-46, 2004.
44. Habilitation à diriger les recherches en sciences de l'information et de la communication de Muriel Lefebvre présenté devant jury en 2012 (voir p.135).
45. Entretien réalisé en 2016 avec Jean-Paul Métaillé, géographe, directeur de recherche CNRS, Laboratoire GEODE à l'Université Toulouse II Jean-Jaurès.
46. *Ibidem*.
47. THÉVENOT Laurent, *L'action au pluriel : sociologie des régimes d'engagement*, Paris, Édition La Découverte, 2006, p. 94.
48. THÉVENOT Laurent, *L'action...*, op. cit., 2006, p.129.
49. THÉVENOT Laurent, *L'action...*, op. cit., 2006, p.54.

50. MERTON Robert K., *The Sociology of Science: Theoretical and Empirical Investigations*, Chicago, 4. Dr., Univ. of Chicago Pr, 1974. JOLIVET, 2018, *op. cit.*
51. THÉVENOT Laurent, *L'action...*, *op. cit.*, 2006, p.144-145.
52. Rapport interne à l'Université Fédérale Toulouse Midi-Pyrénées réalisé par Zoé Tiberghien en 2018 : Mémoire d'un lieu scientifique. L'ancienne faculté des sciences de Toulouse.
53. ANDERSON Bénédicte, *L'imaginaire national : réflexions sur l'origine et l'essor du nationalisme*, traduit par DAUZAT Pierre-Emmanuel, Paris, La Découverte, 2002.
54. THÉVENOT Laurent, *L'action...*, *op. cit.*, 2006, p. 129-130.
55. Entretien réalisé en 2016 avec Jean-Paul Métailié, géographe, directeur de recherche CNRS, Laboratoire GEODE à l'Université Toulouse II Jean-Jaurès.
56. BOURE Robert, « La mise... », *op.cit.*, 2019.
57. THÉVENOT Laurent, *L'action...*, *op. cit.*, 2006, p.248.
58. HEINICH Nathalie, *Des valeurs...*, *op.cit.*, 2017 ; BONNOT Thierry, *L'attachement aux choses*, Paris, CNRS, 2014.
59. JOLIVET Anne-Claire, « Questionner... », *op.cit.*, 2019
60. CASTELLS Manuel, CHEMLA Paul, *L'Ère de l'information. Tome 2 : le pouvoir de l'identité*, Paris, Fayard, 1999.
- 

## RÉSUMÉS

Le patrimoine scientifique est polymorphe, à ce titre il ne s'inscrit pas dans un cadre institutionnel unique et stable. Désigner des traces de sciences pour leur valeur patrimoniale relève de diverses pratiques sociales ; la constitution de ce « patrimoine mou » (Rautenberg, 2003) s'effectue au gré d'intérêts et d'opportunités multiples. Pour comprendre la complexité des phénomènes de patrimonialisation des sciences et ce qu'ils révèlent des mondes scientifiques, cette contribution s'emploiera à les décrire via les régimes d'engagement des acteurs impliqués (Thévenot, 2011). Via l'héritage du botaniste et phyto-géographe Henri Gaussen, nous présenterons ici un exemple de diversité de processus à l'œuvre (Davallon, 2006) : les pans des productions choisies et mises en récit au regard des traces omises, les acteurs impliqués et ceux effacés, les opportunités saisies et les archives dispersées... Le « dépliage » (Latour, 2000) des pratiques sociales donne à voir les tensions en jeu lors de la patrimonialisation des traces de l'activité scientifique. Comment valoriser à la fois l'universel et le singulier, le collectif et l'individuel, le global et le local ?

The scientific heritage is polymorphous, as such it does not fit into a single and stable institutional framework. Designating science trails for their heritage value is a function of various social practices; the constitution of this "soft heritage" (Rautenberg, 2003) is made according to interests and multiple opportunities. To understand the complexity of the phenomena of patrimonialization of science and what they reveal of scientific worlds, this contribution will be used to describe them via the engagement regimes of the actors involved (Thévenot, 2011). Through the legacy of the botanist and phyto-geographer Henri Gausson, we will present here an example of the diversity of processes at work (Davallon, 2006): the parts of the productions chosen and put in narrative with regard to the omitted traces, the actors involved and erased, seized opportunities and scattered archives ... The "unfolding" (Latour, 2000) of social practices reveals the tensions involved in the patrimonialization of traces of scientific activity. How to value both the universal and the singular, the collective and the individual, the global and the local ?

## INDEX

**Mots-clés** : histoire des techniques, histoire des sciences, patrimoine scientifique, botanique.

**Keywords** : history of technology, history of science, scientific heritage, botanic

## AUTEUR

ANNE-CLAIRE JOLIVET

Anne-Claire Jolivet, doctorante à l'Université de Toulouse, au Laboratoire d'études et de recherches appliquées en sciences sociales (LERASS), analyse les processus de patrimonialisation à l'œuvre dans la communauté scientifique en vue de comprendre les raisons qui amènent un chercheur et/ou ses partenaires à se mobiliser pour construire et transmettre un patrimoine scientifique sur un territoire. Quelles sont les dispositifs médiatiques mobilisés et les valeurs symboliques sous-jacentes dans le processus de patrimonialisation d'un objet scientifique ? Que nous révèlent-ils sur les perceptions du chercheur de son rôle social et politique, de ses pratiques scientifiques, de son environnement culturel, notamment ?

# La clarinette logique. Inventaire et sauvegarde d'un instrument scientifique en développement.

*Research Instruments Heritage (second half of the 20th and beginning of the 21st century) : Inventory and Conservation of Scientific Instruments in Development*

Corine Lévy-Soussan

---

## Introduction

- L'objet de cet article <sup>1</sup> est de proposer une méthode et un modèle de fiches d'inventaire adaptés aux instruments scientifiques en développement <sup>2</sup>. Nous avons choisi pour illustrer cette méthode, un instrument récent et en cours d'étude, 'la clarinette logique' <sup>3</sup>, qui doit permettre au musicien d'obtenir aisément la justesse du son. La méthode employée pour constituer la fiche d'inventaire prend en compte l'évolution des différents composants de l'instrument ainsi que la synthèse de la collecte de témoignages oraux, indispensables pour la composition du dossier d'inventaire et la compréhension des instruments contemporains. La sauvegarde et la conservation de l'objet matériel ne sont pas en effet dissociables des pratiques sociales et des témoignages qui font partie intégrante du contexte

dans lequel l'objet matériel est conçu et utilisé <sup>4</sup>. La question est de savoir comment l'inventaire prendra en compte toutes ces données. Les instruments en développement relèvent d'une approche spécifique qui a pu être expérimentée mais on reste au stade du prototype. Ce modèle de fiche s'adresse aux experts, mais également au grand public et pourrait également être un outil pour l'enseignement. Par ailleurs, ce travail d'inventaire nous a permis d'identifier une 'lignée technique <sup>5</sup>' d'instruments scientifiques, celle des résonateurs acoustiques dont l'origine remonte à la plus haute antiquité, l'Égypte ancienne, ainsi que le régime <sup>6</sup> et les ruptures technologiques dans le domaine de l'acoustique. Nous nous interrogerons enfin sur la dématérialisation du patrimoine et sur la pérennité des données puisqu'on ne peut échapper à la question de la durée du stockage et de la conservation des données.

## Problématiques de l'inventaire et de la conservation du patrimoine scientifique et technique

La mission nationale du patrimoine scientifique et technique contemporain (PATSTEC) d'Aix-Marseille Université

- 2 La préservation, la conservation et la valorisation du patrimoine scientifique et technique contemporain est un sujet qui fait débat depuis plus d'une quinzaine d'années. Les instruments scientifiques utilisés dans les universités ou dans les laboratoires de recherche ne sont plus conservés. Dès les années 1950, ils sont victimes de la rapidité d'évolution des technologies et devenus obsolètes, sont souvent jetés car la science s'intéresse avant tout aux concepts et

aux résultats. Dans ce contexte Aix-Marseille Université (AMU) en région Provence-Alpes-Côte d'Azur, s'est associée à la mission nationale du PATSTEC (Patrimoine scientifique et technique contemporain) pour le recensement du matériel des laboratoires de recherche. Le périmètre de notre recherche se situe dans le cadre du chantier d'inventaire en 2017, du Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA) à Marseille dont l'histoire remonte aux années 1920 à Toulon, sous le nom du « Centre d'Études de Toulon » (LCET).

- 3 L'inventaire des instruments du LMA établi sur plus d'une centaine d'instruments est accessible sur la base de données du PATSTEC. La collection informatisée sur la base de données du PATSTEC permet de garder en mémoire les objets susceptibles de disparaître. Il faut cependant garder à l'esprit que la complexité des instruments scientifiques pose toute une série de problèmes relatifs à leur conservation, à leur étude et à leur inscription dans une base de données numérique : « La fiche descriptive d'un instrument contemporain, risque « d'exploser » dans les mains de son compilateur sans pour autant pouvoir être complète et exhaustive <sup>7</sup> ». Des questions sensibles se posent aussi sur la pérennité des données et concernant la gestion patrimoniale, comme l'enregistrement, le stockage d'une grande quantité de données et sur la durée de vie des supports numériques, toutes choses qui font l'objet de nombreux débats.

## La méthode d'inventaire de la mission PATSTEC

- 4 La personne chargée d'inventaire utilise toujours une méthode qui consiste à faire des enquêtes auprès des chercheurs, sous forme de questionnaires appliquées aux instruments qui marquent la fin d'une recherche et dont le développement est terminé. Cette méthode comprend le patrimoine matériel, qui va de l'instrument au produit

industriel, les manuscrits, les documents associés et le patrimoine immatériel : la mémoire vivante recueillie sous forme d'interviews, les savoir-faire des hommes et des femmes de la recherche, qui ont utilisé ces objets. La procédure d'inventaire dite « classique » s'adresse à une catégorie d'instruments identifiée comme étant « stable ». Nous pouvons dire que l'instrument est stabilisé et qu'il peut être décrit avec toutes ses caractéristiques définies et définitives. La fiche d'inventaire du PATSTEC présente un grand nombre de champs d'informations spécifiques aux objets scientifiques et techniques de la recherche contemporaine : intérêt scientifique de l'objet, son histoire, la description physique, son mode de fonctionnement, le nom du constructeur, l'année de fabrication, l'état de son fonctionnement, les mesures, les photographies et le contexte de l'objet. Elle aboutit à une fiche de recueil de données stables.

- 5 Ce travail est réalisé sur des archives et en général avec un correspondant scientifique qui est souvent un chercheur ou un ingénieur en fin d'activité professionnelle. Le matériel n'étant plus utilisé pour la recherche, l'état final est conservé, étiqueté et inventorié. Un grand nombre d'instruments des années 1950 à 2000 du LMA est ainsi identifié comme étant stable parce qu'il arrive au bout d'un programme de recherche. Ces instruments devenus obsolètes qui entrent dans une collection ont plusieurs origines. Ils peuvent représenter une expérience qui a marqué une étape dans la recherche ou bien avoir été utilisés à une certaine époque comme simple instrument de mesure. L'essence même d'un instrument est de mettre en évidence un phénomène physique prouvant ainsi une certaine « réalité ». Comprendre le fonctionnement de l'ensemble de la conception à la réalisation et l'associer à la façon de faire la

science, permet de mieux percevoir la particularité de l'instrument en question.

## Le cas des instruments en développement et la problématique de leur inventaire

- 6 Pour l'inventaire, un problème se pose lorsqu'il s'agit d'un dispositif matériel « en développement », partie prenante d'une recherche en cours. Les fiches d'inventaire « classiques » présentent en effet des objets qui n'évoluent plus et ne sont pas adaptées au cas d'objets en développement. Les instruments des années 2000 à aujourd'hui (scanner 3D, becs instrumentés, bouches artificielles pour clarinette, prototype de clarinette logique, synthèse sonore, etc.), sont toujours utilisés dans le laboratoire par les enseignants-chercheurs, ingénieurs ou techniciens et sont en constante évolution. Ces instruments du patrimoine « en train de se construire » sont modifiés, en fonction des questions que se posent les chercheurs et aussi en fonction de l'évolution des technologies, générant sans cesse différentes versions de l'instrument.
- 7 Ce sont ces différentes étapes de la modification, même minimales de ces instruments, qui témoignent de la dynamique de la recherche sur laquelle ils reposent et à laquelle ils contribuent. Nous avons trouvé des exemples semblables à celui de notre étude de cas au Laboratoire d'Astrophysique de Marseille (LAM) durant l'inventaire effectué en 2018. Ceci a conforté le souhait d'avancer sur une méthode d'inventaire adaptée aux instruments en développement. L'enjeu est considérable, puisqu'il s'agit en quelque sorte de sauvegarder la mémoire de la recherche « en train de se faire ». Comment peut-on l'envisager ? L'historique, l'organisation du laboratoire et le témoignage des chercheurs vont apporter des éléments, au-delà de ce que contiennent les cahiers de laboratoire. Le patrimoine du

laboratoire ne se limite pas, en effet, à l'aspect matériel de la recherche, il est présent aussi dans les traces immatérielles (histoire du laboratoire, activités de recherche, témoignages, gestes, vocabulaire, habitudes, 'manip's'...) :

« Une approche prometteuse consiste à travailler avec les chercheurs eux-mêmes, en les observant au sein de leur laboratoire, en les amenant à parler des objets qu'ils manipulent, des gestes qu'ils font sans plus le savoir, mais qui sont constitutifs de leurs « manip's »<sup>8</sup> ».

- 8 L'instrument scientifique est indissociable d'une réalité immatérielle, patrimoine qui risque de se perdre s'il n'est pas traité en même temps que l'instrument lui-même. Ceci passe par la compréhension du fonctionnement de l'ensemble, de la conception à la réalisation et de son association à la façon de faire la science. A partir d'entretiens avec les chercheurs nous avons constitué un corpus de données et réalisé des fiches synthétiques d'un instrument particulier : la clarinette (clarinette logique, synthèse sonore, bec instrumenté et bouche artificielle).
- 9 Se pose alors, dans ce contexte, la question de savoir quelles informations garder pour ensuite les contextualiser et transmettre ces connaissances de culture scientifique et technique aux professionnels, aux corps enseignants ou à un large public. Ceci renvoie à des interrogations sur ce qu'on cherche à sauvegarder, des objets techniques et/ou des concepts, la culture d'un laboratoire, des témoignages matériels et immatériels de la recherche, des gestes techniques, tout cela à la fois ? Mais alors, est-il possible de proposer une méthode d'inventaire et un protocole adapté aux instruments de la recherche en développement qui prenne en compte ces éléments, avec quelles limites et quels protocoles avec les chercheurs ? Se

posent en outre des questions spécifiques pour l'inventaire des objets techniques incorporant des logiciels et des capteurs. Autrement dit il est question de savoir comment patrimonialiser l'objet numérique contemporain.

## Étude du cas : la clarinette logique pour la synthèse sonore

- 10 Nous avons choisi d'appliquer cette méthode à un instrument en développement, à savoir la clarinette logique et la synthèse sonore actuellement utilisées (et modifiées), ceci afin d'étudier en détail le problème de l'inventaire et de la sauvegarde du patrimoine instrumental contemporain. Précisons ici que la clarinette logique est constituée d'un corps cylindrique percé de trous : le résonateur. Il est excité par le jet d'air oscillant modulé par les vibrations de l'anche simple vibrante fixée au bec.

Figure 1. Prototype de la clarinette logique (CAGIMA, projet de recherche fondamentale) dont les différentes parties de l'instrument sont construites par modélisation, (Laboratoire de mécanique et d'acoustique), 2017, fiche inventaire PATSTEC



Le prototype de clarinette logique est en perpétuelle évolution, objet unique au monde, il se présente comme un bout de plastique mais cela a donné lieu à des années de recherche. Il est réalisé par imprimante 3D au LMA et fonctionne comme une clarinette acoustique, c'est à dire jouée par un musicien. Il est fabriqué après la réalisation de tests numériques et conçu par des calculs en modélisant les composants de l'instrument. Ces données sont prises en compte par le fabricant d'instruments pour la réalisation matérielle de la clarinette. Le corps de la clarinette se comporte comme un résonateur dont les caractéristiques acoustiques sont très fortement dépendantes de la perce de l'instrument (cylindrique, faiblement conique ou fortement conique comme le saxophone) et aux trous latéraux définissant le doigté de l'instrument. La flûte ou la clarinette ont énormément évolué depuis la période baroque. Les plus récentes connaissances en acoustique, les possibilités de calcul liées à la puissance exponentielle de l'informatique permettent aujourd'hui d'optimiser ces paramètres acoustiques (justesse, facilité d'émission, puissance, la quête étant la détermination d'un timbre voulu) sous la forme d'instruments 'logiques' de façon plus systématique que l'empirisme de la facture instrumentale.

© Corine Lévy Soussan

## Le programme de recherche « clarinette logique » du LMA et ses deux projets

- 11 Les activités de recherche de l'équipe *Sons* se rattachent aux domaines des vibrations, vibroacoustique, aéroacoustique, audition,

psychoacoustique, musique, audio et informatique en temps réel. Dans le domaine de la musique une partie de l'équipe Sons du LMA travaille sur deux projets complémentaires :

- le premier est la 'conception acoustique globale d'instruments de musique à anches justes et homogènes' « Le prototype de clarinette logique sert alors à démontrer la validité d'un procédé de conception d'un instrument de musique acoustique, entièrement par prototypage virtuel <sup>9</sup> ». Il est réalisé par imprimante 3D au LMA. La clarinette fonctionne alors comme une clarinette acoustique, c'est à dire jouée par un musicien.

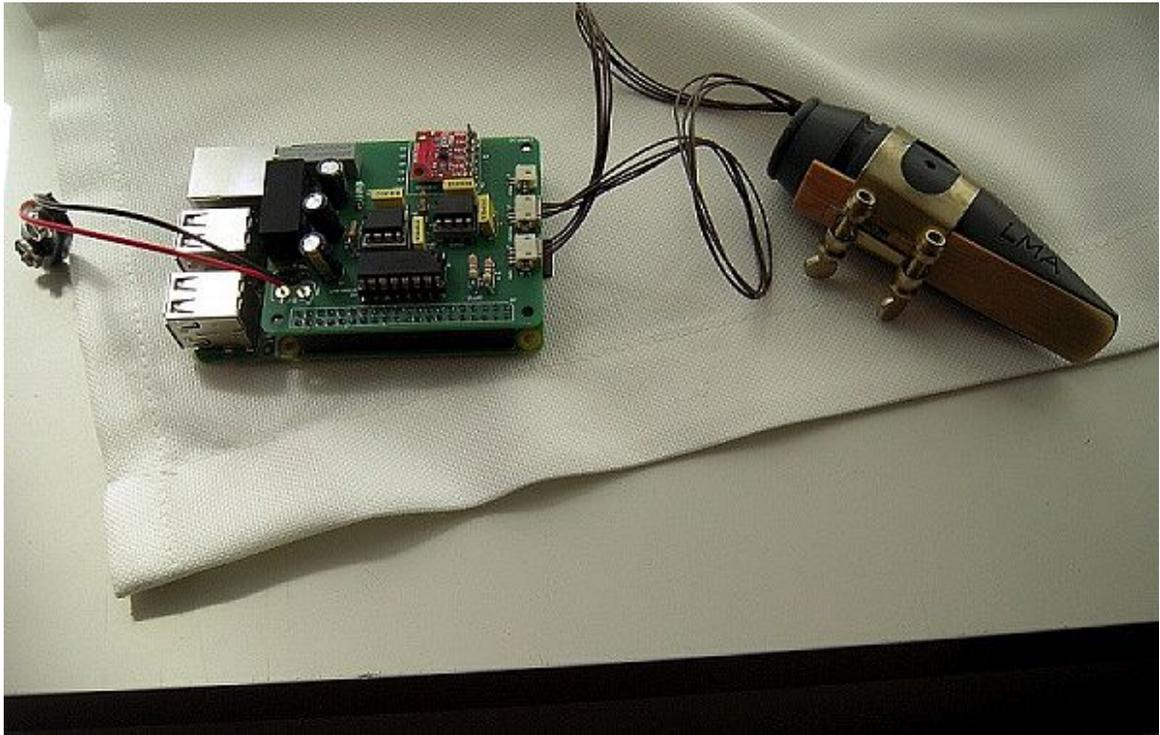
- le second projet concerne la Synthèse sonore qui a deux objectifs <sup>10</sup> : d'une part le développement des algorithmes qui servent à tester les prototypes de la clarinette logique et d'autre part la production des sons artificiels.

- <sup>12</sup> Philippe Guillemain <sup>11</sup> qui est à l'origine de cet instrument « parfait », nous explique que la conception de cet instrument et de ses éléments (bec et bouche artificielle) permet au musicien de jouer en obtenant la justesse des sons (moins de trous et de clétages que dans le passé). Ce projet a été développé en collaboration avec l'entreprise Buffet Crampon, créée en 1825. Le groupe « Son » du LMA travaille avec cette entreprise sur la conception globale d'instruments à anches à trous latéraux « plus justes et plus homogènes » que nous appellerons instruments « logiques ». Ce travail a été appliqué à un instrument de type clarinette dont le corps est constitué d'un cylindre muni de trous latéraux. (Projet CAGIMA).

### ***Le bec de la clarinette***

- <sup>13</sup> Le bec contient le générateur de fréquence constitué de l'anche en vibration et le jet d'air oscillant <sup>12</sup>.

Figure 2. Le bec instrumenté pour clarinette en 3D, (Laboratoire de mécanique et d'acoustique), 2017, fiche inventaire PATSTEC.



Le concept de becs instrumentés date d'avant 2008. Plusieurs pays ont fabriqué des becs dans les laboratoires (Canada, Australie). Les différentes mesures, pression dans la bouche du musicien, force d'appui de la lèvre sur l'anche, déplacement de l'anche sont réalisées à l'aide du bec instrumenté, c'est à dire équipé de capteurs. La série des becs instrumentés de la clarinette est à considérer comme une « série technologique » qui évolue sous des contraintes extérieures : évolution des capteurs, évolution des logiciels, possibilité de réaliser des becs avec une imprimante 3D.

© Corine Lévy Soussan

- 14 Le bec instrumenté sert à mesurer les paramètres de jeu d'un musicien jouant d'un instrument à anche simple (clarinette, saxophone). Il se présente sous la forme d'un bec réalisé en impression 3D au LMA accompagné d'une carte électronique (Raspberry PI 3) et d'une carte de conditionnement des signaux conçue au LMA. Les paramètres sont l'ouverture de l'anche et la pression dans le bec. Ces 2 paramètres sont envoyés par wifi selon le protocole OSC (*Open Sound Control*) au programme de modélisation physique qui s'exécute en temps-réel sur la tablette ou le

smartphone. Le son est généré en fonction de l'évolution temporelle des deux paramètres.

Figure 3. Gros plan du bec instrumenté, (Laboratoire de mécanique et d'Acoustique), 2017, fiche inventaire PATSTEC.



© Corine

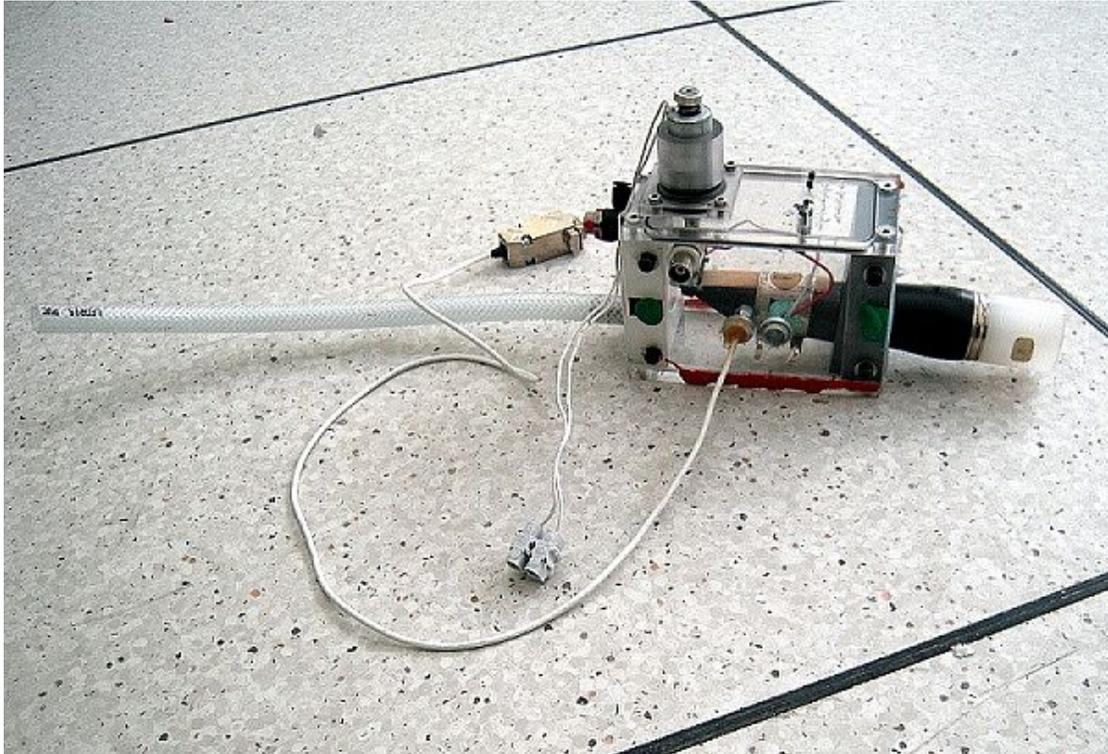
Lévy Soussan

### ***La bouche artificielle***

- 15 La bouche artificielle est une machine à souffler et à reproduire les fonctions essentielles d'un musicien, ce qui permet d'avoir des instruments qui jouent sans musicien <sup>13</sup>. Pour les besoins de la physique appliquée aux instruments de musique à vent, les scientifiques ont développé des bouches artificielles afin de maîtriser les paramètres principaux des modèles d'acoustiques, dispositif supposé répétable permettant d'étudier, dans un premier temps, le seuil d'émission du son. Ces bouches artificielles permettent aussi d'étudier les régimes de bifurcation produisant par exemple un changement d'octave en faisant intervenir la notion de vitesse,

pression et effets dynamiques de l'air injecté et ceci pour chaque note.

Figure 4. La bouche artificielle, (Laboratoire de mécanique et d'acoustique), 2017, fiche inventaire PATSTEC



Les bouches artificielles sont équipées de capteurs qui mesurent en temps réel la manière dont l'instrument réagit indépendamment du musicien, par exemple comment la hauteur de la note évolue en fonction de la pression d'alimentation. Les signaux mesurés sont analysés pour comprendre comment les paramètres contrôlés interviennent dans la production du son. Un compresseur envoie de l'air vers les poumons, ici remplacés par un volume équivalent. Des tuyaux de diverses sections et longueurs simulent la trachée, la glotte, le conduit vocal et la bouche. Les lèvres sont remplacées par des tubes en latex dont la pression est contrôlée par une colonne d'eau. Les premières bouches artificielles datent de 1940 aux États-Unis (USA) et dans d'autres pays en 1960. Les premiers modèles des bouches artificielles pour cuivres existent depuis 1997 à l'IRCAM et la seconde génération en 2008. La dernière version évolue depuis une quinzaine d'années. Pour les besoins de la physique appliquée aux instruments de musique à vent, les scientifiques ont développé des bouches artificielles afin de maîtriser les paramètres principaux des modèles d'acoustiques, dispositif supposé répétable permettant d'étudier, dans un premier temps, le seuil d'émission du son. Ces bouches artificielles permettent aussi d'étudier les régimes de bifurcation produisant par exemple un changement d'octave en faisant intervenir la notion de vitesse, pression et effets dynamiques de l'air injecté et ceci pour chaque note.

## Le premier projet : la clarinette logique

- 16 Le corps de la clarinette <sup>14</sup> sélectionne les fréquences musicales, c'est le résonateur percé de trous. Il se comporte donc comme un résonateur dont les caractéristiques acoustiques sont très fortement dépendantes de la perce <sup>15</sup> de l'instrument (cylindrique, faiblement conique ou fortement conique comme le saxophone). La caractéristique d'un instrument logique « est de ne pas comporter de trous fermés en aval du premier trou ouvert comme c'est le cas pour la clarinette actuelle. Ce critère signifie que l'effort d'adaptation du geste du musicien doit être minimal, sans émettre successivement deux notes avec la même justesse et la même nuance musicale, d'où le lien avec le caractère logique de l'instrument » <sup>16</sup>. Ces éléments de perçage <sup>17</sup> (forme interne de perce) et d'ouvertures (doigtés) ont fait l'objet de nombreuses évolutions dans le temps, afin d'améliorer la facilité du jeu, la justesse, la puissance du son produit. La flûte ou la clarinette ont énormément évolué dans ce sens depuis la période baroque. Les plus récentes connaissances en acoustique, les possibilités de calcul liées à la puissance exponentielle de l'informatique permettent aujourd'hui d'optimiser ces paramètres acoustiques (justesse, facilité d'émission, puissance, la quête étant la détermination d'un timbre voulu) sous la forme d'instruments 'logiques' de façon plus systématique que l'empirisme de la facture instrumentale. Mais avant de construire un prototype, les chercheurs mesurent l'impédance acoustique c'est-à-dire la manière dont réagit en pression le tuyau sonore excité par un débit d'air à une fréquence donnée : le corps de la clarinette se comporte comme un résonateur dont on peut calculer la réponse à partir de la mesure de son impédance d'entrée. Cette impédance interviendra dans le cadre de la synthèse sonore <sup>18</sup>. Notons ici une nouvelle lignée

technique : les résonateurs acoustiques. A partir de ces résultats plusieurs prototypes ont été réalisés et testés par les musiciens essayeurs du facteur Buffet Crampon.

17 Les trois équations du modèle numérique du bec <sup>19</sup> :

« Le prototype de la clarinette logique est conçu à partir des calculs modélisant les composants de l'instrument. Ces données sont prises en compte par le fabricant d'instruments pour la réalisation matérielle de la clarinette. Concernant le bec, cette modélisation conduit à écrire trois équations qui vont par la suite servir de socle à la reproduction par ordinateur du son de la clarinette. La clarinette est à son tour un objet d'étude visant à en concevoir une autre ».

18 Les trois équations <sup>20</sup> du modèle global du bec qui mènent à un procédé numérique de simulation d'un instrument se présentent de la manière suivante :

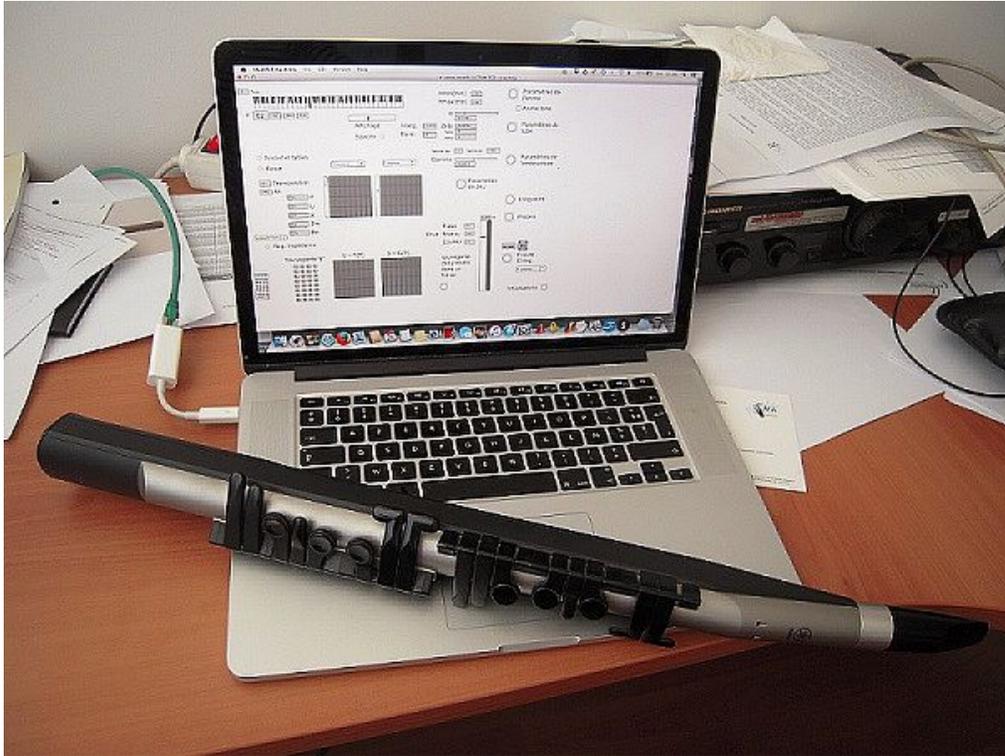
- la première équation concerne la géométrie de l'excitateur et décrit le débit d'air à travers ses constituants (relation pression-débit) ;
- la deuxième équation décrit les vibrations de l'anche simple seule activée par la différence de pression entre la bouche et l'entrée du résonateur. C'est cette équation qui relie le débit d'air aux fréquences qui seront ensuite émises par le résonateur (corps de l'instrument) ;
- la troisième équation représente la caractéristique non linéaire grâce à laquelle peuvent s'établir les auto-oscillations produisant le son. Elle exprime le débit acoustique qui agit comme la membrane d'un haut-parleur et va exciter le résonateur en fonction de son impédance d'entrée que l'on peut modifier à l'aide du clétage pour produire différentes notes. L'impédance d'entrée du résonateur peut être mesurée par un capteur d'impédance ou calculée.

19 Ces trois équations servent à tester la clarinette logique par la production de sons. C'est un prototype unique destiné à valider et invalider des hypothèses de conception. Elle est fabriquée après la réalisation de tests numériques. Si les tests numériques ne sont pas concluants, l'équipe conçoit un nouveau prototype numérique en modifiant les critères. Les algorithmes de la synthèse sonore et la création de sons artificiels par ordinateur, servent à tester le prototype de la clarinette logique.

### Le second projet : la synthèse sonore <sup>21</sup>

- 20 La 'synthèse sonore' est composée d'un logiciel de simulation écrit à partir des trois équations du bec et des équations de l'impédance d'entrée de la clarinette, intégré à un ordinateur et d'un capteur gestuel muni d'une boîte de contrôle, d'un amplificateur et d'un haut-parleur.
- 21 Cet instrument (logiciel, ordinateur et contrôleur) a pour fonctions de tester les prototypes de la clarinette logique et de produire des sons artificiels,

Figure 5. La synthèse sonore : ordinateur portable accueillant l'environnement logiciel de synthèse constitué d'un capteur gestuel de commerce, Laboratoire de mécanique et d'acoustique, 2017.



La Synthèse sonore a deux objectifs : d'une part le développement des algorithmes qui servent à tester les prototypes de la clarinette logique et d'autre par la production des sons artificiels. La production de sons grâce à l'ordinateur ou « synthèse sonore » occupe depuis les années 50 une place importante parmi les outils dont dispose le musicien. La synthèse sonore repose sur des modèles physiques de fonctionnement et sur son application à la facture instrumentale. Il s'associe aussi aux recherches portant sur le lien « geste-son » dans la production sonore instrumentale. Ce n'est qu'à partir des années 20 que la technologie a permis de créer des sons artificiels à l'aide des composants électroniques simples (principalement des oscillateurs). C'est alors que l'on a commencé à parler de synthèse sonore. Elle peut s'appuyer sur des modèles de signaux (le résultat sonore) ou sur des modèles physiques de fonctionnement (la cause de la production du son).

© Corine Lévy Soussan

- 22 Le logiciel Max/MSP 22 a permis de construire l'interface utilisateur de contrôle de l'algorithme de synthèse temps-réel codé en langage C. Le contrôle s'effectue à deux niveaux. Le premier concerne les paramètres décrivant le modèle géométrique simplifié de résonateur et les caractéristiques de l'excitateur, c'est-à-dire ceux qui vont différencier par exemple une clarinette d'une trompette. Le deuxième niveau de contrôle gère le lien avec les données de jeu

musical issues du capteur gestuel qui pilotent dynamiquement l'algorithme de synthèse.

- 23 La partie informatique fait donc l'objet de deux projets, l'un pour créer l'instrument acoustique (clarinette logique) et l'autre pour créer des sons artificiels. Grâce à la résolution d'un système de calcul (trois équations à trois inconnues), on stimule par ordinateur, le fonctionnement de la clarinette logique. La démarche des concepteurs de ces instruments consiste en la capacité de penser un ensemble technologique dans un avenir proche comme prévoir les conditions de sa production, de son usage et de sa réussite commerciale.
- 24 Les projets réalisés dans les laboratoires sont ensuite développés et commercialisés par une entreprise. Mais les musiciens vont-ils s'emparer de la clarinette logique sachant que les instrumentistes sont attachés aux matériaux naturels de l'instrument (bois) et à la méthodologie employée par les facteurs d'instruments qui est essentiellement empirique ?

Les apports des méthodes de l'histoire des techniques :  
la notion de lignée technique et le régime technologique

Définitions

- 25 Suite à ce travail se sont posées les questions de l'inventaire des instruments qui évoluent et qui disparaissent et l'objet devient accessoire au profit des processus de production de connaissances scientifiques. Est-ce que ces instruments sont une source de connaissance pour l'histoire des techniques ?
- 26 « L'histoire des objets techniques est l'une des composantes de l'histoire des techniques » <sup>23</sup>. L'évolution de la lignée des objets techniques fait partie du programme d'enseignement dans les lycées.

L'aspect évolutif des objets techniques qui intéresse de nombreuses disciplines scientifiques, ouvre des perspectives pour la gestion des connaissances. Notre cas d'instrument pourrait se distinguer selon le point de vue qui oppose la cohérence horizontale et verticale <sup>24</sup>. La première répond aux enjeux de classification des objets, la seconde aux grandes mutations des techniques. Dans cette perspective, les ruptures technologiques sont identifiées et analysées.

- 27 Anne-Françoise Garçon définit une lignée technique par l'usage, le fonctionnement et l'ensemble des activités productrices qui sont liées à l'objet technique qui lui permettent d'exister. Les travaux développés <sup>25</sup> sur la genèse de l'objet technique concernent les origines de l'objet. Cette technicité relève de l'usage et donc du fonctionnement autonome associé à son milieu technique. Les éléments communiquent les uns avec les autres. La lignée se définit donc par son fonctionnement. C'est ce point de vue que nous adopterons : les objets sont classés d'après leur fonction et leur but. L'inventaire des instruments scientifiques du LMA nous a permis de construire une lignée technique en partant de l'histoire des résonateurs acoustiques. La plupart des instruments anciens et actuels utilisent des résonateurs acoustiques (instruments à vent) et mécaniques (instruments à cordes, percussions). Dans la lignée technique des résonateurs, le corps de la clarinette est un tuyau résonant, perforé de trous que l'on ouvre, que l'on ferme à l'aide du clétage afin d'obtenir les différentes notes musicales. Le corps de la clarinette est excité par l'anche en vibration et le jet d'air oscillant qui se trouve dans le bec et c'est le jeu du musicien qui permet de produire différentes notes de musique. La lignée technique des instruments scientifiques du LMA commence par les résonateurs de Helmholtz. La plupart des instruments anciens et actuels utilisent

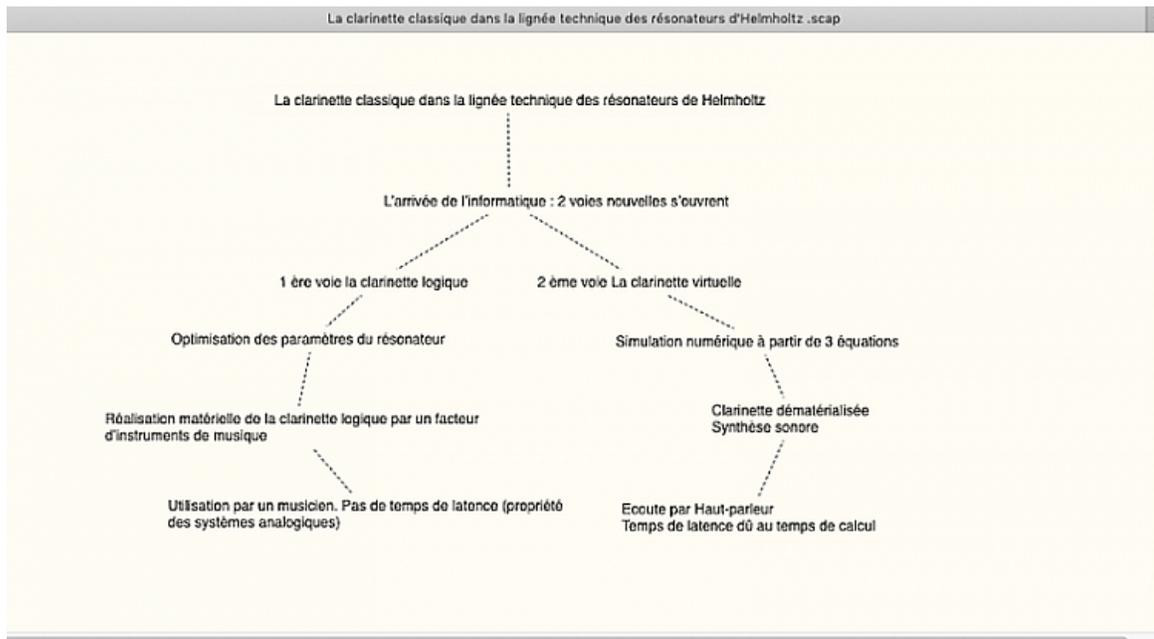
des résonateurs acoustiques (instruments à vent) et mécaniques (instruments à cordes, percussions).

### Application au cas de la clarinette logique

- 28 Le socle commun au développement de la clarinette logique et à celui de la synthèse sonore est constitué <sup>26</sup> :
- 29 - de la mécanique des fluides (pour le bec) et de l'acoustique (pour le résonateur),
- 30 - des outils mathématiques qui ont permis le développement de modèles de plus en plus précis autorisés par la puissance du calcul numérique,
- 31 - des expérimentations numériques des modèles physiques en temps réels (le calcul à grande vitesse et le contrôle des capteurs).
- 32 Le chercheur entend par « prototypage virtuel » la simulation d'un résultat sonore d'un modèle numérique créé suivant les critères des instruments à vent. Cette démarche présente l'intérêt d'avoir le résultat sonore, concret d'un instrument imaginé et modélisé d'une façon informatique. Ce procédé permet d'obtenir un résultat avant la fabrication de l'instrument, et d'éliminer les impasses sur des modèles non réalistes en qualité d'ergonomie ou en qualité du son médiocre (y compris la justesse). Le prototypage permet aussi l'étude et la modélisation d'instruments déjà existants et réalisés de façon empirique (certains vieux instruments). En effet il devient possible grâce à cette technique de comprendre le comportement physique de l'instrument, d'y trouver parfois des erreurs de conception, c'est ainsi qu'est née l'idée de corriger ces défauts et de produire une clarinette corrigée.
- 33 Héritière du même corpus théorique que sa consœur la clarinette logique, la clarinette de synthèse intègre un modèle sous forme

numérique. Nous sommes ici en présence d'une bifurcation possible de la lignée technique de la clarinette classique ou logique vers la lignée des synthétiseurs avec la possibilité d'obtenir le son de la clarinette <sup>27</sup>. Le point clé est que le système analogique (clarinette classique et logique) dit en temps réel, n'a pas de temps de latence <sup>28</sup>. Par contre, la lignée des synthétiseurs connaît depuis de nombreuses années ce problème de latence. C'est ainsi que nous pouvons parler de bifurcation du fait que les synthétiseurs fonctionnent presque en temps-réel mais pas en temps réel. Il est à noter que cette latence mobilise toutes les énergies créatrices des développeurs dans le domaine de la synthèse numérique pour qu'elle tende vers zéro. Ce décalage doit rester à des seuils d'une dizaine de millisecondes pour que l'instrument reste jouable. Malheureusement plus on augmente le volume du calcul numérique plus le délai de restitution du son prend du temps.

Figure 6 : Carte heuristique de la lignée technique de la clarinette en l'état de l'art, réalisation, capture d'écran réalisé le 10 juillet 2018.



La carte heuristique montre que nous sommes en présence d'une bifurcation de la lignée technique de la clarinette traditionnelle qui repose sur la théorie des résonateurs, partie essentielle des analyseurs de fréquence. Les systèmes analogiques (clarinette classique et logiques) dit en temps réel n'ont pas de temps de latence. La synthèse sonore fonctionne presque en temps-réel mais n'est pas en temps réel. Contrairement au délai geste/son de la clarinette logique, le résonateur virtuel ne fonctionne pas en temps réel, il semble correspondre à la lignée des synthétiseurs. La lignée des synthétiseurs connaît depuis de nombreuses années ce problème que l'on définit par le terme « latence ». Il est à noter que cette latence mobilise toutes les énergies créatrices des développeurs dans le domaine de la synthèse numérique pour qu'elle tende vers zéro.

© Corine Lévy Soussan

## Le régime technologique

- 34 Le mode de la pensée opératoire que développe Anne-Françoise Garçon <sup>29</sup>, s'organise en trois grands régimes : le régime de la pratique qui s'inscrit dans l'oral, le régime de la technique et le régime de la technologie qui s'inscrivent dans l'écrit. Le régime de la pratique « c'est le savoir-faire à l'état brut, tel qu'il est mis en œuvre et transmis par les artisans. Le second régime qui est celui de la technique est issue de l'analyse des pratiques. Le troisième régime, celui de la technologie exprime la nécessité d'un discours rationnel sur la technique et les modes de production <sup>30</sup>. Le régime technologique ainsi exprimé, caractérisé par l'innovation, conjugue en même temps oralité et pratique. La chaîne opératoire de la clarinette logique/synthèse sonore s'inscrit dans le régime de pensée technologique. Elle associe connaissance théorique et savoirs pratiques pour concevoir la totalité du système : la composition, la fabrication et l'utilisation d'un produit. Les chercheurs ont inventé des dispositifs qui font appel à un corpus théorique commun basé sur la physique et l'informatique.

Proposition d'une fiche d'inventaire pour la clarinette logique, instrument en développement

35 S'agissant d'un instrument en développement il paraît alors nécessaire de compléter la fiche d'inventaire classique en faisant apparaître selon les cas pour chaque instrument, l'historique de sa création, les formules expliquées, un descriptif du logiciel utilisé avec les codes sources, les publications, les brevets, les rapports d'étapes et le produit fabriqué dans la chaîne de production. Cette fiche d'inventaire prend ainsi en compte les objets, les entretiens et le contexte du laboratoire. La proposition de fiche de l'étude du bec de la clarinette logique en lien avec la synthèse sonore est alors la suivante :

A - Présentation photographique des becs, du résonateur de la clarinette et de l'ensemble complet du projet de la synthèse en lien avec la clarinette logique comme objet de recherche.

B - Information sur la constitution de l'équipe Son du LMA, intérêt de projet clarinette logique et documentation.

C - Principe scientifique et description technique du bec instrumenté contenant des capteurs de pression, de vitesse, les calculs du bec (fabricant, date de fabrication, mesures, matériaux, etc.).

D - Historique du projet : la première collaboration entre le facteur d'instruments à vent, Buffet Crampon et le CNRS remonte à 1987.

E - La modélisation numérique : le prototype de la clarinette logique est conçu à partir de calculs modélisant les composantes de l'instrument. Calculs effectués à partir de trois équations du modèle global : elles permettent de construire et de modéliser en détail le fonctionnement des becs de clarinette.

F - L'instrument virtuel, la synthèse sonore est la production du son grâce à l'ordinateur. La « synthèse sonore » occupe depuis les années 1960 une place importante parmi les outils dont dispose le musicien : le logiciel utilisé.

G - Publications scientifiques : La base de données PATSTEC côté public ne présente pas le champ documentation qui fait référence aux articles parus dans les diverses publications

H - L'apport des instruments scientifiques contemporains pour l'histoire des techniques, la lignée technique des instruments, les ruptures technologiques.

- 36 La méthode proposée inclut le répertoire des éléments logiciels et informatiques : à ce titre, elle s'inscrit dans le cadre de la conservation du patrimoine numérique. Nous nous interrogeons enfin sur la dématérialisation du patrimoine et sur la pérennité des données. En voulant inventorier, référencer etc., on ne peut échapper à la question de la durée du stockage et de la conservation des données. Les données de manière générales seront-elles pérennes ? Comment doit-on les conserver ? On peut se demander si les données sur disque serveurs etc. ne sont pas vouées à disparaître ? Doit-on commencer à réfléchir à un autre mode de stockage ?

## Conclusion

- 37 L'étude du dispositif clarinette logique / synthèse sonore met en évidence deux voies de recherche. La première situe les instruments scientifiques dans leur environnement, c'est-à-dire dans le cadre du laboratoire de recherche et des chercheurs, la seconde consiste à insérer les instruments dans la chronologie de l'histoire des techniques au moyen des lignées techniques, ici la lignée des résonateurs acoustiques. A ce niveau il apparaît que l'aspect synthèse sonore peut être à l'origine d'une nouvelle lignée technologique basée sur les progrès du calcul numérique qui pourrait contribuer à la diminution du temps de latence.

- 38 Le protocole du PATSTEC classique peut être complétée afin de prendre en compte les instruments en développement, par l'ajout des rubriques énoncés ci-dessus y compris des informations spécifiques à l'informatique comme les logiciels, les codes sources ou encore les évolutions des algorithmes. De fait, une méthode adaptée à ce type d'instruments devrait inclure tous ces éléments qui ne sont pas classiquement répertoriés. Nous avons proposé un modèle de fiche pour l'inventaire d'un instrument en développement, en tentant d'être le plus exhaustif possible pour la compréhension de sa conception, de son histoire et de son évolution. Cependant, étant donnée la diversité des cas à référencer, il faudrait tester cette approche sur plusieurs cas afin de valider notre type de fiche et éventuellement l'améliorer, le compléter ou le modifier. Une autre difficulté se présente qui est celle de passer d'une pratique courante à une analyse critique et à une réflexion sur la méthodologie. En effet, l'étude de cas a fait émerger des questions de méthodologies (le problème des composants de l'instrument), mais aussi des questions de fond, relatives à la conservation du patrimoine que représentent les instruments scientifiques en évolution. Il est tentant de faire un parallèle avec les objets absents physiquement comme ceux du patrimoine astronomique dont on a seulement des données numériques. L'inventaire d'une soixantaine de missions d'exploration spatiale passées ou qui vont avoir lieu dans un avenir proche qui a été réalisé cette année, montre qu'il existe rarement d'instruments patrimonialisés. Ceux-ci restent soit à bord du satellite, soit en orbite terrestre, ou même se consomment lors de la rentrée du satellite dans l'atmosphère. Quand les objets techniques ne sont plus visibles comment retracer une mission ?
- 39 La description et le mode de fonctionnement de l'objet technique qui conjugue matériaux et mesures nous rapprochent de l'invention et

des gestes techniques pour en mémoriser l'usage et les reproduire. La fiche numérisée concrétise la connaissance matérielle des objets techniques surtout si elle est capable de restituer les mouvements mécaniques des objets entre eux. Jusqu'à maintenant l'inventaire des objets fonctionnant avec l'informatique ne s'était pas posé. Nous savons que les objets visibles sur la base de données sont voués à disparaître ou à subir des transformations pour la partie informatique (capteurs et logiciels) qui n'arrêtent pas d'évoluer et la matérialité n'est donc qu'une partie secondaire. La clarinette logique fabriquée en 3D est conçue par modules informatiques qui calculent les paramètres physiques qui vont permettre de reconstruire d'autres clarinettes. Il en est de même de la fabrication et de la conception des becs et des bouches artificielles équipés de capteurs du commerce. L'objet physique ne peut pas être reproduit lorsqu'un composant n'est plus disponible (capteur dépassé en performance, méthode de fabrication). Ils évoluent sous des contraintes extérieures. Certains de ces objets sont jetés ou démantelés de façon à réutiliser les composants valides pour d'autres expérimentations. Les matériaux des objets (bois, plastique ou en imprimante 3D) peuvent influencer le jeu du musicien, le geste qui l'accompagne et la couleur du son. Nous proposons quelques pistes qui demandent à être explorées d'un point de vue de l'histoire des techniques et d'une certaine manière de celui de la culture matérielle. Ce travail met en exergue l'intérêt qu'il y aurait à entreprendre un travail continu avec les chercheurs, afin d'être au plus près de leurs travaux.

- 40 La motivation des chercheurs dans ce travail pourrait être facilité par une démarche de « management de la qualité <sup>31</sup> » au sein des laboratoires. De plus en plus de laboratoires utilisent cet outil, à l'aide de normes (norme ISO 9001 <sup>32</sup> par exemple) afin d'avoir une traçabilité complète de l'ensemble des processus mis en jeu évitant

la perte d'informations. Par exemple pour informer le lieu, les conditions de stockage des échantillons, les protocoles utilisés dans l'expérience, les données etc. Ceci pourrait être utilisé afin de faciliter l'inventaire dans un laboratoire. Mais quoi qu'il en soit, la mise en œuvre de cette méthode a pour condition l'implication des chercheurs, qui y ont un rôle central. Il faut alors se demander comment inciter les chercheurs à s'investir dans des activités permettant la conservation et l'inventaire de l'instrumentation scientifique.

- 41 La proposition ici présentée renvoie à la synthèse de la journée d'étude « Quels nouveaux défis du patrimoine scientifique, technique et industriel ? » dans le cadre de l'année Européenne du patrimoine culturel <sup>33</sup> qui met en exergue un « point capital » à savoir la question de la mémoire du travail du chercheur et des traces de son action comme condition d'une sauvegarde du patrimoine scientifique de la recherche au XXI<sup>e</sup> siècle. Tel est bien, en effet, le défi, pour lequel notre étude du cas de la clarinette logique ouvre des pistes de recherche pour la patrimonialisation des instruments scientifiques contemporains et en développement.

---

## BIBLIOGRAPHIE

BRENNI Paolo, SARTONIANA, Volume 14, *Sarton Chair of the History of Science, University of Glen, Belgium*, Site de l'Université : [https://lib.ugent.be/fulltxt/RUG01/000/170/842/BIB-G-024341-14\\_2010\\_0001\\_AC.pdf](https://lib.ugent.be/fulltxt/RUG01/000/170/842/BIB-G-024341-14_2010_0001_AC.pdf), p.36, 2001, consulté le 22 octobre 2018.

CHAIGNE Antoine, KERGOMARD Jean, *Acoustique des instruments de musique*, Paris, Édition BELIN, 2013.

CUENCA Catherine, BALLÉ Catherine, THOMAS Yves, *Patrimoine Scientifique et technique : un projet contemporain*, Paris, La documentation Française, 2010.

CUENCA Catherine, « Le patrimoine scientifique et technique du XX<sup>e</sup> siècle : un projet de sensibilisation et de sauvegarde », *Culture & Musées*, n°2, 203, p.129-143.

[http://www.persee.fr/doc/pumus\\_1766-2923\\_2003\\_num\\_2\\_1\\_1181](http://www.persee.fr/doc/pumus_1766-2923_2003_num_2_1_1181), consulté le 18 janvier 2019.

DUBOURG-GLATIGNY Pascal et VÉRIN Hélène (dir.), *Réduire en Art. La technologie de la Renaissance aux Lumières*, Paris, éd. MSH, 2008.

ESCHALIER Nicolas, *Comprendre la latence*, site en ligne « Devenir INGESON » :

<https://deveniringeson.com/comprendre-la-latence/>, 2017, consulté le 20 juillet 2018, accès libre et gratuit.

GARÇON Anne-Françoise, site de l'auteure : <https://sites.google.com/site/afgarcon/home>, consulté le 22 juin 2018.

GARÇON Anne-Françoise, *L'Imaginaire et la pensée technique. Une approche historique, XVI<sup>e</sup>-XX<sup>e</sup> siècle*, Paris, Classiques Garnier, 2012.

JACOMY Bruno, *Une histoire des techniques*, Paris, Éd. du Seuil, 1990.

LEBEAUME Joël, *L'introduction de l'évolution de l'objet technique au collège : analyse didactique*, revue en ligne : recherche en didactique des sciences et des technologies (RDST), 2011 : <https://journals.openedition.org/rdst/401>, consulté en juin 2018.

LÉVY-SOUSSAN Corine, *Le patrimoine instrumental de la Recherche (Seconde moitié du XX<sup>e</sup> et début du XXI<sup>e</sup> siècle) : Inventaire et sauvegarde des instruments scientifiques en développement, mémoire de Master 2 Recherche : Techniques, Patrimoine, Territoires de l'Industrie*, soutenance à Paris 1 Panthéon Sorbonne, 2018.

RAINETTE Caroline, en collaboration et sous la direction scientifique de CORNU Marie et WALLAERT Catherine, *Guide juridique sur le patrimoine scientifique et technique*, Paris, L'Harmattan, 2008, p.67.

RISSET Jean-Claude, *Le son numérique : une acoustique affranchie de la mécanique ?* 1992, [En ligne] <https://hal.archives-ouvertes.fr/jpa-00251043/document>, consulté le 23 février 2018.

SIMONDON Gilbert, *Genèse de l'objet technique : le processus de concrétisation, Du mode d'existence des objets techniques*, Paris, Éd. Aubier, 1958.

VERGEZ Christophe, *Trompettes et trompette, un système dynamique, non linéaire ... et musical*, présentation du travail de thèse, 2000.

WIKIN Yves, *Le programme de sauvegarde et de valorisation du patrimoine scientifique et technique contemporain*, lettre de l'OCIM, en ligne,

<https://journals.openedition.org/ocim/1691#tocto1n10>, octobre 2016, consulté le 20 juin 2018.

## NOTES

1. Cet article est basé sur une recherche menée au sein de l'équipe d'Histoire des techniques de l'Université de Paris 1, dans le cadre du Master 2 Recherche (TPTI). Il synthétise les résultats présentés dans mon mémoire, *Le patrimoine instrumental de la Recherche (Seconde moitié du XX<sup>e</sup> et début du XXI<sup>e</sup> siècle) - Inventaire et sauvegarde des instruments scientifiques en développement*, réalisé sous la direction de Anne-Françoise GARÇON.
2. « Recherche et Développement » (R&D), [https://fr.wikipedia.org/wiki/Recherche\\_et\\_d%C3%A9veloppement](https://fr.wikipedia.org/wiki/Recherche_et_d%C3%A9veloppement), consulté en ligne le 20 juin 2018.
3. « Aujourd'hui la justesse est un souci majeur (notons que la définition de la justesse optimale n'est pas du tout évidente du point de vue musical), mais aussi l'homogénéité, d'émission comme de timbre. Partant de critères comme ceux-ci, nous proposons de définir l'ensemble des trous latéraux et éventuellement les changements de section du tube satisfaisant ces critères. Les connaissances en acoustique musicale ont déjà permis de résoudre des problèmes ponctuels de facture instrumentale, il s'agit ici d'envisager une conception globale. Nous appellerons instruments « logiques » des instruments justes et homogènes conçus de façon globale ». Entretien avec Philippe GUILLERMAIN, le 18 février 2018.
4. CUENCA Catherine, Le patrimoine scientifique et technique du XX<sup>e</sup> siècle : un projet de sensibilisation et de sauvegarde dans *Culture & Musées*, n°2, 203, *Musées et organisation* (sous la direction de Catherine Ballé), P129-143. [http://www.persee.fr/doc/pumus\\_1766-2923\\_2003\\_num\\_2\\_1\\_1181](http://www.persee.fr/doc/pumus_1766-2923_2003_num_2_1_1181), consulté en ligne le 18 janvier 2019.
5. « Les objets évoluent selon les « lignées », c'est-à-dire des ensembles regroupent les objets de même type, ayant même fonction et même principe de fonctionnement », JACOMY Bruno, *Une histoire des techniques*, édit. Du Seuil, Paris, 1990.
6. GARÇON Anne-Françoise, *L'imaginaire et la pensée technique. Une approche historique, XVI<sup>e</sup>-XX<sup>e</sup> siècle*, Paris, Classique Garnier, 2012.
7. BRENNI Paolo, SARTONIANA, *Sarton Chair of the History of Science, University of Glen, Belgium*, p. 36, 2001, [https://lib.ugent.be/fulltxt/RUG01/000/170/842/BIB-G-024341-14\\_2010\\_0001\\_AC.pdf](https://lib.ugent.be/fulltxt/RUG01/000/170/842/BIB-G-024341-14_2010_0001_AC.pdf), consulté en ligne le 22 octobre 2018.
8. WIKIN Yves, *Le programme de sauvegarde et de valorisation du patrimoine scientifique et technique contemporain*, 2016, en ligne : <https://journals.openedition.org/ocim/1691#tocto1n10>, consulté le 23 juillet 2018.

9. Philippe GUILLEMAIN, *ibidem*.

10. VERGEZ Christophe, *Trompettes et trompettiste, un système dynamique, non linéaire ... et musical*, présentation du travail de thèse, 2000.

11. Philippe GUILLEMAIN est coordinateur des deux projets et directeur de recherche au CNRS.

12. « L'embouchure constituée du bec et de l'anche : l'anche agit comme une valve qui module le débit d'air produit entre l'amont (la bouche de l'instrumentiste) et l'aval (l'embouchure ou le bec de l'instrument - C'est le générateur de son) », Philippe GUILLERMAIN, *ibid*.

13. Synthèse d'entretien avec Christophe VERGEZ Christophe, le 15 octobre 2017. Directeur de recherche au CNRS, il s'intéresse aux bouches artificielles.

14. Synthèse d'entretien avec Philippe GUILLEMAIN, le 15 octobre 2017.

15. La perce est la forme intérieure d'un tuyau d'un instrument à vent. C'est dans la perce que vibre la colonne d'air qui détermine les caractéristiques et la hauteur d'un son musical. La clarinette (source) : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Perce>, consulté en ligne le 18 janvier 2018.

16. Entretien avec Philippe GUILLEMAIN, Juin 2018.

17. Le perçage est un usinage consistant à faire un trou dans une pièce, *Ibidem*.

18. Voir figure 5.

19. GUILLEMAIN Philippe, *ibidem*.

20. D'après CHAIGNE Antoine, KERGOMARD Jean, *Acoustique des instruments de musique*, Paris, Édition Belin, Paris, 2013. Source des travaux : OLLIVIER Sébastien, *Contribution à l'étude des oscillations des instruments à vent à anche simple*, Thèse Doctorat en Acoustique, sous la direction de KERGOMARD Jean, Université du Maine (Le Mans), 2004.

21. Synthèse d'entretiens avec Philippe GUILLEMAIN, octobre 2017.

22. Le logiciel Max/MSP a été développé par l'Ircam en 1980, <https://fr.wikipedia.org/wiki/Max/MSP>, consulté en ligne le 20 juin 2018.

23. LEBEAUME Joël, *L'introduction de l'évolution de l'objet technique au collège : analyse didactique*, 2011, revue : recherche en didactique des sciences et des technologies (RDST), en ligne : <https://journals.openedition.org/rdst/401>, consulté le 14 juillet 2018.

24. *Ibidem*.

25. SIMONDON Gilbert, *Genèse de l'objet technique : le processus de concrétisation, Du mode d'existence des objets techniques*, Paris, Éd. Aubier, 1958.

26. Synthèse d'entretiens avec Claude Gazanhes, directeur du LMA de 1986 à 1992, juillet 2018.

27. Voir figure 6.

28. Le temps de latence dans le domaine de la synthèse du son c'est le délai qui s'écoule entre le geste du musicien et la production du son physique dans le haut-parleur. Voir à ce sujet ESCHALIER Nicolas, *Comprendre la latence*, 2017, en ligne : <https://deveniringeson.com/comprendre-la-latence/> , consulté le 20 juillet 2018.

29. GARÇON Anne-Françoise, *L'Imaginaire...*, *op.cit.*, 2012, p.26.

30. Cours en ligne sur le blog d'Anne-Françoise GARÇON, <https://sites.google.com/site/afgarcon/home>, consulté le 22 juin 2018.

31. Système de management de la qualité : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A8me\\_de\\_management\\_de\\_la\\_qualit%C3%A9](https://fr.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A8me_de_management_de_la_qualit%C3%A9), consulté le 24 juillet 2018.

32. Norme ISO 9001 : Organisation internationale de normalisation.

33. Journée d'étude sur le patrimoine scientifique, technique et industriel du 15 novembre 2018, organisée à Paris par le ministère de la Culture (département de la recherche, de l'enseignement supérieur et de la technologie) et l'Office de coopération et d'information muséales (OCIM).

---

## RÉSUMÉS

La question étudiée est celle de l'inventaire et de la conservation des instruments scientifiques qui sont l'objet même d'une recherche, donc intrinsèquement évolutifs, autrement dit 'en développement'. Le contexte est celui de la mission nationale PATSTEC (Patrimoine Scientifique et Technique Contemporain) et son inscription dans l'Université d'Aix-Marseille (AMU). La méthodologie d'inventaire des instruments scientifiques classiques telle que mise en œuvre dans le cadre de la mission PATSTEC montre ses limites dès lors qu'on veut traiter d'instruments 'en développement'. Est alors proposé un protocole spécifique, qui passe par une mise en histoire de la recherche dont l'instrument scientifique est l'émanation. L'étude de cas permet de mettre en œuvre le protocole pour le cas de la 'clarinette logique', projet de recherche du Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA) de l'AMU. L'étude de cas fait émerger des questions méthodologiques (le problème des composantes de l'instrument), mais aussi des questions de fond, relatives à la conservation du patrimoine que représentent les instruments scientifiques dans la perspective élargie proposée ici (par exemple le statut des logiciels). Ces éléments constituent autant de pistes pour des recherches futures.

The research addresses the issue of the inventory and conservation of scientific instruments which are themselves an object of research, instruments which we call 'in development'. The context of the study is the PATSTEC (contemporary scientific and technical heritage) national mission and its activity in the Aix-Marseilles University (AMU). The inventory methodology as implemented in the PATSTEC mission appears ill-suited for such instruments in development. A specific protocol is proposed which consists in placing in historical context the research within which the scientific instrument is being developed. The protocol is implemented in a case study concerning the 'logical clarinette', a research project of the Mechanics and Acoustics Laboratory (LMA) of the AMU. The case study reveals further methodological issues (for example the treatment of the components of the instruments), but also more general issues related to the conservation of the instruments in the broader perspective proposed here (for example the softwares). These issues are perspectives for future research.

## INDEX

**Mots-clés :** histoire des techniques, histoire des sciences, patrimoine scientifique, culture matérielle, patrimoine immatériel, musique, instrument

**Keywords :** history of technology, history of science, scientific heritage, intangible heritage, music, instrument

## AUTEUR

CORINE LÉVY-SOUSSAN

Chargée de l'inventaire du patrimoine scientifique et technique contemporain (PATSTEC) d'Aix-Marseille Université (AMU), Corine Lévy-Soussan est titulaire d'un Magister Sciences et Techniques dans la Société du Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM) et d'un Master Recherche Techniques, Patrimoines, Territoires de l'Industrie (TPTI) de Paris 1 Panthéon Sorbonne. Ses travaux de recherche se sont développés dans le cadre du département d'Histoire des Techniques de Paris I Panthéon Sorbonne sous la direction d'Anne-Françoise Garçon ; ils portent sur l'inventaire et la conservation des instruments scientifiques en développement, qui doivent être appréhendés dans leur dynamique d'évolution, en termes de lignée technique. Cet article est issu du mémoire intitulé : Le patrimoine instrumental de la Recherche (Seconde moitié du XXe et début du XXIe siècle) :

Inventaire et sauvegarde des instruments scientifiques en développement. Corine Lévy-Soussan valorise et diffuse ses travaux d'inventaire réalisés au sein du programme national et régional de sauvegarde du patrimoine scientifique et technique contemporain (PATSTEC) sous forme de films, vitrines d'exposition, catalogues et livrets sur l'évolution des instruments scientifiques pour des publics variés. Elle participe à l'exposition, prévue en 2020, sur les « Prototypes » (objets techniques de la recherche) et au catalogue de l'exposition, portée par la mission nationale qui comprend des partenaires régionaux et nationaux (universités, entreprises, délégations des CNAM en région, structures culturels, scientifiques et techniques dont les muséums ...).

---

# Entretiens et Leçons

---

# Sauvegarder le patrimoine scientifique et technique

Entretien avec Catherine Cuenca

*Safeguarding the Scientific and Technical Heritage: An Interview with Catherine Cuenca*

Anne-Sophie Rozay et Catherine Cuenca

---

Madame Cuenca, à travers la création de la Mission de sauvegarde du patrimoine scientifique et technique contemporain, vous êtes une pionnière dans la prise en compte de l'instrumentation scientifique récente <sup>1</sup> en tant qu'élément patrimonial, pouvez-vous expliquer en quoi consiste cette Mission ?

**La Mission nationale de sauvegarde du patrimoine a pour objectif la sauvegarde du « futur » patrimoine scientifique et technique matériel et immatériel produit après la Seconde Guerre mondiale. Il s'agit de sauvegarder les instruments scientifiques et techniques, les savoirs faire, des documents associés, les témoignages qui racontent une partie de la recherche scientifique contemporaine.**

Cette sauvegarde se concrétise par un inventaire, un répertoire d'instruments dont une partie est consultable via le site internet PATSTEC <sup>2</sup>. Ce site est lié à une base de données multimédia alimentée par les collaborateurs régionaux appelés « chefs de projets » qui font partie du réseau national organisé depuis 2004.

Ce réseau repose aujourd'hui sur 20 porteurs de projets, en plus des 17 partenaires régionaux. Parmi ceux-ci, nous distinguons les partenaires dits « nationaux » qui sont des institutions. Ils ne

reçoivent pas de financements du Musée du Cnam, mais peuvent utiliser les outils et les méthodes de la mission nationale après signature d'une convention bipartite. Ils participent comme tout autre membre à l'animation du réseau. Les partenaires régionaux qui reçoivent un financement et signent également une convention. Le financement est attribué par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche qui aujourd'hui le transfère dans le cadre du contrat d'établissement du Cnam.

Pouvez-vous nous expliquer d'où vous est venu ce goût ? D'où vient votre intérêt pour l'instrument scientifique ?

J'ai été sensibilisée aux instruments scientifiques lorsque j'étais en poste au Muséum d'histoire naturelle de Nantes. Nous travaillions à l'époque sur la rénovation du muséum. Lors de l'écriture du synopsis général de projet d'exposition, l'équipe scientifique du Muséum a réfléchi à la démarche du scientifique. C'est en souhaitant valoriser cette démarche auprès des publics que l'instrument avait toute sa place dans le discours proposé.

Les instruments sont en effet au centre de la démarche scientifique. L'analyse scientifique passe par l'observation et la mesure ; cela nécessite l'usage fréquent d'instruments scientifiques. Le rôle des instruments n'est donc pas anodin.

Quand je suis partie du Muséum d'histoire naturelle de Nantes, au milieu de l'année 1996 <sup>3</sup>, j'ai travaillé sur une mission patrimoniale auprès du président de l'université de Nantes. Le Ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche a donné un budget pour mener ce travail, qui consistait dans un premier temps à faire un repérage dans les laboratoires universitaires et un rapport sur les collections universitaires locales.

Et c'est dans ce contexte là que j'ai constaté que beaucoup d'instruments scientifiques étaient mis de côté, au sein des

structures universitaires (re)fondées dans les années 1950-60, (rappelons que les universités ont été fermées à la Révolution et que beaucoup d'entre elles ne seront refondées qu'au XIX<sup>e</sup> et plus encore au XX<sup>e</sup> siècle) entretemps certaines étaient remplacées par des « écoles ».

Par ailleurs, la pratique scientifique a connu de nombreux bouleversements laissant des amas d'instruments obsolètes et tout cela m'a interrogé. Peu à peu cette idée, après une enquête commencée à l'université de Nantes, a été développée à l'échelle des établissements d'enseignement supérieur de la région des Pays de la Loire, après accord du ministère de l'Enseignement supérieur et du président de l'université de Nantes.

Pouvez-vous nous parler des débuts de la Mission nationale de sauvegarde du patrimoine scientifique et technique, dite « Patstec » ?

La Mission nationale est née, lorsque Daniel Thoulouze alors directeur du Musée des arts et métiers en 2001, a reçu une lettre du ministre de l'Enseignement supérieur et de la recherche lui demandant de développer une Mission nationale de sauvegarde et valorisation du patrimoine des soixante dernières années. Ayant eu connaissance de cette Mission régionale en Pays de la Loire, celui-ci a souhaité que l'équipe nantaise vienne apporter outils et compétences, pour généraliser ces actions en France. La mission nationale a réellement démarré par le lancement d'une journée d'étude <sup>4</sup>, en 2003, au Musée des arts et métiers où les professionnels des patrimoines, le réseau des DRRT et des universitaires se sont retrouvés pour parler de ce « nouveau et futur patrimoine à collecter » <sup>5</sup>.

À partir de 2004, nous avons attribué deux fois par an une subvention à des partenaires devenus « missions régionales Patstec » qui s'engageaient à appliquer les méthodologies de travail

que nous avons développés en Pays de la Loire et à alimenter une base de données ainsi qu'un site pour réaliser un inventaire national sur cette thématique du patrimoine scientifique et technique contemporain. La Mission est devenue, au cours du temps, un programme de « recherche appliquée » sur des sujets et des thématiques du patrimoine, qui intéressaient quelques années plus tôt les professionnels du patrimoine.

Après quinze années d'existence, malgré le fait que beaucoup de changements aient pu intervenir dans les missions régionales car les postes de chargés de mission sont souvent occupés par des jeunes sur des emplois en contrat à durée déterminée, il est possible de dire, avec du recul, que beaucoup d'entre eux ont intégré de manière pérenne les missions porteuses de chaque région et ont développé une véritable expertise en matière de patrimoine scientifique et technique contemporain. Ils peuvent désormais apporter beaucoup d'éléments méthodologiques complémentaires à des méthodes existantes telles que celles de l'inventaire général qui travaille encore peu sur le patrimoine scientifique et technique contemporain <sup>6</sup>.

Cette idée de sortir sur les territoires pour créer un réseau qui va collecter des objets en devenir de patrimonialisation sur une partie de la science contemporaine de la recherche actuelle est enviée par d'autres musées européens avec qui nous travaillons au Musée des arts et métiers, comme le *Deutsches Museum*, le *Science Museum* de Londres, le Musée Léonardo da Vinci.

Une des facettes essentielles de la mission est cette capacité à irriguer les territoires, grâce à ce réseau national. Bien sûr il y a une cellule nationale qui anime et coordonne la mission nationale, avec le musée des Arts et métiers, mais le travail de sauvegarde, d'inventaire et de valorisation ne pourrait pas être fait sans toutes

les missions régionales Patstec et l'implication des chargés de mission.

Quels sont pour vous les enjeux, les défis à relever pour l'avenir de cette mission contemporaine ?

Je vois à l'heure actuelle trois grands axes sur lesquelles la Mission va devoir se positionner. Le premier est la question de l'outil utilisé : la base de données existante est dédiée au patrimoine scientifique et techniques contemporain, mais à l'heure actuelle, la majorité des porteurs régionaux étant des structures universitaires, celles-ci souhaitent inventorier d'autres collections, par exemple des collections de sciences naturelles, artistiques ou mobilières... Les chargés de collections ont aussi besoin d'un outil structuré pour ces collections. Peut-être faudra-t-il envisager la mise en place d'un outil avec des champs d'inventaires dédiés plus largement aux patrimoines des établissements de l'enseignement supérieur et de la recherche ? Si oui, quelle pourra être la part de l'implication de la Mission nationale Patstec dans cette évolution ? Par ailleurs, la quantité des ressources déjà existantes dans la BD ou le site web [www.patstec.fr](http://www.patstec.fr), soit 18 000 fiches d'inventaires et 50 000 médias, pourraient être utilisée plus largement par d'autres professionnels : enseignants, professionnels du patrimoine, de diverses disciplines. Citons par exemple le champ « diffuseur » ou fabricant » qui intéresserait les historiens des techniques travaillant sur la fabrication des instruments aux XX<sup>e</sup> et XXI<sup>e</sup> siècles !

Un second point essentiel est celui de la sélection et du tri des objets dans le processus de patrimonialisation. Aujourd'hui, les partenaires régionaux essaient de fixer des cadres pour le repérage et la collecte dans les laboratoires, car l'inventaire pourrait être infini. Ces cadres peuvent être thématiques, ou encore

emblématiques d'une histoire locale voire régionale... Dans tous les cas se pose toujours la question de ce que l'on garde, ou pas, comme objet, d'un point de vue de la pratique scientifique, d'un point de vue historique (il peut y avoir des divergences), et nous sommes toujours confrontés à des problèmes de place et d'espace de stockage. Dans le sillage de cette problématique, se pose également le cas des « grands instruments ». Comment traiter des instruments qui ne pourront être conservés dans leur intégralité ? Des méthodes sont appliquées, mais c'est un axe qu'il faudra approfondir, peut être au cours de prochains séminaires de recherche.

Enfin, un troisième enjeu, une question de fond qu'il faut encore développer et qui est posée régulièrement : comment aborde-t-on les instruments et savoirs des laboratoires de recherche privés et industriels ? Ces laboratoires, ou départements de « recherche et développement » participent, eux aussi, d'une histoire globale des sciences et techniques ; pourtant ces acteurs restent le plus souvent en marge des questions patrimoniales. Certains partenaires régionaux ont bien avancé (Pays de La Loire, Occitanie, Auvergne, Normandie) sur ces questions en créant des parcours, des films sur le fonctionnement des laboratoires ou des instruments. D'autres ont peu abordé le sujet. Je pense qu'il est difficile d'énoncer une méthode qui serait transférable d'une entreprise à une autre. Après plusieurs expériences avec le monde industriel en Pays de Loire, je pense qu'une entreprise est une entité en soi, qui a sa propre identité, son autonomie et qu'il faut aborder l'industrie en ayant conscience de ces particularités. Au niveau de la Mission, cela reste un vrai défi à développer.

Vous mentionnez la question du tri comme enjeu majeur dans le processus de sauvegarde : quels en sont les contours ?

Il faut bien rappeler que la phase de sauvegarde se situe en amont de la patrimonialisation. Sur le terrain, les collectes concernent des objets susceptibles de devenir à terme du patrimoine. Ces objets sont du matériel d'étude ou des collections d'étude dans la terminologie technique du patrimoine.

Dans cette aventure, nous sommes face à une masse d'objets sans un recul suffisant, d'où l'intérêt d'un cadre type Projet scientifique et culturel employé dans les musées – le PSC. En ce qui concerne le tri, il serait utile que chaque région rédige une sorte de PSC <sup>7</sup> basé sur des thématiques directrices ; l'idée étant, autant que possible, de croiser des critères d'intérêt national à l'intérêt régional.

Malgré tout aura-t-on gardé le bon corpus ? Il vaut mieux sélectionner de façon un peu plus large et faire une deuxième voire une troisième sélection avant de définir très strictement un corpus définitif.

Finalement, la chance est offerte de collecter un futur patrimoine « in vivo », jusqu'alors peu intéressant pour nos prédécesseurs, en dehors d'un intérêt pour le patrimoine mobilier du XX<sup>e</sup> ou l'art contemporain.

D'un point de vue méthodologique, la mission de sauvegarde concerne à la fois le patrimoine matériel et immatériel, quel est votre point de vue concernant celle des savoir-faire ?

La question de la sauvegarde des savoir-faire est complexe. Une collecte d'archives orales, avec la réalisation de vidéos montrant l'usage et le fonctionnement d'un objet, reste une des manières de sauvegarder les savoir-faire.

L'émergence des nouvelles technologies de la communication et de supports multimédia dans les années 1990 contribue à ouvrir la réflexion sur cette sauvegarde du patrimoine immatériel. Dès les origines du projet, le parti pris a été d'exploiter ces technologies

pour apporter des contenus multimédias aux fiches d'inventaire réalisées sur les instruments.

Un certain nombre de porteurs de projet régionaux ont décliné cette méthodologie. Au fil des années d'autres concepts et projets se sont développés en étroite collaboration avec des départements ou des laboratoires de recherche en sciences humaines, notamment en sociologie ou histoire des sciences et des techniques. C'est le cas, par exemple, de partenaires d'Occitanie et de Normandie. En Occitanie, l'Université de Toulouse Midi-Pyrénées a mis en place un programme de recherche dédié à la construction du patrimoine universitaire et a utilisé le concept de parcours de chercheurs. En Normandie, le projet autour de la sauvegarde des différentes générations de sonde atomique est également intéressant à la fois parce qu'il recouvre une période assez longue, des années soixante-dix à aujourd'hui, mais aussi parce que ces travaux concernent aussi bien des objets (ou bien éléments d'objets), des documents associés (des notes, des plans, des dessins), ainsi que des témoignages d'acteurs multiples (des techniciens, des ingénieurs et des chercheurs), de différentes générations (certains en retraite, d'autres encore en activités). Les entretiens réalisés à cette occasion avaient pour ambition de recueillir la mémoire des usages et des pratiques des acteurs concernés. Ceci donne donc des éléments pour documenter des savoir-faire disparus et illustrent une sorte de généalogie de l'instrument. Une restitution par un documentaire <sup>8</sup> montre d'ailleurs ces différents aspects.

Est-ce que les corpus constitués peuvent être considérés comme des sources d'un point de vue de l'histoire des techniques ?

Oui, à terme, je crois que ces corpus constituent des éléments tangibles dont les historiens pourront s'emparer. Les sources écrites seront sans doute moins disponibles pour les chercheurs de

demain, je pense notamment aux correspondances, aux documents intermédiaires, etc. Donc l'étude approfondie des corpus constitués par les partenaires de la Mission nationale pourront sans aucun doute devenir des données à exploiter.

Vous avez publié récemment « Une politique contemporaine des sciences et techniques ». Vous y dressez un vaste panorama du processus de patrimonialisation des sciences et techniques. Pouvez-vous nous dire en quoi les réflexions des historiens des sciences et des techniques ont pu motiver vos travaux ?

En effet, lorsque j'ai débuté ce travail, il était indispensable de s'appuyer sur les travaux des historiens des sciences et des techniques, des archives, des enquêtes sociologiques telles que des interviews. Dresser un panorama global m'a permis de mettre à jour des liens complexes entre savoirs, techniques et pratiques patrimoniales dont la prise en compte est indispensable pour appréhender la spécificité du patrimoine scientifique et technique récent.

Les historiens comme Bertrand Gille <sup>9</sup> ou René Taton <sup>10</sup> s'étaient assez peu intéressés aux instruments scientifiques, et surtout aux archives. Après la Seconde Guerre mondiale, Maurice Daumas <sup>11</sup> montre que les instruments scientifiques ne relèvent pas seulement d'une instrumentation utile, mais qu'ils sont également destinés à des fins d'observation, d'étude et de mesure. Ainsi le rôle de l'instrumentation est majeur dans le développement des sciences.

Mais finalement, à cette époque, Maurice Daumas est presque seul à s'intéresser véritablement aux instruments scientifiques. Les travaux historiques postérieurs, plus centrés sur le monde industriel que sur l'instrumentation scientifique, comme ceux de Denis Woronoff ou encore François Caron, soulignent la multiplicité des nouveaux instruments. Ils mettent en évidence les processus de transferts et d'échanges des procédés techniques entre les manufacturiers. Robert Halleux, dans l'ouvrage *Le Savoir et*

*la main* <sup>12</sup>, met en évidence les différents rôles des instruments scientifiques, comme, par exemple, l'importance de leur dimension pédagogique pour l'enseignement des sciences avant d'avoir un usage pratique.

Lorsque notre projet de sauvegarde du patrimoine instrumental a débuté, les choses n'ont pas été simples. Ce sujet n'emportait pas une adhésion évidente de la part des professionnels du patrimoine et du monde universitaire. Les nombreux échanges et le soutien de Robert Halleux dans la démarche de sauvegarde des objets des cinquante dernières années de Dominique Poulot et Catherine Ballé ont sans aucun doute été déterminants.

La démarche de sauvegarde patrimoniale est liée à une sorte d'injonction - souvent de la part des institutions - à mettre en place des opérations de valorisation du patrimoine. « Valoriser » des collections en voie de patrimonialisation, quel sens cela a pour vous ?

Collecter un objet, même s'il ne devient pas patrimoine, c'est déjà lui porter un intérêt scientifique s'il passe par toutes les phases de la chaîne opérationnelle qui amène à la patrimonialisation. Il le devient pour son intérêt scientifique, historique ou pour son originalité technologique et ceci doit être valorisé.

À terme, c'est l'idée du tri et de la sélection au départ, l'objectif est de construire un corpus qui raconte une histoire de la recherche, de la recherche contemporaine, une histoire de la région, une histoire de l'institution. Ce qui fait la richesse de la mission nationale et des missions régionales qui en découlent, c'est de pouvoir raconter cela et de s'approprier son histoire... À travers ces histoires les objets seront ainsi valorisés.

La valorisation auprès des publics passe souvent par des expositions. Est-ce que vous pensez que ces instruments sont porteurs d'une valeur esthétique ?

J'en suis persuadée, même si l'esthétique est subjective. Notons qu'il y a eu de nombreuses expositions artistiques ces dernières

années avec des objets techniques de la vie quotidienne. À Nantes, plusieurs artistes ont travaillé sur cette période récente. Je pense notamment à un artiste qui, à partir d'une collection de téléphones portables, en a fait des tableaux extraordinaires...

En matière d'art contemporain, les instruments scientifiques, les objets techniques sont un matériau artistique comme un autre.

De manière générale, notamment pour les objets des années 1950-60, le design est tout à fait original et profite d'un regain d'intérêt comme pour le mobilier d'arts décoratifs des années 1920-1930. Par contre, les objets contemporains sont peut-être un peu plus difficiles à comprendre, car souvent obscures, des « boîtes noires », des objets avec des matériaux, des composants électroniques, des résistances ; il y a également des objets essentiels à la recherche. Prochainement, lors de l'exposition prototype présentée au Musée des arts et métiers en mars 2020, la mission nationale présentera ces objets avec ses partenaires du réseau <sup>13</sup> .

Oui, il y a certainement un intérêt esthétique...

L'une des innovations de la Mission nationale a été de s'approprier dès la fin des années 1990 des outils numériques et de communication : une base de données multimédia, incluant des vidéos et exploitant les réseaux internet. Aujourd'hui de nombreux projets de numérisation du patrimoine émergent. Quel est votre point de vue à ce sujet ?

La numérisation sert à sauvegarder des éléments variés pour en faire une base de connaissance pour l'avenir. Cette démarche permet, par des méthodes points par points ou utilisant le 3D, de produire des bases de données des connaissances sur l'objet, soit en partant de l'objet, soit en partant des documents et en réinventant l'objet.

La numérisation est un outil extraordinaire pour emmagasiner et exploiter des éléments de connaissances. Ces données peuvent ensuite faire l'objet de réingénierie. Des équipes de recherche <sup>14</sup>

travaillent sur ces aspects. L'usage de ces nouveaux outils est une perspective, notamment pour garder un élément important en taille ou qui risque d'être détruit. Mais malgré la richesse de cette perspective, ce sont des outils qui doivent rester complémentaires à d'autres sources primaires de connaissance.

En ce qui concerne un usage de la numérisation à des fins de valorisation, la constitution d'un musée virtuel a été un temps très en vogue au début de la numérisation. Je pense qu'il faut être nuancé. Les diverses expériences, notamment avec les enfants, montre que l'objet physique reste ce qu'il y a de mieux pour expérimenter. La preuve en est que l'on continue de fabriquer des maquettes !

Est-ce que ces outils informatiques, non matériels, méritent eux aussi, en tant qu'instrument de recherche, d'être sauvegardés ?

Oui, les logiciels sont des outils, tout comme des cahiers de laboratoires et les instruments qui peuvent être des éléments de compréhension d'un processus scientifique. Il faut garder des éléments de cette histoire des logiciels. C'est ce que font les personnes qui construisent l'histoire de l'informatique. Il faudra raconter un jour l'histoire de la modélisation numérique.

La question est aussi sur quel support. Les contenus de programmation ou de langage informatique seront conservés. Garde-t-on les fichiers informatiques ? Mais alors il faudra conserver les appareils qui pourront relire ces fichiers, etc. Des réseaux d'experts en informatique travaillent sur ces questions. La modélisation, la dématérialisation des supports, et si un jour il n'y avait plus d'objets scientifiques ?!

Même si la numérisation permet de reconstituer extrêmement finement des objets, et si la simulation numérique est de plus en

plus précise, les outils numériques ne remplaceront jamais l'expérimentation et l'objet réel.

---

## NOTES

1. Après la Seconde Guerre mondiale.
2. [www.patstec.fr](http://www.patstec.fr) PATSTEC (PATrimoine Scientifique Technique Contemporain)
3. Catherine Cuenca a été directrice du Muséum d'histoire naturelle de Nantes de 1989 à 1996, après en avoir été directrice-adjointe de 1982 à 1989.
4. CUENCA Catherine, THOMAS Yves, BALLE Catherine, *Le patrimoine scientifique contemporain, un programme de sauvegarde en Pays de Loire*, Paris, L'Harmattan, 2006.
5. Catherine Cuenca a été adjointe du directeur du Musée des arts et métiers, CNAM Paris en tant que responsable de la Mission nationale de sauvegarde et valorisation du Patrimoine scientifique et technique contemporain (PATSTEC) de 2003 à 2016.
6. DRAC : Direction Régionale des Affaires Culturelles.
7. « Le Projet Scientifique Culturel [...] est un document qui définit les grandes orientations et les stratégies [...]. C'est avant tout une réflexion, qui doit dégager une dynamique d'ensemble et déboucher sur des propositions concrètes d'action », Direction des musées de France, *muséofiche2*, 2007, p.1. Voir CHAUMIER Serge Chaumier et BACHY Marie, « Un PSC pour quoi faire ? », *La Lettre de l'OCIM* [En ligne], 124 | 2009, mis en ligne le 01 juillet 2011, URL : <http://journals.openedition.org/ocim/293>.
8. Nicolas MIFSUD, Anne-Sophie ROZAY, *Un instrument et des hommes, l'aventure de la sonde atomique à Rouen* », coproduction Résitech/Mission PATSTEC Normandie/CNRS Image, 2014.
9. GILLE Bertrand (dir.), *Histoire des techniques. Technique et civilisations, technique et sciences*, Paris, Gallimard, 1978.
10. TATON René, *La science contemporaine*, vol. 2 : Le XX<sup>e</sup> siècle années 1900-1960, Paris, Presses universitaires de France, 1995
11. DAUMAS Maurice (dir.), *Histoire générale des techniques*, 5 vol., Paris, Presses universitaires de France, 1962-1979 ; *Les instruments scientifiques aux XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles*, Paris, Presses universitaires de France, 1953
12. HALLEUX Robert, *Le savoir de la main, savants et artisans dans l'Europe pré-industrielle*, Paris, A. Colin, 2009.

13. Projet d'exposition « *Prototype, De l'expérimentation à l'innovation* », mars-juillet 2020, Musée des arts et métiers, Paris.

14. Par exemple, le projet RESEED : *Retro-conception sémantique d'objets patrimoniaux digitaux soutenu par l'Agence Nationale de la Recherche*. (<https://reseed.ls2n.fr/fr/accueil/> consulté le 17 mai 2019).

---

## INDEX

**Mots-clés** : histoire des techniques, histoire des sciences, patrimoine scientifique, patrimoine technique, musée scientifique et technique

**Keywords** : history of technology, history of science, scientific heritage, technical heritage, scientific museum

**Thèmes** : Entretiens et leçons

## AUTEURS

### ANNE-SOPHIE ROZAY

Cheffe de projet du réseau Résitech, est dans le cadre de la mission national PATSTEC, chargée d'inventaire et de valorisation du patrimoine matériel et immatériel de l'enseignement supérieur et de la recherche en Normandie. Ce réseau Résitech est porté par l'INSA Rouen Normandie en partenariat avec l'Université de Rouen Normandie.

### CATHERINE CUENCA

Présidente de l'AGCCPF (association générale des conservateurs et collections publiques de France) depuis décembre 2016, Directrice adjointe du Musée des arts et métiers, Cheffe du département du développement des patrimoines (DDP) de 2016 à 2019, responsable de la Mission nationale Patstec, réseaux et international; cheffe de la mission nationale et régionale à l'université de Nantes, Catherine Cuenca est conservateur général du patrimoine, docteur en histoire de l'art et archéologie de l'Université Paris 1 Panthéon Sorbonne, spécialité Histoire des institutions muséales, patrimoines scientifiques et

techniques, politique culturelle au Musée des arts et métiers, et responsable de la Mission nationale de sauvegarde du patrimoine scientifique et technique contemporain- PATSTEC. Son expertise concerne l'histoire des musées et patrimoines scientifiques et techniques, les politiques culturelles de ces institutions scientifiques et techniques, et en particulier le patrimoine scientifique et technique contemporain (de 1920 à aujourd'hui).

# La Vallée de l'Étrange de Mori Masahiro

Importance et impact sur l'esthétique et la conception des robots

*Masahiro Mori's The Uncanny Valley: Significance and Impact on Aesthetics and Robot Design*

Karl F. MacDorman

---

## RÉFÉRENCE

Mori, Masahiro. The Uncanny Valley Phenomenon. *Energy* , 7(4), Esso Standard Oil, 1970, pages 33–35.

*Je souhaiterais exprimer ma reconnaissance à ceux qui m'ont gracieusement aidé à traduire en français l'essai précurseur de Mori Masahiro. Danny Pham a effectué une traduction juste de ma traduction anglaise de 2012 avec Kageki Norri comme référence, alors que je me refamiliarisais moi-même avec l'essai de Mori en japonais. Nomura Tatsuya m'a conseillé sur les passages de Mori les plus difficiles. Lucile Julaud, Emilien Kopp et Elodie Marechal ont revu et corrigé ma traduction du japonais vers le français.*

## Préface

- <sup>1</sup> En 1970, Mori Masahiro a écrit un essai innovant sur l'esthétique de la forme humaine <sup>1</sup>. Il s'est particulièrement préoccupé de la façon

dont l'apparence humaine des robots modifie la manière dont ils sont perçus. Mori, lorsqu'il était enfant, fut fortement perturbé par une exposition de personnages en cire totalement statiques (Kageki, 2012). Il fit à nouveau l'expérience de ce sentiment étrange, bien des années plus tard, en tant que professeur d'ingénierie de contrôle à l'Université de Technologie de Tokyo, alors qu'il révisait une main myoélectrique (prothèse motorisée) qui semblait parfaitement humaine, mais n'était pourtant pas perçue comme telle. Ce sont ces expériences qui l'ont incité à réfléchir au futur des robots humanoïdes et ont inspiré cet essai.

- 2 À travers une série d'observations et d'expériences de pensée, il décrit dans son essai la corrélation entre le degré de ressemblance anthropomorphique d'un robot et le niveau de sympathie ressenti à son égard. Plus les robots seraient similaires à l'homme, plus notre sympathie pour eux augmenterait – mais seulement jusqu'à une certaine limite. En se rapprochant d'une apparence humaine parfaite, mais sans toutefois l'atteindre, notre réponse changerait soudainement et passerait de la sympathie à l'aversion. Ce changement, qui sera également le titre de son essai, Mori l'appelle *bukimi no tani genshō* 不気味の谷現象 – le phénomène de la vallée de l'étrange. Il le présente comme étant la manifestation d'un instinct de conservation, protégeant notre espèce de l'exposition aux cadavres et autres espèces apparentées et dont l'effet se verrait amplifié par le mouvement.
- 3 L'essai de Mori a d'abord paru dans *Energy*, un journal obscur et ayant cessé de paraître, publié par Esso Standard Oil, la filiale japonaise d'un conglomérat américain (Mori, 1970). Puis, c'est en 1978 que Jasia Reichardt introduira le concept de la vallée de l'étrange dans le monde anglophone avec son livre intitulée *Robots : Fact, Fiction and Prediction* (Reichardt, 1978a). Reichardt (1978b) reçut

de Sugiura Kohei, graphiste récompensé, un résumé de l'essai en anglais. En traduisant *bukimi* 不気味 par *uncanny*, elle créera malgré elle un lien entre les travaux précédents sur l'inquiétante étrangeté (*das Unheimlich*) de Ernst Jentsch (1906) et Sigmund Freud (1919), bien que ni l'un ni l'autre n'aient été à l'origine de l'inspiration de Mori (Jochum et Goldberg, 2015).

- 4 Traduire *shinwakan* 親和感 par *familiarité* par contre, a posé un plus grand problème. *Shinwakan* est un néologisme inventé par Mori et représente l'ordonnée sur son graphique. C'est ce qu'il définit comme étant l'expérience de la présence et de la connexion sociale. Sa polarité opposée correspond à l'étrangeté ressentie devant l'humain sans esprit ou la machine consciente (Gray et Wegner, 2012). Le traduire par *familiarité* est problématique, car lorsqu'une entité tombe dans la vallée de l'étrange, sa *familiarité* ne peut chuter en dessous de zéro, comme elle le ferait dans le graphique de Mori, tout comme sa nouveauté ne peut s'élever à plus de 100%. En 2012, alors que nous préparions, Kageki Norri et moi, une traduction autorisée en anglais (Mori, 2012a) de l'essai, nous avons accepté la suggestion de Mori de traduire *shinwakan* par *affinité*. Mais si l'on garde en tête le sens de ressemblance ou de similitude pour le mot *affinité*, la compréhension du texte de Mori peut s'en trouver compromise. En effet, puisque sur son graphique l'abscisse représente la ressemblance anthropomorphique, l'axe des ordonnées ne peut contenir le même sens. Il serait donc plus clair pour le lecteur d'utiliser le terme *sympathie*, plutôt qu'*affinité*. Mes propres recherches sur le terme *shinwakan* ont conduit à la reconnaissance de deux dimensions différentes dans sa signification : l'absence d'étrangeté et la sympathie, ou chaleur humaine (MacDorman et Chattopadhyay, 2016 ; MacDorman et Entezari, 2015). En effet, la chaleur humaine est la dimension première de la perception de

l'autre ; elle est ensuite suivie par la compétence (Fiske, Cuddy et Glick, 2007). Toutefois, traduire ce terme seulement par *sympathie* ou *chaleur* est également contradictoire : des ennemis peuvent manquer de sympathie l'un envers l'autre, sans pour autant se percevoir étrangement. Le lecteur est donc encouragé à traiter le mot *affinité* comme un terme technique combinant plusieurs concepts.

- 5 Malheureusement, en 2005, la traduction incomplète et faite à la hâte en compagnie de Minato Takashi pour un usage personnel (MacDorman, 2005), est celle qui a finalement été utilisée à grande échelle et a propagé des erreurs de traduction en anglais, et plus tard en français, à travers la traduction indirecte d'Isabel Yaya (Mori, 2012b). Traduire cet essai peut se révéler être un défi. Car Mori adopte un style littéraire et aborde le sujet sous différents angles, contrairement à l'approche plus communément retrouvée dans les écrits scientifiques, qui consiste en une exposition linéaire. Son style est composé d'un vocabulaire riche et varié, comprenant aussi bien des termes techniques que des expressions familières et des nuances précises qui peuvent facilement se perdre dans la traduction. Étant donné l'influence durable de l'essai de Mori, qui sera très probablement amenée à se développer encore, à mesure que la technologie devient plus humaine, le français mérite une traduction définitive. C'est ce que je me propose de faire ici.
- 6 Pour illustrer la vallée de l'étrange, Mori dans son essai, fait référence aux formes traditionnelles de théâtre japonais, en particulier le *bunraku* 文楽 et le *nō*. Le *bunraku* utilise des marionnettes mesurant environ un mètre de haut, costumées de manière élaborée et généralement contrôlées par trois marionnettistes vêtus de noir (Illustration 1). Mori prend pour exemple le *bunraku* pour illustrer la manière dont une performance magistrale peut rendre ces marionnettes humaines et leur permettre

ainsi de gagner l'affection du public. Ce sont des acteurs humains qui jouent dans les pièces de *nō*, le protagoniste et parfois un compagnon, portent des masques afin de représenter la jeunesse, la vieillesse, les personnages féminins, mais également des personnages non humains tels que des animaux, des fantômes, des démons ou encore des divinités. Le masque *okina* 翁 représente un homme âgé, alors que celui du *yase otoko* 瘦男, ressemblant à un homme émacié, représente un fantôme de l'enfer (Illustration 2). Mori utilise les masques *yase otoko* et *okina* afin d'illustrer respectivement les côtés moins réalistes et plus réalistes de la vallée de l'étrange, bien qu'aucun de ces deux masques ne soit vraiment très réaliste.

Illustration 1 : Marionnette de *bunraku*



*Ningyō jōruri* 人形浄瑠璃, aussi appelé *bunraku*, est un spectacle musical de marionnettes qui provient d'Osaka au Japon. Ses origines remonteraient au 17<sup>ème</sup> siècle

Chee-Onn Leong © 123rf.com

Illustration 2 : Les masques *yase otoko* et *okina*



Le *nō* est une forme de théâtre musical japonais qui date du 14<sup>ème</sup> siècle. Le masque *yase otoko* (à gauche), montrant le visage d'un homme émacié, représente un fantôme de l'enfer. Le masque *okina* (à droite) représente un homme âgé. Les masques ici présentés ont été taillés par Ichiyu Terai à Kyoto au Japon.

Shuhei Terai © nohmask.jp

- 7 Mori ne proposa pas tant son schéma de la vallée de l'étrange comme hypothèse formelle, mais plutôt comme une ligne directrice pour les concepteurs de technologie, et c'est ainsi que ce schéma fut interprété au début. Afin de réduire le risque qu'un modèle ne paraisse trop étrange, il préféra favoriser les modèles plus abstraits pour éviter un anthropomorphisme trop important.
- 8 Pendant une trentaine d'années après la publication de son essai, l'interdiction de poursuivre un design anthropomorphique poussé initiée par Mori était devenue un principe de base parmi les communautés robotiques du Japon et au-delà. Ce qui est d'ailleurs curieux, car la culture et la religion japonaise n'avaient jusque-là

jamais résisté à la mécanisation de la forme humaine (Yamamoto, 1983). Les poupées mécaniques (*karakuri ningyō* からくり人形) y sont populaires depuis l'époque d'Edo (1603–1867) et les robots humanoïdes sont représentés plutôt favorablement dans la culture populaire (MacDorman, Vasudevan et Ho, 2009). Néanmoins, si des androïdes perçus comme trop étranges retournaient l'opinion publique contre la robotique, cela pourrait menacer certaines des priorités nationales du gouvernement japonais, comme le développement et l'utilisation des robots pour l'accompagnement des personnes âgées par exemple. Par conséquent, c'est à cause de la vallée de l'étrange que certaines commissions de subventions ont été réticentes à attribuer des fonds aux projets visant à fabriquer des robots à fort degré de ressemblance anthropomorphique, autrement dit, des androïdes.

- 9 En 2003, j'ai rejoint le laboratoire d'Ishiguro Hiroshi, un professeur en robotique de l'Université d'Osaka, afin de travailler sur des projets concernant les androïdes. Ishiguro s'était associé avec une entreprise d'animatroniques basée à Tokyo, Kokoro Co. Ltd, pour créer « Repliee R1 » en 2001, puis « Repliee Q1 » en 2003. « Repliee R1 », alimenté par neuf moteurs à courant continu était une copie de Lisa, 5 ans, la fille d'Ishiguro. « Repliee Q1 », alimenté par 33 actionneurs pneumatiques, bien que de genre neutre, fut habillé en femme. Le but d'Ishiguro était d'utiliser un androïde à la place d'un humain pour pouvoir étudier l'interaction d'humain à humain. Cette approche, Ishiguro la nomma « *la science androïde* » et avec ces deux robots, il débuta des collaborations avec des chercheurs en psychologie du développement, ainsi qu'en d'autres domaines.
- 10 En 2004, j'ai observé que même si la vallée de l'étrange pouvait potentiellement mettre en danger l'acceptation des androïdes par le grand public, elle jouait pourtant un rôle crucial dans la conduite de

la science androïde (MacDorman et Ishiguro, 2006). Si nous appliquons une théorie d'interaction humaine dans un androïde, nous pouvons alors savoir lorsqu'un androïde produit des réponses non humaines. Toutefois, si nous mettons en place une théorie d'interaction humaine dans un robot d'apparence mécanique, nous ne pourrions pas savoir à quel moment le robot produira des réponses non humaines. Un robot d'apparence mécanique n'active pas dans le cerveau de l'observateur le modèle d'un autre être humain et ne peut donc pas déroger aux prédictions de ce modèle (Saygin et al., 2012 ; Urgan et al., 2018).

- 11 Même après le succès de son androïde le plus récent, il fut difficile pour Ishiguro de faire subventionner ses recherches sur les androïdes à cause du l'essai de Mori. Il réussit finalement à persuader Inoue Hirochika de subventionner le projet NEDO <sup>2</sup> afin d'actualiser « Repliee Q1 », qui passa de 33 à 42 actionneurs pneumatiques et ceci afin de permettre au robot d'avoir des expressions faciales ainsi que des mouvements au niveau des mains, en préparation de l'Exposition Spécialisée de 2005 à Aichi au Japon. Le robot fut doté d'une nouvelle tête et de nouvelles mains, conçues d'après la journaliste Fujii Ayako de la NHK et fut même en mesure de lire les informations à la télévision. Malgré tout, et selon l'accord avec Inoue, les membres du laboratoire et moi-même devions être très prudents en présentant le robot au public. Il ne devait jamais être montré à l'arrêt, ni partiellement désassemblé, car son apparence aurait pu heurter l'opinion publique. La NHK avait formulé les mêmes demandes.
- 12 À travers le livre de Reichardt, le concept de la vallée de l'étrange aux États-Unis a été redéfini selon un principe de base totalement différent de celui utilisé au Japon. Bien qu'encore lié aux robots humanoïdes dans les cercles académiques, depuis 2001, son usage est

devenu extrêmement populaire parmi les critiques et le grand public, pour décrire (la qualité de la modélisation et l'animation) des personnages humains dans les films d'animation 3D et les jeux vidéo. Cette année-là fut marquée par la sortie du film d'animation très réaliste *Final Fantasy : Les Créatures de l'esprit*. Bien qu'incroyable du point de vue technique, le film fit un flop au box-office. Les critiques ont souvent blâmé, et peut-être à tort, la vallée de l'étrange pour cet échec. Ces reproches ont en tout cas continué à se succéder et la suite de films produits par Robert Zemeckis en a fait les frais en commençant par *Le Pôle express* en 2004 et en culminant en 2011 avec le très attaqué *Milo sur Mars*, et la fermeture par Disney du studio du film, ImageMovers Digital. Ces films combinent des animations 3-D et de la capture de mouvements d'acteurs humains (Butler et Joschko, 2009 ; Freedman, 2012). Lorsque l'apparence et les mouvements des personnages sont mal coordonnés, il devient alors difficile pour le public de s'identifier à eux.

- 13 En 2005 déjà, les journalistes et le public en général utilisaient la vallée de l'étrange comme concept fourre-tout pour désigner tout défaut dans l'animation réaliste d'un personnage. Le fait d'attribuer à la vallée de l'étrange les évaluations négatives reçues par l'animation est devenu un argument circulaire. Un argument non circulaire analyserait le phénomène en relation avec diverses variables de stimuli, d'affection et du comportement, puis chercherait ensuite à découvrir les mécanismes psychologiques et neurocognitifs sous-jacents qui sont à l'œuvre, ainsi que leurs évolutions.
- 14 Selon Mori, l'influence de son essai a vraiment explosé à partir de 2005, lorsque Christian Keysers, Frank Pollick et moi-même avons organisé un atelier sur la vallée de l'étrange (Kageki, 2014). Même si ce n'est pas tout à fait correct, cette année-là marque sûrement le

début de l'investigation scientifique de la vallée de l'étrange, qui n'a fait que s'accélérer depuis. Certains chercheurs ont exploré son implication dans l'interaction homme-robot (Mathur et Reichling, 2016 ; Mitchell et al., 2011) et l'animation 3D (Burleigh et Schoenherr, 2014 ; MacDorman, 2019 ; MacDorman et Chattopadhyay, 2016 ; Seyama et Nagayama, 2007 ; Tinwell et al., 2011), alors que d'autres ont enquêté sur ses origines biologiques (Saygin et al., 2012 ; Urgan et al., 2018) et sociales (MacDorman et Entezari, 2015 ; Tondu et Bardou, 2011). L'hypothèse reste controversée, avec environ deux tiers des études publiées soutenant le phénomène (Kätsyri et al., 2015 ; Lay et al., 2016). Avec l'avancée de la technologie et des chercheurs concevant des robots de plus en plus anthropomorphiques, l'intérêt pour la vallée de l'étrange ne fera que s'intensifier.

## Mori MASAHIRO, *La Vallée de l'Étrange*, traduit du japonais par Karl F. MacDorman

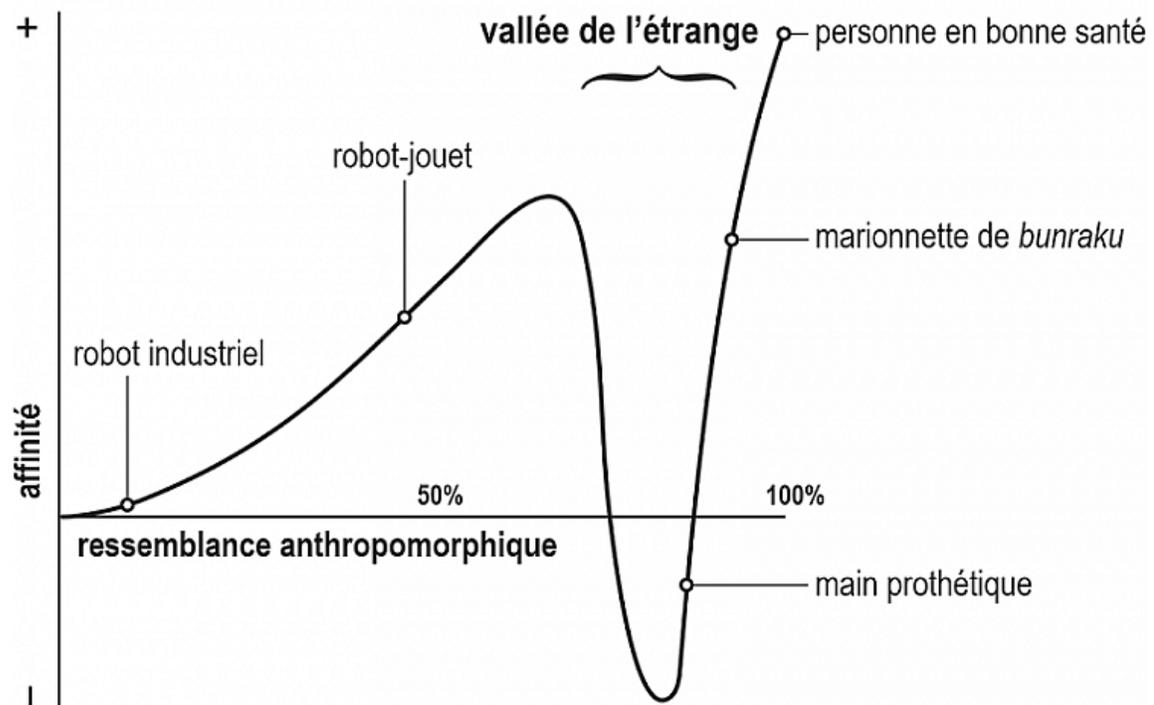
### La vallée de l'affinité

- 15 Le terme mathématique « fonction monotone » décrit une relation binaire dans laquelle la valeur de la fonction  $y = f(x)$  augmente continuellement en rapport avec la variable «  $x$  ». Par exemple, si l'effort  $x$  progresse, le bénéfice  $y$  s'accroît, ou si la pression sur la pédale d'accélérateur augmente, la voiture roule plus vite. Ce genre de relation est répandu et facile à comprendre. Étant donné que de telles fonctions s'appliquent à de nombreux phénomènes de la vie quotidienne, nous pourrions croire, à tort, qu'elles recouvrent tout type de relations. On peut parfois observer des individus s'obstinant dans une seule approche face à un problème ; ils s'entêtent par

exemple à pousser, sans jamais envisager l'efficacité de la traction. C'est pourquoi les gens sont en général déconcertés face aux phénomènes non-représentables par ce genre de fonction.

- 16 L'ascension d'une montagne est un exemple de fonction qui n'augmente pas continuellement. La présence de collines et de vallées fait que la progression (x) d'un randonneur jusqu'au sommet et l'altitude (y) de ce dernier, n'augmentent pas simultanément. J'ai remarqué que plus l'apparence extérieure d'un robot se rapproche de celle d'un être humain, plus notre affinité vis-à-vis de lui augmente, mais que, dépassé un certain point, le sentiment d'affinité redescend dans une « vallée » que je nomme ici la vallée de l'étrange.

Figure 1 : La vallée de l'étrange



Ce graphique illustre la vallée de l'étrange, à savoir la relation entre le degré de ressemblance anthropomorphique d'une entité et le sentiment d'affinité qu'elle induit chez l'observateur.

Karl F. MacDorman

- 17 De nos jours, les robots industriels attirent l'attention puisqu'ils jouent un rôle important dans la réduction du nombre d'ouvriers dans les usines. Comme nous le savons, ces robots ne font qu'étendre, contracter et faire pivoter leurs bras. Sans visage ou sans jambes, ils ne paraissent pas humains. Ils sont conçus uniquement pour être fonctionnels. Dans ce contexte, les robots doivent effectuer des tâches similaires à celles réalisées par les ouvriers, sans pour autant devoir leur ressembler physiquement. Néanmoins, étant donné leur manque d'apparence anthropomorphique, les gens ressentent difficilement de l'affinité pour eux <sup>3</sup>. Sur un graphique montrant l'évolution de l'affinité ressentie en fonction du degré d'anthropomorphisme, le robot industriel se trouvera près de l'origine (voire fig. 1).
- 18 Cependant, les concepteurs de robot-jouet peuvent se concentrer davantage sur son apparence que sur sa fonction. Dans ce cas, bien qu'il doive essentiellement être mécanique et robuste, le robot pourra commencer à avoir une forme humanoïde, avec un visage, deux bras, deux jambes et un torse. Les enfants s'attachent en général facilement aux robots-jouets humanoïdes. Par conséquent, un tel robot se trouvera plus qu'à mi-hauteur du premier pic de la figure 1.
- 19 Créer un humain artificiel étant un des objectifs de la robotique, de nombreux efforts se concentrent sur la fabrication de robots à apparence humaine <sup>4</sup>. Prenons l'exemple du bras d'un robot : si l'on habille la barre de fer recouverte d'écrous qui lui sert de bras d'un semblant de peau et de muscles, l'apparence change pour devenir plus humaine et le sentiment d'affinité ressenti pour la machine augmente proportionnellement.
- 20 Beaucoup parmi nos lecteurs ont déjà été confrontés à des personnes présentant un handicap moteur. Qui n'a pas également ressenti de la

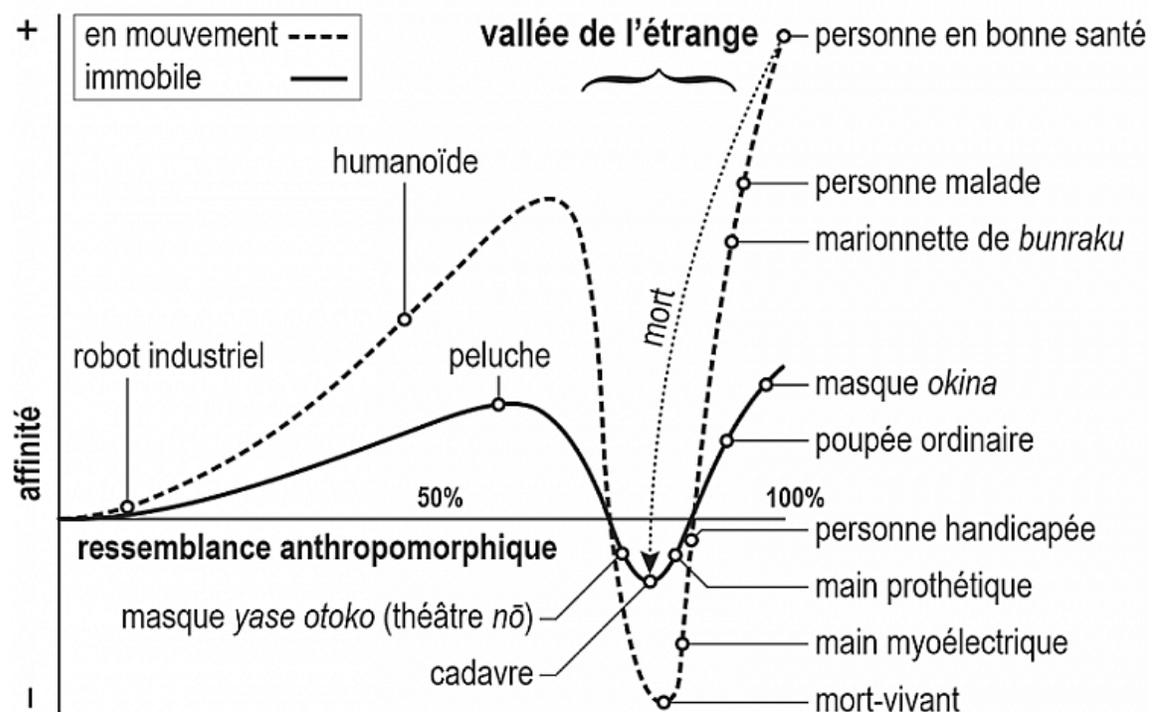
compassion pour ceux à qui il manque une main ou une jambe ou qui portent une prothèse ? En raison des progrès récents des techniques de fabrication, nous ne pouvons pas toujours distinguer au premier coup d'œil une main prothétique d'une véritable main. Certains modèles simulent les rides, les veines, les ongles et même les empreintes digitales. Même si elle est similaire à une vraie main, la couleur d'une main prothétique est plus rose, comme si elle sortait d'un bain chaud.

- 21 Actuellement, il est indéniable que la main prothétique a atteint un niveau anthropomorphique très poussé, à l'image de ce qui se fait pour les dentiers. Néanmoins, une fois que nous nous apercevons que la main qui paraissait si réelle au premier abord est en réalité artificielle, nous sommes saisis d'inquiétude. Pouvons-nous serrer cette main ? Devant sa froideur, sa poigne molle et son absence d'os, nous reculerions certainement avec effroi.
- 22 À ce moment, l'impression d'affinité disparaît et la main devient dérangement. Mathématiquement parlant, cela peut être représenté par une valeur négative. Dans ce cas, bien que l'apparence d'une main prothétique soit assez proche de celle d'une main humaine, le niveau d'affinité ressenti est négatif et sur la figure 1, cette main se retrouve presque au fond de la vallée.
- 23 Je ne pense pas non plus, en regardant de près, que l'on puisse dire qu'une marionnette de *bunraku* ressemble à un être humain. Son réalisme en termes de taille, de grain de peau, etc., est bien loin d'atteindre celui d'une main prothétique réaliste. Mais lorsque nous assistons à un spectacle de marionnettes, nous sommes assis à une certaine distance de la scène. La taille réelle des marionnettes n'est plus perceptible, seules restent les proportions et les mouvements des mains et des yeux qui par le jeu des marionnettistes deviennent très humains. Nous sommes, en tant que spectateurs, emballés par

l'esthétique créée par le spectacle, la marionnette nous apparaît ainsi sympathique et nous ressentons une grande affinité pour elle, elle sera donc représentée sur la pente supérieure de la vallée.

- 24 À travers tous ces exemples, nos lecteurs devraient pouvoir à présent comprendre le concept de la vallée de l'étrange. Examinons maintenant en détail la relation entre la vallée de l'étrange et le mouvement.

Figure 2 : L'effet du mouvement sur la vallée de l'étrange



Quand on lui ajoute la dimension du mouvement, les pentes de la vallée de l'étrange deviennent plus abruptes. À sa mort, l'homme suit le trajet de la flèche en pointillé du graphique et sort de la courbe des objets en mouvement pour aller vers celle des objets inanimés

Karl F. MacDorman

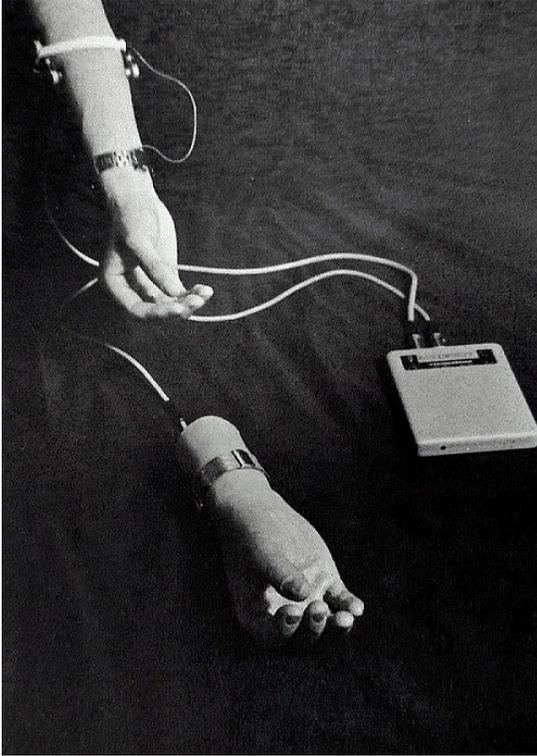
## L'Effet du mouvement

- 25 Pour les êtres humains et les autres animaux, le mouvement est synonyme de vie – il en est de même pour les robots. Sa présence

modifie la forme de la vallée de l'étrange en amplifiant les pics et les creux, comme le montre la figure 2. Pour illustrer mon propos, prenons l'exemple d'un robot industriel. Lorsqu'il est éteint, c'est une simple machine couverte de graisse. Mais une fois qu'il est programmé pour bouger comme une main humaine, nous commençons à ressentir une certaine affinité pour lui (dans ce cas, la vitesse, l'accélération et la décélération du robot doivent ressembler au mouvement humain). À l'inverse, si l'on ajoute le mouvement à une main prothétique déjà presque en bas de la vallée de l'étrange, notre sentiment de malaise vis-à-vis d'elle s'intensifie grandement.

- 26 Certain de nos lecteurs savent que la technologie récente a rendu possible l'extension et la contraction automatique des doigts des mains prothétiques. La figure 3 montre le meilleur modèle disponible sur le marché conçu par un fabricant à Vienne. Même en l'absence de l'avant-bras, le simple fait de penser à remuer les doigts produit un faible courant dans les muscles du bras, qui peut être détecté par un électromyogramme. Lorsque la prothèse détecte le courant via des électrodes placées à la surface de la peau, elle amplifie le signal afin de mettre en marche un petit moteur qui remue les doigts. Le seul fait que cette prothèse myoélectrique soit capable de bouger a de grande chance d'être révoltant pour une personne parfaitement valide. Si une personne avec une main prothétique motorisée serrait la main à une femme dans le noir, elle en hurlerait certainement de terreur !

Figure 3 : Une main myoélectrique



Un bras humain manipule une main myoélectrique qui s'appelle la « Main de Vienne ». Masahiro Mori

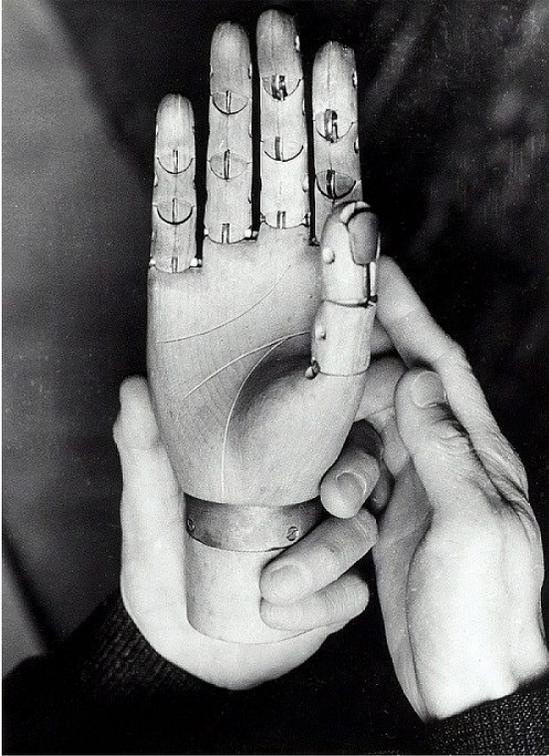
- 27 Puisque les effets négatifs du mouvement sont évidents, même avec une main prothétique, un robot complet mettrait en exergue ce sentiment d'inquiétude. Dès lors, que penser si nous étions entourés de nombreux robots ? Imaginez cette situation : un artisan se réveille dans la nuit et se rend à son atelier rempli de mannequins afin d'y rechercher quelque chose, et ces mannequins se mettent à bouger... Une vraie histoire d'horreur !
- 28 Les effets liés au mouvement ont été observés à l'exposition universelle de 1970 à Osaka, au Japon. Les programmes pour l'événement évoquaient la construction de robots extrêmement sophistiqués. Par exemple, un robot disposait de 29 paires de muscles artificiels dans le visage (encore plus qu'un être humain) afin qu'il puisse sourire de façon humaine. Selon son concepteur, le sourire est le produit d'une séquence de déformations du visage, la

vitesse de ces déformations étant un paramètre crucial. Lorsque cette vitesse est réduite de moitié pour essayer de faire sourire le robot plus lentement, l'expression du bonheur devient inquiétante et vire au sinistre. Ainsi, en fonction du mouvement et de ses variations, quelque chose de presque humain – comme un robot, une marionnette ou une main prothétique – peut aisément se retrouver dans la vallée de l'étrange.

## L'Évasion par le design

- 29 Nous espérons concevoir et construire des robots et des mains prothétiques qui ne tombent pas dans la vallée de l'étrange. Néanmoins, en raison du risque inhérent qui existe pour essayer d'atteindre le second pic en visant la ressemblance parfaite, je recommande aux concepteurs de se fixer comme objectif le sommet du premier pic. L'anthropomorphisme y est suffisamment visible pour être associée à un fort sentiment d'affinité. Pour moi, il est même possible de créer un niveau d'affinité acceptable en poursuivant un concept non anthropomorphique, les concepteurs de robots devraient y réfléchir. Pour illustrer ce phénomène, considérons les lunettes de vue. Les lunettes, de par leur design, ne sont pas conçues pour ressembler à de vrais globes oculaires, mais contribuent pourtant à créer une nouvelle esthétique charmante pour les yeux de ceux qui les portent. Ce même principe devrait être suivi lors de la conception de mains prothétiques, afin qu'elles n'aient pas l'air pitoyable mais soient plutôt tendance.

Figure 4 : Une main en bois sculpté



Un modèle d'une main fabriqué par un sculpteur sur bois de statue de Bouddha.  
Masahiro Mori

- 30 Autre exemple : considérons le modèle d'une main humaine fabriqué par un sculpteur sur bois de statues de Bouddha (Figure 4). Les doigts se plient librement aux articulations. La main n'a pas d'empreintes et garde la couleur naturelle du bois, mais sa rondeur et ses belles courbes ne suscitent pas de sentiment inquiétant. Peut-être qu'une main de ce genre pourrait servir d'exemple pour la conception de robots.

### Une explication de l'inquiétante étrangeté

- 31 En tant que personnes en bonne santé, nous nous trouvons au sommet du second pic de la figure 2 (en mouvement). Puis, à notre mort, nous ne pourrions logiquement plus bouger, notre corps se refroidira et notre visage deviendra livide. Ainsi, notre décès peut être considéré comme un déplacement du sommet du second pic

jusqu'au fond de la vallée de l'étrange (inanimée), comme le parcours de la flèche en pointillé sur la figure 2 l'indique. Heureusement, cette flèche descend vers la vallée inanimée et non pas vers celle corrélée au mouvement. Si nous devions y tomber, nous rejoindrions la figure cauchemardesque du mort-vivant.

- 32 Je pense que cette descente élucide le profond mystère qu'entoure la vallée de l'étrange. Pourquoi sommes-nous envahis par ce sentiment de malaise ? En quoi nous est-il nécessaire ? Je n'ai pas encore suffisamment réfléchi à ces questions, mais je pense que tout cela est intrinsèquement lié à notre instinct de survie <sup>5</sup>.
- 33 Via la recherche en robotique, nous devons commencer à établir une carte précise de la vallée de l'étrange qui nous permette de comprendre ce qui fait de nous des êtres humains. Cette carte est aussi nécessaire pour créer – sans forcément poursuivre un design anthropomorphique – des appareils auprès desquels les gens peuvent ressentir de l'affinité.

## Épilogue

- 34 Mori Masahiro a préparé la déclaration suivante <sup>6</sup>, datée du 18 août 2005, afin qu'elle soit partagée pendant l'atelier de Discussions sur la Vallée de l'Étrange (*Views of the Uncanny Valley*), tenue entre le 5 et 7 décembre 2005 à la cinquième *Conférence Internationale sur les Robots Humanoïdes* à Tsukuba au Japon :
- 35 « Ce fut un grand honneur et un plaisir pour moi d'apprendre que l'atelier sur la vallée de l'étrange, concept que j'avais suggéré il y a trente-cinq ans, allait aborder ce thème dans des domaines aussi variés que les neurosciences, la reconnaissance des formes, l'intelligence artificielle, la psychologie et la sociologie. Malheureusement, je dois présider une autre réunion, ce qui

m'empêche d'être présent aujourd'hui. Afin de remédier à mon absence, je ferai ici deux brefs commentaires sur le sujet :

- 36 Premièrement, le visage d'un défunt peut en effet être dérangement : il perd sa couleur, sa vitalité, et ne cligne plus des yeux. Cependant d'après mon expérience, il peut parfois donner une impression d'apaisement, plus que ne pourrait le donner le visage d'une personne vivante. Les morts sont libérés des soucis de la vie quotidienne et je pense que c'est la raison pour laquelle leur visage paraît si calme et apaisé. Il y a toujours dans notre esprit ce conflit antinomique qui dit que ce que l'on obtient d'un côté, on le perd de l'autre. Un tel conflit se reflète sur notre visage par des expressions de malaise et d'angoisse. Mais lorsqu'une personne meurt, il ou elle se libère de cette opposition et l'expression de son visage devient calme. Si tel est le cas, où cette expression devrait-elle être située sur la courbe de la vallée de l'étrange ? Cette question est l'une de mes préoccupations actuelles.
- 37 Deuxièmement, j'avais positionné autrefois les personnes en bonne santé au sommet de la courbe, du côté droit de la vallée de l'étrange. Toutefois, j'en suis arrivé à penser récemment qu'il existe quelque chose de plus séduisant et de plus agréable encore que les personnes vivantes, quelque chose à placer plus encore sur la droite : le visage d'une statue bouddhiste, en tant qu'expression artistique de l'idéal humain. On trouve ce genre de visages dans des exemples comme le *Hōkan Miroku* 宝冠弥勒 un des *Miroku Bosatsu* 弥勒菩薩 (Bodhisattva Maitreya) du temple Kōryū-ji 広隆寺 à Kyoto, ou encore à Nara, dans le *Miroku Bosatsu* du temple Chūgū-ji 中宮寺 [figure 5] et le *Gakkō Bosatsu* 月光菩薩 (Candraprabha) du temple Yakushi-ji 薬師寺. Ces visages sont pleins d'élégance, ne sont affectés par aucun souci de la vie et possèdent une aura de dignité. Je pense que ce sont ces choses-là qui doivent être positionnées au plus haut point de la courbe.

- 38 Bien que je sois moi-même à l'origine de la théorisation du concept de vallée de l'étrange, je n'en ai pas encore fait le tour. J'espère que les deux points que je viens de mentionner aideront à faire avancer les recherches à ce sujet. »
- 

## BIBLIOGRAPHIE

- BURLEIGH Tyler J. et SCHOENHERR Jordan R., « A reappraisal of the uncanny valley: Categorical perception or frequency-based sensitization? », *Frontiers in Psychology*, vol.5, n°1488, 2014, p. 1-19, doi : [10.3389/fpsyg.2014.01488](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01488) .
- BUTLER Matthew et JOSCHKO Lucie, « Final Fantasy or The Incredibles: Ultra-realistic animation, aesthetic engagement and the uncanny valley », *Animation Studies*, vol.4, 2009, p.55-63.
- FISKE, Susan T., CUDDY, Amy J. C. et GLICK, Peter, « Universal dimensions of social cognition: Warmth and competence », *Trends in Cognitive Sciences*, vol.11, n°2, 2007, p.77-83, doi : [10.1016/j.tics.2006.11.005](https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.11.005) .
- FREEDMAN Yacov, « Is it real... or is it motion capture? The battle to redefine animation in the age of digital performance », *The Velvet Light Trap*, vol.69, 2012, p.38-49, doi : [10.1353/vlt.2012.0001](https://doi.org/10.1353/vlt.2012.0001) .
- FREUD Sigmund, « Das Unheimliche » (L'inquiétante étrangeté). *Imago. Zeitschrift für Anwendung der Psychoanalyse auf die Geisteswissenschaften*, vol.5, 1919, p.297-324 doi : [10.11588/diglit.25679.17](https://doi.org/10.11588/diglit.25679.17).
- GRAY Kurt et WEGNER Daniel M., « Feeling robots and human zombies: Mind perception and the uncanny valley », *Cognition*, vol.125, n°1, 2012, p.125-130, doi : [10.1016/j.cognition.2012.06.007](https://doi.org/10.1016/j.cognition.2012.06.007).
- JENTSCH Ernst, « Zur Psychologie des Unheimlichen » (Sur la psychologie de l'inquiétante étrangeté), *Psychiatrisch-neurologische Wochenschrift*, vol.8, 1906, p.195-198, 203-205.
- JOCHUM Elizabeth et GOLDBERG Ken, « Cultivating the uncanny: *The Telegarden* and other oddities », dans HERATH, Damith, KROOS Christian et Stelarc (dir.), *Robots and art: Exploring an unlikely symbiosis*, Singapore, Springer, 2015, p.149-175.

KAGEKI Norri, « An uncanny mind », *IEEE Robotics and Automation*, vol.19, n°2, 2012, p.112-108, doi : [10.1109/ MRA .2012.2192819](https://doi.org/10.1109/MRA.2012.2192819) .

KÄTSYRI Jari, FÖRGER Klaus, MÄKÄRÄINEN Meeri et TAKALA Tapio, « A review of empirical evidence on different uncanny valley hypotheses: Support for perceptual mismatch as one road to the valley of eeriness », *Frontiers in Psychology*, vol.6, n°390, 2015, p.1-16, doi : [10.3389/ fpsyg .2015.00390](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00390) .

MACDORMAN Karl F., « Androids as experimental apparatus: Why is there an uncanny valley and can we exploit it? », dans *CogSci-2005 Workshop: Toward Social Mechanisms of Android Science* , Stresa, Italy, July 25-26, 2005, p.108-118.

MACDORMAN, Karl F., « In the uncanny valley, transportation predicts narrative enjoyment more than empathy, but only for the tragic hero », *Computers in Human Behavior*, vol.94, 2019, p.140-153 doi : [10.1016/ j . chb .2019.01.011](https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.01.011) .

MACDORMAN Karl F. et CHATTOPADHYAY Debaleena, « Reducing consistency in human realism increases the uncanny valley effect; increasing category uncertainty does not », *Cognition*, vol.146, 2016, p.190-205 doi : [10.1016/ j . cognition .2015.09.019](https://doi.org/10.1016/j.cognition.2015.09.019) .

MACDORMAN Karl F. et ENTEZARI Steven, « Individual differences predict sensitivity to the uncanny valley », *Interaction Studies*, vol.16, n°2, 2015, p.141-172, doi : [10.1075/ is .16.2.01 mac](https://doi.org/10.1075/is.16.2.01mac) .

MACDORMAN Karl F. et ISHIGURO Hiroshi, « The uncanny advantage of using androids in social and cognitive science research », *Interaction Studies*, vol.7, n°3, 2006, p.297-337 doi : [10.1075/ is .7.3.03 mac](https://doi.org/10.1075/is.7.3.03mac) .

MACDORMAN Karl F., VASUDEVAN Sandosh K. et HO Chin-Chang, « Does Japan really have robot mania? Comparing attitudes by implicit and explicit measures », *AI & Society*, vol.23, n°4, 2009, p. -485-510 doi : [10.1007/ s 00146-008-0181-2](https://doi.org/10.1007/s00146-008-0181-2) .

MATHUR Maya B. et REICHLING David B., « Navigating a social world with robot partners: A quantitative cartography of the uncanny valley », *Cognition*, vol.146, 2016, p.22-32, doi : [10.1016/ j . cognition .2015.09.008](https://doi.org/10.1016/j.cognition.2015.09.008) .

MITCHELL Wade J., SZERSZEN Sr. Kevin A., LU Amy S., SCHERMERHORN Paul W., SCHEUTZ Matthias et MACDORMAN Karl F., « A mismatch in the human realism of face and voice produces an uncanny valley », *i-Perception*, vol.2, n°1, 2011, p.10-12, doi : [10.1068/ i 0415](https://doi.org/10.1068/i0415) .

MORI Masahiro, « Bukimi no tani genshō » (Le phénomène de la vallée de l'étrange), *Energy*, vol.7, n°4, 1970, p.33-35.

MORI Masahiro, « La vallée de l'étrange » (trad. d'YAYA Isabel), *Gradhiva*, vol.15, 2012b, p.26-33, doi : [10.4000/gradhiva.2311](https://doi.org/10.4000/gradhiva.2311).

MORI Masahiro, « The uncanny valley » (trad. de MACDORMAN Karl F. et KAGEKI Norri), *IEEE Robotics and Automation*, vol.19, n°2, 2012a, p.98–100, doi : [10.1109/MRA.2012.2192811](https://doi.org/10.1109/MRA.2012.2192811).

REICHARDT Jasia, « Human reactions to imitation humans, or Masahiro Mori's Uncanny Valley » dans *Robots: Fact, Fiction, and Prediction* (1st ed.), New York, Viking, 1978a, p. 26-27

REICHARDT Jasia, *Les robots arrivent* (trad. de COHEN André-Charles), Paris, Éditions du Chêne, 1978.

SAYGIN Ayse P., CHAMINADE Thierry, ISHIGURO Hiroshi, DRIVER Jon et FRITH Chris, « The thing that should not be: Predictive coding and the uncanny valley in perceiving human and humanoid robot actions », *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, vol.7, n°4, 2012, p.413-422, doi : [10.1093/ scan / nsr 025](https://doi.org/10.1093/scan/nsr025) .

SEYAMA Jun'ichiro et NAGAYAMA Ruth S., « The uncanny valley: The effect of realism on the impression of artificial human faces », *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, vol.16, n°4, 2007, p.337-351, doi : [10.1162/ pres .16.4.337](https://doi.org/10.1162/pres.16.4.337)

TINWELL Angela, GRIMSHAW Mark, ABDEL NABI Debbie et WILLIAMS Andrew, « Facial expression of emotion and perception of the uncanny valley in virtual characters », *Computers in Human Behavior*, vol.27, n°2, 2011, p.741–749, doi : [10.1016/ j . chb .2010.10.018](https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.10.018) .

TONDU Bertrand et BARDOU Nicole, « A new interpretation of Mori's uncanny valley for future humanoid robots », *International Journal of Robotics and Automation*, vol.26, n°3, 2011, p.337–348, doi : [10.2316/ Journal .206.2011.3.206-3348](https://doi.org/10.2316/Journal.206.2011.3.206-3348)

URGEN Burcu A., KUTAS Marta et SAYGIN Ayse P., « Uncanny valley as a window into predictive processing in the social brain », *Neuropsychologia*, vol.114, 2018, p.181-185, doi : [10.1016/ j . neuropsychologia .2018.04.027](https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.04.027) .

YAMAMOTO Shichihei, « Naze nihonjin niwa robotto arerugi ga nai no ka? » (Pourquoi les Japonais ne sont-ils pas allergiques aux robots ? Why aren't Japanese allergic to robots?), *Gendai No Espuri*, vol.187, 1983, p.136-143.

## NOTES

1. Mori Masahiro (12 février 1927–) est professeur émérite de l'université de technologie de Tokyo (Tōkyō Kōgyō Daigaku 東京工業大学), dans laquelle il a dirigé la recherche en robotique pendant près de deux décennies. Il est également président de l'Institut Mukta (Jizai kenkyūjo 自在研究所) et président honoraire de la Société de robotique du Japon (Nihon robottogakkai 日本ロボット学会). Il a terminé son doctorat en ingénierie à l'Université de Tokyo et a servi dans leur faculté entre autres. Mori est célèbre pour avoir introduit le concept de la vallée de l'étrange en 1970, qui a bénéficié d'une grande audience

dans des domaines aussi variés que la robotique humanoïde et l'animation par ordinateur, jusqu'à la psychologie perceptuelle et les neurosciences cognitives. Il est connu pour ses réflexions mêlant robotique et bouddhisme, détaillées notamment dans *Le Bouddha dans le robot*, ainsi que dans de nombreux autres ouvrages. Mori a grandement contribué à la recherche et à l'enseignement en robotique et en automatisation, fondant certains des premiers concours de robotique. Il a reçu de nombreux prix de sociétés savantes, le Prix culturel de la radiodiffusion de la NHK (Hōsō bunka-shō 放送文化賞) en 1992. Il est également le récipiendaire de la Médaille d'honneur (Shijuhōshō 褒章紫綬褒章) reçue en 1994 et de l'Ordre du soleil levant (Kunsantō kyokujitsu-chūjushō 勲三等旭日中綬章) en 1999.

2. Organisation pour le Développement des Énergies Nouvelles et des Technologies Industrielles [www.nedo.go.jp](http://www.nedo.go.jp)

3. Les robots industriels sont toutefois bien plus proches des êtres humains en termes d'apparence que les machines générales, en particulier en ce qui concerne leurs bras.

4. Il existe un autre courant de pensée expliquant la fascination ressentie à l'égard des robots par le fait qu'ils soient conçus pour dépasser et améliorer les humains.

5. En outre, je pense que ce sentiment d'étrangeté correspond à un instinct de conservation – non pas pour nous protéger du vent, de l'eau ou de toute autre chose, somme toute assez différente du corps humain, mais pour nous protéger des choses qui nous semblent au contraire bien trop similaires au corps humain, telles que les cadavres ou d'autres espèces apparentées.

6. 私が35年前に提唱した「不気味の谷」の概念に関するワークショップで、神経科学、パターン認識、人工知能（AI）、心理学、社会学など、さまざまな分野のトピックを取り上げるようになったことを知り、大変光栄に思っています。あいにく私は、別の会合の議長を務める必要があるので、今日そちらに出席することができませんが、欠席の埋め合わせとして、このテーマに関して2点手短に見解を述べます。1.亡くなった人の顔は、確かに気味の悪いものかもしれませんが。顔色や生気を失い、瞬きもしません。しかしながら、私の経験では、それは生きている人の顔よりも、より安らかな印象を与えることがあります。死人は人生の困難から解放されています。それが彼らの顔がとても穏やかで安らかに見える理由だと思います。私たちの心の中には常に、一方を得ることで他方を失うという、自己矛盾（二律背反）が存在します。そのような葛藤は、苦悩や不快感の表現として私たちの顔に現れます。でも、人は死ぬと、この自己矛盾から解放されて、穏やかな表情になります。そうであれば、この表情は、「不気味の谷」曲線のどこに位置づけられるべきなのでしょう。この問題は私の現在の関心事の一つです。2.かつて私は、健康人を「不気味の谷」曲線の右側の最高点に位置づけていました。しかし最近では、人よりももっと人の心をひきつけ、好感が持てるものがあり、それが曲線のさらに右側に位置づけられると思うようになりました。それは、人間の理想の芸術的表現とされる、仏像の顔です。そのような顔は、例えば、京都・広隆寺の弥勒菩薩（マイトレーヤ仏）の一つである宝冠弥勒や、

奈良・中宮寺の弥勒菩薩、奈良・薬師寺の月光菩薩（チャンドラプラバ）などに見られます。これらの顔は、気品に満ち、生活の心配などはものともせず、独特の高潔な雰囲気漂わせています。こういった要素があるものこそが、まさに曲線の最高点に置かれるべきだと思います。「不気味の谷」の概念を自分が創案したにもかかわらず、私は未だにそれを深く吟味していません。上記2点が、このトピックにおける研究の進歩に役立つことを願っています。

---

## RÉSUMÉS

Dans son essai précurseur publié en 1970, Masahiro Mori observe que l'affinité pour les robots augmente en fonction de leur ressemblance à l'humain, jusqu'à un certain point. Cependant, entre le premier pic d'affinité et le second d'indifférenciation humaine se trouve la vallée de l'étrange. Mori conseille aux créateurs d'éviter cette vallée et de viser le premier pic. Confrère dans la recherche en robotique, le traducteur de Mori réfléchit sur l'importance de l'essai et sur son influence durable en robotique et animation 3D au Japon et aux États-Unis. La vallée de l'étrange est vue positivement comme diagnostic afin d'améliorer les théories d'interaction humaine, dont les androïdes sont équipés. La recherche sur la vallée de l'étrange a explosé dans divers domaines depuis sa présentation en 2005 lors d'un atelier. Cet intérêt devrait s'intensifier puisque les chercheurs construisent des robots, des avatars et autres interfaces pour la technologie informatique de plus en plus ressemblant à l'humain.

Masahiro Mori observed in his seminal essay, published in 1970, that affinity for robots increases with their human similarity up to a moderate degree. However, between this first peak in affinity and the second, higher peak of human indistinguishability lies an uncanny valley. Mori advises designers to avoid this valley by aiming solely for the first peak. As a fellow robotics researcher, Mori's translator reflects on the significance of the essay and its sustained influence on robotics and 3D animation in Japan and the United States. The uncanny valley is viewed positively as a diagnostic for improving theories of human interaction as implemented in androids. The investigation of the uncanny valley has exploded since a workshop in 2005 in various scientific fields. This interest is expected to intensify as researchers build ever more humanlike robots, avatars, and other kinds of interfaces for computing technology.

# INDEX

**Mots-clés** : histoire des techniques, anthropomorphisme, interaction homme-machine, robotique humanoïde, imaginaire

**Keywords** : history of technology, anthropomorphism, human-robot interaction, robot, humanoid robotics, android science

**Thèmes** : Entretiens et leçons

# AUTEURS

## KARL F. MACDORMAN

Karl F. MacDorman est Doyen Associé en Affaires Académiques à la faculté d'Informatique de l'Université de l'Indiana. Il fut précédemment Maître de Conférences à l'École d'Ingénieurs de l'Université d'Osaka. Il a reçu son doctorat en Sciences de l'Informatique à l'Université de Cambridge en 1997 et sa licence en Sciences de l'Informatique à l'Université de Californie à Berkeley en 1988. Il a publié plus de 100 articles sur l'interaction homme-robot, l'apprentissage automatique et les sciences cognitives. Les principaux centres d'intérêt de ses recherches comprennent l'émergence et le fondement des symboles, le développement de la robotique cognitive et la science androïde. Sa traduction en anglais de *La Vallée de l'étrange* a fait date.

---

Un objet une technique

---

# Agglomérés, agglomérer : Valoriser les charbons non marchands, en Europe, au XIX<sup>e</sup> siècle

*Agglomerate: Giving Value to Non-merchantable Coals in Nineteenth-century Europe*

Jean-Philippe Passaqui

---

- 1 Valoriser les déchets, les rendre marchands, c'est-à-dire commercialisables, l'enjeu a toujours prévalu depuis l'avènement du capitalisme industriel, surtout quand ces mêmes déchets correspondent à une fraction importante de la production et qu'ils peuvent avoir des conséquences néfastes sur l'organisation productive. Au cours du XIX<sup>e</sup> siècle, la grande industrie a souvent été confrontée à l'existence de ces déchets, conséquence de sa propre activité. C'est pourquoi, dans la sidérurgie par exemple, l'utilisation des chutes de métal a été précoce et intensive, au point d'ailleurs d'occuper une place prépondérante dans l'avènement de certains procédés sidérurgiques. On pense à l'acier Martin notamment.
- 2 Pour les compagnies houillères, le problème de la gestion des déchets de l'extraction est encore plus évident, car ils ne représentent pas qu'un coût. Ils sont aussi source de perturbation de

l'exploitation au point de compromettre l'existence d'une mine de charbon. Ferdinand Chalmeton, directeur des houillères de Bessèges, résume ainsi le défi industriel commun aux entreprises minières du Gard, de l'Hérault, mais aussi du Centre de la France :

« Généralement, les couches de houille sont faibles et éloignées les unes des autres, ce qui nécessite des travaux longs et coûteux. L'impureté du charbon occasionne la création de moyens mécaniques d'épuration dispendieux <sup>3</sup>. »

- 3 Il évoque le traitement mécanique de la houille, mais le problème couvre d'autres stades de sa valorisation. Comme souvent, la technique de l'agglomération de la houille apparaît, de manière plus ou moins spontanée, dans plusieurs bassins industriels d'Europe. Si Britanniques, Belges et Allemands s'intéressent à la question, c'est d'abord en France que les efforts les plus constants et les plus probants sont menés. Ils sont le fait des principales exploitations du Centre et du Midi de la France : la Grand-Combe, dans le Gard, les différentes mines de Saint-Étienne, dans la Loire, et les houillères de Blanzky, en Saône-et-Loire <sup>4</sup>. Dans le Nord, quelques compagnies font de ce type de fabrications une spécialité, Anzin et à Aniche notamment.

Figure 1. Briquettes de houille produites par différentes compagnies minières.



Les angles sont émousés au moment du moulage pour éviter le bris et la perte de combustible. Comme les briques sont obtenues par moulage, il est possible, pour les compagnies productrices de faire figurer le nom et parfois le logo de la compagnie productrice. L'ancre présente sur la briquettes de la Grand' Combe rappelle que les premiers usages ont été destinés à la navigation.

© Jean-Philippe Passaqui

- 4 C'est aussi un moyen pour assurer une reconversion et une réorientation industrielles précoces après la perte d'un important client, comme dans le cas des mines de Brassac, en Auvergne. Elles se lancent dans l'agglomération de la houille au profit des compagnies de chemins de fer au moment même où elles perdent, avec les usines de la Nièvre, leurs principaux débouchés pour leur coke métallurgique <sup>5</sup>. Mais pourquoi l'effort a-t-il été aussi soutenu dans le Centre de la France au point d'en faire le district industriel de référence pour cette activité ?

## Dépasser le manque de régularité des combustibles minéraux

- 5 Plusieurs aspects entrent en considération. Ils rendent cette localisation logique. Les charbons y sont souvent beaucoup plus irréguliers que dans les autres bassins houillers européens, au niveau de leur teneur en cendres et de leur pouvoir calorifique. Or, au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, à la clientèle domestique, à celles des petites industries qui se satisfont de charbons à la composition irrégulière, s'ajoutent celles des compagnies de chemins de fer, de navigations fluviale et maritime, et des entreprises sidérurgiques comme de constructions mécaniques. Elles ont besoin de connaître précisément les caractéristiques des combustibles solides qu'elles consomment. Pour ce faire, elles exigent la rédaction de contrats d'une grande précision auxquels les compagnies minières peinent à répondre de manière satisfaisante. C'est qu'un combustible moins cendreur permet de produire, à masse équivalente, plus de vapeur et donc d'aller plus vite et plus loin.
- 6 Or, dans le même temps, les exploitations du Centre et du Midi sont confrontées à la problématique des charbons menus. Fragments de petits calibres, ils ont toujours représenté une part importante de l'extraction, mais cette proportion est croissante dès lors que les mineurs cheminent dans des quartiers déjà exploités où les couches sont broyées. C'est aussi une conséquence de la modification des méthodes d'exploitation qui, à partir des années 1840-1850, a tendance à disloquer les charbons des dernières tranches de chaque étage. Surtout, depuis les débuts de l'extraction de la houille, ces charbons menus, considérés comme invendables ou à des prix inférieurs à leur coût d'extraction, sont abandonnés dans les chantiers. Les tarifs de ces combustibles restent à des niveaux très

bas tant que la clientèle est incapable d'utiliser d'autres charbons que ceux de gros calibres. La faible rentabilité des houillères, la médiocrité de l'environnement commercial dans lequel elles se débattent, l'élévation régulière des besoins d'investissement à mesure que les travaux s'approfondissent concourent à repousser toute initiative en vue de favoriser l'emploi des charbons à faible granulométrie.

- 7 En prenant l'habitude de les abandonner au fond, les industriels ont pris le risque que ces poussières et petits fragments de charbon, qu'ils considèrent comme des déchets, s'échauffent par réactions chimiques ou biologiques internes, en produisant de l'oxyde de carbone dangereux pour les mineurs. Ils peuvent même entrer en combustion, spontanément, au contact de l'oxygène contenu dans l'air. C'est ce qui se produit régulièrement dans des mines comme Commentry, Le Creusot, Longpendu, Decazeville et, bien sûr, dans les différentes exploitations de Saint-Étienne <sup>6</sup>. En parallèle, nous l'avons constaté, une nouvelle clientèle apparaît, importante par les volumes commandés, exigeantes par les qualités demandées. Dès lors qu'il devient indispensable de retirer tous les charbons du fond, pour éviter le retour des incendies qui désorganisent voire interrompent la production, l'idée de trouver un usage à des combustibles auparavant délaissés est tentant. En outre, leur volume augmente pour des raisons corollaires de celles déjà évoquées. Avec cette clientèle industrielle indispensable, mais qui inflige de lourdes pénalités quand les teneurs en cendres excèdent celles spécifiées dans les contrats, la préparation de la houille doit devenir une priorité. Elle représente un coût que la mécanisation peut atténuer. La valorisation se décompose en deux étapes. Le triage s'opère surtout sur le carreau même des puits, pour éliminer les matières non combustibles. Il est accompagné du lavage, avec la création,

dans les années 1850-1860, des premières grandes installations mécanisées <sup>7</sup>. Il en découle une production supplémentaire de poussières charbonneuses et de petits fragments de houille. Mal adaptés aux chaudières existantes, ils constituent pourtant, du point de vue du pouvoir calorifique et de la teneur en cendres, de remarquables combustibles... potentiels <sup>8</sup>.

- 8 D'où l'idée d'agglomérer ces charbons, en prenant appui sur l'exemple de la tourbe, autre combustible. Mais la seule compression ne peut suffire pour agréger les particules de houille. Les expériences menées par Maximilien Évrard, à partir de son premier dispositif d'agglomération, ont démontré que la production de briquettes sans liant n'est envisageable que dans les cas où elles sont consommées sur place, ce qui est en opposition avec les caractéristiques de la clientèle, composée essentiellement de compagnies de transport. Avec l'association entre la houille et un liant, que Louis Grüner nomme un ciment, destiné à donner davantage de cohésion au produit <sup>9</sup>, il s'agit tout bonnement de mettre au point une technique capable de fabriquer des « charbons artificiels ». L'emploi d'un liant est décrié par les consommateurs, en raison des fumées qu'il dégage, et de la gêne que cela provoque auprès des chauffeurs comme de la clientèle.
- 9 C'est le combustible stéphanois qui s'impose comme le plus apte à l'agglomération. Au début des années 1860, les comparaisons effectuées à ce sujet par la Marine impériale, en attestent <sup>10</sup>. Mais cela ne suffit pas à expliquer pourquoi le bassin et le charbon stéphanois ont porté les premiers pas de cette industrie en France, et, au-delà, en Europe.

## Saint-Étienne, un district industriel innovant

10 Saint-Étienne n'est pas qu'un bassin houiller. D'autres activités, la sidérurgie et les constructions mécaniques, s'y sont implantées et sont en plein développement au cours des années 1850-1860. Le vivier d'ingénieurs est étoffé et apte à innover. Parmi les partisans de l'agglomération de la houille en France figurent notamment deux anciens directeurs de l'École des mines de Saint-Étienne, Charles Combes <sup>11</sup> puis Louis-Emmanuel Grüner. Le premier incite les industriels à se doter des équipements nécessaires, en garantissant que les débouchés ne manqueront pas. Son intervention auprès des mines de la Grand-Combe est d'ailleurs décisive. Le second fait un tour d'horizon des différentes méthodes, afin que son évaluation incite les exploitants français à se tourner vers une technique d'agglomération qui soit la moins gourmande possible en brai. Car il convient de séparer deux aspects, la technique d'agglomération et l'outillage pour agglomérer. Souvent, ils se sont retrouvés réunis par des ingénieurs-directeurs ayant conçu en même temps les dispositifs d'agglomération et les équipements *ad hoc*. Dans ce domaine, les anciens élèves de l'École des mines de Saint-Étienne s'imposent par leur compétence et leur capacité à imaginer non seulement les presses à agglomérer, mais aussi l'ensemble des équipements associés. Trois noms se détachent : Evrard, Révollier et dans une moindre mesure Bérard, tous passés par les bancs de l'École des mines de Saint-Étienne. Au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, ils ont façonné l'industrie de l'agglomération et, plus généralement, toute la chaîne accompagnant la mise en valeur de la houille.

11 Révollier n'a pas laissé une trace visible dans l'histoire de la mise au point des premiers équipements de machines à agglomérer. Marsais, un autre ancien élève de l'École des mines de Saint-Étienne, lui a été préféré <sup>12</sup>. Ils partagent pourtant la paternité de la première installation érigée dans un but industriel et le fait d'avoir donné

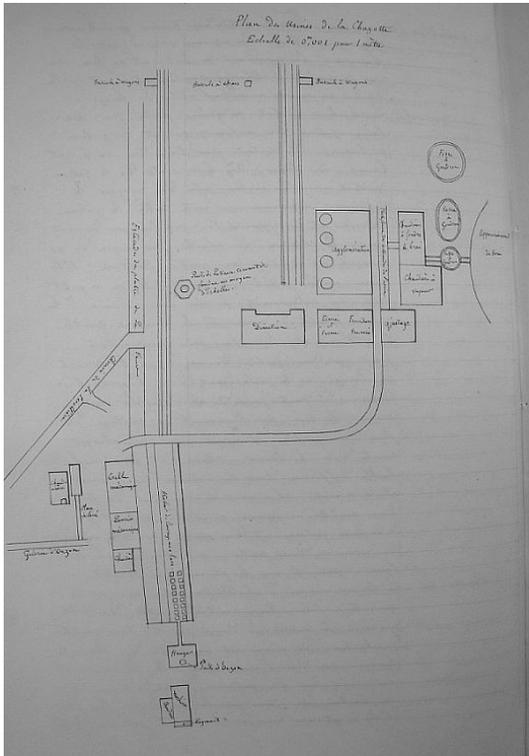
l'impulsion à cette nouvelle activité. Le parcours de Marsais ne le préparait pas à construire l'outillage nécessaire, mais il faisait de lui un remarquable observateur des besoins de l'industrie. Breveté de l'École des mineurs de Saint-Étienne, sa carrière d'ingénieur n'est pas sans mérite. Il s'est signalé par la mise au point de plusieurs équipements de transport dans les mines, préfiguration de l'importance donnée à la circulation autonome des matières dans les ateliers d'agglomération. C'est comme directeur d'une houillère du bassin stéphanois qu'il en est venu à s'intéresser à l'utilisation des menus, au point d'être récompensé, en 1849, par une médaille d'argent à l'exposition de Paris <sup>13</sup>.

- 12 Pourquoi l'avoir associé à J-F. Révollier ? La première machine à agglomérer utilisée à Saint-Étienne est en fait le fruit d'un partenariat avec l'entreprise de ce dernier. Par la suite, la démarche de Révollier n'est pas très éloignée de celle d'Evrard. Mais s'il ne dirige pas une mine, il est à la tête d'un des plus grands ateliers de constructions mécaniques de France. Révollier ne se contente pas d'imaginer les équipements d'agglomération. Il y associe des installations de lavage de la houille, pour lesquelles il prend un brevet en 1861 <sup>14</sup>. Un de ses principaux ingénieurs, chef de bureau des études, Couffinhal, est connu pour avoir mis au point une presse qui devait prendre son nom <sup>15</sup>.
- 13 Grâce à la qualité des produits obtenus, la machine mise au point par Marsais et Révollier devait être utilisée sans grand changement jusque dans les années 1870 et essaimer dans plusieurs pays, notamment en Belgique et dans les États allemands. Mais, comme souvent avec les équipements industriels conçus dans les années 1830-1840, la machine à agglomérer de Révollier est encombrante et d'un fonctionnement complexe. Dès lors que des équipements concurrents sont éprouvés et proposés aux compagnies

charbonnières, elle apparaît dépassée. L'entreprise fondée par Révollier ne s'en désintéresse pas pour autant. Entretemps, elle est devenue un partenaire indispensable des houillères soucieuses d'améliorer la qualité de leurs produits.

- 14 Rompant avec sa logique antérieure, qui consistait à se contenter d'améliorations de détails sur un équipement éprouvé, elle s'engage dans la conception d'un équipement totalement repensé et redevient compétitive. À nouveau, l'appareil est conçu par Couffinhal. Pour ne plus être accusé de produire à des coûts plus élevés que les équipements concurrents, il entre dans une logique de recyclage, avec la possibilité d'utiliser en circuit fermé l'eau nécessaire au chauffage de la pâte. Surtout, partant du principe que les houilles présentent toutes des caractéristiques différentes, de dureté notamment, il est préférable de donner davantage de souplesse au matériel, de façon à ce que la pression exercée puisse varier en fonction du charbon utilisé <sup>16</sup>. Mais se doter d'équipements brevetés représente un coût non négligeable, notamment pour une houillère dont la rentabilité est faible <sup>17</sup>.

Figure 2. Plan du carreau de la mine de La Chazotte, dans la Loire. Fonds École nationale supérieure des mines de Paris



Le plan comprend les installations minières de surface, mais aussi les ateliers annexes et, en particulier, ceux de valorisation de la houille, avec une place très importante dévolue au lavage du charbon. Le site est caractérisé aussi par la présence d'installations de récupération des sous-produits, activité dans laquelle le bassin stéphanois fait figure, en France, de pionnier.

© Jean-Philippe Passaqui

- 15 Le directeur des mines de La Chazotte, Maximilien Evrard, conçoit donc les appareils qu'il emploie pour valoriser ses charbons. Les quelques années qui le séparent de l'invention de Bérard correspondent à une élévation du prix de la main-d'œuvre, mais aussi des goudrons et des brais. Pour y faire face, il cherche d'abord à améliorer l'efficacité productive des ouvriers de tous les équipements qu'il est amené à installer. En amont de ses propres dispositifs d'agglomération, il modifie les ateliers de lavage existants. Comme certains de ses contemporains, il agit à la fois comme ingénieur-directeur d'une exploitation, mais aussi comme inventeur, capable d'assurer la promotion de ses installations, après les avoir mises au point et brevetées. Il propose une étude très

documentée de son procédé de lavage dans le Bulletin de la société de l'industrie minérale et vend son procédé à travers l'Europe où il est employé jusqu'en Autriche. Ses inventions sont d'ailleurs omniprésentes dans cette publication. Au sein du tome IV, Évrard présente les deux installations de fabrication d'agglomérés dont il est à l'origine <sup>18</sup>.

- 16 Pourquoi les mines de la Chazotte sont-elles devenues, au-delà de la personnalité et des talents d'Évrard, le lieu de mise au point et de validation pratique de beaucoup des équipements de valorisation de la houille, depuis sa purification jusqu'à son agglomération ? C'est la conséquence d'une situation paradoxale. Les mines de la Chazotte présentent la particularité, dans un bassin stéphanois plutôt réputé pour la qualité de ses houilles, de proposer des charbons médiocres. Friables et barrés par la présence de schistes intercalés, leur combustion est mauvaise et accompagnée de cendres et de fumées. Sans valorisation, ce charbon ne peut pas se confronter à celui des autres exploitations stéphanoises. Il est donc celui qui, en proportion, est le plus soumis à transformation.
- 17 Cela explique pourquoi, des ateliers de lavage à ceux d'agglomération, La Chazotte se présente comme une exploitation à part, pionnière, qui a su gagner la fidélité d'une certaine clientèle, celle des compagnies de chemins de fer en particulier. C'est d'ailleurs au moment où elles sortent de la crise qui a interrompu leur croissance en 1847 qu'Évrard s'engage dans ses recherches. Il dirige l'exploitation de 1852 à 1872 et construit un premier atelier d'agglomération en 1855, dont la qualité des produits est reconnue lors de l'Exposition universelle de Londres, en 1862 <sup>19</sup>. Lieu de perpétuelle réflexion technique, La Chazotte aiguise la curiosité des contemporains d'Évrard. Il en fait un site où accourent les élèves des écoles des mines de Paris comme de Saint-Étienne, toujours à la

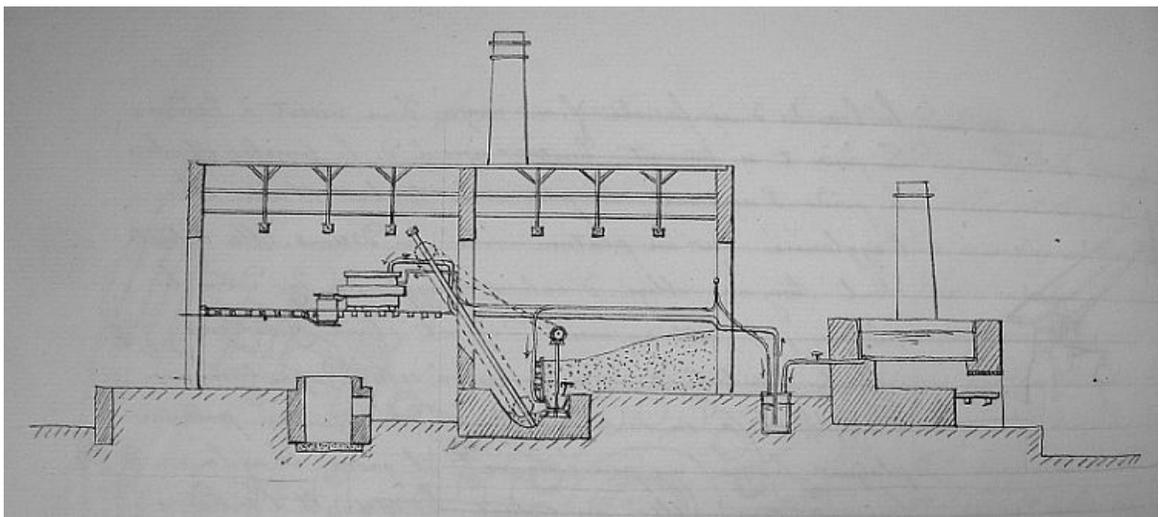
recherche du changement technique. Ils y trouvent un autre intérêt, celui de pouvoir comparer les dispositifs décrits dans les grandes revues techniques avec ceux effectivement construits car ils découvrent qu'en l'espace de quelques années, les modifications peuvent être spectaculaires <sup>20</sup>.

- 18 Retrouvons Évrard. Remarquable concepteur, il est en outre le premier utilisateur de ses machines. Sa formation d'ingénieur lui permet d'associer, dans une même démarche, les dimensions techniques et économiques. Ils accordent une place essentielle au calcul dans la mise au point de leurs équipements. Ils expérimentent, comparent et améliorent sans cesse les dispositifs qu'ils imaginent <sup>21</sup>. Ce ne sont jamais des machines pensées et assemblées une fois pour toutes. Or, l'enjeu est de taille. Les appareils d'agglomération sont d'une mise au point complexe. Ils ne sont d'ailleurs en rien révolutionnaires dans leur conception et empruntent beaucoup à différents équipements déjà sur le marché. Évrard comme Révollier s'inspirent de dispositifs imaginés en Angleterre, notamment pour la circulation mécanique des substances, ainsi que pour leur chauffage.
- 19 Leurs machines sont en mesure d'associer plusieurs types de charbon, un liant, goudron ou/et brai ainsi que de la vapeur, tout en donnant à l'ensemble un mouvement à la régularité métronomique. Ce mélange est un gage de régularité et d'homogénéité. À ces personnages déjà évoqués et sortis du sérail stéphanois pourrait être associé, dans le domaine de l'agglomération de la houille, Baroulier. Ce dernier connaît au parcours un peu différent. Pendant qu'il s'ingéniait à mettre au point et à industrialiser son propre procédé d'agglomération <sup>22</sup>, il restait, en parallèle, répétiteur à l'École des mines de Saint-Étienne <sup>23</sup>. L'échec de son procédé ne provient pas de la qualité de la briquette obtenue, mais d'un sens pratique qui fait défaut. Le fonctionnement de sa machine s'accompagne d'un

personnel pléthorique, aspect qui s'oppose aux buts industriels des équipements déjà en usage. Évrard en faisait un élément cardinal de la conception et de la mise au point de son propre dispositif. Comme ce dernier, il avait imaginé un procédé de compression qui serait suffisamment efficace pour se passer de matière collante <sup>24</sup>.

- 20 La briquette obtenue ne laissait en rien à désirer, mais sa production resta confidentielle, ce qui ne permit pas d'en abaisser le coût en jouant sur la quantité. Ses agglomérés restaient donc plus onéreux que ceux obtenus avec les équipements concurrents, ce qui était cocasse puisque l'absence de brai dans le dispositif de compression devait, au contraire, donner au procédé Baroulier un avantage majeur... qu'il n'obtint jamais. Cela n'empêche pas la mise au point et l'utilisation des équipements d'agglomération de donner aussi une autre image de l'industrie stéphanoise, souvent cantonnée à l'extraction de la houille et à l'élaboration de la fonte et de l'acier. En fait, les machines d'agglomération participent, comme celles d'extraction, à une véritable réflexion quant aux économies d'échelles, de personnel et de combustibles.

Figure 3. Coupe de l'atelier d'agglomération de La Chazotte. Fonds École nationale supérieure des mines de Paris.



La partie droite du dessin fait ressortir une chaudière dans laquelle le brai ou le goudron sont fluidifiés par la chaleur, avant de pouvoir s'agglutiner aux charbons broyés et former la pâte qui sera ensuite portée vers les presses à agglomérer...

© Jean-Philippe Passaqui

- 21 Face à des contraintes multiples, les industriels du bassin ont fait preuve d'un esprit innovant exacerbé. Autour de la houille, l'environnement technique qui émerge à Saint-Étienne est remarquable. Il se signale par plusieurs inventions décisives dans le domaine du lavage et du triage de la houille, de l'agglomération des charbons, qui ont ensuite essaimé dans toute l'Europe continentale. Faut de pouvoir disposer de ressources suffisantes, la France reste tributaire de ses importations. Ses industriels souffrent d'avoir à utiliser un combustible plus cher qu'ailleurs. Mais, en retour, l'industrie française apprend à utiliser au mieux les ressources dont elle dispose, en valorisant la houille et en attachant une grande attention à la réduction de la consommation par les machines à vapeur. Pour le bassin stéphanois, à un moment où son poids dans l'industrie houillère française décline, et alors que ses réserves sont comptées, proposer son charbon sous forme d'agglomérés lui permet, en quelque sorte, d'ennoblir cette matière, avec un produit de qualité, fruit d'une réflexion technique poussée.
- 22 L'industrialisation de l'agglomération de la houille ne doit donc pas être étudiée seule, mais plutôt associée à tout l'environnement énergétique qui se structure autour de l'usage des combustibles minéraux <sup>25</sup>. Car la fabrication de briquettes a un effet cascade en entraînant l'amélioration voire la mise au point d'autres équipements, comme les concasseurs, les broyeurs, afin que les grains de charbon présentent la plus grande homogénéité possible, gage de cohésion. Elle aboutit à une réflexion sur la conception même de ces équipements. Chaque bassin charbonnier possède ses propres constructions et les mines disposent souvent de leurs

ateliers. Mais dans le cas de l'agglomération de la houille, les fabricants vers lesquels se tournent les agglomérateurs potentiels sont en fait au nombre de trois, deux à Saint-Étienne et un au Havre. Il faut proposer aux clients des machines dont les principaux organes sont robustes et donc d'un entretien simple à entretenir. En cas de rupture, ils doivent être faciles à remplacer, sans interrompre inutilement la production. Car la mécanisation présente ce revers d'être particulièrement dépendante de la solidité des équipements industriels. Une des compagnies implantées dans le bassin de Graissessac en fait les frais, étant obligée d'interrompre pendant plusieurs semaines la production de coke, faute d'avoir su entretenir son lavoir mécanique <sup>26</sup>. C'est d'ailleurs un des principaux aspects du processus de sélection, ou tout au moins une des pistes d'amélioration des différents équipements.

## Des installations de surface profondément modifiées par les étapes de la valorisation de la houille

- 23 Comment réagissent les houillères et les grands consommateurs de houille qui font le choix d'utiliser des agglomérés plutôt que de la houille crue ? Si les différents équipements peuvent entrer en concurrence, ils sont souvent utilisés simultanément par les grands exploitants charbonniers, dans la mesure où les résultats obtenus permettent de proposer des produits complémentaires. En fait, les compagnies minières se dotent rarement, quand leur production est importante, d'un seul type de machines. Elles se mettent en capacité de répondre à une clientèle qui, pour la navigation ou le transport par rail, manifeste des exigences spécifiques. Quel que soit le procédé, les compagnies houillères peuvent proposer aux

compagnies de navigation et ferroviaires un combustible artificiel compétitif par rapport au « charbon en roche » britannique. Il suffit pour s'en convaincre de suivre les pratiques de la Marine impériale. Par habitude, jusqu'à l'avènement de l'agglomération, elle utilise des combustibles britanniques et regarde avec une certaine défiance les houilles françaises <sup>27</sup>. En associant une meilleure préparation de la houille, par une classification rigoureuse de celle-ci, à la production d'agglomérés de qualité, les industriels français sont en mesure de gagner un marché, celui de l'approvisionnement de la flotte de Toulon, qui leur échappait complètement au profit des charbons britanniques <sup>28</sup>. Ils réservent pour les ports leurs meilleurs charbons retirés du triage pendant que, de plus en plus, ils apprennent à respecter les cahiers des charges imposés par la flotte française.

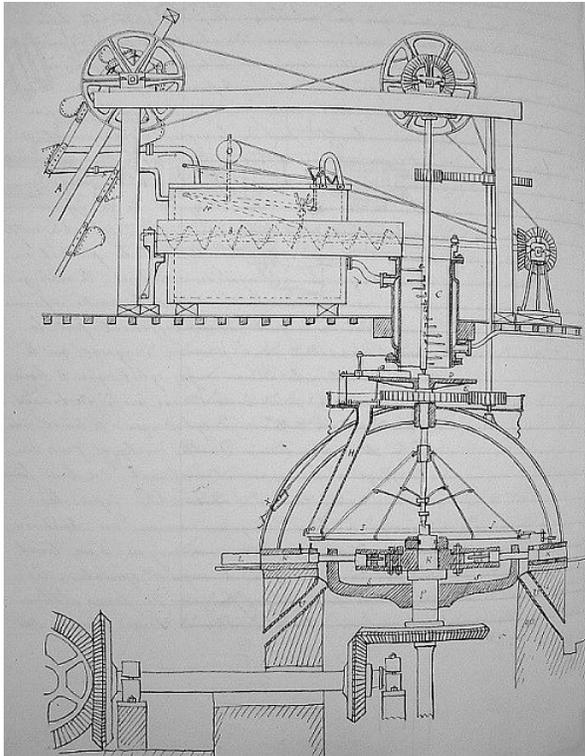
- 24 Pour parvenir à bonnes fins, outre la confrontation minutieuse des différentes solutions techniques, les compagnies houillères se dotent de laboratoires dans lesquels elles peuvent réaliser les expériences afin d'améliorer leurs produits. Les compagnies minières développent aussi le contrôle *a priori* et *a posteriori* de leurs productions, en s'équipant d'installations capables d'en garantir la qualité au moment du chargement, afin de ne pas se retrouver en contradiction avec les résultats du client, notamment pour les briquettes <sup>29</sup>. Elles sont capables de maintenir et d'améliorer ; maintenir en créant les conditions d'une production régulière, celle pour laquelle un contrat a été signé avec un client et améliorer, en étant à même, tout en conservant la qualité initiale du produit, de chercher et soumettre des améliorations. L'idée étant que la qualité des agglomérés, au pire, soit stable, mais puisse aussi être bonifiée.
- 25 Les mines de Portes, dans le Gard, mettent au point un appareil pour mesurer rapidement le degré de cohésion de la houille, ce qui leur

permet d'obtenir de meilleurs résultats que celles de la Grand-Combe. Exploitations secondaires, elles remportent grâce à cette initiative des marchés avec la Marine, plus exigeante que les compagnies de chemins de fer. Au moment où les houillères se dotent d'ateliers d'entretien et, ce faisant, doivent recruter un ingénieur mécanicien, un chimiste devient aussi indispensable pour mesurer chaque jour la composition des houilles, du coke et des briquettes <sup>30</sup>.

- 26 Un autre aspect aussi décisif apparaît <sup>31</sup>. Pour les houillères, adopter des équipements de lavage, de carbonisation et d'agglomération de la houille présentant un fort degré de mécanisation engendre des effets au fond. L'essentiel de la main-d'oeuvre masculine y est concentré, la surface regroupant un personnel de jeunes et de vieux ouvriers, dont la productivité du travail est faible. Cantonné à des tâches répétitives qui ne nécessitent pas une grande force physique, ils se retrouvent en concurrence avec la main-d'oeuvre féminine. La mécanisation des installations du jour ne se fait pas au détriment de l'emploi. Elle coïncide plutôt avec des phases de croissance du personnel ouvrier. Ainsi, à La Chazotte, la généralisation du lavage mécanique et de l'agglomération de la houille correspond à une multiplication par dix du nombre d'ouvriers, essentiellement dans les travaux miniers <sup>32</sup>. Car, dans les ateliers d'agglomération, le personnel est pratiquement absent, la circulation des matières se faisant exclusivement par le mouvement des pistons, des vis et des godets. Ce qui étonne, c'est la minutie, la précision avec laquelle vapeur, brai, goudron et charbon s'écoulent pour produire des briquettes.
- 27 Il se forme une opposition flagrante entre les deux mondes de la mine. Le fond, hormis pour l'élévation du charbon, reste un lieu peu mécanisé, où le pic demeure l'outil de base, même lorsque, au cours

des années 1860-1870, les premiers équipements d'abattage mécanique entrent en activité. Au jour, au contraire, le personnel est fortement réduit, pour éviter que les frais d'extraction, difficilement compressibles, ne soient amplifiés par le fonctionnement des équipements de surface. La main-d'œuvre y perd, pour la majeure partie d'entre elles, toute qualification. Elle est spécialisée dans des tâches répétitives. Sa rémunération dépend de l'efficacité du fond. Elle est de toute façon modique. Ce faisant et sur certains points, le fonctionnement des ateliers de surface préfigure l'organisation productive fordiste. Le triage fait appel à des convoyeurs à bandes le long desquels sont réparties des rangées de femmes, les trieuses, pour éliminer les roches, schistes et autres matières stériles qui accompagnent la houille. Il s'agit d'un travail cadencé, immobile. La matière circule devant les ouvrières qui, en quelque sorte, la désassemblent. Pour l'agglomération, le raisonnement est inversé. Le charbon, après avoir été broyé, est mélangé avec le brai, sans aucune intervention de personnel. Le travail est complètement mécanisé. Quant à l'agglomération proprement dite, elle nécessite un contrôle de la qualité des produits, de la régularité du fonctionnement de la presse. Il s'agit d'assembler et de donner de la consistance à une pâte composée de houille et de brai. La substance manipulée est, dans sa composition, simple, mais la logique de la production s'apparente déjà à une véritable chaîne <sup>33</sup>. En outre, l'aménagement des équipements, en réduisant au maximum l'intervention humaine, en tire un surcroît de qualité. Les équipements sont agencés de façon à infliger le moins de chocs possible au charbon et aux briquettes, avec des mouvements doux, réguliers.

Figure 4. Coupe de l'atelier d'agglomération de La Chazotte, machine à agglomérer. Fonds École nationale supérieure des mines de Paris.



Cette partie de l'atelier se signale par un machinisme très développé, et par un cadencement très strict des matières, à la fois en termes de vitesse de circulation et de mélanges entre la houille et le brai. La marche est continue. Une machine à vapeur communique un mouvement de va et vient aux pistons qui apportent et retirent le mélange des presses dans lesquelles s'opère l'agglomération.

© Jean-Philippe Passaqui

- 28 Ce sont donc deux mondes qui s'opposent, celui qui crée l'essentiel de la richesse, avec l'abattage et l'extraction de la houille et celui qui s'est ajouté au jour. Le modèle technique sur lequel il repose en garantit la réussite économique, grâce à un effort de mécanisation de tous les instants. Pour reprendre l'expression de l'élève externe Savignac : « tout se fait par la machine à vapeur <sup>34</sup> » dans les ateliers de fabrication de briquettes. Ainsi, à la Grand-Combe, la compagnie aborde le début des années 1870 avec des ateliers de lavage mécanisés, des fours à coke à défournement mécanique <sup>35</sup>. Au sein de ces ateliers, les conditions de production d'agglomérés deviennent essentielles.

# Conclusion

- 29 Disposer d'un produit connu, à la composition homogène, constitue un atout essentiel en vue de s'attacher la clientèle industrielle. La mise au point et le retour d'expériences sont fondamentaux pour comprendre le succès presque immédiat de la filière. Dans ce dessein, les compagnies de chemins de fer produisent une partie leurs agglomérés. Elles conservent en parallèle des relations contractuelles durables avec des fournisseurs soigneusement identifiés et contrôlés. Elles peuvent donc les épauler dans l'élaboration des agglomérés. C'est ce qui explique pourquoi, partant de blocs de grosses dimensions, les agglomérés perdent ensuite en épaisseur et en taille. Il est possible de faire mieux qu'imiter les meilleures houilles. La marine et les chemins de fer demandaient des fragments homogènes dans leur composition, mais aussi dans leur taille. À ce titre, le fait que la compression permette de gagner un tiers du volume n'est pas anodin dans la réussite de ce procédé. Des solides réguliers, cylindriques ou parallélépipédiques, peuvent être empilés avec facilité dans les soutes à charbon <sup>36</sup>. Ils ne modifient pas les caractéristiques du charbon si les principaux critères suivis avec attention par le consommateur, c'est-à-dire l'indice de gonflement, le ramollissement, l'indice en matières volatiles et le comportement au feu respectent les cahiers des charges correspondant aux besoins du client. Les techniques développées dans le cadre de la valorisation de la houille ne restent pas confinées. Elles sont reprises par d'autres activités. Au cours des années 1860, l'agglomération inspire l'industrie de la carbonisation du bois, ainsi que l'agglomération de certains minerais de fer et des pyrites.
-

## NOTES

3. CHALMETON Ferdinand, « Note sur l'industrie houillère du département du Gard », *Bulletin de la Société de l'industrie minérale*, 1<sup>re</sup> série, t.XII, 1866-1867, p.120.
4. Le PLM est en mesure de produire ses propres agglomérés à partir d'usines dont il dispose dans le Centre et le Midi de la France. Il a notamment racheté le site de La Chazotte, en 1874, pour sécuriser ses approvisionnements.
5. GAUTIER Ferdinand, *Mémoire sur le bassin houiller de Brassac (Puy-de-Dôme, Haute-Loire)*, ENMSP, ms, 1862, M (1862) 780.
6. PASSAQUI Jean-Philippe, « Les compagnies minières du Centre et du Midi de la France face aux difficultés engendrées par les couches puissantes de houille (1850-1873) », *Actes du colloque des machines et des hommes*, Lewarde, 2013, p.44-51 et 179-182.
7. SOUGY Nadège, « Le combustible minéral au XIX<sup>e</sup> siècle, une affaire de qualité », *Nomenclatures et classifications : approches historiques, enjeux économiques*, Paris, INRA, 2003, p.69-96.
8. D'où l'importance que Louis Grüner accorde à cette question au moment de fonder la Société de l'industrie minérale et le bulletin qui l'accompagne. Voir GARÇON Anne-Françoise, *Entre l'État et l'usine, l'École des mines de Saint-Étienne au XIX<sup>e</sup> siècle*, Rennes, Presses Universitaires de Rennes, 2004, p. 252. Il fallut cependant attendre 1864 pour que Grüner publie un article de référence sur la question de l'agglomération de la houille.
9. GRÜNER Louis, « Notice sur l'agglomération des combustibles minéraux », *Annales des Mines*, 1864, p.150.
10. GRÜNER Louis, « Notice... », *op. cit.* , 1864, p.188-190.
11. Charles Combes, alors inspecteur général des Mines, est le premier à conseiller aux exploitants des Cévennes de valoriser leurs menus de houille sous la forme d'agglomérés. Archives nationales (AN) F14/3835, Rapport de l'ingénieur des Mines du sous-arondissement minéralogique d'Alais sur la situation des mines du département du Gard en 1852.
12. Émile Marsais est de la promotion 1828 de l'EMSE. Ses premiers travaux interviennent en 1833, mais ce n'est qu'en 1842-1843 qu'il parvient, avec des équipements fabriqués par Révollier, à donner une dimension pratique à la production d'agglomérés. Il est à l'origine, en 1846, de l'usine de Givors évoquée. LESEURE Ernest-Louis, *Historique des mines de houilles du département de la Loire*, Saint-Étienne, Théolier, 1901, p.296-297.
13. Extrait cité par GRAS Louis-Joseph, *Histoire économique générale des mines de la Loire*, t. I, Saint-Étienne, Théolier, 1922, p.367-368, mais la mise en avant de l'agglomération est

encore timide comme le prouve la place anecdotique qu'elle occupe dans les rapports du Jury de l'Exposition universelle de Paris, en 1855.

14. *Ibidem*, p. 303.

15. L'entreprise s'appelle alors Révollier, Biérix et Cie. Elle est implantée à La Chaléassière. « État des ingénieurs », *Bulletin de la Société de l'industrie minérale*, 1875.

16. GARNIER Jules, « Nouvelle machine à agglomérer de MM. Biérix et Cie », *Bulletin de la Société de l'industrie minérale*, 1877-1878, p.190.

17. Comme nous le verrons, le charbon de La Chazotte est à la fois cendreuse et pulvérulent, dans un bassin où la concurrence est en mesure de proposer un charbon de bien meilleure qualité.

18. ÉVRARD Maximilien, « Notice sur l'usine d'agglomération de La Chazotte (Loire) », *Bulletin de la Société de l'industrie minérale*, 1<sup>re</sup> série, t. IV, 1859, p.261.

19. GRAS Louis-Joseph, *Histoire économique générale des mines de la Loire*, t. II, Saint-Étienne, Théolier, 1922, p.743-744.

20. À ce sujet, GARÇON Anne-Françoise, « Fours debout, fours couchés », *L'imaginaire et la pensée technique*, Paris, Classiques Garnier, 2012, p.131-148.

21. VOISIN Armand, *Mémoire sur l'exploitation, le lavage et l'agglomération de la houille à la mine de La Chazotte, près Saint-Étienne*, ENMSP, ms, 1863, M (1863) 810.

22. Brevet déposé le 24 août 1855, production en 1857 et 1858.

23. L'article que Grüner publie en 1864 dans les *Annales des Mines*, à propos de l'agglomération de la houille, évoque longuement les travaux de Baroulier, en restant assez pudique sur les causes de leurs échecs industriels. La mise en exergue des recherches de Baroulier dans ce domaine doit beaucoup à nos discussions avec Marco Bertilorenzi ; qu'il en soit remercié. Outre ses expériences industrielles à Saint-Étienne, Baroulier a aussi dirigé la création et le développement de l'agglomération de la houille à Blanzay.

24. VOISIN Armand, *Mémoire...*, *op.cit.*, 1863.

25. ROJAS Luc, *Histoire de révolution technologique, de l'exploitation artisanale à la grande industrie houillère de la Loire*, Paris, L'Harmattan, 2008, p.155-158.

26. NORMAND Charles, *Journal de voyage dans le sud de la France*, ENSMP, ms, 1860, JV (1860) 229. Il s'agissait d'une machine Bérard.

27. PASSAQUI Jean-Philippe, « Aux origines des perturbations des marchés charbonniers par les conflits et les expéditions militaires : la déstabilisation des houillères du Midi de la France par la guerre de Crimée », *Charbon et conflits dans le monde*, Actes du colloque international de Lewarde, 2016, p.88-99.

28. CHALMETON Ferdinand, « Note... », *op.cit.*, 1866-1867, p.120-123.

29. CHODZKO Adam, *Journal de voyage*, ENSMP, ms, 1872, JV (1872), 459.

30. BENOIST P., *Journal de voyage dans le Centre et le Midi de la France, houillères de Blanzay, juillet, août, septembre 1873*, ENSMP, ms, 1873, JV (1873) 488.

31. RIGAUD Fernand, *Exploitation de la houille dans le bassin de Saint-Étienne*, ENMSP, ms, 1868, M (1868) 874.
32. VOISIN Armand, *Mémoire sur l'exploitation, le lavage et l'agglomération de la houille à la mine de La Chazotte, près de Saint-Étienne*, ENSMP, ms, 1863, M (1863) 810.
33. WORONOFF Denis, « Charbon et sidérurgie : l'installation en France du nouveau système productif », *Actes du colloque Travailler à la mine, une veine inépuisée*, Arras, Artois Presses Université, 2003, p. 113.
34. SAVIGNAC Louis de, *Journal de voyage, exploitation de Campagnac*, ENSMP, ms, 1872, JV (1872) 465.
35. PASSEBOIS Marius, *Journal de voyage, 2<sup>e</sup> partie, 1872*, ENSMP, ms, 1872, JV (1872) 465.
36. MEURGEY Alfred, *Journal de voyage dans le Centre de la France*, ENSMP, ms, 1861, JV (1861) 241.
- 

## RÉSUMÉS

Valoriser les déchets, les commercialiser a toujours été une préoccupation d'importance pour les entreprises minières, et notamment les houillères. Au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, dans l'ensemble de l'Europe occidentale, mais plus particulièrement en France, une tendance lourde affecte les différentes exploitations qui tentent de mettre au point et d'utiliser des procédés qui permettent l'agglomération des charbons de petits calibres, afin de pouvoir les écouler auprès des compagnies de chemins de fer et de navigation. Le bassin stéphanois et avec lui les exploitations du Centre et du Midi de la France s'engagent avec ardeur dans cette voie pour en faire une spécialité rémunératrice. En définitive, une nouvelle coordination de l'activité productive doit s'imposer, qui repose sur une mécanisation précoce, intense, faisant apparaître un contraste évident avec les travaux souterrains où le pic domine toujours.

Recovering and marketing waste has always been a major concern for mining companies, especially collieries. Giving economic value to small coals in the way to send them to railways and shipping companies became a major trend in mining companies, in the middle of the 19th century Europe, particularly in France. The Saint-Étienne collieries has been eagerly engaged in this way to make it a profitable activity. Eventually, a new co-ordination of the productive activity imposed itself in the mining companies of the center and the south of France, which was based on an early and intense mechanization, strikingly contrasting with the manual mining, still dominating in underground works.

# INDEX

**Mots-clés** : histoire des techniques, histoire des entreprises, charbon, déchets, district industriel, mine

**Keywords** : history of technology, business history, colliery, waste recovery, mine, coal

**Thèmes** : Un objet une technique

# AUTEUR

JEAN-PHILIPPE PASSAQUI

Jean-Philippe Passaqui est chercheur affilié au Centre d'histoire des techniques, IHMC UMR 8066, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne/ENS Ulm/CNRS. Agrégé d'histoire et docteur en histoire contemporaine, il a obtenu le prix spécial d'histoire de l'Académie François-Bourdon en 2003. Il est par ailleurs professeur d'ESHMC en CPGE voie ECE, option Saint-Cyr au Lycée Militaire d'Autun. Spécialiste d'histoire des entreprises et de l'industrie, il a notamment publié *La Stratégie des Schneider, du marché à la firme intégrée* en 2006, (réed. 2015) et *Les Voyages forment l'ingénieur, les houillères du Centre et du Midi de la France, 1851-1873*, Paris, Classiques Garnier, en 2015. Avec Marco Bertilorenzi et Anne-Françoise Garçon, il a dirigé les actes du colloque *Entre technique et gestion, une histoire des ingénieurs civils des mines, XIX<sup>e</sup>-XX<sup>e</sup> siècles*, Paris, Presses des Mines, 2016 et achève ceux du colloque *Henri Fayol, histoire, économie et sciences*. Sous le parrainage d'Anne-Françoise Garçon, il prépare actuellement son HDR.

---

Un ouvrage nous a appris

---

# Quatre mille ans d'histoire du cuivre. Fragments d'une suite de rebonds, sous la direction de Michel Pernot

Florian Téreygeol

---

## RÉFÉRENCE

Michel Pernot (dir.), Quatre mille ans d'histoire du cuivre. Fragments d'une suite de rebonds, Bordeaux, Presses Universitaires de Bordeaux, Ausonius éditions, 2017, 355p.

- 1 « Quatre mille ans d'histoire du cuivre », si le titre peut faire peur, le sous-titre rassure tout en aiguisant la curiosité : « fragments d'une suite de rebonds ». Michel Pernot, ancien directeur de recherche au CNRS, réunit dans cet ouvrage des Presses Universitaires de Bordeaux une série de textes ayant pour point commun le métal rouge et ses alliages. Il s'agit d'une collection d'articles qui n'ont pas la prétention de restituer une quelconque histoire du cuivre comme il est clairement énoncé dans l'introduction : « l'exhaustivité étant invraisemblable, il s'agit d'éclairer quelques points particuliers de l'histoire technique du cuivre et de ses principaux alliages » (p .19).

Nous ne sommes pas dans une vision encyclopédique et c'est heureux. Pourtant Michel Pernot prône *l'antidisciplinarité* (p. 20), notion intéressante qui s'affiche en opposition avec la *trans / inter / pluri / disciplinarité*, mais la définition n'apparaîtra qu'à la lecture globale de l'ouvrage.

- 2 Michel Pernot touche également un point non moins important de l'étude des métallurgies anciennes : c'est un des rares domaines où la diachronie peut être assumée sans se perdre. Traverser les périodes est une chose, ici il s'agit également de traverser les genres en faisant appel aussi bien à des historiens, des archéologues, des physiciens qu'à des hommes de l'art. L'ouvrage s'ouvre ainsi sur une série de trois articles formant une introduction portant autant sur l'histoire que sur la physique du matériau. Les bases sont posées et les textes peuvent se dérouler chronologiquement. Ces treize contributions qui composent le corps de l'ouvrage sont inégalement distribuées : cinq pour une large Antiquité, deux pour les périodes médiévale et moderne et trois en histoire contemporaine. Cette vision historique est suivie par trois miscellanées ne contredisant pas la logique du titre. Enfin, deux articles font office de conclusion.
- 3 La surreprésentation de l'Antiquité au sens large ne doit pas surprendre ; elle n'est que le reflet de la réalité de la recherche. Michel Pernot ouvre cette séquence en développant une réflexion sur la maîtrise du geste technique et les questions liées aux chaînes opératoires. De très bonnes illustrations de son propos sont données par Ziad El Morr au chapitre suivant. Les contributions d'Anne Lehoërff puis d'Alexis Gorgues introduisent la question métallurgique dans les sphères du social et du savoir. L'un comme l'autre pointent la relation ambivalente qui réunit le cuivre et le fer, tant dans la production que pour l'usage. Ce questionnement sur les liens existant entre les métallurgies du fer et des métaux non-

ferreux a structuré depuis longtemps la recherche en imposant une dichotomie. Pourtant, celle-ci ne semble plus aussi justifiée à mesure que nous engrangeons les résultats de fouilles récentes. L'interconnexion étroite de ces deux mondes que l'on a trop rapidement séparés se retrouve jusqu'à la période médiévale <sup>1</sup>.

- 4 Le Moyen-Âge est traité rapidement par Nicolas Thomas dans une vision consumériste. Son auteur essaye de couvrir plus de 1000 ans d'histoire dont il faut surtout retenir l'importance à donner à un réel croisement des sources et des méthodes. La contribution qui porte sur la période moderne est plus surprenante car il s'agit d'une étude de cas s'inscrivant dans le système d'échange entre l'Europe et les Amériques. Cette situation avait été également décrite par Matilla Tascon en 1958 <sup>2</sup> pour les Amériques Centrale et du Sud à propos du mercure. Elle inverse le schéma traditionnel qui veut que le métal fasse le trajet d'ouest en est, et non l'inverse. Bien sûr, dans la conception européenne, l'échange est déséquilibré au profit du vieux continent. Ce qui part d'Europe, le cuivre comme le mercure (mais également le fer), n'a pas la même valeur que ce qui arrive : l'or et l'argent.
- 5 Les textes sur le cuivre à la période contemporaine montrent une autre façon d'approcher le métal rouge. Les sources écrites deviennent abondantes et nous entrons dans une histoire quantifiée. La contribution d'Alexandre Fernandez pointe la polarisation de la production du cuivre en liaison avec les innovations techniques et les ressources minérales, nous amenant de Swansea jusque dans le désert d'Atacama. C'est un des rares moments où l'on perçoit l'importance des ressources géologiques, qu'il s'agisse de combustible ou de minerai. L'étude de cas de Marianne Lassalle, Corinne Arvieu et Florent Laroche vient illustrer le rôle du cuivre dans une innovation de premier plan : la maîtrise de la pression. La

contribution de Christophe Bouneau clôt ce tour d'horizon en propulsant le cuivre dans notre quotidien. Il montre la lutte du métal rouge face à l'aluminium et, finalement, sa rémanence à chaque nouvelle révolution. L'auteur se fait même le chantre de l'industrie nucléaire au travers d'une vision à très long terme de la gestion des déchets nucléaires pour laquelle le cuivre devrait jouer un rôle de premier plan, au moins en Suède.

- 6 À l'issue de ce survol chronologique du cuivre dans nos sociétés occidentales, trois articles offrent un regard décalé. Le premier est celui de l'industriel Jean-Marie Welter qui retrace l'histoire d'un procédé, le laminage, et de son outil. Il poursuit ainsi le sillon tracé par Charles Frémont en 1906 qui est à l'origine d'une série d'études sur des objets techniques <sup>3</sup>. Le second est porté par un homme de l'art, Jean Dubos, qui nous fait prendre pied dans une archéologie expérientielle plus qu'expérimentale. En France, c'est une approche rarement osée depuis les travaux de Philippe Andrieux <sup>4</sup>, mais qui est largement répandue dans le monde anglo-saxon. Enfin, la dernière contribution, portée par Valeria Bongiorno, Justine Vernet et Paolo Piccardo, nous projette dans un domaine connexe : la conservation du patrimoine. Ancrée dans le présent, elle prend pour objet la statuaire exceptionnelle du cimetière de Gênes et introduit la question technique des traitements de surface.
- 7 Bien que conclusives, les deux dernières contributions, celle d'Anne Françoise-Garçon comme celle de Michel Pernot, n'ont pas vocation à synthétiser les précédentes. La première offre une série de réflexions conceptuelles transpériodes. Dans la seconde, « pour ne pas conclure », Michel Pernot s'ouvre au travers d'un objet atypique, un pied romain pliable, sur la question de la mesure. Il intègre à juste titre la question de l'essai qui fait l'objet de nombreuses recherches ces dernières années <sup>5</sup>.

- 8 S'il fallait pointer des absences, il y a celles dont Michel Pernot se défend : les mines et surtout la transformation du minerai en métal. Pour produire du cuivre, passé le stade de la cueillette du métal natif, il a fallu apprendre précocement à collecter le minerai dans le sous-sol. Les travaux ne manquent pas depuis les études des mines protohistoriques de Cabrières <sup>6</sup>, en passant par celles du Pays Basque <sup>7</sup>, de la Lorraine <sup>8</sup> et jusqu'aux recherches sur les mines modernes du Chili <sup>9</sup>. Comme l'a bien montré l'article d'Alexandre Fernandez, la ressource naturelle est au cœur de l'économie-Monde. Pour la métallurgie extractive, l'absence se justifie moins facilement d'autant que la nature des minerais traités conditionne celle des alliages produits qu'il s'agisse des cuivres arséniés de la protohistoire ou du traitement des minerais polymétalliques (cuivres argentifères, bournonite) des périodes historiques.
- 9 Plus ambigu est l'absence d'une réelle approche sur un objet particulier que l'on suit en filigrane dans plusieurs articles : la monnaie. Celle-ci est d'abord conçu comme un outil économique mais c'est également, d'abord, un objet technique dont la production en série doit être assurée autant que contrôlée. Et le cuivre, allié ou non, fait intrinsèquement partie des métaux monnayés : monnaie de cuivre bien sûr, mais également de bronze, d'orichalque, de billon, d'argent et d'or. Le cuivre est présent dans quasiment tous les types de numéraire (à l'exception du monnayage d'électrum pour les périodes hautes). Il est difficile d'ignorer les travaux réalisés au sein du centre Ernest Babelon, composante de l'Institut de Recherche sur les Archéomatériaux. Ce laboratoire s'est fait de longue date une spécialité de l'étude des monnayages en prônant toujours une réelle approche transdisciplinaire <sup>10</sup>. La monnaie y est regardée comme un outil économique mais aussi comme un objet technique <sup>11</sup>.

- 10 Pour les périodes médiévale et moderne, certes parent pauvre en France, il faut également considérer les travaux de nos collègues anglo-saxons <sup>12</sup> et allemands <sup>13</sup> mais aussi les recherches entreprises sur la renaissance des grands bronzes <sup>14</sup> comme sur l'*instrumentum* médiéval en alliage cuivreux <sup>15</sup>. L'approche expérimentale se trouve confinée à une de ces facettes : celle qui confie la façon à l'homme de l'art. Il en est d'autres qu'il serait trop long de développer ici et qui rejoignent un débat ouvert depuis les travaux d'Ascher et de Coles <sup>16</sup>.
- 11 Mais à ces quelques remarques, on rétorquera qu'il ne s'agit que de fragments. L'objectif de l'ouvrage, clairement énoncé dès l'introduction, est atteint : « il s'agit de faire se rencontrer des regards sur des périodes chronologiques qui ne se rencontrent pratiquement jamais ». Ce recueil se pose comme une série de fenêtres où chacun, en fonction de sa spécialisation, trouvera la matière à une ouverture toujours bienvenue.
- 

## NOTES

1. Voir les travaux récents de Catherine Verna et ceux de Philippe Braunstein : VERNA Catherine, *L'industrie au village. Essai de micro-histoire (Arles-sur-Tech, XIV<sup>e</sup> et XV<sup>e</sup> siècles)*, Paris, Les Belles Lettres, 2017.

2. MATILLA TASCÓN Antonio, *Historia de las minas de Almaden, Desde la época romana hasta el año 1645*, Madrid, 1958, vol. 1, p. 207 et ss.

3. FREMONT Charles, « Origine du laminoir. Notes présentées à l'Académie des Sciences », *Revue de métallurgie*, vol. 5, 1908, p. 500-

508.

4. ANDRIEUX Philippe, « Couler le bronze comme il y a 4000 ans », *Dossiers d'Archéologie*, 46, 1980, p. 72-77.
5. TEREYGOL Florent, THOMAS Nicolas, « La coupellation des alliages cuivre - argent : Approches expérimentales de l'essai d'argent par voie sèche », *Revue d'Archéométrie*, vol. 27, 2003, p. 171-181.
6. AMBERT Paul, « Les mines préhistoriques de Cabrières (Hérault) : quinze ans de recherches. Etat de la question », *Bulletin de la Société préhistorique française*, T. 92/4, 1995, p. 499-508.
7. PIERRE Francis, « Les mines de cuivre et d'argent de la haute Moselle. Apparition et évolution des techniques de percement à la poudre noire, Le Thillot (Vosges) », *Lotharingia*, V, Nancy, 1993, p. 91-159.
8. PIERRE, 1993, *op. cit.*
9. SLOTTA Rainer, SCHNEPEL Inga, *Schätze des Anden, chiles kupfer für die welt*, DBM, 2011, 608 p.
10. BARRANDON Jean Noël, PICARD Olivier, *Monnaies de bronze de Marseille. Analyse, classement, politique monétaire*, Paris, Editions du CNRS, 2007 (Cahiers Ernest-Babelon 10).
11. MILLE Pierre, TEREYGEOL Florent., *L'Atelier monétaire royal de La Rochelle*, Rennes, Presses Universitaires de Rennes, 2011.
12. DUNGWORTH David, NICHOLAS Matthew, « Caldarium? An Antimony bronze used for medieval and post-medieval cast domestic vessels », *Historical Metallurgy*, Vol. 38, part. 1, 2004, p. 10-23.
13. ASMUS Bastian, *Medieval Copper Smelting in the Harz Mountains*, Coll. Montanregion Harz, 10, DBM, 2012.
14. CASTELLE Manon, *Les techniques de fabrication de la grande statuaire en bronze 1540-1660 en France*, Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, Université de

Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines, 2016.

15. THUAUDET Olivier, *Les accessoires métalliques du vêtement et de la parure de corps en Provence du XI<sup>e</sup> au XVI<sup>e</sup> siècle. Archéologie, techniques et économie d'une industrie méconnue*, Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, Aix-Marseille Université, 2015.

16. ASCHER Robert, « Experimental archaeology », *American Anthropologist*, 63, 1961, p. 793-816

COLES John M., *Archaeology by experiment*, Londres, 1973.

---

## INDEX

**Mots-clés** : histoire des techniques, archéologie, métallurgie, cuivre

**Thèmes** : Un ouvrage nous a appris

**Keywords** : history of technology, archeology, metallurgy, copper

## AUTEURS

FLORIAN TÉREYGEOL

Archéologue au sein de l'Institut de Recherche sur les ArchéoMATériaux au CEA-Saclay (Laboratoire Archéomatériaux et Prévision de l'Altération, LMC IRAMAT UMR5060 CNRS et NIMBE UMR3685 CEA/CNRS IRAMAT-LAPA), Florian Téreygeol est spécialisé dans l'étude des systèmes de production des métaux non ferreux depuis la mine jusqu'à l'objet fini. Directeur de fouilles en France (mine de Melle, Castel-Minier etc.) et à l'étranger (Yémen, Bolivie, Tadjikistan), il supervise les activités de la plateforme CNRS d'archéologie expérimentale des Arts du feu.

---

## Positions de thèses/HDR

---

# Articuler l'histoire des sciences et l'histoire des techniques : une approche heuristique.

La question de la matière entre sciences et techniques (XIX<sup>e</sup>-XX<sup>e</sup> siècles)

*Articulating the History of Science and the History of Technology: a Heuristic Approach : The Material Studies between Science and Technology*

Virginie Fonteneau

---

## **Habilitation à diriger des recherches : références bibliographiques**

Virginie FONTENEAU, Articuler l'histoire des sciences et l'histoire des techniques : une approche heuristique. La question de la matière entre sciences et techniques (XIX<sup>e</sup>-XX<sup>e</sup> siècles), Habilitation à diriger des recherches, Université Paris-Sud, soutenue le 12 octobre 2017.

### **Jury :**

Jose-Ramon BERTOMEU-SANCHEZ, Université de Valence

Alain FUCHS, CNRS

Anne-Françoise GARÇON, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne

Hélène GISPERT, Université Paris-Sud

André GRELON, EHESS

Pierre LAMARD, Université de Technologie de Belfort-  
Montbéliard  
Laurence LESTEL, CNRS

- 1 Madame la Présidente, mesdames et messieurs les membres du jury,
- 2 A l'occasion de cette soutenance, j'ai eu envie - mais peut-être était-ce plutôt une nécessité - de partager avec vous une de mes dernières lectures. L'ouvrage n'est pas récent (édition première en 2009), il s'agit du livre de Matthew Crawford, *Éloge du carburateur, essai sur le sens et la valeur du travail* <sup>1</sup>, que certains d'entre vous connaissent puisqu'il a connu un large écho. Crawford y porte une réflexion sur le travail et notamment, pour mon propos, sur les métiers manuels et les métiers intellectuels.
- 3 Deux raisons particulières m'incitent à vous parler de cette lecture, la première est que celle-ci m'a éclairée sur les liens entre mon histoire, ma personnalité et mon métier, et la deuxième est qu'elle est source de réflexion pour certains de mes thèmes de recherches. Elle m'a aussi ramenée à un ouvrage synthétique d'Antoine Prost, *12 leçons sur l'histoire* <sup>2</sup> que j'avais lu au tout début de mes études d'histoire des sciences et des techniques, il y a longtemps, et que j'ai repris pour préparer cette soutenance.
- 4 Je commence par l'apport personnel parce que c'est par ce cheminement réflexif que je suis arrivée ou revenue à mes objets de recherche, ce qu'A. Prost désigne comme le poids de la personnalité dans le métier d'historien : « Comme toute chance, la connaissance intime par engagement personnel est aussi un risque. Elle permet à l'historien d'aller plus vite et plus loin dans la compréhension de son sujet, mais elle peut aussi étouffer sa lucidité sous le bouillonnement de ses affects » <sup>3</sup>. Cette lecture a été une occasion de penser et panser mes affects, de réfléchir à ce qui me permet d'aller plus vite

et plus loin sur mes terrains de recherche, et, point crucial, si ou en quoi cela était justifié.

- 5 Pour poser sa réflexion, Crawford part de son expérience. Après un diplôme en physique, puis une thèse de philosophie politique tout en gagnant parallèlement sa vie grâce à métier manuel (électricien notamment), il fait deux expériences de travail intellectuel, une comme rédacteur de résumés d'articles scientifiques, et une dans un *think tank*. Découragé par un sentiment d'inutilité, de perte de sens et d'insatisfaction dans un travail dit « intellectuel », il entame une carrière comme réparateur de moto. Dans ce livre, Crawford se concentre sur le travail manuel qualifié et pas sur l'artisanat plus valorisé. Il défend l'idée d'une « richesse intrinsèque du travail manuel du point de vue cognitif, social et psychologique »<sup>4</sup>. Il démontre qu'en exerçant un travail manuel qualifié, il y a *en même temps* engagement de l'intellect. Ceci implique que lorsque l'on distingue deux types de travail, manuel et intellectuel, on disjoint le manuel de l'intellectuel et l'on donne donc à penser qu'il n'y a pas engagement de l'intellect lors d'un travail manuel qualifié. Selon lui, cette séparation forte prend son origine dans le cas des États-Unis dans l'émergence du travail à la chaîne (début du XX<sup>e</sup> siècle), et dans la mise en place, en même temps d'un enseignement technique à deux niveaux : préparation à la chaîne de montage pour les classes subalternes (c'est-à-dire, conduire à l'acceptation d'un travail manuel réduit à l'application d'une consigne), activités éducatives de type récréatif et donc valorisantes pour la bourgeoisie. Il y a parallèlement valorisation du théorique et de l'intellectuel sur le manuel.
- 6 Crawford explique que le Taylorisme, sous couvert de transformation de l'usine moderne en champ d'expérimentation et de vouloir amener le travailleur à une démarche scientifique, impose

en fait à l'ouvrier une séparation du savoir et du faire qui loin d'emmener le travailleur dans une démarche scientifique lui confisque son autonomie. Les expressions « travail manuel » et « travail intellectuel » sont devenues des catégories usuelles. A force de généraliser l'utilisation de ces expressions, et d'intérioriser cette séparation entre le manuel et l'intellectuel, on donne à penser comme le souligne Crawford que le travail manuel est toujours de l'ordre du travail à la chaîne c'est-à-dire l'application d'une consigne (et donc aussi peu intéressant et aussi peu engageant au niveau de l'intellect). Il démontre que la généralisation est fautive. En s'appuyant sur des travaux venant de plusieurs disciplines, il argumente que la confrontation au concret, à la matérialité, mise en œuvre dans un certain nombre de métier manuel qualifié, dont réparateur de moto, conduit à apprendre, à reconnaître, à mémoriser, à traiter quantité d'informations de nature diverse, ce qui, si l'apprentissage se passe bien, rend capable de résoudre des problèmes mais aussi d'être capable de trouver quel est le problème avant de le résoudre.

- 7 Crawford traite également de la connaissance tacite, « A la base (de laquelle), il y a, dit-il, l'idée que nous en savons plus que nous ne sommes capables de l'exprimer, et certainement plus que nous ne sommes à même de le spécifier par une formulation rigoureuse » <sup>5</sup>. Il y a donc construction d'une approche cognitive particulière dans la confrontation avec le réel. Il cite ainsi l'étude d'un psychologue sur le processus de décision de praticiens experts. Celui-ci affirme que « les experts apprennent à percevoir des choses qui restent invisibles pour les novices, telles que les caractéristiques d'une situation typique » <sup>6</sup>, que « l'esprit expérimenté est souvent capable d'intégrer un nombre extraordinaire de variables et de détecter une configuration (*pattern*) cohérente » <sup>7</sup> et que « c'est

cette configuration qu'il appréhende, pas les variables individuelles » <sup>8</sup> .

- 8 Cette lecture m'a donné des clés de compréhension sur mon milieu familial - d'où je viens-, mais aussi sur ce qui je suis en tant que chercheuse, ce qui m'amène à nouveau à Alain Prost, et à un passage intitulé : « Autoportrait de l'historien en artisan » <sup>9</sup> : « Quand on lit les textes d'historiens sur l'histoire, on est frappé par la récurrence du vocabulaire artisanal » <sup>10</sup> écrit-il. Il poursuit en pointant que l'on présente aussi l'histoire comme une science :

« Il faudrait pourtant choisir en bonne logique. La menuiserie n'est pas une science, l'atelier n'est pas un laboratoire, ni l'établi une paillasse. Les sciences s'enseignent, on peut en énoncer les règles. Or celles de l'histoire n'en sont pas vraiment bien qu'elles existent, affirme-t-on cependant. La présence dans le discours sur l'histoire de termes qui renvoient à des univers intellectuels et pratiques si différents, ne laissent pas d'interroger. La métaphore artisanne revient trop souvent pour n'être qu'une simple *captatio benevolentiae*, ou une fausse modestie. Assurément, les historiens traduisent dans le lexique de l'artisanat un aspect essentiel de leur expérience, le sentiment très fort qu'il n'y pas de règle qu'on puisse appliquer automatiquement et systématiquement, que tout est affaire de dosage, de doigté, de compréhension. Ce qui ne les empêche pas de se vouloir et d'être rigoureux, et de l'exprimer en recourant au lexique de la science. En fait, la complexité de l'histoire comme pratique renvoie à la complexité même de son objet. » <sup>11</sup>

- 9 Il y aurait beaucoup à dire sur ce passage, entre autres sur l'image de la science. Ce que je retiens ici c'est la complexité de l'objet de l'historien comparable à la complexité de la matérialité travaillé par le menuisier. En écho à la lecture de Crawford, les lignes d'Antoine

Prost me revenaient en mémoire : cette parenté (pas identification mais bien parenté) entre travail artisanal et le métier d'historien. La longue confrontation avec son terrain de recherches, la « familiarisation » avec les archives sont une phase d'imprégnation où l'historien intègre un nombre considérable de données, qui, si l'on devient expert au sens de Crawford, permettra de reconnaître des configurations qu'on n'arrive pas toujours à justifier, mais qui font sens pour l'expert et que l'historien dans une démarche méthodologique de va et vient entre ses sources primaires et ses sources secondaires va retenir ou écarter. Il n'existe pas de règle qu'on puisse appliquer automatiquement et systématiquement, c'est-à-dire qu'il n'existe pas non plus de méthodologie a priori. Celle-ci doit toujours être adaptée à l'objet étudié. Ces pistes de recherches pressenties, celles écartées ou privilégiées, pour des raisons qu'on ne peut pas toujours expliciter, permettent d'aller plus vite. Je tiens à souligner l'importance des sources secondaires car il n'est pas question de s'enfermer dans son terrain. Il y a un équilibre à trouver, « tout est affaire de dosage, doigté, compréhension » <sup>12</sup>.

- 10 L'analyse de Crawford était aussi instructive à propos de mes objets de recherche. Je pense que la séparation entre travail manuel et travail intellectuel affirmée et intériorisée influe sur les travaux menés en histoire des sciences, et ce, malgré les courants récents, et les appels - notamment en histoire de la chimie - à étudier les objets, les protocoles, les lieux (laboratoires, manufactures, etc.), ce qu'on appelle le « *material turn* » <sup>13</sup>. Ce tournant matériel est heuristique et permet de rendre visible des pratiques, des savoirs, des savoir-faire mais aussi des acteurs, des lieux ignorés ou minorés par l'historiographie. Cela étant, je pense qu'implicitement, on projette sur le travail d'un chimiste cette distinction entre activités manuelles et travail intellectuel. L'engagement de l'intellect n'est

pas suffisamment considéré dans la pratique du chimiste. Je suis convaincue que nous n'avons pas pris, en histoire de la chimie, la mesure de ce qui résulte pour un chimiste du fait de passer des heures par jour à la paillasse, de se confronter des heures durant, des jours durant à la complexité de la matière. Au XIX<sup>e</sup> siècle, un chimiste apprend à mémoriser des odeurs, des goûts, des réactions, des savoirs faire, ce faisant il intègre une multitude d'informations de nature diverse, parmi lesquelles il faut qu'il sélectionne. Je reprends Crawford :

« Dans le monde réel, les problèmes ne se présentent pas sous cette forme prédigérée [les problèmes que l'on doit résoudre dans son cursus] ; en général, vous disposez de trop d'éléments d'information, mais sans vraiment savoir lesquels sont pertinents et lesquels ne le sont pas. Identifier à quel *genre* de problème vous êtes confronté vous permet de savoir quelles caractéristiques de la situation vous pouvez vous permettre d'ignorer. Et même les frontières de ce qui peut passer pour une « situation » sont parfois ambiguës ; ce n'est pas en appliquant des règles que vous pouvez discriminer entre le pertinent et le négligeable, mais seulement en exerçant le type de jugement qui naît de l'expérience. » <sup>14</sup>

- 11 Il va de soi que les historiens de la chimie n'adoptent pas tous cette dichotomie entre le faire et le savoir, mais la matérialité n'est pas encore perçue comme essentielle pour l'étude de la production de savoirs. C'est une des raisons, pas la seule, pour laquelle, méthodologiquement, je pense qu'il est fructueux de se pencher sur la littérature secondaire d'histoire des techniques avant de commencer à faire des recherches sur ces questions parce que la matérialité, le rapport à l'objet et à l'outil, à la machine, à

l'instrument, sont fondamentaux et il y a donc là source d'inspiration.

- 12 Ceci m'amène à la dernière partie de cette présentation : comment l'articulation de l'histoire des sciences et de l'histoire des techniques a été fructueuse dès mes premiers travaux de recherches, en DEA puis en thèse.
- 13 Le premier exemple vient de mon travail de thèse sur la première école d'ingénieurs créée à Nantes en 1919. Les deux premiers directeurs de l'école venaient de mondes très différents : le premier, non titulaire du baccalauréat, enseignant dans le Technique, puis, sur le tard, ingénieur d'une toute nouvelle école, l'École supérieure d'aéronautique et de constructions mécaniques ; le second, titulaire du baccalauréat, puis des études de physique en faculté des sciences, et ensuite une thèse sous la direction de Gabriel Lippmann, prix Nobel de physique de 1908. Pour étudier et comprendre le parcours du premier, il fallait puiser dans l'histoire des techniques et de l'enseignement technique, et, pour le second, dans l'histoire des sciences et de l'enseignement supérieur scientifique. Ce ne fut facile ni pour l'un ni pour l'autre, les deux étant absents de l'historiographie, en raison du peu de travaux existant en histoire de l'enseignement technique supérieur pour l'un et, pour l'autre, en raison du peu d'études faites sur les institutions scientifiques de provinces. Les deux approches étaient donc nécessaires. De plus, cette connaissance m'a permis de puiser de façon fructueuse dans des sources bien connues des historiens des techniques mais peu consultés en histoire des sciences ce qui m'a permis d'éclairer le parcours du second directeur, physicien. J'ai trouvé des informations précieuses dans les fonds de brevets, et des revues spécialisées techniques que je ne serais sans doute pas allée chercher sans cette double approche.

- 14 Le deuxième exemple vient à nouveau du travail de thèse, mais il dépasse le cadre de l'histoire de l'école. Lors du changement de direction, l'ancien et le futur directeur se sont opposés sur l'avenir de l'école à propos de la recherche et de l'enseignement de la mécanique. Dans le système d'enseignement de cette période en France, ces deux personnages avaient peu de probabilités de se trouver à un même niveau de responsabilités leur donnant l'occasion de débattre de la question de la mécanique d'égal à égal, ou presque. J'aurais pu analyser cette opposition uniquement par la différence des milieux, des parcours, et de l'autorité et de la légitimité qui en découlaient mais cela aurait été insuffisant. Cette mécanique s'imposait comme une évidence dans les discours d'acteurs, alors qu'elle était loin d'être une évidence pour moi. Articuler l'histoire des techniques et l'histoire des sciences m'a permis de montrer que derrière le même mot, mécanique, ces deux acteurs avaient une conception bien différente de ce que recouvrait ce champ et de comment il fallait l'enseigner. L'un s'inscrivait dans une tradition expérimentale et appliquée dans le sillage du Conservatoire des arts et métiers, et des écoles d'arts et métiers, et dans une démarche de recherches sur les matériaux avec comme références, Léon Guillet, et Henry Le Chatelier. L'autre s'inscrivait dans l'héritage de l'École polytechnique, avec une mécanique théorique et mathématisée.
- 15 J'en viens maintenant à l'histoire de la chimie, en particulier au XIX<sup>e</sup> siècle, où la chimie est à la fois objet de science et au cœur de procédés techniques, et de la transformation et de l'émergence de secteurs industriels. L'articulation entre histoire des sciences et histoire des techniques s'imposait à moi pour saisir mon questionnement sur les liens entre la chimie « scientifique » et la chimie technique et sur les acteurs (comment et où ces acteurs apprennent, enseignent et pratiquent la chimie ?). Je vais revenir

rapidement sur certaines des conclusions, des pistes et projets de recherches du mémoire original « Des acteurs et des lieux de la chimie en France au XIX<sup>e</sup> siècle : Création, devenir et ancrage territorial des cours publics de chimie ».

- 16 Le premier point porte sur le nombre important de cours de chimie qui apparaissent dans la première partie du XIX<sup>e</sup> siècle en France, pour nombre d'entre eux avant les cours promus par Dupin. Ces cours de chimie ne sont pas un essaimage de cours parisiens qui viendraient s'implanter dans les provinces. Ce résultat montre que les provinces ne sont pas, loin de là, un désert pour la production des savoirs et l'enseignement de la chimie au cours du XIX<sup>e</sup> siècle. Le rôle de l'État centralisé n'est pas aussi déterminant que l'historiographie l'a présenté jusqu'à présent pour la mise en place des enseignements de chimie. Il y a une marge de manœuvre invisible lorsque l'on étudie le cadre prescriptif donné par l'État <sup>15</sup>.
- 17 Ce travail met aussi en évidence le fait que bon nombre de chimistes circulent d'une ville provinciale à une autre ville provinciale, contrairement à l'idée implicite que les circulations se font prioritairement entre les villes de provinces et Paris. Ceci nécessite que l'information sur les cours, sur les postes, soit diffusée dans toute la France. Une étude spécifique reste à mener sur les motivations, les modalités de circulation de ces chimistes, ce qui permettrait de dresser une cartographie dynamique de la chimie et de ses acteurs. Les études de cas (Lyon, Lille, Rouen et Bordeaux) permettent de montrer qu'il y a des scénarii différents de mise en place et d'institutionnalisation de l'enseignement de la chimie au cours du XIX<sup>e</sup> siècle, et que la situation de la fin du siècle ne prend sens qu'avec les éléments de compréhension du début de siècle.
- 18 La préparation de ce mémoire original a renforcé ma conviction de la richesse que représenterait l'étude des chimistes peu connus du

XIX<sup>e</sup> siècle parce que loin, pour la plupart, des élites académiques et parce que les traces qu'ils laissent sont disparates, dispersées et tenues. Mener un travail biographique ou prosopographique représente un défi tant qu'il faut relever car il permettrait de dessiner un nouveau (ou de nouveaux) profil(s) des chimistes du XIX<sup>e</sup> siècle, tour à tour ou en même temps, enseignant, inventeur, entrepreneur, auteur, médecin ou pharmacien, très souvent investi dans une ou plusieurs sociétés savantes. Par l'étude de ces carrières, il y aurait une des clés de la compréhension du milieu de la chimie au cours du XIX<sup>e</sup> siècle.

- 19 La rédaction de ce manuscrit a été aussi source de plusieurs frustrations. La première est d'avoir finalement peu travaillé sur l'espace du laboratoire, central dans la vie du chimiste, que j'aimerais traiter sous deux angles peu traités : le budget, car un laboratoire de chimie ne fonctionne plus s'il n'y a pas du charbon pour les fours, si la verrerie n'est pas remplacée, sans matières premières, sans personnel, etc. ; l'étude de l'ensemble des acteurs présents au laboratoire de chimie donc y compris les préparateurs, qui sont loin de se destiner tous à une carrière d'enseignement ou de recherche quand on y regarde d'un peu plus près. Nombre d'entre eux se lancent dans une activité industrielle, souvent petite et, ils sont souvent absents des études sur les entreprises de la chimie. La seconde frustration est celle du temps qui passe et du nombre de questions qu'il faudrait traiter, dont beaucoup nécessiteraient un travail collectif alors que la communauté des historiens de la chimie est certes dynamique mais réduite, ce qui rend difficile la conduite de programmes collectifs majeurs.
- 20 Je prendrais deux exemples dont les enjeux vont au-delà du seul domaine de la chimie. Tout d'abord, dans les questions d'enseignement et de formation, il serait important d'étudier la

transition d'un système où, la certification n'est pas nécessaire aux chimistes au XIX<sup>e</sup> siècle à un système où la certification devient indispensable. Au XIX<sup>e</sup> siècle, les lieux de formations à la chimie sans certification sont nombreux : Muséum d'histoire naturelle, Conservatoire des arts et métiers, laboratoires privés, etc. Même lorsque les institutions délivrent des certifications, l'examen des parcours d'élèves montrent que ceux-ci privilégient la formation à la certification, ne restant parfois qu'un an sur le programme qui les intéressait, ne passant pas toujours les examens de fins d'année malgré des résultats tout à fait corrects. Le deuxième exemple porte sur le fait de considérer implicitement les études d'histoire de la chimie qui ont été faites à partir de cas parisiens comme ayant une pertinence à l'échelle nationale. Il a été démontré que tel n'était pas le cas. Il y a certes une dissymétrie entre Paris et les provinces, notamment parce que c'est à Paris que sont situées les institutions marquant la reconnaissance et la réussite scientifique, mais cela n'implique pas que toutes les institutions parisiennes aient une envergure nationale et que les institutions des provinces aient une portée uniquement locale. Il faut reconsidérer Paris comme une ville de province, ce qui permettrait entre autres de faire un point sur l'ensemble des cours et des formations existants et qui pour l'instant sont occultés par les grandes institutions.

- 21 L'enjeu de ces projets de recherches est de changer le regard et le récit de l'histoire de la chimie en France, de ses acteurs, de ses savoirs, de son enseignement et de ses lieux, en prenant acte du renouvellement apportée par les études à l'échelle locale, en allant au-delà des institutions académiques et en articulant histoire des sciences et histoire des techniques.
- 22 Madame la présidente, mesdames et messieurs les membres du jury, je vous remercie pour votre attention.

---

## NOTES

1. CRAWFORD Matthew B., *Éloge du carburateur*, Paris, La découverte/Poche, Kindle édition, 2016.
2. PROST Antoine, *12 leçons sur l'histoire*, Paris, Éditions du Seuil, 1996
3. Ibidem, p.95.
4. CRAWFORD Matthew B., *Éloge...*, *op.cit .*, 2016, loc 553.
5. *Ibidem.*, loc. 3254.
6. *Ibid.* , loc. 3260.
7. *Ibid .*
8. *Ibid .*
9. PROST Alain, *12 leçons...*, *op.cit .*, 1996, p.146.
10. *Ibidem.*
11. *Ibid* , p.147.
12. *Ibid.*
13. Voir en particulier, SCHILLING Pascal, VAN WICKEREN Alexander, « Towards a Material and Spatial History of Knowledge Production. An Introduction », *Historical Social Research* , vol.40, n°1, 2015, p.203-218.
14. CRAWFORD Matthew B., *Éloge...*, *op.cit .*, 2016, loc. 695.
15. Renaud d'Enfert a travaillé cette question pour le domaine des mathématiques : D'ENFERT Renaud, *Pour une histoire « par en bas » de l'enseignement des sciences (XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècle). Le cas des mathématiques*, mémoire d'habilitation à diriger des recherches, université Paris Sud, 2012. C'est aussi un des objectifs du séminaire que nous avons organisé ensemble : l'offre locale d'enseignement scientifique et technique, et qui va donner lieu à un ouvrage collectif : D'ENFERT Renaud, FONTENEAU Virginie, *L'offre locale d'enseignement scientifique et technique, 19e-20<sup>e</sup> siècle : approches disciplinaires*, Parution prévue en 2019 aux Presses Universitaires de Nancy.

---

## RÉSUMÉS

L'enjeu de cette recherche reposant sur une articulation entre histoire des sciences et histoire des techniques est d'examiner à nouveau frais le contraste entre deux territoires, d'une part, Paris, où les cours seraient nombreux, de haut niveau, et délivrés par des chimistes brillants et prestigieux, et d'autre part les provinces, où il y aurait un déficit d'intérêt pour la science en général, et donc pour son enseignement, ce qui provoquerait un départ pour la capitale de tout chimiste souhaitant faire carrière. Cette analyse repose sur une approche locale et la notion de système local, en ne sélectionnant pas a priori ce qui serait un enseignement de chimie/science et un enseignement de chimie/technique. Cette analyse met en évidence des acteurs absents de l'historiographie, qui existent et font carrière en dehors des institutions académiques, sont des producteurs de savoirs scientifiques et techniques, et pour beaucoup sont investis dans une activité d'entrepreneurs. Ce résultat conduit à revisiter l'émergence de la profession d'ingénieur-chimiste au tournant du XXe siècle.

The challenge of this study, based on an articulation between the history of science and the history of technology, was to examine with fresh eye the contrast between two territories, Paris on the one hand, where courses would be numerous, of high level, and delivered by brilliant and prestigious chemists, and the rest of France on the other hand, where there would be a deficit of interest for science in general and for its teaching in particular, with the result that any chemist wishing to make a career, should leave for the capital. We have chosen another point of view to conduct our analysis, favoring the local approach with the notion of "local system", and refusing to make an "a priori" selection between what would be a chemistry teaching centered on science and a chemistry teaching focused on technology. We have thus been able to highlight actors totally absent from historiography, who have made a career outside academic institutions, who have been producers of scientific and technical knowledge, and who, for many of them, have invested themselves in an entrepreneurial activity. This leads to revisit the emergence of the profession of chemical engineer at the turn of the 20th century.

## INDEX

**Mots-clés** : histoire des techniques, histoire des sciences, chimie, mécanique, enseignement

**Keywords** : history of technology, history of science, chemistry, mechanics, education

**Thèmes** : Positions de thèse/HDR

## AUTEUR

## VIRGINIE FONTENEAU

Maîtresse de conférences en épistémologie, histoire des sciences et des techniques, Virginie Fonteneau dirige le Groupe d'Histoire et de Diffusion des sciences d'Orsay (GHDSO), au sein du Laboratoire Études sur les Sciences et les Techniques (EST), EA 1610 à l'Université Paris-Sud/Université Paris-Saclay. Ses travaux de recherche en cours portent sur deux axes, l'histoire de l'enseignement scientifique et technique et l'histoire de la chimie (19<sup>e</sup> et 20<sup>e</sup> siècle). Elle travaille en particulier sur les ingénieurs et la formation des ingénieurs en France ainsi que sur les acteurs, savoirs et lieux de formation à la chimie.

# Pour une socio-anthropologie des techniques

*For a Socio-Anthropology of Technics*

Caroline Moricot

---

## **HDR : références bibliographiques**

Caroline MORICOT, Pour une socio-anthropologie des techniques, Habilitation à diriger des recherches en sociologie, Université Paris 1 Panthéon Sorbonne, soutenue le 14 mai 2018, 3 volumes (628 p).

## **Garant :**

Thierry PILLON, Université Paris 1 Panthéon Sorbonne

## **Jury :**

Céline LAFONTAINE, Université de Montréal,

Anne MONJARET, CNRS, IIAC,

François VATIN, Université Paris Ouest Nanterre,

Pascal VENESSON, RSIS, Nanyang Technological University et Université Paris 2 Panthéon Assas),

Dominique VINCK, Université de Lausanne

- 1 La présentation d'un dossier d'habilitation à diriger des recherches invite à un retour sur son propre parcours, construit par les

rencontres qui le façonnent et l'orientent. « Les sociétés se ressentent toujours des conditions qui les ont vues naître », écrivait Tocqueville. Je pense qu'il en va de même pour les individus et, pour ma part, je suis née à la sociologie dans les années 1980 à Paris V. Je réalise combien ces années de formation ont été déterminantes de ma façon de penser jusqu'à aujourd'hui.

- 2 En tant que sociologue, je m'intéresse à la société de la modernité, celle que Georges Balandier caractérisait comme traversée par, à la fois, le mouvement et l'incertitude. Son invitation à en explorer les « nouveaux nouveaux mondes » avec le regard d'un anthropologue qui découvrirait une nouvelle civilisation, celle que pourtant il habite, mais qui lui est, par bien des aspects, étrangère, constitue pour moi un fil directeur, voire un moteur.
- 3 Dans cette perspective, l'un des objets les plus fascinants et les plus complexes de notre société est le rapport qu'elle entretient avec la technique. Cette dernière opère comme « un fait social total », selon la formule de Marcel Mauss, traversant tous les domaines du social, économique comme juridique, recomposant les sphères du public et du privé, influençant les relations au sein de la famille comme de l'entreprise, interrogeant les modalités d'accès au savoir et de production des connaissances, bousculant le rapport au temps et à l'espace. Elle participe de la déconstruction comme de la reconstruction du lien social, introduisant de nouveaux objets dans notre quotidien, ébranlant les hiérarchies en place et bouleversant le statut du proche et du lointain. L'imaginaire qui nourrit les mondes techniques est aujourd'hui lié aux notions de progrès, d'efficacité, de puissance, mais aussi de contrôle, de contrainte des savoir-faire, de dépendance. Cette tension est inscrite dans les usages des objets techniques, mais aussi dans les processus de leur conception qui participent de leur destinée. Les différents objets sur lesquels j'ai eu

à travailler portent tous cette tension incarnée dans le réseau des acteurs qui les conçoivent, les utilisent, les réglementent et, plus largement, les inscrivent dans un système de significations souvent non consensuel. Ils ont offert à mon regard leur potentiel d'arbitraire et d'indéterminé, leur caractère fondamentalement social, celui qu'il revient au sociologue de faire resurgir inlassablement et dont la naturalité des pratiques est à déconstruire.

- 4 Si je devais résumer en quelques mots mon travail de recherche, je dirais qu'il est motivé par une triple préoccupation : celle de l'objet, celle de l'approche et celle de l'enjeu.
- 5 Mes objets de recherche sont des objets techniques, des avions, des drones, des robots chirurgicaux, mais aussi des écrans, des interfaces, des images... Ils constituent toujours pour moi le point d'entrée.
- 6 Mon approche est celle d'une sociologue de terrain qui observe et qui écoute pour tenter de comprendre le point de vue des acteurs sur leur activité (c'est-à-dire sur leur pratique, leurs représentations, leur imaginaire...). De ce point de vue, ma contribution à une sociologie des techniques s'ancre toujours à partir d'un point de vue local, celui de l'expérience des acteurs que j'ai patiemment recueillie dans la durée. Je suis d'abord une sociologue de terrain au sens où c'est toujours à partir de l'engagement sur un terrain que se construit ma réflexion, que mes questions de départ se problématisent. Un engagement sur le terrain qui est souvent collectif, c'est-à-dire qui se fait au sein d'une équipe, parfois pluridisciplinaire, et je remercie ceux qui ont partagé avec moi ce compagnonnage de recherche dont je retiens d'abord la richesse et la stimulation.
- 7 Les enjeux soulevés par mes recherches sont centralement celles des techniques automatisées dans ce qu'elles font aux opérateurs qui,

dans leur activité quotidienne et ordinaire, y sont confrontés dans un processus d'appropriation. Comment en particulier ces techniques s'adressent-elles à leur corps ? Au sein des processus automatisés, une partie de l'activité s'accomplit indépendamment de l'action des opérateurs, c'est-à-dire de façon autonome. On pourrait penser alors que les automates se substituent aux humains. Pourtant, c'est le contraire que j'ai observé : parmi les résultats de ma recherche sur le pilotage des avions de nouvelle génération dans l'aviation civile, il est un constat qui peut paraître paradoxal ou du moins inattendu : cette intensification des automatismes dans les *glass-cockpits* rend la présence des pilotes encore plus nécessaire. De plus, les automatismes rendent cette présence exigeante et pourtant, à bien des égards, ils ne la facilitent pas. C'est le même constat que j'ai fait récemment à propos des usages des drones dans l'armée de l'air française. Le projet d'automatisation porte en lui un idéal de perfection : l'automate serait un système sûr, constant, infaillible... Mais cette définition de la perfection ne peut-elle être remise en cause ? Est-elle suffisante ? À la suite du philosophe des techniques Gilbert Simondon, j'avais tenté de montrer que le véritable perfectionnement des systèmes techniques complexes réside, non pas dans l'augmentation du nombre ou de l'importance de leurs automatismes, mais dans le fait qu'ils recèlent une certaine « marge d'indétermination » et que, grâce à cette marge d'indétermination, ils maintiennent une « sensibilité au monde ». Il revient aux opérateurs, dit Simondon, de s'immiscer dans cette marge d'indétermination. Autrement dit, c'est parce que les machines sont « incomplètes » qu'elles portent un potentiel de perfection ; et ce perfectionnement, elles l'acquièrent dans ce que les hommes font d'elles. Ce sont les gestes que les opérateurs effectuent autour et avec les machines qui leur donnent un sens. C'est à la lumière de

cette conception inhabituelle de l'automatisation que j'ai construit ma réflexion.

- 8 Car à côté de l'horizon d'une automatisation globale régulièrement réactivé comme une promesse par les imaginaires techniciens et en particulier dans les moments d'innovation, un autre constat se donne à voir. Si l'on regarde de près les situations socio-techniques les plus communes et les plus courantes, on se rend très vite compte que l'on a affaire à des situations mixtes où les automates se substituent en effet pour une part à l'activité des hommes, mais ne savent pas se priver de leur présence, moins pour fonctionner, mais pour que leur fonctionnement ait un sens. Dans un avion, le pilote surveille les systèmes, les contextualise ; il récupère nombre de situations déviantes ; bref, il adapte et ajuste en temps réel un plan de vol, c'est-à-dire un scénario « idéal » qui se déroule sur les écrans du cockpit. Il est important de continuer à travailler sur ces situations (que certains qualifieront peut-être de situations de transition), de continuer à les penser : elles sont les plus nombreuses, elles sont durables, elles caractérisent, au-delà des milieux aéronautiques, un grand nombre de situations de travail. Il faut donc continuer à penser ces situations, les plus communes, et à penser particulièrement la place, c'est-à-dire le mode de présence des humains dans ces dispositifs (et en particulier la place accordée à leur corps). Pour caractériser cette présence, on pourrait dire que l'opérateur se trouve au cœur d'une tension, qu'il lui revient finalement de gérer, entre une tendance de l'automatisation qui vise à l'écarter et une gestion quotidienne des systèmes qui, dans le même temps, exige sa présence et la rend irréductible. Ce paradoxe de l'automatisation participe de la définition des humains dans ces grands systèmes techniques que j'ai étudiés ; des systèmes où le risque est omniprésent et où la sécurité est un enjeu impératif. Ce ne

sont pourtant pas les accidents et la construction des causalités qui les ont fabriqués que j'ai analysé pour envisager la question de la sécurité. Je suis partie de l'autre bout de la chaîne pour aborder la sécurité sous l'angle de sa construction quotidienne par l'efficacité conjugée de collectifs de travail, plutôt que sous l'aspect exceptionnel des accidents ou incidents qui montrent, eux, comment la sécurité est déconstruite, défaite. Il est important d'expliquer les moments de ruptures, les enchaînements fatals pour essayer de les prévenir dans le futur. Il est tout aussi important d'expliquer pourquoi et comment, en règle générale, la continuité est assurée. Ces deux types d'analyses qui partent aux antipodes l'une de l'autre devraient pouvoir se rejoindre au lieu d'être rivales.

- 9 Ma réflexion ne s'est jamais attachée à une seule école de pensée ; elle s'autorise à « faire feu de tout bois » (selon le terme de Jean-Pierre Olivier de Sardan) et vise à tisser des liens entre différentes approches sociologiques et anthropologiques, mais aussi philosophiques et historiques. Ainsi, je retiens, entre autres, la sociologie de l'usage de Victor Scardigli pour son ancrage dans le quotidien, la philosophie des techniques de Gilbert Simondon pour la formalisation de la question des marges d'indétermination des objets techniques, l'anthropologie d'André-Georges Haudricourt pour son insistance sur les gestes qui entourent les objets et leur donnent un sens, la sociologie de la traduction de Madeleine Akrich pour l'engagement à penser ensemble la conception et l'usage, la sociologie pragmatique de Nicolas Dodier pour les concepts de solidarité technique et d'arène des habiletés, la socio-anthropologie de Pierre Bouvier pour l'invitation au décentrement et au dépassement des frontières qu'elle porte, la sociologie des macro systèmes techniques d'Alain Gras pour son ouverture sur les relations de dépendance dans les réseaux, l'anthropologie du corps de Mauss

pour son intuition fondamentale que le corps est dans les techniques, la sociologie dynamique pour l'attention aux mouvements qui traversent le social, aux tensions qu'il ne faut pas masquer mais qu'il faut travailler. Vous pourriez penser que j'omets la sociologie du travail. Il est vrai que mes rencontres n'ont pas été d'abord celle-là. Certes, mes objets sont liés aux mondes professionnels (celui des pilotes de ligne, des pilotes de chasse, des opérateurs de drones, des chirurgiens, des anatomo-pathologistes), mais c'est par le prisme de la technique que j'y suis d'abord entrée et ce sont prioritairement les enjeux liés aux effets du changement technique sur le corps des opérateurs que j'ai exploré. Ces questions, certes présentes dans certains courants de la sociologie du travail, n'étaient pas, à mon sens, suffisamment traitées en termes de représentations sociales, d'imaginaire mobilisé, d'engagement du corps. Un rapprochement a tout son sens aujourd'hui avec le courant de la sociologie de l'activité issu d'une sociologie du travail, plus attentive aux circonstances du travail en actes et aux enjeux techniques et corporels qu'il mobilise.

- 10 La question de l'action à distance est donc au cœur du travail que je présente dans le mémoire original et je voudrais en venir maintenant à l'exposé des enjeux que cette question soulève d'un point de vue socio-anthropologique en commençant par rappeler que mon travail s'appuie sur deux enquêtes de terrain qui n'avaient pas initialement vocation à être associées et dont j'ai revisité les données pour asseoir ma réflexion. La première étudie deux cas : la robotique chirurgicale et la fabrication des biopsies optiques pour les anatomo-pathologistes et la seconde porte sur les drones militaires. C'est a posteriori que l'exercice de confrontation des données a été réalisé à partir de l'hypothèse que ces différents acteurs, chacun dans leur milieu singulier et forgés par une histoire

collective originale des relations à la technique, font l'expérience de la pratique de l'action à distance. L'enjeu commun à ces terrains est que la combinaison d'objets techniques de plus en plus performants, alliés à la puissance des calculateurs (qui modélisent les processus et les rendent ainsi en théorie universels et transposables) et à la transmission instantanée de données ont rendu possible le fait d'être ici et de projeter son action ailleurs. Quels sont les effets de cette transformation de la définition de l'action désormais étendue à toutes les formes de présence à distance ? Je m'intéresse ici à un aspect particulier de cette transformation : le découplage du geste et de la matière agit en questionnant les conséquences sur l'organisation des collectifs de travail, leurs représentations de l'activité et la nature du lien social fabriqué par cette situation.

- 11 Certains ont espéré que les machines remplaceraient un jour les opérateurs et d'autres l'ont craint. D'un côté, étaient mise en avant l'inconstance et l'indiscipline de la nature humaine et, de l'autre, son ingéniosité et sa capacité d'adaptation. Cette tension entre deux visions, faire ou faire-faire, a traversé tout le XX<sup>e</sup> siècle, polarisant le débat politique, économique, mais aussi social et même sociologique. Il a également nourri les promesses et les craintes relatives aux projets d'action à distance initiés dans les années 1960, et ce débat se rejoue aujourd'hui au sein même de la communauté des concepteurs de ces systèmes, entre « roboticiens » et « coboticiens ».
- 12 C'est comme souvent dans l'entre-deux de cette tension qu'il faut explorer, pour mieux comprendre les choses et en prendre la mesure. Car, encore une fois, force est de constater, que, d'une part, les machines, si elles prennent effectivement en charge une partie de l'action de manière autonome, ne fonctionnent pas toutes seules et que, d'autre part, les opérateurs sont toujours là, et parfois même plus nombreux comme dans le cas des drones. Ce que révèle et

crystallise cette tension, c'est la place (et en conséquence la visibilité) que l'on souhaite et que l'on décide d'accorder au corps des opérateurs dans la conduite de l'activité. Entre exposition et protection, entre effort et ennui, entre guidage et surveillance, toute une palette nuancée d'engagement dans l'action est possible.

- 13 Dans les procédures d'action à distance, les opérateurs sont certes présents, mais derrière des écrans et des postes de commande. Ce que modifie profondément leur mise à distance, c'est la spatialité du travail ou, autrement dit, l'organisation spatiale de l'activité, entre zone sûre et confortable et zone hostile ou inaccessible et donc interdite. La zone sûre est, dans une logique de protection, celle où se trouve l'opérateur qui agit sur les interfaces de commande, et la zone interdite est celle où se trouve la machine qui reçoit les ordres – les interprète pour les optimiser en annulant par exemple le tremblement naturel de la main du chirurgien – et agit sur la matière. Cette spatialité des systèmes d'action à distance s'adresse donc directement au corps de ceux qui les utilisent. La division de l'espace en deux zones distinctes et hermétiquement séparées relève d'une construction technique, mais aussi sociale de l'activité qui n'est pas sans faire écho aux remarques de l'anthropologue Mary Douglas sur la fabrication sociale du propre et du sale, de la souillure et du tabou. L'action à distance prend, en effet, le parti de protéger les corps des opérateurs (non plus en les équipant, mais en les excluant), mais cela a un prix, celui de leur confinement, d'une part, et celui, d'autre part, d'une division de l'activité entre, pour le dire vite, l'environnement à portée de leur main (celui des interfaces) et l'environnement inaccessible de la machine agissante.
- 14 Le maintien des liaisons entre les deux espaces, associés par la temporalité de l'activité, prend alors une place essentielle, tant dans le fonctionnement technique des systèmes qui doivent être reliés de

façon stable et continue, que dans les coordinations entre les opérateurs disséminés à différents endroits du réseau. Ainsi, les images captées par le drone et instantanément diffusées à la hiérarchie militaire, sont enrichies et accompagnées de messages visant à les replacer dans un contexte et à s'assurer qu'elles ne feront pas l'objet d'interprétation trop rapide ou erronée par le commandement. Quant au chirurgien aux commandes du robot, il n'a plus de contact visuel avec son équipe qui se tient près du lit du patient (ses yeux sont plongés dans le corps du patient grâce aux lunettes de visualisation 3D) et c'est exclusivement à la voix qu'il doit communiquer, formuler ses attentes et maintenir son autorité.

- 15 C'est cette question du maintien de l'activité dans un monde commun que soulèvent les opérateurs de drone français lorsqu'ils insistent sur la « colocalisation » de l'équipage qui, s'il ne peut plus être embarqué à bord du drone, peut au moins opérer depuis le théâtre d'opération, c'est-à-dire depuis une zone en guerre. Le même type d'organisation se remarque dans l'usage en routine du robot chirurgical dont la console de commande se trouve dans la salle d'opération divisée en conséquence en deux parties, stérile ou non, le chirurgien se trouvant dans cette dernière. Certes, la démonstration d'un usage à grande distance a été faite il y a déjà plus de quinze ans, mais ce n'est pas l'usage courant et cela ne tient pas seulement à son approbation réglementaire, mais au moins tout autant à l'importance, aux yeux des opérateurs, de maintenir non seulement une temporalité, mais aussi l'horizon d'une spatialité commune avec la finalité de leur action. Il s'agit, en un mot, d'être présent aux machines sans perdre le fait d'être présent à la mission. Cela semble particulièrement essentiel dans ces métiers où la vie et la mort sont en jeu. Pourtant, la reprise en main n'est déjà plus possible en cas de problème (la mission du drone est abandonnée ; le

chirurgien à la console ne pourra approcher immédiatement le patient pour convertir l'opération) et l'on pourrait considérer que la véritable rupture s'est déjà produite. La volonté de maintenir cette proximité, même si elle n'en est déjà plus vraiment une, souligne l'importance du lien, d'une solidarité (avec l'équipe et avec le patient ; avec les troupes au sol, voire avec l'ennemi) qui menace d'être fragilisée (les Américains opèrent déjà leurs drones depuis leur territoire national ; la réglementation sur un usage du robot chirurgical à grande distance pourrait être finalement obtenue) et l'insistance des opérateurs démontre une évolution possible et redoutée. Dans le cas des drones, l'argument économique (ce sera moins cher) rejoint l'argument technique (on sait le faire) auquel s'oppose encore l'argument politique et éthique (on ne fait pas la guerre depuis son bureau). Dans le cas de la chirurgie, le coût d'achat, mais aussi d'utilisation du robot est tellement élevé que l'argument économique ne peut plaider en sa faveur, en tout cas dans l'organisation actuelle qui ne laisse pas entrevoir, comme dans le cas des drones militaires, un basculement potentiel à court terme de l'organisation du travail.

- 16 Les chirurgiens aujourd'hui formés à la pratique robotique ont l'expérience de la chirurgie laparoscopique et/ou de la chirurgie ouverte ; les pathologistes ont l'expérience de la lecture des lames qu'ils ont fabriqués à partir de la pièce opératoire ; les pilotes des drones sont des pilotes de chasse reconvertis et leur expérience passée lors de missions opérationnelles leur est très utile dans le cadre de la pratique du drone. C'est cette expérience passée qui leur permet d'inscrire leur pratique à distance dans une dynamique qu'ils connaissent finement et jusque dans les sensations corporelles du vol ou de la résistance des tissus sous la lame du scalpel, qu'ils peuvent alors imaginer ressentir mais qu'ils ne ressentent plus.

17 La vue est depuis toujours l'organe du contrôle à distance. Elle est, avec ces dispositifs d'action, amplifiée (zoom de la caméra du drone, image numérique à l'échelle cellulaire sur l'écran du pathologiste) et magnifiée (image 3D du robot chirurgical) dans le but de donner à l'opérateur la sensation d'être immergé là où il n'est pas, une immersion visuelle qui vise à effacer la distance par ailleurs soigneusement construite. Si la vue est sollicitée à tout instant dans la pratique à distance, c'est parce qu'il ne faut pas lâcher du regard le fil de l'action, que l'on ne peut plus percevoir autrement, et en particulier par le toucher (dans le cas de la chirurgie robotique ou du pathologiste analysant des biopsies optiques) ou par le ressenti des effets du vol (le facteur de charge par exemple chez les pilotes de drone). La main de l'opérateur n'est pas pour autant complètement désinvestie ; elle agit dans le cadre de son périmètre corporel sur les interfaces de commande qui vont relayer son geste. Il n'est plus nécessaire de déployer de la force ou de l'amplitude et, en contrepartie, le geste co-opéré avec la machine et assisté par un retour visuel de qualité, gagne en précision et en finesse. On peut lire dans cette observation de la posture de l'opérateur à distance la contrainte d'un double mouvement consistant à la fois en un rétrécissement de son geste et dans une projection des effets de celui-ci au-delà des limites de son environnement immédiat. Cette mise en tension procède d'un engagement dans l'action qui fait appel à de nouvelles compétences mobilisant à la fois les corps et les techniques dans des formes d'association nouvelles et pour une grande part encore à continuer de définir et d'observer dans leur usage.

---

# RÉSUMÉS

La combinaison d'objets techniques de plus en plus performants, alliés à la puissance des calculateurs (qui modélisent les processus et les rendent ainsi en théorie universels et transposables) et à la transmission instantanée de données ont rendu possible le fait d'être ici et d'agir/de projeter son action ailleurs. Quels sont les effets de cette transformation de la définition de l'action désormais étendue à toutes les formes de présence à distance ? Je m'intéresse ici à un aspect particulier : le découplage du geste et de la matière agie en questionnant les conséquences sur l'organisation des collectifs de travail, leurs représentations de l'activité et la nature du lien social fabriqué par cette situation. Dans les processus automatisés, une partie de l'action se déroule de façon autonome, c'est-à-dire sans intervention humaine directe. D'autres moments supposent une présence active de l'opérateur humain. Se posent alors la question de la vigilance, celle de la reprise en main, mais aussi celle de la responsabilité et de l'engagement. Les modes automatisés ont initié le fait que le corps soit tenu à distance de l'action tandis que les modes manuels le convoquaient sans relâche. C'est cette même mise à distance qui se prolonge et se radicalise avec la télé-chirurgie ou avec les usages militaires des drones, deux terrains à partir desquels s'est construite mon analyse. Jusqu'à quel point le corps à corps avec la matière est-il nécessaire à la prise en compte de l'altérité et à l'engagement de soi dans une action sur autrui dont la vie est en jeu ? Et lorsqu'il n'est plus possible, quelles formes de substituts ou de traductions se mettent alors en place ?

The combination of increasingly powerful technical objects combined with the power of calculators (which model processes and thus make them universal and transposable) and instant data transmission made it possible to be here and to act elsewhere. What are the effects of this transformation of the definition of action now extended to all forms of remote presence? I am interested here in a particular aspect of this transformation: the decoupling of the gesture and the acted matter by questioning the consequences on the organization of the collective work, their representations of the activity and the nature of the social link made by this situation. In automated processes, part of the action takes place autonomously, that is, without direct human intervention. Other moments assume an active presence of the human operator. This raises the question of vigilance, that of recovery, but also that of responsibility and commitment. The automated modes initiated the fact that the body was kept away from the action while the manual modes summoned it relentlessly. It is this same distancing that is prolonged and radicalized with telesurgery or the military uses of drones, two fields from which my analysis was built. To what extent is body-to-body contact with matter necessary for the consideration of otherness and self-commitment in an action on others whose lives are at stake? And when it is no longer possible, what forms of substitutes or translations are then put in place?

# INDEX

**Mots-clés** : histoire des techniques, drone, télé-chirurgie, automatisation, geste technique, corps

**Keywords** : history of technology, drone, tele-surgery, automation, technical gesture, body

**Thèmes** : Positions de thèse/HDR

# AUTEUR

CAROLINE MORICOT

Caroline Moricot est Maîtresse de Conférences-Habituée à Diriger des Recherches en sociologie à l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne et membre du CETCOPRA (Centre d'Etude des Techniques, de COnaissances et des PRAtiques). Elle a travaillé sur les enjeux de l'appropriation des dispositifs automatisés en s'appuyant sur des terrains de recherche dans l'aéronautique civile et militaire. Elle réfléchit aujourd'hui à partir des terrains de la chirurgie robotique et des drones militaires à la question de la présence corporelle dans l'action à distance. Elle a fondé le Groupe de Travail « Corps, techniques et société » de l'Association Française de Sociologie et dirige la revue Socio-Anthropologie (Éditions de la Sorbonne). Elle a récemment publié aux PUF, avec Gérard Dubey, *Dans la peau d'un pilote de chasse. Le spleen de l'homme machine* (2016).

---

# Horizons internationaux

---

# Le transfert de technologie entre la Belgique et les Asturies au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle

*The Technology Transfer between Belgium and Asturias in the Middle of XIXth century*

Jorge Muñiz-Sánchez

---

À la mémoire de mon très cher maître et ami Olivier Kourchid (Ostricourt, 8/9/1939-Lille, 23/3/2018). *Sit tibi terra levis.*

- <sup>1</sup> L'exploitation du charbon dans les Asturies vers 1830 était totalement artisanale et non rationnelle <sup>1</sup>. La première entreprise réellement organisée sous forme de charbonnage fut la Compagnie Royale Asturienne des Mines (CRAM). Fondée en 1833 dans le cadre d'un projet d'usine de canons, elle fut finalement cantonnée à une exploitation charbonnière, à la suite de la défection à la dernière minute de John Cockerill, qui devait être l'associé technique. La société resta alors composée de deux exilés libéraux espagnols, Joaquín María Ferrer et Felipe Riera, auquel se joint Nicolas-Maximilien Lesoinne, membre d'une très célèbre famille d'hommes politiques et industriels belges <sup>2</sup>. Son fils, Adolphe, diplômé à l'École des Mines de Paris en 1827 <sup>3</sup>, fonda un an plus tard l'École des Mines de Liège. Elle eut une importance capitale dans la

formation de diplômés qui devaient faire carrière dans d'autres pays et, par conséquent, être à l'origine de transferts technologiques depuis la Belgique <sup>4</sup>. C'est pourquoi, à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, en Espagne, les ingénieurs diplômés de Liège se classaient au deuxième rang parmi ceux formés à l'étranger. Pourtant, le rôle des ingénieurs étrangers ou formés à l'étranger dans l'industrialisation espagnole reste méconnu <sup>5</sup>.

- 2 Lesoinne lui-même a choisi parmi ses étudiants les deux premiers ingénieurs envoyés dans les Asturies <sup>6</sup>. Cette pratique n'est pas du tout inhabituelle chez les enseignants ayant des intérêts dans l'industrie, comme chez ceux jouant un rôle important dans le développement industriel national. En France, au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, le cas de Jules Callon est révélateur <sup>7</sup>. Pour Liège, le premier qui a été choisi pour diriger la mine de la CRAM dans les Asturies, Jean-Louis Armand Nagelmackers, appartenait à une famille de banquiers belges illustres. Il est arrivé dans la région à la fin de novembre 1833. Après avoir acheté des matériaux de base et embauché cinq travailleurs, il commence à mettre en valeur la très reculée localité côtière d'Arnao <sup>8</sup>.
- 3 Il n'imaginait probablement pas les difficultés qu'il allait subir dans un pays économiquement arriéré et plongé dans une guerre civile entre libéraux et absolutistes. La recherche de consommateurs industriels de charbon était l'une de ses principales préoccupations, en raison du coût exorbitant du transport et d'une consommation anémique à proximité de l'exploitation. Malgré tout, il réussit progressivement à constituer une clientèle, avec notamment des usines de plomb et de fer implantées dans le sud-est de l'Andalousie ainsi que les navires à vapeur de l'Armée basés à Santander. Nagelmackers lançait constamment des appels aux influences politiques de ses patrons pour défendre les privilèges accordés par la

Couronne à la CRAM au moment de sa fondation. La plus indispensable de toutes se manifestait sous la forme d'une exonération fiscale généreuse qui touchait, par exemple, l'importation des machines, très stratégique à cette époque <sup>9</sup>. Nagelmackers se tournait fréquemment vers Adolphe Lesoinne, qui avait pris l'habitude de lui rendre visite à Arnao une fois par an, pour lui demander les fournitures dont il avait besoin <sup>10</sup>. La raison n'était pas seulement le retard technologique du pays, mais plutôt les prix excessifs des fers à cause de la guerre. Beaucoup de ces machines et équipements pouvaient déjà être produits ou commandés en Espagne à partir de plans <sup>11</sup>.

- 4 Un élément clé est le chemin de fer souterrain, le premier construit en Espagne. Achievé en février 1837, il a augmenté la rentabilité de l'exploitation en réduisant ses coûts, tout en facilitant l'écoulement de la production <sup>12</sup>. D'autre part, le charbon était abattu dès l'origine en utilisant la poudre, difficile à obtenir dans ce contexte de guerre, et non avec des pics. Le charbon extrait était donc souvent de gros calibre. Il avait donc une plus grande valeur et un écoulement plus facile <sup>13</sup>. L'ingéniosité technique et la flexibilité de Nagelmackers, capable de s'adapter aux circonstances locales, constituent une de ses caractéristiques. Elle le rend apte à identifier la formule capable d'atténuer les problèmes que les mers agitées des mois d'hiver provoquaient pour évacuer le charbon de la mine, lorsqu'il était transporté par bateau jusqu'au port voisin d'Avilés. Il avait tout intérêt à écouler autant que possible la houille en été, quand la navigation était plus facile. L'extraction devait aussi être organisée de façon à éviter un stockage massif, très coûteux en termes de trésorerie, surtout pour un actif susceptible de se déprécier. Pour ce faire, Nagelmackers pratiquait des galeries étroites en hiver qu'il élargissait en été tout en se retirant. En

battant en retraite, il laissait les galeries s'effondrer. Cette technique, encore pratiquée dans d'autres gisements européens, permettait d'obtenir beaucoup de charbon en peu de temps <sup>14</sup>. Mais cette pratique peu orthodoxe présentait un risque du point de vue de l'entretien de la mine et donc de l'avenir de l'exploitation. C'était une conséquence prise en compte et acceptée par l'ingénieur belge, au regard de l'environnement commercial de l'exploitation. Il n'avait d'autre choix et tentait d'ailleurs autant que possible d'atténuer les conséquences de ces pratiques <sup>15</sup>. Cette technique d'exploitation qui semble en contradiction avec les principes les plus élémentaires de bonne mise en valeur d'un gisement peut-elle être considérée comme une invention de Nagelmackers ? On ne peut pas l'affirmer, ni le nier, mais on sait qu'à la même époque, elle était usitée dans le bassin d'Aix-la-Chapelle, mais aussi dans celui de Blanzky <sup>16</sup>. Il semble évident qu'il ne s'agit pas de quelque chose qu'on apprend encore à son époque dans les cours d'exploitation des mines, étant donné l'énorme risque encouru et du fait du charbon perdu sous la forme des piliers non déhouillés. Néanmoins, les archives ne signalent aucun accident grave au cours de cette période.

- 5 Nagelmackers a également essayé de produire du coke pour rendre la houille d'Arnao appropriée à l'industrie sidérurgique, mais le charbon de cette mine, pas assez bitumineux, n'était pas apte à cette fabrication. Cependant, Arnao servait ainsi de lieu d'expérimentation. Par la suite, il mit en application cette tentative, originale dans les Asturies, aux mines de Langreo d'Alejandro Aguado, tout comme le système d'exploitation par rampes, lui aussi soucieux de limiter les investissements dédiés aux aménagements des travaux du fond <sup>17</sup>. Pour ce faire, la CRAM, ainsi que les techniciens et ouvriers venus de Belgique (Nagelmackers amena douze maîtres mineurs belges qui enseigneront le métier au

personnel natif), jouèrent un rôle décisif dans l'introduction de techniques, à Arnao mais aussi dans toutes les houillères de la région <sup>18</sup>. Malheureusement, les sources ne permettent de connaître leur nom, ainsi que leur parcours de formation.

- 6 En 1838, après la démission de Nagelmackers, Adolphe Desoignie, un autre Belge formé à Liège par Lesoinne, lui succéda à la tête de la mine. Sa première décision fut d'améliorer la desserte de l'embarcadère de la mine par l'utilisation d'un frein de son invention. Il permettait d'éviter la chute par-dessus bord du charbon descendant le plan incliné par cause du fort mouvement que les vagues imprimaient aux chaloupes <sup>19</sup>. Cependant, la contribution la plus marquante de Desoignie et de son contremaître Malaise fut « *una galería maestra inclinada llamada del Valey (término minero belga) para el beneficio de la parte más profunda del banco* <sup>20</sup> ». La mine pénétrait pour la première fois sous la mer, ce qui représentait une complexité technique inédite <sup>21</sup>. L'extraction était organisée à partir d'un treuil activé par deux bœufs qui permettaient de sortir chaque jour 70 à 80 chariots de 7 quintaux chacun <sup>22</sup>. En 1844, Wilhelm Schulz décrivit en détail le système mis en place par Desoignie dans le Journal officiel des Mines. L'épaisseur de la couche frappait les visiteurs. Elle atteignait une trentaine de pieds, une puissance extraordinaire par rapport aux autres gisements des Asturies. Le « Valey » possédait un double chemin de fer, avec un accès pour les ouvriers sur l'un de ses côtés. Les équipements de drainage pour l'écoulement des eaux, bientôt fabriqués en fonte et non plus en bois, étaient placés sur l'autre flanc <sup>23</sup>. Le système d'exploitation reprenait au début celui de Nagelmackers, avec les mêmes tunnels étroits en hiver <sup>24</sup>. Desoignie était en terrain de connaissance, puisqu'il avait déjà étudié cette technique lors d'une visite à la mine de Gouley (Aix-la-Chapelle). Celle-ci présentait la

caractéristique d'être aussi portée par des capitaux belges. Sa direction était assurée par Lambert Rasquinet, un autre ingénieur liégeois <sup>25</sup>. Il semble qu'un lien de cause à effet puisse exister, sans être vérifié par la documentation.

- 7 À l'intérieur, Desoignie a également introduit des wagons de chemins de fer en métal importés de Belgique, en remplacement des berlines en bois. Ils augmentaient la capacité et la solidité du matériel du fond <sup>26</sup>. Cela constituait une autre innovation majeure, dans la mesure où, à l'époque, le transport intérieur dans les mines d'Espagne se faisait encore par paniers, brouettes ou d'autres moyens rudimentaires. Il faut d'ailleurs remarquer que l'utilisation de wagons sur des rails métalliques ne s'est généralisée en Europe qu'au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle et même plus tard dans la Péninsule Ibérique <sup>27</sup>. En 1840, il introduisit les câbles de fer tressé pour remplacer les cordes et les chaînes <sup>28</sup>. Il avait appris à les fabriquer dans les mines d'Aix-la-Chapelle. Les câbles métalliques pouvaient supporter des charges dix fois supérieures. Ils étaient fabriqués avec des fils entrelacés sur un noyau de chanvre goudronné appelé *alma*, ce qui leur conférait une plus grande flexibilité. Ce type de câbles avait été inventé en 1834 et utilisé pour la première fois dans les mines de Clausthal, en Allemagne <sup>29</sup>.
- 8 Desoignie a quitté la CRAM à la suite de la réorganisation conduite faite en 1853 par Jules van der Heyden, à Hauzeur. Ce dernier, neveu de A. Lesoinne, entendait dédier la mine à l'alimentation d'une usine de zinc, selon une technologie de pointe dans laquelle les ingénieurs belges excellaient. La prospérité rapide qui s'ensuivit a certainement contribué à occulter le caractère décisif de ces deux premières décennies difficiles, au cours desquelles la petite mine de charbon semblait se contenter de survivre. En fait, elle posait quelques-uns des jalons de l'industrialisation des Asturies. Le fait que le pays

d'origine était une puissance industrielle, mais un acteur politique de second rang en Europe explique sans doute la relative indifférence dans laquelle s'est déroulé cet épisode, pourtant fondamental pour le développement des techniques minières dans les Asturies.

---

## BIBLIOGRAPHIE

ANDUAGA Aitor, « The engineer as a « linking agent » dans *International technology transfer: the case of Basque engineers trained in Liège* » *Engineering Studies*, vol.3, n°1, 2011, p.45-70.

BERTILORENZI Marco, PASSAQUI Jean-Philippe, GARÇON Anne-Françoise (dir.), *Entre technique et gestion, une histoire des « ingénieurs civils des mines », XIX<sup>e</sup>-XX<sup>e</sup> siècles*, Paris, Presses des Mines, 2016.

COLL MARTIN Sebastián, SUDRIA I TRIAY Carles, *El carbón en España, 1770-1961. Una historia económica*, Madrid, Ediciones Turner, 1987.

DONZÉ Pierre-Yves et NISHIMURA Shigehiro, « Introduction », in DONZÉ Pierre-Yves et NISHIMURA Shigehiro (eds.), *Organizing Global Technology Flows: Institutions, Actors, and Processes*, London, Routledge, 2013.

DUMONT A., et TRASENSTER M., « Notice sur Philippe-Adolphe Lesoinne » *Nécrologe Liégeois pour 1857*, Liège, 1857, p.29-30.

EZQUERRA Joaquin et al., *Minas de carbón de piedra de Asturias. Reconocimiento hecho de orden del Rey nuestro señor por una comisión de facultativos*, Madrid, Imprenta de Don José del Collado, 1831.

GARCIA LOPEZ José Ramón, PERIBANEZ Daniel y DAROCA Alejandro, *Asturiana de Zinc : una historia a través de tres siglos*, Madrid, 2004.

GONZALEZ LASALA José, *Memoria sobre las minas de carbón de piedra de Arnao (Asturias, 1847)*. Introducción y notas: José Sierra Álvarez, Cantabria, Centro de Estudios Rurales de Cantabria, 1991.

LOPEZ MORELL Miguel Ángel y PEREZ DE PERCEVAL VERDE, Miguel Ángel, « French Civil Engineers in the Spanish Mining Industry », dans BERTILORENZI Marco, PASSAQUI Jean-

Philippe et GARÇON Anne-Françoise (dir.), *Entre technique et gestion, une histoire des « ingénieurs civils des mines », XIX<sup>e</sup>-XX<sup>e</sup> siècles*, Paris, Presses des Mines, 2016, p.143-162.

NIEMBRO PRIETO Antonio, *La presencia belga en la industrialización asturiana. La Compagnie Royale Asturienne des Mines*, tesis de doctorado en Filología Francesa, Oviedo, Universidad de Oviedo, 2008.

PASSAQUI Jean-Philippe, « La formation à l'École des mines de Paris », dans BERTILORENZI Marco, PASSAQUI Jean-Philippe et GARÇON Anne-Françoise (dir.), *Entre technique et gestion, une histoire des « ingénieurs civils des mines », XIX<sup>e</sup>-XX<sup>e</sup> siècles*, Paris, Presses des Mines, 2016, p.51-76.

SCHULZ Guillermo, « Ojeada sobre el estado actual de la minería en el distrito de Asturias y Galicia », *Anales de Minas*, t.1, 1838, p.379-398.

SCHULZ Guillermo, « Continúa el informe sobre algunas minas de carbón de Asturias », *Boletín Oficial de Minas*, nº10, 15-9-1844, p.116-117.

SILVA SUAREZ Manuel, *El Ochocientos. De las profundidades a las alturas. Técnica e ingeniería en España*, 2 vols., Zaragoza, Prensas Universitarias de Zaragoza, 2013.

VILELA CAMPO Alberto, *Avilés: carbón y veleros*, Avilés, Alberto Vilela, 2008.

## NOTES

1. EZQUERRA Joaquín et al., *Minas de carbón de piedra de Asturias. Reconocimiento hecho de orden del Rey nuestro señor por una comisión de facultativos*, Madrid, Imprenta de Don José del Collado, 1831 ; COLL MARTIN Sebastián, SUDRIA I TRIAY Carles, *El carbón en España, 1770-1961. Una historia económica*, Madrid, Ediciones Turner, 1987, p.63.

2. GARCIA LOPEZ José Ramón, PERIBANEZ Daniel y DAROCA Alejandro, *Asturiana de Zinc : una historia a través de tres siglos*, Madrid, 2004, p.12.

3. « Après avoir commencé ses humanités au lycée impérial de Liège, il entra (...) au collège Sainte-Barbe, à Paris, puis à l'institut dirigé par Bourdon, où il reçut les leçons de ce mathématicien renommé. En 1823, le gouvernement des Pays-Bas l'autorisa à entrer à l'école des mines de Paris. Partout il fut hautement apprécié. En sortant de l'école, il fit un long voyage scientifique en Allemagne (...). De retour à Liège, il fut nommé lecteur à l'université, le 21 mars 1828. Un arrêté du 18 mai 1825 avait annexé à la faculté des sciences des cours d'application ; le 8 août suivant, un autre arrêté organisait l'école spéciale des mines », DUMONT A., TRASENSTER M., « Notice sur Philippe-Adolphe Lesoinne », *Nécrologe Liégeois pour 1857*, Liège, 1857, p. 29-30.

4. Le rôle des individus dans ce processus est absolument central, comme cela a souvent été souligné. DONZÉ Pierre-Yves, NISHIMURA Shigehiro, « Introduction » dans DONZÉ Pierre-Yves, NISHIMURA Shigehiro (eds.), *Organizing Global Technology Flows: Institutions, Actors, and Processes*, London, Routledge, 2013, p.5.
5. LOPEZ MORELL Miguel Ángel y PEREZ DE PERCEVAL VERDE, Miguel Ángel, « French Civil Engineers in the Spanish Mining Industry », dans BERTILORENZI Marco, PASSAQUI Jean-Philippe et GARÇON Anne-Françoise (dir.), *Entre technique et gestion, une histoire des « ingénieurs civils des mines », XIX<sup>e</sup>-XX<sup>e</sup> siècles*, Paris, Presses des Mines, 2016, p.143-162 ; SILVA SUAREZ Manuel, *El Ochocientos. De las profundidades a las alturas. Técnica e ingeniería en España*, 2 vol., Zaragoza, Prensas Universitarias de Zaragoza, 2013, p.320.
6. ANDUAGA Aitor, « The engineer as a « linking agent » dans *International technology transfer: the case of Basque engineers trained in Liège* » *Engineering Studies*, vol.3, n°1, 2011, p.51.; NIEMBRO PRIETO Antonio, *La presencia belga en la industrialización asturiana. La Compagnie Royale Asturienne des Mines*, tesis de doctorado en Filología Francesa, Oviedo, Universidad de Oviedo, 2008, p.65.
7. PASSAQUI Jean-Philippe, « La formation à l'École des mines de Paris », dans BERTILORENZI Marco, PASSAQUI Jean-Philippe, GARÇON Anne-Françoise (dir.), *Entre technique et gestion, une histoire des « ingénieurs civils des mines », XIX<sup>e</sup>-XX<sup>e</sup> siècles*, Paris, Presses des Mines, 2016, p.68.
8. GARCIA LOPEZ José Ramón, PERIBANEZ Daniel y DAROCA Alejandro, *Asturiana de Zinc : una historia a través de tres siglos*, Madrid, 2004, p.99.
9. GARCIA LOPEZ José Ramón, PERIBANEZ Daniel y DAROCA Alejandro, *Asturiana...*, *op. cit.*, 2004, p.25.
10. NIEMBRO PRIETO Antonio, *La presencia... op. cit.*, 2008, p. 109-112.
11. NAGELMACKERS Armand, Carta a Ferrer, 15-9-1835, AHAZ, LCC.
12. LOPEZ MORELL Miguel Ángel y PEREZ DE PERCEVAL VERDE, Miguel Ángel, « French Civil... », *op. cit.*, 2004, p.9 ; NAGELMACKERS Armand, Carta a A. Lesoinne, 22-2-1837, AHAZ, LCC ; GARCIA LOPEZ José Ramón, PERIBANEZ Daniel y DAROCA Alejandro, *Asturiana...*, *op. cit.*, 2004, p.25.
13. NAGELMACKERS Armand, Carta a Riera, 8-3-1836, AHAZ, LCC ; GARCIA LOPEZ José Ramón, PERIBANEZ Daniel y DAROCA Alejandro, 2004, *op. cit.*, p. 17 ; GONZÁLEZ LASALA José, *Memoria sobre las minas de carbón de piedra de Arnao (Asturias, 1847). Introducción y notas : José Sierra Álvarez*, Cantabria, Centro de Estudios Rurales de Cantabria, 1991, p.16.
14. NAGELMACKERS Armand, Carta a Ferrer, 16-1-1838, AHAZ, LCC.
15. *Ibidem.*
16. Cartas de Desoignie a A. Lesoinne, 18-10-1839 y 31-12-1839, AHAZ, LCC ; Carta de Desoignie a A. Lesoinne, 17-3-1840, AHAZ, Caja 1234, legajo 40.

17. NAGELMACKERS Armand, *Carta a Ferrer*, 11-4-1837, AHAZ, LCC ; GONZALEZ LLANOS Rafael, « Proyectos industriales del Exmo. Sr. Marqués de las Marismas », *El Nalón*, nº 8, 8-5-1842, p.3 ; SCHULZ Guillermo, « Continúa el informe sobre algunas minas de carbón de Asturias », *Boletín Oficial de Minas*, nº 10, 15-9-1844, p.116-117.
18. NIEMBRO PRIETO Antonio, *La presencia belga en la industrialización asturiana. La Compagnie Royale Asturienne des Mines*, tesis de doctorado en Filología Francesa, Oviedo, Universidad de Oviedo, 2008, p. 232.
19. GONZÁLEZ LASALA, *Memoria...*, *op. cit.*, 1991, p.21.
20. *Ibidem*, p.15.
21. Carta de Desoignie a N.-M. Lesoinne, 25-1-1839, AHAZ, Caja 1234, legajo 39.
22. Carta de Desoignie a A. Lesoinne, 19-4-1841, AHAZ, LCC.
23. Carta de Desoignie a A. Lesoinne, 26-4-1839, AHAZ, LCC ; SCHULZ Guillermo, « Concluye el informe sobre algunas minas de carbón de Asturias », *Boletín Oficial de Minas*, 1844, p.142.
24. SCHULZ Guillermo, « Continúa... », *op. cit.*, 1844, p.142.
25. Cartas de Desoignie a A. Lesoinne, 18-10-1839 y 31-12-1839, AHAZ, LCC. Carta de Desoignie a A. Lesoinne, 17-3-1840, AHAZ, Caja 1234, legajo 40.
26. SCHULZ Guillermo, « Continúa... », *op. cit.*, 1844, p.142 ; GARCIA LOPEZ José Ramón, PERIBANEZ Daniel y DAROCA Alejandro, *Asturiana...*, *op. cit.*, 2004, p. 52 ; Carta de Desoignie a N.-M. Lesoinne, 22-2-1839, AHAZ, LCC.
27. MANSILLA PLAZA Luis, « Aproximación a la evolución de la tecnología minera a lo largo del siglo XIX », *Cuadernos de Estudios Manchegos*, nº36, 2011, p.101.
28. Cartas de Desoignie a A. Lesoinne, 26-7-1839 y 31-12-1839, AHAZ, LCC.
29. MANSILLA PLAZA Luis, « Aproximación... », *op. cit.*, 2011, p.97.
- 

## RÉSUMÉS

Le transfert de technologie entre régions industrielles a généré des études relativement nombreuses dans les cas où les centres émetteurs étaient le Royaume-Uni ou la France. Ces pays ajoutent à leur situation de pays industriellement avancés leur présence parmi les principales puissances politiques. Cependant, lorsque le flux s'amorce à partir de régions économiquement développées mais moins influentes, comme dans le cas de la Belgique, la littérature scientifique existante est beaucoup moins abondante. Il s'agit ici de mettre en

évidence comment les premiers éléments de l'exploitation industrielle moderne des mines des Asturies se sont imposés en prenant appui sur les méthodes industrielles belges.

The transfer of technology between industrial regions has generated relatively numerous studies for the cases in which the emitting centers were the United Kingdom or France, which add to their condition of industrially advanced countries that of political powers. However, when the flow started from economically well developed regions but with less political relevance, as in the case of Belgium, the existing scientific literature is much less numerous. Here it is to highlight how the first elements of modern industrial exploitation of the mines of Asturias come from Belgium and the importance they had in the region.

## INDEX

**Mots-clés** : histoire des techniques, charbon, mine, transfert technique, industrie

**Thèmes** : Horizons internationaux

**Keywords** : history of technology, coal, colliery, mine, technology transfer, industry

## AUTEUR

JORGE MUÑIZ-SÁNCHEZ

Professeur d'Histoire Contemporaine à l'*Universidad de Oviedo* (Espagne), Jorge Muñiz Sanchez est titulaire d'un doctorat ès lettres (doctorat européen), depuis 2006. Il a obtenu un prix de doctorat en 2007, et a été chercheur post-doctoral à l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne en 2008-2009 pour une recherche portant sur l'histoire comparée des mines du Nord-Pas-de-Calais et des Asturies. Il a publié récemment, "Seguridad minera y consolidación del movimiento obrero en el Noroeste de Francia en el período de entreguerras", *Ayer* n° 100 (4), 2015, p.177-201 ; « Los inicios de la emigración de trabajadores cualificados en la industria asturiana: la Real Compañía Asturiana de Minas a principios del siglo XX », *Historia Social*, 2017, n°87, p.49-65 ; "Los entramados empresariales para la explotación del carbón en Asturias a mediados del siglo XIX", *Investigaciones Históricas*, sous presse, en collaboration avec Luis Aurelio González Prieto et David González Palomares.

# Fenêtres historiques sur les rôles des espaces verts en plan de ville : Curitiba au Brésil, Monterrey au Mexique

*Historical Windows on the Roles of Green Areas in City Plan : Curitiba, Brazil and Monterrey, Mexico*

Maclovia Corrêa-Da-Silva et Maria-Eugenia González-Ávila

---

- 1 Au cours des dernières décennies, les villes et l'environnement sont devenues une source de préoccupation en tant que milieu de vie urbain. Une recherche commandée par Munich, en Allemagne, faite par l'*Economist Intelligence Unit*, a proposé des indices de villes vertes pour l'Amérique Latine. Le critère de classification géographique par agglomération socioculturelle a inclus le Mexique et le Brésil en Amérique Centrale et du Sud. Avec une intention consciente, ce groupe de professionnels a montré les stratégies politiques et culturelles des villes qui pourraient apprendre les unes des autres <sup>1</sup> (voir figure 1).

Figure 1 : Amérique du Nord (Mexique), Centrale et du Sud (Brésil).



Crédit personnel des auteurs.

- 2 Dans ce cadre, la ville de Curitiba se détache pour ses pratiques et ceci dans plusieurs catégories : énergie, transport, constructions, usage du sol, résidus, eau, qualité de l'air, assainissement, gouvernance environnementale. Par rapport à Monterrey et à d'autres villes, Curitiba a obtenu plus d'indicateurs supérieurs à la moyenne. Monterrey, par contre, partage ses indices verts avec la banlieue. Les auteurs, en tant qu'habitantes de ces villes, promeneuses au sein des espaces verts publics, ont posé la question suivante : qui sont les acteurs politiques responsables pour garantir leur intérêt, propreté et utilité ?
- 3 L'aménagement de territoires urbains au XX<sup>e</sup> siècle était sous-tendu par une forte relation avec le comportement naturel et social de l'être humain. Cette idée apparait clairement chez le théoricien de la cité-jardin, Ebenezer Howard, qui publiait en 1898 un projet de nouvelle société urbaine, sous le titre évocateur de Tomorrow <sup>2</sup>. La

récupération des aspects culturels et sociaux de la campagne en ville était le but des concepteurs de ville.

« Pourtant, l'incroyable popularisation du modèle urbanistique de cité-jardin a l'incontestable mérite d'obliger les habitants, les élus, les concepteurs à se préoccuper des relations de la ville avec la nature <sup>3</sup> ».

- 4 Renouveler la ville signifiait rationaliser son fonctionnement, prescrire des règles et un cadre pour sa croissance. Les professionnels européens et américains voyaient le plan comme un outil de travail pour comprendre et agir sur les territoires urbains. Le vecteur était social, réformateur, porteur de progrès pour l'humanité, en association avec la science et l'action politique et administrative :

« Accomplir cette mutation de la nature même de l'homme passe par une réorganisation à tous les niveaux, de la vie publique à la vie quotidienne <sup>4</sup> ».

- 5 Au IV<sup>e</sup> Congrès International de l'architecture moderne, en 1933, à Moscou, Le Corbusier, un des principaux représentants du mouvement de l'architecture moderne, contribua à la rédaction du document connu en 1933 sous le nom de Charte d'Athènes. Cette charte introduisait le concept de ville fonctionnelle : habiter, travailler, circuler et recréer, d'une ville construite pour les citoyens, tout en sauvegardant le patrimoine historique. Les surfaces vertes devaient occuper une place définie soit dans les institutions, soit dans les habitations, pour séparer les bâtiments en hauteur ou pour la mise en valeur de la vie et du bien-être en ville.
- 6 Mais dans ces années 1930, la compréhension du plan d'urbanisme fut aussi influencée par la pensée organiciste qui provenait surtout

des études écologiques et de la médecine. Le statut de ville organique renvoyait à un plan où la forme, la structure et le but étaient unis pour créer un environnement générateur de vie urbaine pour les citoyens et citoyennes. L'analogie naturaliste assimila la ville à un organisme physique vivant :

« Levasseur applique les lois de la gravitation universelle aux grandes métropoles, Meuriot recherche le centre de gravité de l'agglomération. Il convient alors de parler d'interprétation mécaniste <sup>5</sup>. »

- 7 Opposé au fonctionnalisme de la ville radieuse de Le Corbusier, Gaston Bardet proposa un nouvel urbanisme avec les idées des quartiers-jardins : « Il doit être biologique <sup>6</sup> ». La reconstruction des villes détruites par la guerre imposait des espaces verts, mais il manquait des parcs conçus comme une part de l'habitat.

« Les espaces verts des grands ensembles d'après-guerre n'ont guère tenu les promesses de la ville radieuse, mais, au-delà du discrédit qui les frappe aujourd'hui, l'idée qui les a inspirés mérite d'être comprise <sup>7</sup> ».

- 8 En Belgique, les plans d'aménagement apparurent à la fin de la Grande Guerre pour restructurer les communes dévastées. Mais l'aménagement des espaces au point de vue économique, social et esthétique, ne commença qu'en 1962. Les autorités cherchèrent par des plans de secteurs et zonage à conserver intactes les beautés naturelles et à protéger les sites du pays. Dans une zone de la ville de Charleroi, marquée par une forte présence des industries :

« L'objectif clairement affiché était de créer un lien entre Marchienne-au-Pont et le centre-ville en prévoyant, dans une vision à

long terme, une conversion des zones les plus industrialisées en espace vert » (Araldo, 2010, p. 44).

- 9 Cela allait dans le sens d'une amélioration du cadre de vie et du renforcement de la centralité de la ville. En France, la loi d'Orientation foncière de 1967 orienta la croissance des nouveaux quartiers et la rénovation des espaces insalubres. Les schémas directeurs d'aménagement et d'urbanisme (SDAU), les plans d'occupation des sols (POS) français, en 2000, et la loi Solidarité et Renouvellement Urbain (SRU) ont été les outils pour envisager les défis de renouvellement urbain et de développement durable. La loi SRU fait le pont entre les politiques d'urbanisme, les politiques de mobilités et « la préservation de la qualité de l'air, de l'eau, du sol et sous-sol, des écosystèmes, des espaces verts, des milieux sites et paysages naturels ou urbains <sup>8</sup> ».
- 10 Bernard Duraud observe néanmoins en 2012 que le renouvellement des conceptions de l'urbanisme ne s'est pas accompagné d'un développement social. Les inégalités demeurèrent, avec des classes populaires vivant aux alentours de la capitale alors que les fonctionnaires occupaient les espaces plus valorisés de la ville. Cela étant, un autre type d'aménagement n'assure pas l'absence des conflits et des inégalités. Avec l'accroissement du nombre d'habitants, les villes se modifient et se trouvent confrontées à la globalisation et à l'épuisement des ressources naturelles. Il y a actuellement une expansion urbaine très rapide, à l'échelle du monde, qui a pour conséquence un décentrement de l'urbain européen. Le Grand Paris est désormais la 25<sup>e</sup> ville du monde avec 12 millions d'habitants. Le décalage avec des villes de 35 millions d'habitants en Chine, des villes de 12 à 15 millions au Brésil, etc., est évident.

« Je ne fais pas l'éloge de la mégalopolisation. Je dis simplement que la question de l'urbain à l'échelle mondiale va extrêmement vite <sup>9</sup> ».

- 11 Les grandes villes se sont transformées en environnements artificiels et dépendants de l'extérieur pour disposer de ce dont elles avaient besoin pour survivre. Les plus petites, malgré leur développement, ont conservé plus d'articulation avec la campagne. Étant donné l'importance des espaces publics verts dans les villes, il faut veiller à qu'ils ne disparaissent pas face à ces enjeux complexes.

« En général, il semble clair que si l'on ne satisfait pas les besoins fondamentaux d'êtres humains, le souci de l'environnement passe au second plan <sup>10</sup> ».

- 12 Globalement, l'écologie dans la ville a gagné en reconnaissance à la suite de la Conférence des Nations-unies sur l'environnement humain qui s'est tenue en 1972, à Stockholm, en Suède. Le Rapport Brundtland de 1987, intitulé « notre avenir à tous », et proposé par la Commission Mondiale sur l'Environnement et Développement de l'Organisation des Nations Unies a défini les conceptions du développement durable. Le développement durable, qui correspond à une prise de conscience à l'échelle planétaire, occupe une place prépondérante dans la volonté de sauver la planète, en évitant la destruction accélérée de la nature. En 1992, dans la ville de Rio de Janeiro, au Brésil, 178 chefs d'État ont signé une déclaration sur l'environnement, et, en parallèle, un plan d'action appelé agenda 21, reposant sur 27 principes. Chaque pays, chaque ville, devait se mobiliser pour envisager des plans et des stratégies sous forme de programmes en faveur du développement durable.

L'évolution des espaces publics : regard depuis les  
fenêtres

« Tout d'abord, il y a les changements historiques très rapides qui interviennent sur le plan du monde urbain et de l'espace. Je vous rappelle que dans « espace », il y a le mot latin « spes » qui veut dire « espoir ». Dans ma manière d'organiser mon espace, qu'il soit privé ou public, c'est ma manière de regarder vers l'avenir <sup>11</sup> ».

- 13 Dans le plan de ville, la notion d'espace espace vert public, un espace non bâti, espace de récréation, de ventilation, d'aire libre, fut d'abord liée à la protection, l'hygiène et l'esthétique <sup>12</sup>. Mayté Banzo analyse le projet d'un parc linéaire aux portes de la ville de Lisbonne, idéalisé dans une dimension hygiéniste pour compenser le « tout urbain ». Mais l'excès de concentration de bâtiments transforma la dualité « urbain-rural en dualité urbain-structure verte » <sup>13</sup>. L'auteure montre la variation synonymique de la terminologie dans les trois plans de ville pour la périphérie de Lisbonne. En 1964, le vert s'appelait « aires libres » ; en 1992, « espaces libres critiques » ; et, en 2002, « corridors vitaux ». On voit ainsi comment, dans les espaces urbains, ces espaces non bâtis accompagnent des discours esthétiques, protecteurs et environnementaux relatifs aux équilibres écologiques et humains.
- 14 Robert-Max Antoni montre dans le « séminaire Robert Auzelle » qu'il dirige, comment le thème des espaces publics s'est développé à partir d'un regard sur le « vide ». Il en conclut à la nécessité d'apprendre à regarder la ville. Le citoyen, un promeneur, s'approche du professionnel par le langage, et les deux proposent des solutions pour revitaliser les villes. Il a créé un vocabulaire de l'art urbain avec un chapitre sur la perception, et il détache deux termes fondamentaux pour aider les citoyens et les professionnels à regarder et à représenter la ville : « fenêtre urbaine (l'évolution dans les différentes époques sur le bâti, les voies et le tissu urbain) et

séquence visuelle (une succession de vues associées à un plan en montrant comment l'une passe à l'autre) ». Les efforts des maires pour organiser les agglomérations ont porté d'abord sur les centres-villes et les quartiers limitrophes, qu'ils regardent depuis des fenêtres historiques renommées. Les représentations les plus fortes émanent des architectes, mais « il y a un point sur lequel tout le monde doit se retrouver. Il s'agit de l'espace libre, mais pas n'importe lequel : l'espace libre public <sup>14</sup> ».

- 15 L'espace public renvoie à l'espace politique (la mairie) et l'espace physique (les vides). L'un génère l'autre et le transforme en bien commun partagé entre les habitants. Le pouvoir local peut imaginer et mettre en œuvre des projets urbains pour transformer les zones inoccupées ou sous-utilisées des villes. Parfois, il est nécessaire de redynamiser un territoire pour améliorer le cadre de vie et atténuer la rareté foncière. La volonté politique de préserver des espaces naturels peut donc être mise en relation avec le maillage urbain serré.

« Pourquoi certains espaces verts sont plus grands que d'autres du point de vue superficie ? Cela trouve son explication dans les projets de lotissement <sup>15</sup> ».

- 16 Marie-Clotilde Meillerand <sup>16</sup>, évoque, dans deux ouvrages, l'évolution de la notion d'espaces verts à Lyon, et sa liaison avec le zonage dès les premières tentatives d'aménagement du territoire. Elle ouvre la fenêtre des années 1940, où se développait la vie sociale organisée à partir d'un plan de ville. Le vert dans la ville était représenté sous la forme des jardins et parcs. Vers 1960, ces espaces naturels avaient la fonction d'offrir repos et liberté aux Citadins. La notion d'espace « vert » ou « libre » est encore étroitement liée à l'idée de « respiration », en référence à la métaphore « organiciste »

utilisée pour une des premières fois par Agache pour le plan de Rio, à la fin des années vingt. Cette notion est encore appliquée à la région lyonnaise au moment de son plan de 1946, avec la notion de « poumons verts » <sup>17</sup>.

- 17 Autre fenêtre : en Afrique, selon Tonde (1994), en plus des problèmes de la pollution, le phénomène de la désertification empire avec la dégradation de l'environnement. Pour lui, l'espace vert doit servir à réhabiliter et améliorer le cadre de vie des habitants. Il doit être accessible et offrir un cadre sain, des loisirs, ainsi que des activités culturelles, commerciales qui correspondent aux besoins des citoyens.

## S'équiper en espaces publics verts : les grandes villes brésiliennes

- 18 Au Brésil, dans les années 1920, les autorités ont commencé à penser au développement industriel à partir de la capitale du pays, qui était alors Rio de Janeiro. La municipalité recrute l'architecte Donat-Alfred Agache pour élaborer le second plan de ville <sup>18</sup>, couvrant ses fonctions sociales, économiques et culturelles. La ville, comparée à un organisme parfait, ajoutait désormais à ses fonctions les mobilités, l'hygiène et l'aménagement.
- 19 Le document produit par Agache et son équipe n'a pas été discuté, diffusé ou même appliqué immédiatement et ceci pour des raisons politiques et financières <sup>19</sup>.

« Bien que peu de réalisations concrètes ont découlé de ce plan, son influence a été soutenue par les idées qu'il a permis de discuter (comme le zonage) et le premier grand code des travaux publié en 1937, qui continue à inspirer la législation actuelle en matière d'urbanisme <sup>20</sup> ».

20 Quelques idées ont été suivies au fur et à mesure que le champ de connaissances se solidifiait dans le pays. Les conceptions des années 1940, 1950 et 1960 montrent que le plan d'Agache a été repris par les maires suivants, qui ont investi dans des voies publiques, circulaires et radiales, tout en améliorant et prolongeant celles qui existaient.

« Malgré tout, beaucoup de ses propositions, bien que fragmentées, ont été prises en compte dans la nouvelle législation urbaine approuvée en 1937 (décret 6 000) et dans des études ultérieures, par le Service Technique du Plan de Ville par José de Oliveira Reis. C'est le cas, par exemple, de l'urbanisation du Jardin d'Allah, clairement inspiré par les propositions d'Agache <sup>21</sup> »

21 Le projet urbain pour ériger la capitale du pays au centre de l'Amérique du Sud au cours des années 1950 a été conçu de manière à coïncider avec les espaces verts. L'architecte Lucio Costa a associé le fonctionnel et le moderne comme élément d'une nouvelle ville inscrite dans un lac artificiel. « De la croix est né l'oiseau de Brasília. La ville se construit autour de deux axes se croisant dont l'un est incurvé. Autour de ce squelette urbain cruciforme, c'est à Oscar Niemeyer que l'on doit le dessin des principaux édifices publics <sup>22</sup> ». Les espaces libres, démocrates, amples et vides, avec de la pelouse et des plantes, devraient être contemplés et repris par la population.

« La place centrale de la capitale devient partie d'un troisième et nouveau terre-plein, suivi d'un dernier où serait sauvegardée la végétation native du Cerrado <sup>23</sup> ».

22 Parallèlement, une série de mouvements immobiliers, d'aménagements esthétiques et hygiéniques commandés par les acteurs chargés de faire le lien entre les services des secteurs publics et les investissements privés voyait le jour. Les services de la voirie

ont été maîtres des plans d'urbanisme d'Agache repris pour d'autres villes brésiliennes, comme Sao Paulo (Interlagos), Curitiba, Petrópolis, et Vitória.

- 23 Depuis la Constitution de la République fédérative du Brésil de 1988, le gouvernement brésilien s'occupe du développement économique et des équilibres écologiques, en faisant appel aux dispositifs de planification et de gestion participative. Il n'a pas abandonné les outils de planification traditionnels, comme les codes, le zonage, les plans territoriaux locaux et les préceptes de l'urbanisme, mais pour ce qui concerne les politiques de l'environnement et le développement durable, il a investi dans des parcs naturels, réserves biologiques, stations écologiques et des opérations de reforestation <sup>24</sup>.

« La nature est ainsi souvent associée aux projets d'actions pour assurer la durabilité urbaine. Elle semble être devenue un élément incontournable pour satisfaire aux exigences environnementales, mais aussi pour répondre à la volonté des sociétés d'un retour à la nature (en opposition à l'artificiel) et à l'amélioration du cadre de vie (ambiance, esthétique, confort). Reste alors à définir quel type de nature est désirée, sous quelle forme, autant pour les pratiques de tous les jours que pour l'ambiance ressentie <sup>25</sup> ».

- 24 La limitation des constructions et la densification urbaine, penser à l'organisation bâtie et non bâtie dans les villes, assureraient deux choses : (a) une forme de développement, durable surtout, et (b) une valorisation forte pour l'immobilier. C'est un enjeu important pour l'avenir des villes de pouvoir disposer d'éléments qualitatifs qui préservent les caractéristiques paysagères et la convivialité dans des zones spécifiques. En respectant la régénération du milieu naturel et

la protection de la vie, le plan de ville peut être le moyen d'y parvenir.

« Le concept de « villes vertes » - avec une capacité de récupération, d'autosuffisance et de durabilité sociale, économique et environnementale - est généralement associé à la planification urbaine dans les pays plus développés. Il indique une éco-architecture de haute technologie, des routes bordées d'arbres pour les bicyclettes et le revenu et la bonne gouvernance pour tous les citoyens. Cependant, il a une application spéciale et des dimensions sociales et économiques considérablement différentes dans les pays en développement à faible revenu. Là, les principes centraux des villes plus vertes peuvent guider le développement urbain qui garantit la sécurité alimentaire, le travail décent <sup>26</sup> ».

25 Autre point essentiel, la préservation des ressources en eau. Les diagnostics des sources indiquent qu'une intervention est nécessaire. Au Brésil, la Région Métropolitaine de São Paulo (RMSP) a souffert en 2012 d'un défi d'approvisionnement en eau pour 20 millions d'habitants. Comprenant la ville de São Paulo et 39 autres municipalités, la ville et la banlieue occupent un territoire de 8 000 kilomètres carrés qui concentre une forte croissance démographique et industrielle <sup>27</sup>. À ce problème s'ajoute celui de protéger les ressources hydriques, l'environnement, d'améliorer la qualité des logements. Les politiques urbaines accompagnent des phénomènes d'urbanisation qui menacent la végétation existante. L'Agence de planification Métropolitaine de l'État de São Paulo (EMPLASA), le Centre d'études de la métropole et d'autres entreprises et agences gouvernementales se livrent à un travail d'Hercule pour affronter les problèmes du développement technique et la dégradation de l'environnement qui s'est accélérée au cours des 50 dernières

années. Selon la législation pertinente (article 8, paragraphe 1<sup>er</sup>, de la Résolution CONAMA n° 369/2006).

« Il est considéré espace vert du domaine public, pour l'effet de cette Résolution, l'espace du domaine public qui joue le rôle écologique, paysager et récréatif, en favorisant l'amélioration de la qualité esthétique, fonctionnelle et environnementale de la ville dotée de végétation et d'espaces libre d'imperméabilisation. <sup>28</sup> »

- 26 Karina Nascimento, qui a étudié 63 immeubles verts au nord du Brésil, dans la ville de Recife entre 1986 à 2007, constate une perte de 397 214 mètres carrés de couverture végétale du fait des pressions immobilières <sup>29</sup>. Les problèmes principaux résident dans le choix des instruments fiscaux pour stimuler les propriétaires en vue de préserver les espaces verts. Située dans une région fragile, au bord de la mer, la ville de Recife souffre des conséquences des catastrophes naturelles et climatiques, lesquelles peuvent être atténuées par les espaces verts. Ce territoire de 218 km<sup>2</sup> et 94 arrondissements possède d'autres immeubles dont les potentialités doivent déboucher sur la formation de couloirs écologiques, en partenariat avec la région métropolitaine et les autres villes qui font partie des Unités de Conservation de la Nature.

### Curitiba, Brésil, la fenêtre la plus verte

- 27 Dans la ville de Curitiba, les immeubles qui conservent des aires vertes bénéficient de réductions d'impôts accordées par la mairie. En 1996, à travers la loi sur l'occupation des sols, les propriétés qui avaient préservé des espaces verts ont été intégrées dans les réserves particulières du patrimoine naturel de la Municipalité de Curitiba (RPPNM). Les propriétaires de ces espaces ont ouvert des fenêtres vertes, en modelant différentes ouvertures dans les

quartiers. Aujourd'hui, ils peuvent proposer ces paysages à la communauté, garantissant ainsi une offre dans le domaine des activités d'écotourisme, d'éducation environnementale et de recherche scientifique.

- 28 Correspondant à une stratégie de préservation de portions de « binômes des forêts avec la forêt d'araucaria » en milieu urbain, la première RPPNM fait partie d'une organisation sociale destinée à assurer la qualité de vie dans un quartier de la zone ouest de la ville. Le commerce, les églises, les résidents et le club d'écologie ont fortement participé aux actions en vue de diminuer la contamination des deux rivières, augmenter les études de la flore et de la faune et préserver la biodiversité.

« Le RPPNM Cascatinha est né de l'effort des habitants du quartier de Santa Felicidade, dans la zone ouest de Curitiba. "Ici nous avons une caractéristique unique, d'union entre les canaux de communication et de représentation dans l'intérêt du voisinage", dit le propriétaire de la réserve, Eurico Borges dos Reis, qui y vit environ 30 ans <sup>30</sup> ».

- 29 Dans la ville de Curitiba, la volonté d'associer une contrepartie financière à l'effort pour ne pas déboiser la couverture végétale a commencé dans les années 1970. Elle est liée au plan d'urbanisme, dirigé par l'Institut de Recherche et Planification Local (IPPUC), le maire et l'architecte Jaime Lerner. Le paysage de la ville a été modifié par des actions de ce type. Ces fenêtres urbaines nous montrent des espaces pour les piétons, les promeneurs, les voitures et les habitants. Le Jardin botanique, le théâtre l'Opera d'Arame, les hommages aux pionniers, des parcs thématiques, des places, des jardins, des endroits publics, des bâtiments revitalisés, des monuments historiques préservés formaient des séquences visuelles autour du centre-ville et des quartiers voisins.

- 30 La conception d'espace public a laissé la ville plus verte avec les politiques d'urbanisation. « Curitiba, en adoptant ces pratiques pour la première fois au Brésil, renforce son image de ville pionnière ». L'urbanisme conçu par l'architecte Lerner s'attache plus fortement à la dimension humaine des citoyens, ses valeurs culturelles, ses traditions, qui conduisaient la ville. « Le maire conquiert pour Curitiba le titre de "capitale écologique" du pays ». Voilà donc une fois de plus la continuité de ces idées présentes dans la politique urbaine de la ville <sup>31</sup> .
- 31 Ce souci politique s'est prolongé jusqu'à aujourd'hui grâce à la volonté des maires de préserver les espaces verts et de créer des unités de conservation locales, afin de renforcer au maximum les avantages économiques et sociaux de la ville. L'environnement urbain a été aménagé de manière à transformer les espaces naturels pour éviter les inondations et pour les assainir. Le parc Barigui, doté d'un immense lac et inauguré en 1972, a contribué à contenir les inondations de la rivière Barigui. On y trouve aussi un musée, un restaurant, un centre de conventions, le siège du Département Municipal de l'Environnement, des espaces pour pratiquer des sports ainsi que des parkings.
- 32 Le secteur immobilier a fait avancer la ville. Au cours des années 1980, 1990 et 2000, la population a augmenté rapidement. De 600 000 personnes en 1970, elle est passée à 1 908 359 en 2017. Le système de transports urbains a été aménagé à partir du plan de ville de 1965. Il soulève désormais des problèmes. Même si certaines lignes ne rivalisent pas directement avec les pistes de circulation automobile, les bus qui circulent dans des voies spécifiques ne rendent pas les services appropriés à la population et présentent un déficit de gestion.

« La décision de la ville de Curitiba de réajuster le taux de transport collectif avec un indice de plus du double de l'inflation devrait rendre encore plus difficile l'inversion de la tendance à la baisse du nombre total de passagers transportés par le système urbain. De 2011 à 2016, les dépenses totales de passagers sont passées de 246,8 millions par an à 211 millions, soit une réduction de 20%. Et la projection est de nouveau en baisse jusqu'en 2017 <sup>32</sup> ».

- 33 Par contre, dans la ville, près de deux voitures par personne circulent. Les relations dynamiques entre les modes de transport, associées aux taxis, aux applications VTC, (Uber, LeCab, Chauffeur Privé <sup>33</sup>) qui roulent parallèlement, suscitent des déséquilibres. En effet, la diminution de la clientèle dans les transports publics est absorbée par les usagers de voitures, qui encombrant les voies, provoquent des embouteillages et ralentissent le trafic <sup>34</sup>. Le niveau de pollution augmente. Pourtant, les bus qui circulent dans leurs propres voies (Bus Rapid Transit - BRT) peuvent transporter 270 personnes par voyage. Ils possèdent cinq portes et ont une longueur de 28 mètres. En 2017, la ville de Curitiba a reçu 25 véhicules neufs : « Le premier modèle, qui a commencé à circuler en 1991, a été développé précisément pour Curitiba <sup>35</sup> ».
- 34 Deux pertes d'espace public ont marqué l'histoire de la circulation du BRT sur la ligne nord-sud. Le premier, dans les années 1990, a été caractérisé par la réduction de l'enceinte qui fermait l'accès du premier parc de Curitiba (fin XIX<sup>e</sup> siècle, 1886), appelé « *Passeio Público* ». Pour élargir la rue Presidente Farias, les clôtures qui entouraient le parc furent retirées et le trottoir est devenu plus étroit. En outre, entre 2016 et 2017, un grand bâtiment construit en face du parc a provoqué un effet d'ombre pour les animaux, en hiver surtout.

35 Le deuxième a été occasionné par la circulation d'un grand bus autour d'une place. Le zonage et les règles municipales de construction ont engendré la perte d'une partie de la place du Japon (Curitiba) pour adapter le passage du bus BRT Ligeirão Nord-Sud. C'est un espace de loisirs avec de beaux arbres, très fréquenté par la population.

« Pour la mise en œuvre de Ligeirão, il sera nécessaire d'ouvrir une section de 5 mètres dans la rue, qui reliera la traverse Lange à l'Avenue República Argentina afin que les bus puissent se déplacer autour de l'endroit <sup>36</sup> »

36 Les discours pour faire accepter ces réductions ont d'abord été économiques et technologiques : économie de 20 minutes sur le trajet de la ligne. Les 36 000 usagers vont arriver plus tôt à destination. Il serait aussi possible d'atteindre l'équilibre des coûts d'exploitation du système de transport public. Les expressions économiques du développement, soit environnemental (la réduction de la pollution des gaz), soit social (confort, sécurité à l'embarquement et au débarquement, caméras de surveillance, des espaces pour les personnes handicapées), soit culturel (la vitesse réduite et programmée), soit intérêt politique ou d'autres, sont peu justifiées par la mairie relativement aux contraintes.

« Avec des slogans « S.O.S du Japon » et des ballons rouges dans les mains, les habitants de la place du Japon, Curitiba, se sont réunis dans une étreinte symbolique sur place ce dimanche matin. La démonstration vise à attirer l'attention sur les changements provoqués par la mise en œuvre de la nouvelle ligne Ligeirão sur le site. Selon les manifestants, le déménagement compliquera l'accès à la place et la rendra plus dangereuse, en particulier pour les personnes âgées et les enfants qui la fréquentent <sup>37</sup> ».

37 Soares a constaté un fait semblable dans une ville du nord du Brésil, où la construction de quatre hauts bâtiments et d'autres plus petits, autour d'un espace vert, a séparé la végétation d'un parc des autres îlots verts qui existaient au sein de terrains bâtis. Plusieurs espaces où vivent des plantes et des animaux dans des zones protégées ont disparu <sup>38</sup> .

« En 1977, la végétation du parc était déjà isolée des autres massifs verts trouvés au centre des quartiers, correspondant aux cours des lots à l'avant des routes. En 1998, il y avait quatre bâtiments dans la rue Nove de Janeiro et un dans l'Avenue Alcindo Cacela, qui a ombragé le Parc ZooBotanique <sup>39</sup> ».

38 Le jardin Botanique de Curitiba a aussi eu sa végétation et des espaces pour piétons couverts par l'ombre des bâtiments. Les règles d'urbanisme dans les lotissements ont changé pour densifier certains espaces fonciers. Les permis de construire ont autorisé des constructions élevées. Le code de l'urbanisme a été modifié par l'autorité compétente, après l'accord de la majorité des habitants du quartier. Mais les votes n'ont pas été représentatifs de la majorité <sup>40</sup> .

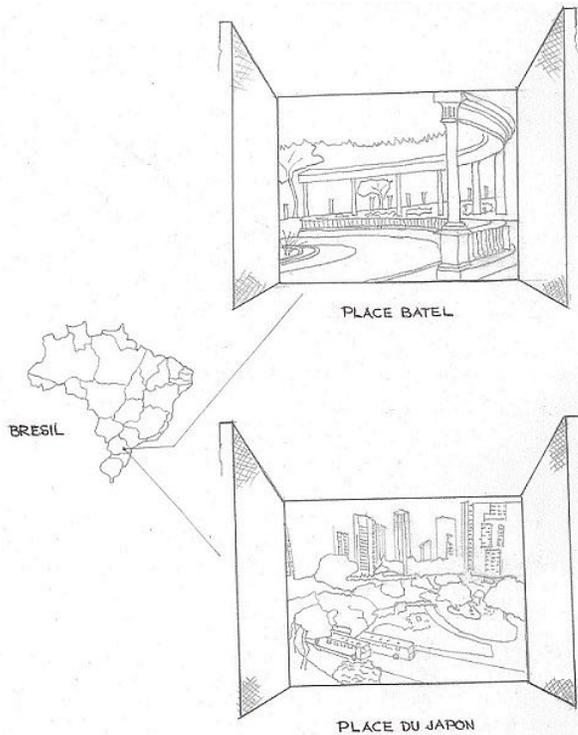
39 La place Miguel Couto, située dans le quartier nommé Batel, près du centre-ville, a aussi perdu ses caractéristiques originelles et une partie de sa superficie. Quand la famille du Baron du Serro Azul a donné ce terrain (fin du XIX<sup>e</sup> siècle), des plantes ont été cultivées et des liens affectifs se sont créés. Connue comme la « *Pracinha do Batel* » (Petite Place du Batel), de forme carrée et de petite taille (1 970 mètres carrés), elle a été coupée en deux portions par une voie. La mairie a justifié cette action par la nécessité d'améliorer la qualité du trafic.

40 Cet espace remarquable pour le citoyen abritait une foire gastronomique tous les samedis. Elle bénéficiait d'un environnement calme grâce à un faible trafic et la présence, depuis 1935, d'une cafétéria, d'un kiosque (*Banca Batel*), d'une station de taxis, ainsi que d'un traditionnel commerce de fleurs (*Flora Pracinha do Batel*). La mairie de Curitiba n'a pas souhaité préserver ce cadre malgré les arguments du mouvement d'amis du Quartier « Batel », coordonné par Rafael Xavier et d'autres citoyens.

« Curitiba - Peu de temps après que la mairie de Curitiba a commencé les œuvres pour diviser la place Miguel Couto, Pracinha do Batel, hier matin, une cinquantaine de résidents et de commerçants se sont rendus sur le lieu pour empêcher le travail des scies et des tracteurs. Parmi eux, se trouvait Rafael Xavier, 26 ans, licencié en droit et résidant du quartier il y a dix ans. Le jeune homme s'est tenu devant le tracteur, et les autres personnes se sont positionnées devant les tronçonneuses pour empêcher la démolition de la place centenaire <sup>41</sup> ».

41 Quand cette manifestation pour la préservation du patrimoine a commencé, deux arbres étaient déjà coupés. La Justice (Bureau du procureur Municipal général) a empêché la poursuite des travaux pour analyser la légalité de ce dispositif de « revitalisation urbaine ». Le journal de la ville de Curitiba, *Gazeta do Povo*, s'est contenté de publier des informations sur le retard des travaux et le manque d'explications de la part des responsables. Ce même périodique évoquait aussi le fait que la Mairie avait gagné le droit de continuer les travaux et que la population gagnerait 294 mètres carrés comme extension de la place <sup>42</sup> .

Figure 2 : Place du Japon et place Batel à Curitiba, Brésil.



Crédit personnel des auteurs.

- 42 Le rôle des espaces verts comme endroits utilisés par les piétons ne fut pas pris en compte. Le percement du passage au milieu de la place Miguel Couto en faveur des voitures a été fermement justifié par les acteurs publics. La disparition de la verdure, la pollution de l'air, la détérioration de l'environnement et l'absence des principes de soutenabilité n'ont pas été prises en compte par les autorités locales. Cet espace vert était associé au commerce, à la qualité de vie et au loisir. Il faisait partie de la ville. Place du Japon, le patrimoine culturel et environnemental a été sacrifié et remplacé par une augmentation des émissions de gaz à effet de serre et par les dangers provoqués du fait de la circulation de bus de près de 30 mètres de longueur.

## La fenêtre historique de l'urbanisme au Mexique

- 43 D'après C.J.J. Gutiérrez, en Amérique Latine, le processus d'urbanisation renvoie au courant développé en Europe au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle et au début du XX<sup>e</sup> siècle. Figueroa fait référence à ces siècles comme une époque d'échange entre l'urbanisme français et l'urbanisme latino-américain <sup>43</sup>. Ces idées reprenaient surtout les travaux du Baron d'Hausmann à Paris, ville où dominait le développement de larges avenues ainsi que des espaces verts et ouverts <sup>44</sup>. Diane Davis ajoute que les modèles urbains développés dans les villes ont été appliqués de manière fragmentée et éparpillée dans le monde <sup>45</sup>.
- 44 Conformément aux études du professeur d'urbanisme Ricky Burdett, de la *London School of Economics* (LSE), dans son article « Inégalités et urbanisation » <sup>46</sup>, l'Amérique du Nord (73%), l'Amérique du Sud (83%) et l'Europe (82%) sont les continents les plus urbanisés. Il pense que l'Afrique et l'Asie, en raison des indices de fécondité et des mouvements migratoires internes, vont accompagner ce processus au cours des prochaines décennies. Comme indiqué par L. Krishnamurthy et José Rente Nascimento <sup>47</sup>, le développement urbain dans les pays d'Amérique Latine et des Caraïbes, l'urbanisation en général, impliquent une plus grande consommation d'énergie et donc de ressources naturelles. Ces 20 dernières années, une série de changements ont affecté les statistiques de qualité de vie en ville, avec une plus grande vulnérabilité des populations qui vivent dans les zones rurales et urbaines, et la présence d'événements météorologiques extrêmes causés par le changement climatique mondial.
- 45 L'une des variables qui affectent le bien-être et la qualité de vie des populations est précisément celui des espaces verts qui font partie de l'aménagement urbain des villes et des métropoles du Mexique. Ricky Burdett dit que « dans de nombreuses parties du monde,

l'urbanisation est devenue plus fragmentée dans l'espace et moins sensible à l'environnement, et elle accentue la fracture sociale <sup>48</sup> ». Malheureusement, comme annoncé par L'Organisation de Coopération et de Développement Economiques, le Mexique vit un processus d'urbanisation rapide, contrairement à la plupart des pays qui composent l'OCDE <sup>49</sup>. En fait, en 2010, on estimait qu'environ 78% de la population vivaient dans des agglomérations urbaines <sup>50</sup>.

## Fenêtres historiques sur la planification et les espaces verts

- 46 Bien que les idées d'urbanisme, au Mexique, se développent dès les premières décennies du siècle passé, il y a eu des interventions architecturales qui datent de l'époque coloniale, surtout à Mexico, la capitale du pays. Les dispositions de l'ordonnance de Felipe II, au XVI<sup>e</sup> siècle, réglaient la croissance de l'espace à partir d'une place carrée où étaient proposés des services pour répondre aux besoins vitaux. L'extension de la ville se faisait en ajoutant d'autres carrés à partir de cette place centrale. Cet aménagement a pris la forme d'un échiquier. La Plaza Mayor représentait l'espace géométrique de base, où une architecture civile unifiée et bâtie a été utilisée jusqu'au XVIII<sup>e</sup> <sup>51</sup>.
- 47 Depuis la conquête espagnole du territoire mexicain au XVI<sup>e</sup> siècle, l'aménagement urbain ne s'est pas intéressé aux petites actions destinées à préserver les espaces verts. La dynamique écologique des zones lacustres, où la capitale était établie, n'a pas été comprise par les colonisateurs. La logique du pouvoir politique des conquérants reposait sur la déforestation des abords. Ce passage vers Mexico d'une zone lacustre à une logique d'élevage du bétail a conduit à un changement de la mécanique du bassin et de ses caractéristiques

hydrologiques <sup>52</sup> . Plus tard, à la suite de l'indépendance vis-à-vis de l'Espagne en 1810, les terrains les moins dignes d'attention ont été transformés en espaces verts <sup>53</sup> .

- 48 Un autre type d'urbanisme, basé sur le néoclassicisme européen, a émergé au XIX<sup>e</sup> siècle, au Mexique. L'influence française sur l'organisation territoriale de la capitale a introduit le plan d'urbanisme, développé par Ignacio de la Cantera. Celui-ci s'appuie sur les principes de symétrie, d'ordre, de régularité et de santé publique <sup>54</sup> . En 1910, la promenade de la capitale est inaugurée. Elle constitue une artère principale qui fête le centenaire de l'indépendance du Mexique. Sorte d'épine dorsale, cette voie commémore le centenaire de l'indépendance, mais aussi la fin du gouvernement de Porfirio Díaz (1876-1911) <sup>55</sup> . Ce président a lutté pendant plus de trente ans contre les invasions par d'autres nations et pour la liberté du pays. Il a soutenu l'Église catholique, l'université, la banque nationale, les exportations des matières premières et l'École militaire navale. La Révolution Mexicaine de 1911 a mis fin au pouvoir dictatorial de Diaz.
- 49 Les idées de l'urbanisme français étaient approuvées par Diaz. Elles correspondaient au goût des architectes mexicains et à celui de l'ingénieur José Antonio Cuevas, qui remarquait la prolifération des bâtiments et des puits artésiens ; d'Adolfo Zamora, qui défendait la maison multifamiliale au lieu de l'unifamiliale ; de l'ingénieur Miguel Ángel de Quevedo, qui suggérait des boulevards, des parcs et des jardins pour les villes. Quant à Luis Sánchez Ponton, il se montrait partisan des idées interdisciplinaires en faveur de l'urbanisme et des plans de villes afin de disposer d'outils multiples pour promouvoir des conditions de vie plus humaines <sup>56</sup> .
- 50 Carlos Contreras, grâce à sa formation reçue aux États-Unis, a introduit des concepts fonctionnels d'hygiène et d'ordre pour

aménager le territoire <sup>57</sup>. L'architecte Contreras affirmait que « doter la ville d'espaces verts était essentiel et faisait partie de son projet de régulation de la croissance et de sa vision de la planification de l'expansion urbaine à venir <sup>58</sup> ». Quand, vers 1920, Contreras a commencé à travailler à Mexico, le District fédéral (DF), il y avait un département des travaux publics qui approuvait la construction de bâtiments sans aucun plan de ville. L'architecte a posé les bases de l'urbanisme, en établissant des théories, une méthodologie, accompagnées de lois et de règlements.

- 51 Dans les plans proposés par Contreras pour le District Fédéral furent, au cours des années, adoptés : les circuits intérieurs et extérieurs, les grandes avenues qui le traversaient (par exemple, les routes), la rue principale, qui serait l'avenue San Juan de Letrán (de Tlalnepantla au début de l'autoroute à Cuernavaca) qui a fini par être *Insurgentes*, le métro, avec, en 1949, les premières lignes, et l'urbanisation d'El Pedregal, l'œuvre de l'architecte Luis Barragán, dont il a dessiné le fractionnement sur des photographies aériennes <sup>59</sup>.
- 52 Mais l'industrialisation nationale a eu un impact négatif sur la conception du plan et la soutenabilité de l'urbanisation urbaine. Face à la croissance démographique accélérée, favorable à l'adoption d'un modèle expansionniste de croissance urbaine, les dirigeants ont été confrontés à des problèmes de gouvernance et d'administration <sup>60</sup>. Alfonsin et Fernandes expliquent que, dans les villes mexicaines des années 1970, le nombre moyen de normes pour créer des lotissements et constructions était de 30. Mais ces normes ne s'intégraient pas obligatoirement dans un plan d'aménagement du territoire.
- 53 En 1976, la question de l'urbanisme a été abordée par la Loi générale des établissements humains : « *Ley General de Asentamientos Humanos* » - LGAH <sup>61</sup>, qui a encouragé l'élaboration d'autres lois, de

plans de ville, et des règlements d'ordonnance territoriale pour plusieurs villes mexicaines et institutions. Deux ans après, en 1978, une autre loi a donné davantage de libertés aux autorités gouvernementales en vue d'aménager les territoires urbains <sup>62</sup>.

54 Plus tard, au milieu des années 1980, le Système national de planification démocratique pilote les questions de développement économique et urbain sur la base des mesures déjà prises. Il poursuit cette mission jusque dans les années 1990. Les investissements dans le cadre du programme « Villes moyennes » se sont bornés à une meilleure maîtrise de la croissance urbaine, sans vision globale et sans réflexion conceptuelle. Selon Gutiérrez, ce cadre entérine le maintien de cette position pendant 30 ans, sans disposer des moyens de satisfaire les besoins sociaux et environnementaux d'un grand nombre de citoyens <sup>63</sup>.

55 Jusqu'aux années soixante, le Code d'Urbanisme n'existait pas comme un instrument pour régler toute l'extension du Mexique. Avec le tremblement de terre de 1985, la politique d'aménagement urbain a évolué avec un respect de normes, surtout aux alentours de la capitale (DF). Les plans directeurs, régulateurs et métropolitains ont été utilisés. Cependant, la ségrégation spatiale s'est accentuée. Par contre, les autorités ont pris conscience de l'importance de la qualité de l'environnement, des vulnérabilités climatiques et d'autres problèmes susceptibles de provoquer des dommages aux personnes.

56 En 1988, la tendance à l'accumulation normative, que nous avons signalée, a connu un nouveau développement législatif. C'est la loi générale sur l'équilibre écologique et la protection de l'environnement (LGEEPA), qui constitue la première tentative de réglementation de la problématique environnementale dans son

ensemble, des effets des activités industrielles à l'exploitation de zones naturelles protégées <sup>64</sup> .

- 57 Toutefois, Zamora, Pombo, Brassart et Morencos, qui ont fait un inventaire des parcs urbains de Madrid, ont constaté que les plans de ville ne présentent pas de concepts homogènes face aux différentes typologies d'espaces verts, avec ou sans végétation naturelle, aménagés ou pas, selon les tailles, fonctions, dessins, et équipements <sup>65</sup> . Ce qui les unit comme espace vert reste leur caractère public, avec un accès libre aux personnes. Pérez-Médina et López-Falfán, qui ont présenté une étude sur la verdure dans la ville de Mérida, dans le Yucatán, au Mexique, affirment qu'il existe une forte relation entre le contexte normatif et la densité des espaces verts, la politique territoriale, immobilière, et la gestion urbaine <sup>66</sup> .

## Monterrey, Mexique, une ville industrielle

- 58 La ville de Monterrey, située au nord du Mexique, capitale de l'État de *Nuevo León*, possédait 528 168 hectares d'aire verte, en 2004, contre 1 839, 75 hectares couverts par le vert en 2013. Selon ces auteurs, qui ont réalisé une interprétation visuelle des images satellites, la couverture végétale de la ville n'est pas obligatoirement accessible à la population, alors qu'un espace vert offre toujours des bénéfices aux citoyens. Il favorise la biodiversité, le contrôle des inondations et l'intégration sociale. Par conséquent, il y a, dans la ville, 6,2 m<sup>2</sup> d'espaces verts par habitant. Ce résultat ne peut être interprété comme supérieur aux 4,8 m<sup>2</sup> rapportés par Roccatti (2004) car il faut tenir compte du fait que la plupart des espaces verts se concentrent dans le sud et l'ouest de la ville, ce qui les rend pratiquement inaccessibles aux habitants du centre et du nord <sup>67</sup> .

- 59 Pérez, Cuéllar et Treviño ont aussi remarqué le manque de plans et de politiques urbaines pour créer d'autres espaces verts, tout au long du XX<sup>e</sup> siècle. Pour les maires des villes, les mesures prioritaires résidaient dans la conservation et préservation de la qualité de ces espaces et le contrôle de l'extension du territoire par rapport à la croissance de la ville. Les auteurs établissent le lien entre la croissance de la population, la diminution du paysage vert ainsi que le manque d'articulations entre les plans de ville et les espaces verts. Les villes qui ne recherchent pas d'équilibre entre les espaces bâtis et les aires libres sont désordonnées. Cette réalité prit tellement d'envergure qu'il est presque impossible de modifier la situation actuelle dans certains espaces urbains : « sa configuration initiale et l'absence d'un plan de développement initial rendent pratiquement impossible la création de nouveaux espaces verts <sup>68</sup> ».
- 60 Sánchez Ruiz signale qu'avec la formation de l'Association Nationale pour la planification de la République Mexicaine, en 1926 et des lois qui se sont ajoutées aux actions sur le territoire urbain, certaines villes ont bénéficié d'un élan. Monterrey, par exemple, a créé la loi de planification et des règlements en 1927. Elle a conduit à des interventions municipales en faveur de l'embellissement du centre-ville <sup>69</sup>. L'architecte Carlos Contreras a travaillé à partir de supports qui prévoyaient le développement ordonné selon la topographie, le climat et les fonctions urbaines, sociales comme économiques.
- 61 Pour réaliser l'un des objectifs de la planification, une certaine forme de contrôle fut jugée nécessaire sur la propriété publique et privée. Jusqu'à ce moment, il n'y avait qu'une première loi pour Monterrey, préparée par Carlos Contreras, quand Aarón Sáenz était gouverneur de *Nuevo León* <sup>70</sup>. Les lois sont des outils fondamentaux pour mettre

à exécution les plans de travail d'urbanisme. Ce sont des éléments importants de la pensée pragmatique des villes industrielles.

- 62 Les usines se sont installées au bord des rivières, l'eau étant un intrant important pour la production, affirme Perez Daniel :

« Les rivières servaient aussi de décharges ; de nombreuses rivières ont disparu en raison de l'activité industrielle, comme la rivière Santa Catarina à Monterrey <sup>71</sup> ».

- 63 Vers 1933, les activités de cette grande fonderie (*Fundidora*), au bord de la rivière *Santa Catarina* associées à une grande usine de bière (*Cevocería Cuauhtémoc*), s'est traduit par l'expansion des maisons ouvrières. Les quartiers les plus importants se situaient près des industries. Ces espaces d'habitats se mélangeaient aux routes, aux trains et aux vides immobiliers. Les ouvriers vivaient aux limites de la ville, au nord et au sud, ou au centre-ville. Les espaces occupés par les riches se sont peu à peu détériorés. Aujourd'hui, la rivière Santa Catarina souffre des déchets et de la déforestation sur son bassin versant <sup>72</sup> .

- 64 Perez Daniel, qui décortique les discours sur la modernité, remarque que la sphère publique a été responsable de la construction des espaces urbains aménagés, mais que la modernisation s'est maintenue en dépit des pratiques politiques. En 1861, le gouvernement avait créé l'*Alameda Escobedo*, avec une végétation exubérante, un espace pour marcher, se promener et rencontrer des gens. Casillas Zapata, Elizondo et Moreno <sup>73</sup> remarquent que ces espaces ont représenté les premiers terrains ouverts d'interaction sociale. Cependant, en 1886, la moitié de l'espace était occupé par un pénitencier et les autres partis du terrain avaient été vendus. Les mêmes auteurs observent qu'en plus de 50 ans, plusieurs places se

trouvèrent réduites en superficie, du fait de la construction de bâtiments publics (voir tableau 1).

Tableau 1 : Ville de Monterrey. Perte des espaces ouverts et verts (1886-1950)

Intervalle temporel	Espaces publics de Monterrey modifiés	Les réalisations spatiales par les maires
1886-1909	Alameda Mariano Escobedo. Plaza de Colón, Place Zuazua Place 5 Mai et Place Juárez	Pénitencier ; agence de voitures, marché Colón, marché Juárez, Palais du Gouvernement et École Primaire
1928-1950	Place de la République ; Place San Jacinto ; Place la Purísima et Place Bolívar	Modifications et ampliation des espaces routiers, École Primaire

Source : Casillas Zapata *et al.*, 2018, p.14-15.

65 Le paysage du centre-ville a changé avec la réduction des espaces verts. En 1980, un projet pour aménager le centre-ville a uni deux places avec 40 hectares pour offrir des pelouses vertes et des monuments. Nommée *Macroplaza*, elle comporte une plaque de béton qui recouvre la rivière *Santa Lucia*. Par contre, en 2007, le gouverneur d'État, José Natividad González Parás, améliora son image en construisant un canal artificiel d'une capacité de 12 000 000 litres simulant le cours initial de la rivière <sup>74</sup>. Mais comme l'explique Esparza Hernández, les gouvernements comprennent les plans de développement urbain comme des opportunités pour faire des affaires avec le secteur privé. En 1950, la rivière *Santa Catarina* a été canalisée et plusieurs palais ont été détruits pour construire deux grandes avenues au long de ses rives (*Constitución* et *Morones Prietro*), ce qui a diminué sa capacité hydrologique. Les constructions le long des rives ont disparu avec le passage de l'ouragan de 2010. Aujourd'hui, les projets d'enlèvement des espaces verts naturels de

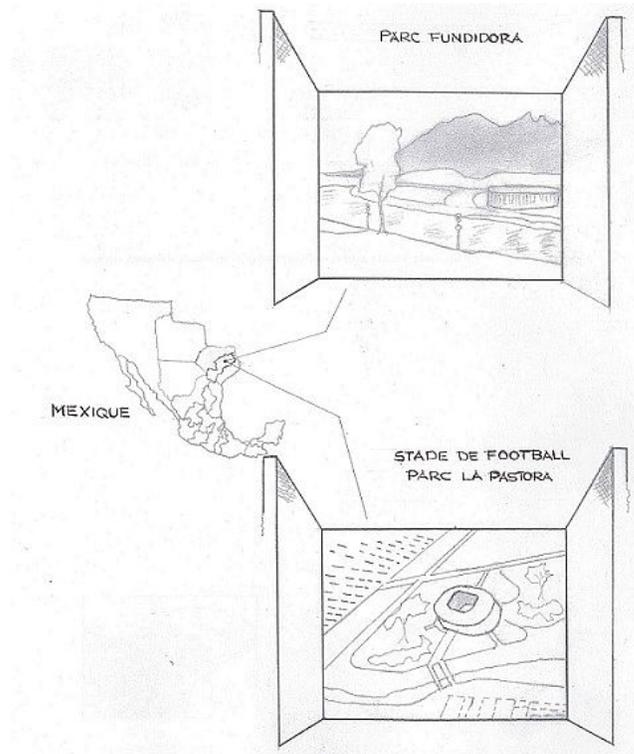
la *Macroplaza* pour faire des parkings de voitures et d'autres travaux, qui sont en cours de discussion, augmentent le déficit en espaces verts de la ville.

66 Le M.C. Rodrigo Medina de la Cruz n'a pas créé de nouveaux espaces naturels jusqu'à présent protégés comme leurs prédécesseurs, mais le 21 Décembre 2011 a été publié dans le Journal Officiel le décret d'extension du parc urbain *La Pastora* qui va augmenter de 13,65 hectares situés principalement dans les rives de la rivière La Silla, la seule rivière vivante dans la région métropolitaine. [...] il a accordé une concession à FEMSA-Coca-Cola pour occuper une superficie de 26 hectares de cette zone pendant 60 ans pour bâtir le stade de football du Club *Los Rayados*, une concession impossible d'être contestée par le mouvement écologiste [...], laquelle a causé des difficultés aux cours d'eau de la rivière La Silla et d'agrandir le déficit en espaces verts <sup>75</sup>. Coca Cola Femsa est aussi présent dans les espaces du Parc *Fundidora*. Fermée en 1986, l'industrie du fer et d'acier a connu une série de plans directeurs pour créer un parc écologique inauguré en 2001. Le Parc, selon la presse locale, a perdu ses caractéristiques d'espace public dans la mesure où il offre des amusements payants, accessibles à ceux qui ont un pouvoir d'achat élevé <sup>76</sup>.

67 En 2015, avec plus de 1 110 000 habitants et même 4,5 millions pour la grande Monterrey (Région Métropolitaine de Monterrey), la ville abrite, à la place de la fonderie, une superficie de 144 hectares, dont 80 hectares sont des espaces verts, avec 14 418 arbres, 23 sources d'eau, deux lacs et quatre terrains de stationnement payant. Des attractions payantes ont fait leur apparition avec le carrousel, la roue de la fortune, les bateaux du lac, les vélos, la *Cineteca*, les musées, et le patinage sur la glace. À l'intérieur du parc, le consommateur paye des frais supplémentaires. Divertissements

culturel, sportif, éducatif, écologique et commercial sont les fonctions du parc, et selon les parlementaires de l'État du *Nuevo León*, « le parc *Fundidora* en tant que poumon de notre zone métropolitaine » représente un espace vert majeur <sup>77</sup> .

Figure 3 : Parc Fundidora (FEMSA-Coca-Cola) et Parc La Pastora qui abrite le Stade de Football à Monterrey, Mexique.



Crédit personnel des auteurs.

## Fermer les fenêtres...

- 68 Les politiques urbaines et l'urbanisme du XX<sup>e</sup> siècle sont fortement liés à l'aménagement du territoire des villes par des plans de ville. L'idée de plans organiques, dans la perspective de l'organisation rationnelle des organes physiques et de la structure de fonctionnement du corps humain, a prévalu sur toutes les autres. Les volets environnementaux : l'air, l'eau et le sol, à partir des regards hygiénistes, sont perceptibles dans la forme des places, parcs et

jardins publics, qui se sont peu à peu transformés en espaces marqués par de forts enjeux politiques. Le désintérêt environnemental transparait à travers les conflits et alliances autour des projets de régénération urbains concentrés dans les mains des architectes et ingénieurs, surtout au niveau des centres-villes.

- 69 Nous sommes d'accord avec Charles Wright Mills (1916-1962), sociologue américain, quand il mentionne que le rationalisme n'assure plus la liberté ni la démocratie. La partie centrale de cette idée réside dans le manque de responsabilité des intellectuels envers les masses populaires, et le contrôle social des oligarques. D'autres auteurs nous ont aidé à établir des relations entre les concepts et les discours sur les espaces verts entre deux villes, confrontées à la fois à des industries et à des réserves biologiques en milieu urbain.
- 70 Les idéologies hygiénistes, modernistes et du développement urbain ont encouragé l'érosion progressive des valeurs de la démocratie, de la culture et du pacte social. Les rapports avec la réalité étaient éloignés de l'interprétation historico-politique la plus répandue dans la société. Il n'y avait pas d'efforts pour réfuter cette pensée dominante progressiste.
- 71 Les espaces verts disponibles ont désormais acquis différentes fonctions, comme apporter un équilibre, la biodiversité. Mais quel imaginaire garantissent les discours sur la durabilité et le patrimoine naturel, un imaginaire maîtrisé par la nature ou l'écologie, ou un imaginaire maîtrisé par l'être humain ? Nous, comme habitants et promeneurs au sein de ces villes, nous pouvons déplacer les limites de ces fenêtres historiques avec nos droits de citoyen et constater les nuances des orientations politiques et des arrangements institutionnels pour intervenir sur des projets urbains.
- 72 Travailler sur les représentations de la nature dans les villes, au profit de l'extension urbaine, implique d'éliminer les fragmentations

entre les diverses conceptions du territoire et les usages. De quelle manière les législateurs pourront-ils répondre aux interrogations collectives si les appareils administratifs centralisent le pouvoir ? Il faut que la population accède aux postes de représentation dans les quartiers pour éviter les actions qui, progressivement, se feraient au profit exclusif de certains groupes. Faire mordre la poussière aux plans de ville, c'est comme fermer les yeux sur les techniques d'orientation et de transformation des espaces verts <sup>78</sup>.

PINTO Monica, *Ambiente Brasil (2007). Exclusivo : Curitiba tem a primeira Reserva Particular do Patrimônio Natural Municipal-RPPNM do país*, 2007 ,  
<http://noticias.ambientebrasil.com.br/exclusivas/2007/11/20/34785-exclusivo-curitiba-tem-a-primeira-reserva-particular-do-patrimonio-natural-municipal-rppnm-do-pais.html>.

---

## BIBLIOGRAPHIE

ANTONI Robert Max (dir.). *De l'espace public. Séminaire Robert Auzelle. Art Public. Ministère du Logement et de l'habitat durable*, 2015,

[https://www.arturbain.fr/arturbain/dossiers/documents/G\\_2016\\_de\\_l\\_espace\\_public.pdf](https://www.arturbain.fr/arturbain/dossiers/documents/G_2016_de_l_espace_public.pdf).

ARALDO Filippi. *Les politiques de densification urbaine, utopie ou réalité ?* Master en Sciences et Gestion de l'Environnement, Université Libre de Bruxelles, 2010.

AURICOSTE Isabelle. « Urbanisme moderne et symbolique du gazon. » *Communications*, n°74, 2003, p.19-32.

AZUELA Antonio. « Sobre las nuevas condiciones en el acceso al suelo y en la regulación urbana en México », dans FERNANDES Edésio, ALFONSIN Betânia (dir.). *Direito urbanístico. Estudos brasileiros e internacionais*, Belo Horizonte Del Rey, 2006, p.111-138.

BANZO Mayté, « Structure verte et mise en cohérence de la périphérie métropolitaine de Lisbonne », *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 2007, p.109-124.

BAZANI Adamo. *Volvo confirma a entrega de 25 novos biarticulados para Curitiba em março*, *Diário do Transporte*, 2017, <https://diariodotransporte.com.br/2017/12/27/volvo-confirma-a-entrega-de-25-novos-biarticulados-para-curitiba-em-marco/>.

BERDOULAY Vincent, « Modernismo e espaço público: o Plano Agache do Rio de Janeiro », *Revista Território* , Ano VII, nº11, 12 et 13, 2003, p.123-132.

BURDETT Ricky, *Inégalités et urbanisation*, 2016, [www.oecd.org/fr/regional/inegalites-et-urbanisation.htm](http://www.oecd.org/fr/regional/inegalites-et-urbanisation.htm).

CASILLAS ZAPATA, Amanda Melissa, ELIZONDO María Teresa Ledesma, MORENO Carlos Estuardo Aparicio, « Conformación de áreas verdes y espacios abiertos en la transformación urbana de Monterrey del siglo XVII a inicios del siglo XXI », *Letras Históricas*, 2018, [www.letrahistoricas.cucsh.udg.mx/index.php/LH/article/download/6728/6305](http://www.letrahistoricas.cucsh.udg.mx/index.php/LH/article/download/6728/6305), p.1-32.

CONGRESO DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN, *Punto de acuerdo para solicitar comparecencia de director del parque fundidora*, 2016, [www.hcnl.gob.mx/glpvem/2016/10/punto-de-acuerdo-para-solicitar-comparecencia-de-director-del-parque-fundidora.php](http://www.hcnl.gob.mx/glpvem/2016/10/punto-de-acuerdo-para-solicitar-comparecencia-de-director-del-parque-fundidora.php).

DAVIS Diane, *El Leviatán urbano. La ciudad de México en el siglo XX*, Mexico, Distrito Federal, Fondo de Cultura Económica, 1999.

DOURADO Anisio Brasileiro de Freitas, « Développement urbain et transports collectifs au Brésil. Les enseignements de l'expérience de Recife et de Curitiba », *Sociologie*, 1991, [https://pastel.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/529422/filename/1991TH\\_BRASILEIRODEFREITASDOURADO\\_A\\_NS15716.pdf](https://pastel.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/529422/filename/1991TH_BRASILEIRODEFREITASDOURADO_A_NS15716.pdf)

DUBARLE Patrick, PELLEGRIN Jean-Pierre, *Politiques et pratiques d'aménagement du territoire au Brésil*, Paris, Datar, 2009-2010, <https://www.aeidl.eu/images/stories/pdf/datarbresil.pdf>

DUBOST Françoise, LIZET Bernadette, « La nature dans la cité », *Communications*, nº74, 2003, p.5-18.

DURAUD Bernard, « Et soudain Brasilia bouleversa l'urbanisme », *L'Humanité.fr*, 2012, [www.humanite.fr/culture/et-soudain-brasilia-bouleversa-l-urbanisme-510484](http://www.humanite.fr/culture/et-soudain-brasilia-bouleversa-l-urbanisme-510484).

EL HORIZONTE, *Acaparan privados áreas verdes de Parque Fundidora. Los directivos del parque estatal elevaron la frecuencia de eventos privados en la zona de las S's, que es su principal área verde*, 2016, <http://www.elhorizonte.mx/local/acaparan-privados-areas-verdes-de-parque-fundidora/1668391>.

EL HORIZONTE, *Parque Fundidora hace elitista diversión familiar. Con precios elevados, proveedoras de entretenimiento hacen su agosto a costa de la economía familiar*, 2014, <http://www.elhorizonte.mx/local/parque-fundidora-hace-elitista-diversion-familiar/838887>.

ESCUADERO Alejandrina, « Carlos Contreras : primer urbanista del siglo XX en México » *Revista Digital*, 2007, <http://discursovisual.net/dvweb08/diversa/divsemale.htm>.

ESCUADERO Alejandrina, SÁNCHEZ RUIZ, Gerardo G GARZA, Carlos Ríos, « Estudios Introdutorios », *Revista Planificación (1927-1936)*, Universidad Nacional Autónoma de México, 2018, [http://fa.unam.mx/editorial/wordpress/wp-content/Files/raices/RD07/contenidos/ESTUDIO\\_INTRODUCTORIO.pdf](http://fa.unam.mx/editorial/wordpress/wp-content/Files/raices/RD07/contenidos/ESTUDIO_INTRODUCTORIO.pdf).

ESPARZA HERNÁNDEZ, GERARDO Luis, Estudio del manejo y conservación del parque nacional Cumbres de Monterrey (PNCM), según decreto del 2000 bajo un enfoque de desarrollo sustentable basado en la participación ciudadana, Universidad Autónoma de Nuevo León, Instituto de Investigaciones Sociales, 2014, <http://eprints.uanl.mx/4057/>; <http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1080253674.PDF>.

FARIA Renata Pereira, « Plan Agache de Rio de Janeiro, capital federal de Brasil : urbanismo de excelencia en los años 20 », *Urbano*, vol.9, n°13, p.78-81, 2006, <http://docplayer.es/68076267-Urbano-universidad-del-biobio-issn-version-impresa-chile.html>.

FIGUEROA Jonás, *La arquitectura y el urbanismo en la América Latina del siglo XX*, Valencia, En Puncel Alfonso (Ed.), Universitat de Valencia, 1994.

MORADORES IMPEDEM OBRAS NA PRAÇA DO BATEL, *Folha de Londrina*, 2007, <https://www.folhadelondrina.com.br/cidades/moradores-impedem-obras-na-praca-do-batel-605274.html>.

GUTIÉRREZ C.J.J, « Planeación urbana en México : un análisis crítico sobre su proceso de evolución urbano », *Universidad del Bío Bío*, Vol.12, n°19, 2009, p.52-63.

ÍNDICE DE CIDADES VERDES DA AMÉRICA LATINA, *Avaliando o desempenho ambiental das principais cidades da América Latina*. Projeto de pesquisa realizado pela Economist Intelligence Unit, patrocinado pela Siemens, 2010, [https://www.siemens.com/entry/cc/features/greencityindex\\_international/br/pt/pdf/report\\_latam\\_pt\\_new.pdf](https://www.siemens.com/entry/cc/features/greencityindex_international/br/pt/pdf/report_latam_pt_new.pdf).

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA, Principales resultados del *Censo de Población y Vivienda 2010*, [http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/2010/princi\\_result/cpv2010\\_principales\\_resultadosI.pdf](http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/2010/princi_result/cpv2010_principales_resultadosI.pdf).

HASSLER Márcio Luís, *A natureza na cidade: Uma abordagem a partir da percepção da população acerca do Jardim Botânico de Curitiba-PR*, Mestrado em Geografia., Universidade Federal do Paraná, 2006, <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/3934/marcio%20hassler.pdf>.

HORTICULTURA URBANA Y PERIURBANA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. CIUDADES MÁS VERDES, *¿Ciudades de sufrimiento o*

de oportunidades?, 2018, <http://www.fao.org/ag/agp/greenercities/es/hup/index.html>.

KRISHNAMURTHY L., NASCIMENTO José Rente (eds.), *Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el Caribe*, 1998, [www.rivasdaniel.com/Pdfs/Areas\\_verdes\\_LatAmerica.pdf](http://www.rivasdaniel.com/Pdfs/Areas_verdes_LatAmerica.pdf).

LXXIV H. *Congreso del Estado de Nuevo León. (2016). Comparece director de Parque Fundidora*, [http://www.hcnl.gob.mx/sala\\_de\\_prensa/2016/11/comparece\\_director\\_de\\_parque\\_fundidora.php](http://www.hcnl.gob.mx/sala_de_prensa/2016/11/comparece_director_de_parque_fundidora.php)

LUCIO COSTA, *Le véritable père de Brasília, Lumière de la ville*, <https://lumieresdelaville.net/lucio-costa/>, 2016.

MARCHIORI Raphael, BORDIN Laura Beal, « Em 5 anos, Curitiba perdeu 20% dos passageiros de ônibus; tendência é piorar », *Gazeta do Povo*, 2017, <https://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/em-5-anos-curitiba-perdeu-20-dos-passageiros-de-onibus-tendencia-e-piorar-7qyt68u2nls4uxsmvgomombaf>.

MCMICHAEL C, « The Urban Development of Mexico City, 1850, 1930 », *Planning Latin America's Cities, 1850-1950*, 2002.

MEILLERAND Marie-Clotilde, *Les espaces verts dans les plans d'urbanisme de l'agglomération lyonnaise : des espaces verts à la ceinture verte*, Lyon, ENS-LSH, Séminaire GRAIQUE, 4 mars 2008, <http://pradis.ens-lsh.fr/>.

MONCEF Btissam, CARBONE Valentine, SOULEROT Marion, *Le management durable au cœur des organisations*, Paris, Lavoisier, 2011.

MONGIN Olivier, *Conférence sur l'élaboration du plan local d'urbanisme. Intégral du discours de M. Mongin*, tenu le 6 octobre 2010 à l'Hôtel de Ville de Neuilly-sur-Seine, <https://www.neuillysurseine.fr/files/neuilly/mairie/plu/discours-olivier-mongin.pdf>.

MONTIGNY Gilles, *De la ville à l'urbanisation*, Paris, Éditions L'Harmattan, 1992.

MORADORES ABRAÇAM, « A praça do Japao em protesto contra novoligeirao », *Gazeta do Povo*, 2018. Disponible à l'adresse : <https://www.gazetadopovo.com.br/curitiba/moradores-abracam-a-praca-do-japao-em-protesto-contrano-novo-ligeirao-evau9hiz6frkioel9xpl663yh>.

NASCIMENTO Karina Barros Freitas, *Áreas verdes e clima urbano: a função socioambiental dos imóveis de proteção de áreas verdes na cidade - Recife/PE, Brasil*. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011, <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/3027>.

OCDE, *Estudios de Políticas Urbanas de la OCDE : México Transformando la Política Urbana y el Financiamiento de la Vivienda*, 2015, <https://www.oecd.org/gov/sintesis-del-estudio-mexico.pdf>.

PAQUOT Thierry, « Ville et nature, un rendez-vous manqué ? », *Diogenè*, n°207, 2004, p.83-94.

PEREZ DANIEL Gustavo Héron, *Estudios de Historia Moderna y Contemporánea de México*, n°42, julio-diciembre 2011, p.75-108.

PÉREZ Javier Jiménez, CUÉLLAR Geraldo, TREVIÑO Eduardo, *Áreas verdes del municipio de Monterrey*, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Florestales, Ayuntamiento de Monterrey, Oct. 2013, p.1-21.

PÉREZ-MEDINA Susana, LÓPEZ-FALFÁN Ina, « Áreas verdes y arbolado en Mérida, Yucatán. Hacia una sostenibilidad urbana », *Sociedad y Territorio*, vol.XV, n°47, 2015, p.1-33.

PRATES Marco, *Curitiba é capital com mais carros por pessoa-veja ranking*, 2014, <https://exame.abril.com.br/brasil/curitiba-e-capital-com-mais-carros-por-pessoa-veja-ranking/>.

RAPPORT BRUNDTLAND, *Avant-propos, Notre avenir à tous, Avant-propos de la présidente*, 2018, [https://www.diplomatie.gouv.fr/sites/odyssee-developpement-durable/files/5/rapport\\_brundtland.pdf](https://www.diplomatie.gouv.fr/sites/odyssee-developpement-durable/files/5/rapport_brundtland.pdf), 2018.

RIVAS TORRES Daniel, *Planeación, espacios verdes y sustentabilidad en el Distrito Federal*. Universidad Autónoma Metropolitana, Tesis de doctor en diseño, 2005, <http://www.rivasdaniel.com/Espaciosverdes.pdf>.

SABOIA Luciana, « Brasilia et Oscar Niemeyer : le contexte politique et la dimension esthétique », *Cahiers d'Histoire*, n°109, 2009, p.27-54.

SÁNCHEZ RUIZ Gerardo, *Planificación y Urbanismo de la Revolución Mexicana*, Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco-Asamblea Legislativa del Distrito Federal, México, Distrito Federal, 2002.

SÁNCHEZ RUIZ Geraldo, « El arquitecto Carlos Contreras y la construcción de las bases para el desenvolvimiento de la ciudad de México. Los años 1925 a 1934 », *Diseño en Síntesis*, UAM-Azcapotzalco, México, n°13, 2002.

SÁNCHEZ RUIZ Gerardo (dir.), « Planificación y Urbanismo visionarios de Carlos Contreras, escritos de 1925 a 1938 », *Colección Raíces*, n° 2, 2003.

SOARES Antonio Carlos Lobo , *Impactos da urbanizacao sobre parques públicos : estudo de caso do parque zoobotanico do Museu Goeldi (Belém -PA )*, Dissertacao, Programa de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano da Universidade da Amazonia, Belém. 2009, <http://repositorio.museu-goeldi.br/bitstream/mgoeldi/1233/1>.

TONDE Alfred Jonas, *Rôle, importance et gestion des espaces verts dans la ville de Ouagadougou*, Mémoire de maîtrise, 1994, <http://www.beep.ird.fr>.

LONG Nathalie, TONINI Brice, « Les espaces verts urbains : étude exploratoire des pratiques et du ressenti des usagers », *Vertigo*, vol.12, n°2, sept. 2012, <https://journals.openedition.org/vertigo/12931>

VIZCAYA Isidro, Los orígenes de la industrialización de Monterrey. Una historia económica y social desde la caída del segundo imperio hasta el fin de La revolución 1867-1920, Monterrey, Fondo Editorial Nuevo León e Instituto Tecnológico de Monterrey, 2006.

ZAMORA Elia Canosa, POMBO, SAEZ Ester, BRASSART, SANABRIA Cristina, MORENCO Zavala Ignacio, « Metodología para el estudio de los parques urbanos : la Comunidad de Madrid », *Geofocus: Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, n°3, 2003.

## NOTES

1. *Índice de ciudades verdes da américa latina* , 2010.
2. AURICOSTE, Isabelle, *Urbanisme moderne et symbolique du gazon*, 2003, p.25.
3. PAQUOT Thierry, *Ville et nature, un rendez-vous manqué ?*, 2004, p.84.
4. AURICOSTE Isabelle, *Urbanisme moderne et symbolique du gazon*, 2003, p.19.
5. MONTIGNY Gilles, *De la ville à l'urbanisation*, Éditions L'Harmattan, 1992.
6. PAQUOT Thierry, *Ville...*, *op.cit .*, 2004, p.89.
7. DUBOST Françoise, LIZET Bernadette, « La nature dans la cité », *Communications*, 74, 2003, p. 6.
8. MONCEF Btissam, CARBONE Valentine, SOULEROT Marion, *Le management durable au cœur des organisations*, Paris, Lavoisier, 2011, p.214.
9. MONGIN Olivier, *Conférence sur l'élaboration du plan local d'urbanisme. Intégral du discours de M. Mongin, tenu le 6 octobre 2010 à l'Hôtel de Ville de Neuilly-sur-Seine*, 2010.
10. RAPPORT BRUNDTLAND, « Avant-propos, Notre avenir à tous », 2018, p.342.
11. MONGIN Olivier, *Conférence...*, *op. cit .*, p.1.
12. BANZO Mayté, *Structure verte et mise en cohérence de la périphérie métropolitaine de Lisbonne*, 2007.
13. BANZO Mayté, *Ibidem*, p.114.
14. ANTONI Robert Max (dir.), « De l'espace public », *Séminaire Robert Auzelle, Art Public*, Ministère du Logement et de l'habitat durable 2015, p.105.
15. TONDE Alfred Jonas, *Rôle et importance et gestion des espaces verts dans la ville de Ouagadougou*, Mémoire de maîtrise, 1994, p.29.
16. MEILLERAND Marie-Clotilde, *Les espaces verts dans les plans d'urbanisme de l'agglomération lyonnaise : des espaces verts à la ceinture verte*, Lyon, ENS-LSH, Séminaire GRAIQUE, 4 mars. 2008.

17. MEILLERAND Marie-Clotilde, *Ibidem*, p.8.
18. Le premier plan date de 1875, BERDOULAY, Vincent. *Modernismo e espaço público: o Plano Agache do Rio de Janeiro*, 2003.
19. Le pays a remplacé le régime politique républicain par la dictature du président Getúlio Vargas.
20. « Ainda que poucas realizações concretas tenham decorrido desse plano, sua influência perdurou pelas ideias que ele permitiu discutir (como a de zoneamento) e pelo primeiro grande código de obras editado em 1937 a partir do mesmo, que continua a inspirar a legislação urbanística atual », BERDOULAY Vincent, *Ibidem*, p.124.
21. « Aún así, muchas de sus proposiciones, aunque fragmentadas, fueron aprovechadas en la nueva legislación urbanística aprobada en 1937 (Decreto 6000) y en los estudios posteriores desarrollados por el Servicio Técnico del Plano de la Ciudad dirigido por José de Oliveira Reis. Es el caso, por ejemplo, de la urbanización del Jardín de Alá, nítidamente inspirada en las propuestas agachianas », FARIA Renata Pereira. *Plan Agache de Rio de Janeiro, capital federal du Bresil: urbanismo de excelencia en los años 20*, 2006, p.81.
22. LUCIO COSTA, « Le véritable père de Brasilia », *Lumière de la ville*, 2016.
- 23. SABOIA Luciana, *Brasilia et Oscar Niemeyer: le contexte politique et la dimension esthétique*, 2009, p. 42.**
24. DUBARLE Patrick, PELLEGRIN Jean-Pierre, *Politiques et pratiques d'aménagement du territoire au Brésil*.
25. LONG Nathalie, TONINI Brice, *Les espaces verts urbains : étude exploratoire des pratiques et du ressenti des usagers*, 2012, p.1.
- 26.« El concepto de 'ciudades verdes' -con capacidad de recuperación, autosuficiencia y sostenibilidad social, económica y ambiental- se suele asociar a la planificación urbana en los países más desarrollados. Indica una eco-arquitectura de alta tecnología, rutas arboladas para las bicicletas e industrias de 'circuito cerrado' que no producen desechos. Sin embargo, tiene una aplicación especial y dimensiones sociales y económicas considerablemente diferentes en los países en desarrollo de bajos ingresos. Allí, los principios centrales de unas ciudades más verdes pueden orientar un desarrollo urbano que garantice la seguridad alimentaria, un trabajo e ingresos dignos y una buena gobernanza para todos los ciudadanos » (*Horticultura urbana y periurbana. organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. ciudades más verdes ¿ Ciudades de sufrimiento o de oportunidades ?*, 2018).
27. Emplasa. Empresa paulista de planejamento metropolitano. Sobre a RMSP. Disponible à l'adresse: <https://www.emplasa.sp.gov.br/RMSP>.
28. « Considera-se área verde de domínio público, para efeito desta Resolução, o espaço de domínio público que desempenhe função ecológica, paisagística e recreativa, propiciando a melhoria da qualidade estética, funcional e ambiental da cidade, sendo dotado de vegetação e espaços livres de impermeabilização. »

29. NASCIMENTO Karina Barros Freitas, *Áreas verdes e clima urbano: a função socioambiental dos imóveis de proteção de áreas verdes na cidade - Recife/PE, Brasil*, Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.
30. PINTO Monica, *Ambiente Brasil Exclusivo : Curitiba tem a primeira Reserva Particular do Patrimônio Natural Municipal - RPPNM do país*, 2007. *A RPPNM Cascatinha nasceu do esforço de moradores do bairro de Santa Felicidade, na zona oeste de Curitiba. « Aqui nós temos uma característica ímpar, de união entre os canais de comunicação e representação em prol dos interesses do bairro », diz o proprietário da reserva, Eurico Borges dos Reis, morador há cerca de 30 anos ».*
31. DOURADO Anísio Brasileiro de Freitas, « Développement urbain et transports collectifs au Brésil. Les enseignements de l'expérience de Recife et de Curitiba », *Sociologie*, 1991, p.283.
32. « A decisão da prefeitura de Curitiba de reajustar a tarifa do transporte coletivo com índice maior do que o dobro da inflação deve dificultar ainda mais a tarefa de reverter a tendência de queda no total de passageiros transportados pelo sistema da cidade. De 2011 para 2016, o total de passageiros pagantes caiu de 246,8 milhões por ano para 211 milhões - redução de 20%. E a projeção é de nova queda para 2017 ». MARCHIORI Raphael, BORDIN Laura Beal, « Em 5 anos, Curitiba perdeu 20% dos passageiros de ônibus; tendência é piorar », *Gazeta do Povo*, 2017.
33. Uber est une application mobile qui met en relation directe les utilisateurs avec des voitures de tourisme avec chauffeur. Voir <https://fr.softonic.com/articles/uber-vtc-cest-quoi>.
34. PRATES Marco, *Curitiba é capital com mais carros por pessoa-veja ranking*. 2014.
35. BAZANI Adamo, « Volvo confirma a entrega de 25 novos biarticulados para Curitiba em março », *Diário do Transporte*, 2017.
36. « Obra do Ligeirão começa nesta segunda e deve deixar trânsito lento na Praça do Japão », *Gazeta do Povo*, 2018.
37. « Com faixas com o slogan 'S.O.S Praça do Japão' e balões vermelhos nas mãos, moradores do entorno da Praça do Japão, em Curitiba, se juntaram em um abraço simbólico no local nesta manhã de domingo (18). A manifestação tem o objetivo de chamar a atenção para as alterações causadas pela implantação da nova linha Ligeirão no local. De acordo com os manifestantes, a mudança irá complicar o acesso à praça e torná-la mais perigosa principalmente para os idosos e crianças que costumam frequentá-la ».
38. SOARES Antonio Carlos Lobo, *Impactos da urbanização sobre parques públicos : estudo de caso do parque zoobotânico do Museu Goeldi (Belém -PA)*, Dissertação, Programa de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano da Universidade da Amazonia, Belém, 2009.
39. « Em 1977, a vegetação do parque já estava isolada de outros maciços verdes encontrados no centro das quadras, correspondendo aos quintais dos lotes com frente para as vias. Assinalam-se, em 1998, os quatro edifícios na Tv. Nove de Janeiro e um na Av. Alcindo Cacela, que passaram a sombrear o PZB (Parque Zoobotânico) ». *Ibidem*, p.109.

40. « Essa participação inferior a 40% em um primeiro momento reforça a informação dos jornais da época de que a maior parte da população estava indiferente ao processo decisório de mudança, demonstrando mais uma vez a apatia e complacência da maioria da população curitibana diante das mudanças realizadas pela prefeitura ». HASSLER Márcio Luís, *A natureza na cidade: Uma abordagem a partir da percepção da população acerca do Jardim Botânico de Curitiba-PR*, Dissertação, Curso de Mestrado em Geografia, Universidade Federal do Paraná, 2006, p.77.
41. « Curitiba - Pouco depois que a Prefeitura de Curitiba iniciou as obras para dividir ao meio a Praça Miguel Couto, a Pracinha do Batel, ontem de manhã, cerca de 50 moradores e comerciantes se dirigiram ao local para impedir o trabalho das motosserras e tratores. Entre eles estava Rafael Xavier, de 26 anos, bacharel em Direito e morador, há dez anos, das redondezas. O jovem se colocou diante do trator e as outras pessoas se posicionaram na frente das motosserras para evitar que a praça centenária fosse demolida ». MORADORES IMPEDEM OBRAS NA PRAÇA DO BATEL, *Folha de Londrina*, 2007.
42. *Ibidem* .
43. FIGUEROA Jonás, « La arquitectura y el urbanismo en la América Latina del siglo XX », dans EN PUNCEL Alfonso (Ed.), *Las ciudades de América Latina: problemas y oportunidades*. Universitat de Valencia, 1994.
44. GUTIÉRREZ C.J.J, « Planeación urbana en México: un análisis crítico sobre su proceso de evolución urbano », *Universidad del Bío Bío*, Vol.12, n°19, 2009, p.55.
- 45.DAVIS Diane E, *El Leviatán urbano. La ciudad de México en el siglo XX*. México, Distrito Federal: Fondo de Cultura Económica, 1999.
- 46.*Inégalités et urbanisation*. 2016. Disponible à l'adresse : <http://www.oecd.org/fr/regional/inegalites-et-urbanisation.htm>.
- 47.KRISHNAMURTHY L., NASCIMENTO José Rente (eds.). *Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el Caribe*, 1998. Disponible à l'adresse : [www.rivasdaniel.com/Pdfs/Areas\\_verdes\\_LatAmerica.pdf](http://www.rivasdaniel.com/Pdfs/Areas_verdes_LatAmerica.pdf).
48. BURDETT Ricky, *Inégalités et urbanisation*, 2016, p. 1.
- 49.*Estudios de Políticas Urbanas de la OCDE : México Transformando la Política Urbana y el Financiamiento de la Vivienda*, 2015.
50. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, *Principales resultados del Censo de Población y Vivienda 2010*.
51. GUTIERREZ C.J.J., « Planeación ... », *op.cit.*, 2009.
52. Le bassin endoréique verse ses eaux superficielles ou non dans une dépression fermée. Alors, l'eau y retenue peut sortir seulement par infiltration ou évaporation.
53. RIVAS TORRES Daniel, *Planeación, espacios verdes y sustentabilidad en el Distrito Federal*. Universidad Autónoma Metropolitana. Tesis de doctor en diseño. 2005, p.2.
54. MCMICHAEL C., « The Urban Development of Mexico City, 1850, 1930 » , dans ALMANDOZ Arturo (Ed.). *Planning Latin America's Cities, 1850-1950* , Londres, Routledge, 2002.

55. DAVIS Diane E, *El Leviatán urbano. La ciudad de México en el siglo XX*. México, Distrito Federal: Fondo de Cultura Económica, 1999.
56. SÁNCHEZ RUIZ Gerardo, *Planificación y Urbanismo de la Revolución Mexicana*, Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco-Asamblea Legislativa del Distrito Federal, México, Distrito Federal, 2002 ; *El arquitecto Carlos Contreras y la construcción de las bases para el desenvolvimiento de la ciudad de México. Los años 1925 a 1934*, Diseño en Síntesis, UAM-Azcapotzalco, México, 2002, n°13 ; « Planificación y Urbanismo visionarios de Carlos Contreras, escritos de 1925 a 1938 », *Colección Raíces*, n°2. Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco y Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 2003.
57. GUTIERREZ C.J.J., « Planeación ... », *op.cit.*, 2009.
58. SÁNCHEZ RUIZ, cité dans RIVAS TORRES Daniel, *Planeación, espacios verdes y sustentabilidad en el Distrito Federal*, Universidad Autónoma Metropolitana. Tesis de doctor en diseño, 2005, p.2.
59. « Las propuestas de traza de Contreras para el Distrito Federal fueron, con los años, adoptándose: los circuitos interior y exterior, las grandes avenidas que lo cruzaban (por ejemplo, los ejes viales), la main street, que iba a ser la avenida San Juan de Letrán (de Tlalnepantla al arranque de la carretera a Cuernavaca) que terminó siendo Insurgentes, el metro del cual hizo, en 1949, los primeras negociaciones y trazos, y la urbanización El Pedregal, obra del arquitecto Luis Barragán, del cual dibujó el fraccionamiento sobre fotografías aéreas », ESCUDERO Alejandrina, « Carlos Contreras... », *op.cit.*, 2007, p.4.
60. GUTIÉRREZ C.J.J., « Planeación ... », *op.cit.*, 2009.
61. Offre des logements compatibles au pouvoir d'achat de chaque personne.
62. GUTIÉRREZ C.J.J., « Planeación ... », *op.cit.*, 2009.
63. GUTIÉRREZ, C.J.J., *Ibidem*.
64. « En 1988, se produjo un nuevo desarrollo legislativo en la tendencia de acumulación normativa que venimos señalando. Se trata de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), que constituye el primer intento de regular la cuestión ambiental en su conjunto, desde los efectos de las actividades industriales hasta la operación de las áreas naturales protegidas. Una vez más, con la pretensión de la integralidad ». AZUELA Antonio, « Sobre las nuevas condiciones en el acceso al suelo y en la regulación urbana en México », dans FERNANDES Edésio, ALFONSIN Betânia (coord.), *Direito urbanístico. Estudos brasileiros e internacionais*, Belo Horizonte: Del Rey, 2006, p.132.
65. ZAMORA Elia Canosa, POMBO Ester Sáez, BRASSART S., SANABRIA Sanabria, MORENCO Zavala Ignacio, « Metodología para el estudio de los parques urbanos: la Comunidad de Madrid », *Geofocus : Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica* , n°3, 2003.
66. PÉREZ-MEDINA Susana, LÓPEZ-FALFÁN Ina, « Áreas verdes y arbolado en Mérida, Yucatán. Hacia una sostenibilidad urbana », *Sociedad y Territorio*, Vol.XV, n°47, p.1-33, 2015.

67. « Por lo tanto, en la ciudad de Monterrey se cuenta con 6.2 m2 de área verde por habitante. Este resultado no puede ser interpretado como superior a los 4.8 m2 reportados por Roccatti (2004) ya que debe tenerse en cuenta que la mayoría de las áreas verdes se concentran en el sur y poniente de Monterrey, lo que las torna en zonas prácticamente inaccesibles para los habitantes del centro y norte de la ciudad », PÉREZ Javier Jiménez, CUÉLLAR Geraldo, TREVIÑO Eduardo, *Áreas verdes del municipio de Monterrey*, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Florestales, Ayuntamiento de Monterrey, Oct. 2013, p.1-21.

68. « Sin embargo, su configuración inicial y la falta de un plan de desarrollo inicial hacen prácticamente imposible la creación de nuevas áreas verdes », *Ibidem*, p.7.

69. SÁNCHEZ RUIZ Gerardo, *Ibidem*.

70. « Para lograr una de las finalidades de la planificación se consideraba necesaria alguna forma de control sobre la propiedad pública y privada. Hasta ese momento sólo se contaba con una primera ley para Monterrey, preparada por Carlos Contreras, cuando Aarón Sáenz era gobernador de Nuevo León. » ESCUDERO Alejandrina, SÁNCHEZ RUIZ, Gerardo G GARZA, Carlos Ríos, « Estudios Introdutorios », *Revista Planificación (1927-1936)*, Universidad Nacional Autónoma de México, 2018, p.49.

71. « Los ríos servían a la vez como vertedero de desechos; muchos ríos desaparecieron por la actividad industrial, como el río Santa Catarina en Monterrey ». La ville de Monterrey, en 1930 avait une population de 148.000 personnes et un territoire de 1.780 hectares, PEREZ DANIEL Gustavo Héron, *Estudios de Historia Moderna y Contemporánea de México*, n°42, julio-diciembre 2011, p.83.

72. ESPARZA HERNÁNDEZ Luis Gerardo, *Estudio del manejo y conservación del Parque Nacional Cumbres de Monterrey (PNCM), según decreto del 2000 bajo un enfoque de desarrollo sustentable basado en la participación ciudadana*. Tesis. Universidad Autónoma de Nuevo León. Instituto de Investigaciones Sociales, 2014.

73. CASILLAS ZAPATA Amanda Melissa, ELIZONDO María Teresa Ledesma, MORENO Carlos Estuardo Aparicio, « Conformación de áreas verdes y espacios abiertos en la transformación urbana de Monterrey del siglo XVII a inicios del siglo XXI », *Letras Históricas*, 2018, p.1-32.

74. « [Él] inauguró el paseo Santa Lucía en el mes de septiembre de 2007 ; sobresale la construcción del pabellón ciudadano y un canal artificial de agua clorada con una capacidad de 12'000,000 de litros simulando el río Santa Lucía, que en parte quedó sepultado por el canal y por la plancha de concreto de la macropiazza construida durante el mandato del gobernador el C. Alfonso Martínez Domínguez », ESPARZA HERNANDEZ Luis Gerardo, *Estudio...*, op.cit., 2014, p.149.

75. « El M.C. Rodrigo Medina de la Cruz no ha creado hasta el momento nuevas áreas naturales protegidas como sus antecesores, pero el 21 de diciembre de 2011 publicó en el Diario Oficial el decreto de ampliación del parque urbano La Pastora que aumentará en 13.65 ha ubicadas fundamentalmente en el lecho del río La Silla, el único río vivo en el AMM. Este parque será administrado y manejado por un consejo ciudadano. Al poco tiempo le otorgó en concesión a FEMSA-Coca Cola una superficie de 26 ha de esta zona por 60 años para construir el estadio de futbol del Club Los Rayados, concesión que no

*fue posible revertir por el movimiento ecologista (Figura 68) pese a que argumenta graves daños al río La Silla y el aumento del déficit de áreas verdes », Ibidem, p.151.*

**76.** EL HORIZONTE, *Acaparan privados áreas verdes de Parque Fundidora. Los directivos del parque estatal elevaron la frecuencia de eventos privados en la zona de las S's, que es su principal área verde, 2016 ; Parque Fundidora hace elitista diversión familiar. Con precios elevados, proveedoras de entretenimiento hacen su agosto a costa de la economía familiar, 2014.*

**77.** *Punto de acuerdo para solicitar comparecencia de director del parque fundidora.* Disponible à l'adresse: <http://www.hcnl.gob.mx/glpvem/2016/10/punto-de-acuerdo-para-solicitar-comparecencia-de-director-del-parque-fundidora.php>.

**78.** Expression datée du XVII<sup>e</sup> siècle, qui fait référence aux combats de lutte sur le sable ou la terre. Le perdant était celui qui était à terre.

---

## RÉSUMÉS

Quoique l'image du « vert naturel » demeure un élément important du paysage urbain, la fonction des espaces verts a changé de même que les termes qui les désignent. En prenant appui sur deux études de cas, Curitiba au Brésil et Monterrey au Mexique, cet article analyse les conflits en cours autour de la conception des espaces verts urbains. Les choix politiques pour les redynamiser et les équiper en infrastructures et constructions conduisent (1) à leur transformation en espace de consommation, ce qui peut avoir des conséquences néfastes pour la ville, ou (2) à une réduction de leur rôle récréatif et écologique, pour la gestion de l'eau, de l'air, de la température et de la biodiversité. En croisant références bibliographiques et informations recueillies lors des visites in situ, nous sommes arrivés à cette conclusion que les espaces verts urbains sont actuellement menacés de disparition et cela alors qu'ils devraient représenter un patrimoine environnemental et faire partie des objectifs de la soutenabilité. La bataille continue pour renverser la tendance à ne plus les concevoir comme espace public, à les réduire en taille ou à les éliminer du tissu urbain.

The twentieth century town planning is strongly linked to territory development. For city technician designers, the environmental flap was first present in the form of squares, parks and gardens. Thus, the modern came, carrying the hygienist ideology, a restorative virtue of health and well-being, and at the same time, the mutation of human nature. Despite the image of natural green remained as an important element of the urban landscape, the functions of these spaces have changed and also the terms that named them, some

recovered from biology, such as ecology, sustainable green spaces and other. The context of this article takes up the political conflicts regarding urban green spaces' design concepts as public spaces appropriate for citizens. The political choices to revitalize and equip them with infrastructures and constructions, punctuated by agreements with the private sector, present two views on the urban windows : (1) transformation of the green space into consumption space, which can have harmful consequences for the city, or (2) burn to ashes of their amusement role, water supply, air, temperature, and biodiversity. Who are the political actors responsible for maintaining its value, cleanliness and usefulness? To reflect on this question, as by looking through historical windows and visual sequences, we rely on two case studies: Curitiba in Brazil, and Monterrey in Mexico. Using the bibliographic references obtained, and compilation of information collected by the authors, during visits to the sites and learning to look at the city, we conclude that the roles of public green spaces available in cities are more defined today by its different functions, and that they are threatened with extinction and no longer being part of ecosystems. We believe that although green spaces are more associated with public and private interests, maintenance and amusement than with hygienist thinking and the macrocosm of human nature, they may be part of the goals of sustainability and represent an environmental heritage. The battle continues to reverse the political trends of no longer conceiving them as public space, to reduce them in size or to eliminate them from the urban space.

## INDEX

**Mots-clés** : histoire des techniques, urbanisme, ville, soutenabilité, patrimoine environnemental

**Keywords** : history of technology, urban planning, town, sustainability, urban ecosystem, environmental heritage

**Thèmes** : Horizons internationaux

## AUTEURS

MACLOVIA CORRÊA-DA-SILVA

Titulaire d'un doctorat en Structures Environnementales et Urbaines de la Faculté d'Architecture et Urbanisme de l'Université de Sao Paulo et d'une maîtrise en Histoire du Brésil de l'Université Fédérale de Paraná, Maclovia Corrêa da Silva est depuis 1994 professeur à l'Université Technologique Fédérale du Paraná, à Curitiba (Brésil), dans le

cadre du Programme de Master et Doctorat en Technologie et Société (UTFPR-PPGTE-Brésil). Elle est référente pour l'UTFPr du master Erasmus Mundus TPTI, dont elle a été *Visiting Scholar* à l'Université Paris 1 Panthéon Sorbonne. Elle participe au programme de recherche Technologie et Développement de l'UTFPr.

#### MARIA-EUGENIA GONZÁLEZ-ÁVILA

Docteur en Gestion et Utilisation des Ressources Naturelles par le Centre de Recherche Biologique du Nord-est (CIBNOR), Maria Eugenia Gonzalez-Ávila est biologiste à l'Université Nationale Autonome du Mexique (UNAM) à Mexico. Depuis 2007, elle est professeur-chercheur titulaire "B" et actuellement coordinatrice du programme de maîtrise en gestion intégrée de l'eau au Collège de la Frontière Nord (Monterrey). Ses domaines de recherche sont les impacts environnementaux transfrontaliers et la durabilité urbaine avec un accent mis sur l'eau, l'énergie et les déchets. En 2009, elle a été distinguée par le Fellow El Colegio de México du programme LEAD-Mexico Generation 14. Elle appartient actuellement au Système national de chercheurs, niveau 1, et est un évaluateur agréé : RCEA-05-00002-2008.