



HAL
open science

Métamorphoses diagrammatiques et rythmes expérientiels : la pratique visuelle des scientifiques dans l'analyse de données en virologie

Estelle Chaillat

► To cite this version:

Estelle Chaillat. Métamorphoses diagrammatiques et rythmes expérientiels : la pratique visuelle des scientifiques dans l'analyse de données en virologie. Sciences de l'information et de la communication. Université Paris-Saclay, 2024. Français. NNT : 2024UPASK001 . tel-04831157

HAL Id: tel-04831157

<https://theses.hal.science/tel-04831157v1>

Submitted on 11 Dec 2024

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

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

Métamorphoses diagrammatiques et rythmes expérientiels : la pratique visuelle des scientifiques dans l'analyse de données en virologie

*Diagrammatic transformation and lived rhythms : scientists visual practice
in virology data analysis*

Thèse de doctorat de l'université Paris-Saclay

École doctorale n°629 : Sciences sociales et humanités (SSH)
Spécialité de doctorat : Design
Graduate School : Humanités et Sciences du Patrimoine
Réfèrent : ENS Paris-Saclay

Thèse préparée dans l'unité de recherche **Centre de Recherche en Design
(Université Paris-Saclay, ENS Paris-Saclay)**,
sous la direction de **Annie GENTÈS**, Professeure des Universités, CY Ecole de Design
la co-direction de **Uriel HAZAN**, Professeur des Universités, ENS Paris-Saclay
le co-encadrement de **Anne LEFEBVRE**, Maîtresse de Conférence, ENS Paris-Saclay

Thèse soutenue à **ENSCI Les Ateliers**, le **27 février 2024**, par

Estelle CHAILLAT

Composition du Jury

Membres du jury avec voix délibérative

Michela DENI Professeure des Universités, Université de Nîmes	Présidente
Catherine ALLAMEL-RAFFIN Professeure des Universités, Université de Strasbourg	Rapporteur & Examinatrice
Fabienne MARTIN-JUCHAT Professeure des Universités, Université Grenoble Alpes	Rapporteur & Examinatrice
Béatrice CAHOUR Chercheuse CNRS, Télécom Paris IPP	Examinatrice

Titre : Métamorphoses diagrammatiques et rythmes expérientiels : la pratique visuelle des scientifiques dans l'analyse de données en virologie

Mots clés : pratiques visuelles, médiation, images scientifiques, diagrammes, activité, analyse

Résumé : Cette thèse propose de considérer que la transformation des données scientifiques en informations pertinentes pour la recherche, en tant qu'elle est réalisée au travers de la manipulation de formats visuels, est un phénomène pratique de médiation. Ce phénomène articule des dimensions temporelles, affectives et perceptuelles avec des opérations matérielles et des propriétés sémiotiques. Dans ce cadre, il s'agit de décrire et de qualifier la relation phénoménologique tissée entre les formats visuels, le scientifique qui les manipule et les données qu'ils imagent d'un point de vue matériel et expérientiel. Cette recherche prend place dans le domaine de la microbiologie et doit nous permettre de mieux comprendre comment les formats visuels soutiennent le travail d'exploration sémantique des données par les scientifiques.

Pour ce faire, la recherche entreprise mobilise une approche ethnographique afin d'observer in situ les pratiques des scientifiques au travail d'analyse de leurs données expérimentales et d'en décrire le déroulé. Elle se concentre sur les activités d'analyse individuelle sur ordinateur. Pour rendre compte finement des pratiques visuelles des scientifiques comme expérience sensible, temporelle, interactive et matérielle, nous avons mis en place une méthode de récolte et d'analyse des données du terrain en « articulation fine » qui permet d'en intégrer le caractère à la fois diachronique et synchronique. Afin d'explorer nos trois études de cas, nous mettons en dialogue trois types de matériaux récoltés sur le terrain. L'enjeu est de pouvoir analyser dialogiquement le « vécu expérientiel » des acteurs, la dimension procédurale de l'activité (tâche, opérations, actions) et les manipulations matérielles des formats visuels au cours (diachronique) de l'activité. Pour ce faire, une analyse thématique de transcriptions d'entretiens d'explicitation est croisée à une analyse procédurale de l'activité réalisée par transcription pictographique des actions et de leurs effets visuels.

Il s'agit alors de mener une réflexion sur la relation phénoménologique entre formats visuels et scientifiques au travail. D'une part, cette relation apparaît relever d'une « économie de l'attention » qui permet à l'activité de se poursuivre grâce à la dynamisation du processus d'analyse, lui-même rythmé par une alternance de phases « machinales » et « réflexives » qui se rapportent à des postures adoptées par le scientifique. En nous appuyant sur les travaux de Donald Schön, nous montrons que cette alternance permet au scientifique de gérer la complexité de son activité pratique : elle est soutenue par la réactivité des formats visuels avec lesquels le scientifique « converse » et qui actualisent chez lui une capacité de projection pratique et émotionnelle. Cette dynamique conversationnelle met en avant l'importance de la manipulabilité des formats visuels pour l'analyse et leur valeur de médium : les images permettent d'explorer les objets d'étude par des expérimentations sémiotiques. Nous indiquons que cette manipulabilité repose sur le régime « diagrammatique » des formats visuels mobilisés en analyse. Les visuels indexent certaines relations structurelles des objets qu'ils aident à renseigner à leurs éléments morphologiques, constitué en système notationnel modulable. Nous montrons que dans l'activité, des « coupures sémiotiques » peuvent se produire : elles dévoilent que le scientifique travaille activement à maintenir la « diagrammaticité » des images scientifiques afin d'assurer à leurs images et leur analyse une « valeur scientifique ». Cet entretien se réalise par des explorations diverses menant à des compromis sur la base de tâtonnements : le phénomène de médiation apparaît alors comme le fruit d'une expérience progressive au long de l'activité qui souligne sa dimension émergente, matérielle et expérientielle.

Title : Diagrammatic transformation and lived rhythms : scientists visual practice in virology data analysis

Keywords : visual practices, mediation, scientific images, diagrams, activity, analysis

Abstract : This thesis considers that the transformation of scientific data into information, through the manipulation of visual displays, is a practical phenomenon of mediation. It articulates temporal, affective, and perceptual dimensions. We propose to analyze this phenomenon from a material and experiential point of view: we aim at describing and qualifying the relationships between visual displays, the datas imaged and the lived experience of the scientist who manipulates them. This research, which takes place in the field of microbiology, aim to better understand how visual displays support semantic exploration of experimental datas by scientists.

To do so, we articulate an ethnographic approach to observe the practices of scientists and describe their individual analysis activities on computer. Our first contribution is empirical. To account for the unfolding visual practices of scientists as a temporal, interactive and material experience, we propose a method that allows to integrate both its diachronic and synchronic character. The second contribution of this thesis is methodological : our corpus is made up of three case studies and articulate three types of materials collected from our fieldwork (video and audio recording of the activity, recording of computer screen, and elicitation interviews). This method aim at articulating and analyze together the "lived experience" of the scientists, the procedural dimension of the activity (tasks, operations, actions), and the morphological evolution of the visual formats over the course of the activity. We analyze our datas by bridging a thematic analysis of our elicitation interviews with a procedural analysis transcribed through a pictographic transcription method which reflects both the actions carried out during the activity and their effects on the visuals's morphology.

In terms of theoretical contributions, we articulate a reflexion about the phenomenological relationship between visual displays and scientists as it allows mediation to takes place. Our analysis shows that this relationship organize an "economy of attention" that sustain the ongoing activity by means of a dynamisation of it's temporal unfolding, rythmed by an alternation of "machinic" and "reflexive" phases. Elaborating on Donald Schön's epistemology of practice, we show that this alternation allows the scientist to manage the complexity of their practical activity through a "conversational" collaboration with visual displays. We characterize this dynamisation of the analyzing process as a result of the reactive nature of visual displays that operate a capacity for practical and emotionnal projection on the scientist part. This collaboration point the importance of the manipulability of visual displays and characterize them as medium through which scientists can elaborate semiotic experimentations. We show that this manipulability is conditionned by visual displays's diagrammatic nature. Visual displays index proprieties of the scientist's object of interest to their morphological elements which in turn are malleable in practice. We identify "semiotic breach" during practice that disclose the active participation of the scientist to sustain this diagrammatic operativity in order to ensure a "scientific value" for their analysis and their images. This active participation involve multiple semiotic explorations that progressively allows scientists to reach compromises. The practical phenomenon of mediation appears as progressive and dynamic processus, highlighting it's emergent, material and experiential nature.

FINANCEMENT DE THÈSE



université
PARIS-SACLAY

This work is supported by a public grant overseen by the French National research Agency (ANR) as part of the « Investissement d'Avenir » program, through the "IDI 2017" project funded by the IDEX Paris-Saclay, ANR-11-IDEX-0003-02



La thèse a aussi bénéficié d'un prolongement de financement de thèse par *prolongation de Contrat sur le budget département SES Télécom Paris (Octobre-Décembre 2020)*

LABORATOIRES

Pour des raisons d'ordre administratif, cette thèse a été menée dans deux laboratoires.



CODESIGN LAB
& MEDIA STUDIES



De octobre 2017 à octobre 2021, au laboratoire Institut Interdisciplinaire de l'innovation (i3) UMR 9217, dans l'équipe du CoDesign Lab & Media Studies, sous la tutelle de Télécom Paris.

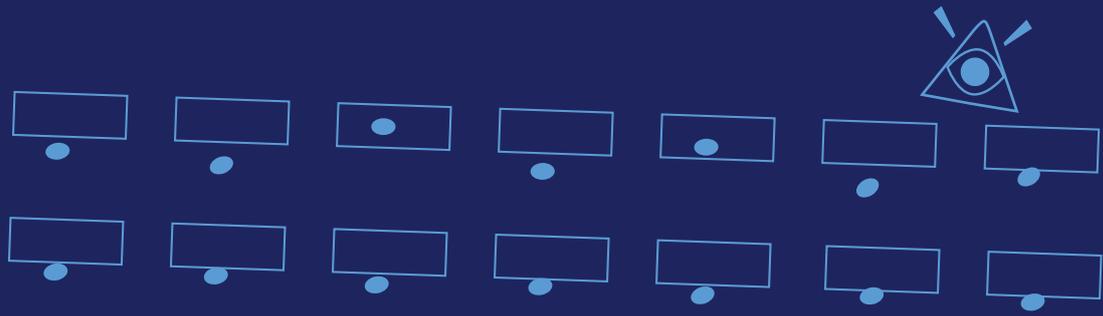


école
normale
supérieure
paris-saclay

université
PARIS-SACLAY

ENSCI
LES ATELIERS

De octobre 2021 à 2024 au laboratoire Centre de recherche en design (CRD) EA 201923272, sous la tutelle de l'ENS Paris-Saclay et de l'ENSCI.



Métamorphoses diagrammatiques et rythmes expérientiels :

la pratique visuelle des scientifiques dans
l'analyse de données en virologie

Estelle Chaillat

Thèse de doctorat,
dirigée par Annie Gentès,
co-dirigée par Uriel Hazan
et co-encadrée par Anne Lefebvre

Remerciements

Cette thèse est le fruit d'un travail collaboratif : sans la présence et l'investissement des personnes que je remercie ici, cette thèse n'aurait pas eu de sens ni été possible.

Annie, pour avoir accepté sans aucune hésitation de diriger cette thèse, pour ton investissement toujours bienveillant, pour tout le temps que tu as consacré à m'investir moi-même dans mon travail de recherche, mais aussi pour les précieuses leçons de vie sur le *care*, l'amour et la générosité ainsi que cette échappée belle au bord d'un lac de montagne, je ne te remercierai jamais assez.

Uriel, pour avoir toujours continué avec le sourire à m'apprendre avec exigence ce qu'est la biologie et particulièrement la virologie et pour n'avoir jamais cessé de porter un regard bienveillant sur ma recherche, je te remercie profondément.

Anne, pour m'avoir encouragée à poursuivre vers la thèse et pour m'avoir soutenue dans les démarches que cela incombaient, pour les échanges aux Zéphyr et ta gentillesse, tu as tous mes remerciements.

À l'équipe du CoDesignLab, j'adresse un remerciement affectueux.

Ambre, Anitra, Laurent, Max, pour votre sens de la camaraderie, un grand merci. Dorian, pour ta bonne humeur, ta capacité à décomplexer les situations les plus complexes, mais surtout pour ton amitié au long de ces années de recherche, tu as toute mon affection. Justine, pour ta sensibilité et ton accompagnement sans faille, tu m'as non seulement offert une précieuse relecture de thèse mais surtout un réconfort incomparable dans une période qui m'était difficile et fort exigeante. Nos échanges jusqu'à ce jour sont une source de chaleur intarissable pour laquelle je t'adresse un grand merci.

Je remercie l'équipe du laboratoire i3 avec lequel j'ai pu participer aux Doctoriales à l'école des Mines, journée riche en enseignement.

Pour avoir continué de soutenir sans faille la poursuite de mon projet de thèse au-delà de toute temporalité, je remercie l'équipe du laboratoire Centre de Recherche en Design, particulièrement Armand et James, mais aussi Sithari qui a prêté une oreille attentive aux aléas du rétro-planning de thèse.

J'adresse un grand remerciement à toute l'équipe de recherche en virologie qui m'a accueillie au sein de leur laboratoire, me permettant ainsi de réaliser mes observations de terrain sans lesquelles il n'y aurait pas eu de thèse. Particulièrement, je remercie Olivier Schwartz, directeur de l'unité de recherche en virologie, pour m'avoir accueillie au sein de son équipe, ainsi que Julian Buchrieser, Ludivine Grzelak et Jérémy Dufloo, pour avoir accepté de voir leurs données publiées dans cette thèse. Je vous adresse un remerciement complice et reconnaissant. Je remercie aussi Blandine Monel, Maaran Michael Rajah, Timothée Bruel, Delphine Planas, Mathieu Hubert, Isabelle Staropoli, Françoise Porrot, Florence Guivel-Benhassine, Isma Ziani et Nicoletta Casartelli, pour leur patience et leur accueil.

Pour m'avoir accueillie bien avant ma thèse, dans un pré-terrain qui a permis à ce projet de voir le jour, je remercie le Dr. Agathe Subtil ainsi que l'ensemble de l'équipe de l'unité Biologie Cellulaire de l'infection microbienne d'alors : Laurence Langlais, Béatrice Niragire, Yongzheng Wu, Stéphanie Perrinet, particulièrement Benoi Maffei, Maimouna Djamila N'Gadjaga, Sébastien Triboulet et Juliette Hugueny pour m'avoir accordé de les enregistrer, ainsi que David.

Je remercie aussi l'équipe d'analyse d'images biologiques de l'Institut Pasteur, particulièrement Valérie Meas-Yedid, ainsi que le service de communication m'ayant accordé de leur temps précieux. Je remercie aussi Fabrice de Chaumont pour avoir accepté de me rencontrer à l'Institut, et de me permettre d'utiliser l'une de ses images dans cette thèse. Un remerciement spécial va à Magalie Boissière, Dominique Franco, Ivo Boneca et Grégoire Chevalier pour une collaboration pédagogique qui aura stimulé mon appétence pour les formalisations graphiques de science.

Pour avoir accepté de constituer mon comité de suivi de thèse et m'avoir prodigué de précieux conseils au long des années, toujours avec bienveillance et le souci du détail, je remercie Marie-Julie Catoir-Brisson, Julien Bobroff et Stéphane Vial.

Je remercie aussi les personnes suivantes de m'avoir accordé de leur temps pour des entretiens qui ont eu toute leur importance pour mon entrée en recherche : Paul Villoutreix, Melina Thetiot, Isabelle Tardieux, Piernicola Spinicelli, Nathalie Sol-Foulon, Valérie Meas-Yedid, Elisa Mazuir, Arthur Choplin, Julien Bobroff, Isabelle Bloch, Stéphane Sokoll, Mathieu Perrotin et Sébastien Junger du studio Primo&Primo, Eugénie et Carole du studio My Name is Wendy et Océane Juvin.

Pour avoir facilité mes démarches administratives, source éternelle d'angoisse pour moi, je remercie à Télécom Paris Michael Martial et Marie-Josée Vatin.

Pour m'avoir poussée à écrire mon premier article de recherche, je remercie Catherine Geel et Éléanore Chaline.

Pour m'avoir soutenue et poussée à développer ma curiosité du monde scientifique, je remercie Delphine Gauly et Boris du Boullay, mes professeurs de DSAA. Je remercie aussi Alexia de Oliveira Gomes et Anne Mortal.

Pour m'avoir témoigné un soutien généreux et m'avoir accueillie chaleureusement au sein de leur équipe, me permettant de me projeter au-delà de la thèse, je remercie mes collègues du Centre Borelli : Nicolas Vayatis, Véronique Almadovar, Gwladys Stouvenel, Alina Muller, Annabelle Azan, Annabelle Bruneau, Laurent Oudre que je remercie pour sa confiance, ainsi que Aryn Jaafar et Tina Nikoukhah pour leurs encouragements et leur flexibilité bienveillante.

Pour leurs mots doux et drôles, pour leur patience et leur gentillesse, pour cette complicité qui vaut tous les maux du monde, je remercie Audrey et Marine. Sans vous, je n'en aurai jamais vu le bout.

Bernard, je te remercie pour nos appels sur le monde et la vie, qui m'ont été d'un si grand réconfort, de même que Chloé pour nos échanges impromptus qui ont ajouté des touches de lumière à mes moments de doutes.

Pour ton affection qui ne târi jamais et celle que je te porte, pour la confiance et la résilience que tu m'as transmis depuis si longtemps, je te remercie tout particulièrement Nicolas.

J'adresse un remerciement ému à ma famille, ma mère, Béatrice, mon père, Philippe, mes deux sœurs, Lolly et Diane. Pour ma mère, j'adresse aussi un remerciement infini pour les nombreuses relectures de thèse et l'investissement sans faille à mes cotés, qui m'a permis de mener à bien ce projet, merci de me témoigner une affection et une confiance sans bornes.

Enfin un dernier remerciement va à Benjamin, sans qui la thèse n'aurait jamais pu être finie et sans qui ma vie serait bien moins belle. Merci infiniment d'avoir tenu bon à mes cotés durant ce long voyage qui ne s'est pas avéré facile tous les jours.

Je t'aime.

Avant-propos

Normes bibliographiques et d'appel de notes

Nous avons choisi d'utiliser la norme bibliographie APA 7^e édition, en nous basant sur le document de [Girardet et Nuber \(2021\)](#). Pour assurer une plus grande fluidité de lecture, nous avons opéré quelques ajustements sur cette base, que nous détaillons ici.

Titres d'article dans le corps de texte

Dans le corps de texte les titres d'articles sont entre guillemets.

Titres d'ouvrage dans le corps de texte

Dans le corps de texte les titres d'ouvrage sont en italique.

Notes de bas de pages

La norme APA suggère un usage limité des notes. Néanmoins, il nous a semblé utile d'en faire usage pour expliciter des termes qui revêtent des usages et une histoire importante, ou préciser notre pensée. Nous priver de l'usage des notes aurait grandement alourdi la lecture du corps de texte principal.

Aussi, pour assurer à notre lecteur une plus grande clarté de propos, certaines de nos notes de bas de page intègrent des citations et des références. Ce cas de figure n'est pas pris en compte par la norme APA. Dans le cadre de cet ouvrage, les renvois bibliographiques des textes de notes sont traités comme les renvois bibliographiques du corps de texte principal.

Double-obèle (§) : renvoi vers le Lexique de la thèse

Nous avons mis au point un lexique de thèse, sur la base de notre revue de littérature mais aussi de par les résultats de notre recherche. Il s'agit d'un outil optionnel pour la lecture de la thèse, qui constitue pour nous un document de travail (et en travail). Pour cette raison nous l'avons placé dans les annexes de thèse [\[ANNEXE #6\]](#).

Lorsqu'il nous a semblé que la lecture du texte de la thèse serait facilitée par une définition de certains termes, le terme en question est accompagné d'un appel de note suivi d'un obèle : *mot*^{note§}. Cela signale que la note en question est une définition extraite du lexique.

Lorsque la lecture du texte nous semble possible sans que le terme soit explicitement défini, le mot, s'il figure dans le lexique, est suivi d'une double obèle : *mot*[§], sans note. Lorsque le mot est répété plusieurs fois de façon rapprochée, nous ne mettons pas de double obèle aux répétitions du mot.

Ibid pour référence dans le corps de texte

La norme APA n'utilise pas *Ibid*. Néanmoins, nous citons parfois dans un même paragraphe ou un même passage plusieurs fois le même document : afin d'alléger le texte, nous avons utilisé *Ibid*. Si le numéro de page est identique, nous utilisons (*Ibid.*) seul pour la seconde citation correspondant à l'ouvrage. Si le numéro de page varie, nous utilisons (*Ibid.*, p.X)

Traductions

En cas de traduction personnelle, la norme APA 7^e édition recommande d'indiquer « traduit de » à l'intérieur du renvoi bibliographique. Lorsque nous faisons usage de *Ibid.*, cette précision n'est pas répétée, sauf si le premier renvoi bibliographique ne suit pas une citation.

Référence à une section de texte

Lorsque nous faisons référence à une section de texte, nous précisons son titre. Par exemple : « Ce point est abordé en détail par Pickering dans l'ouvrage collectif qu'il édite intitulé Science as practice and culture (Pickering, 1992, Introduction). »

Lorsqu'un terme employé comme citation cite en fait le titre d'une section et la notion centrale traitée dans cette section, nous utilisons ce formalisme. Par exemple : « Ils montrent ainsi l'importante dimension sociale des micro-processus impliqués dans le progressif établissement d'un fait. Enfin, les auteurs abordent au travers de la notion de « cycles de crédits » la mobilisation de l'identité individuelle d'un chercheur comme levier de persuasion (*Ibid.*, Chap.5). »

Citation dans une citation

Lorsque nous réalisons une citation directe qui est elle-même la citation d'un autre auteur dans le corps du texte cité, nous précisons en premier l'auteur cité par la citation, puis ensuite l'auteur du texte dont nous tirons cette citation. Seul l'auteur du texte dont nous tirons cette citation est répertorié dans les références bibliographiques. Nous veillons à éviter si possible ce cas de figure.

Epub et livres électroniques

Si l'ouvrage consulté est un livre électronique, il est indiqué son format à la fin de la référence entre parenthèse, avant de préciser sa date de publication originale si nécessaire.

e.g. : Callon, M. & Latour, B. (1990). La science telle qu'elle se fait: Anthologie de la sociologie des sciences de langue anglaise. La Découverte. (fichier ePub)

S'il s'agit d'un chapitre de livre électronique, le format est indiqué à la place des numéros de pages car les ePub numérotent les pages en fonction de l'affichage qui varie selon les résolutions d'écran, les numéros de pages ne peuvent donc fonctionner comme des index pour situer le lecteur.

e.g. : Shapin, S. (1990a). La politique des cerveaux : la querelle phrénologique au XIXe siècle à Édimbourg. In M. Callon et B. Latour (Ed.), La science telle qu'elle se fait (fichier ePub). La Découverte. (Article original publié en 1979).

s.p. et n.d.

Du fait de leur format particulier, les livres epub ne permettent pas d'indiquer des pages de référence comme nous l'avons expliqué. Nous précisons donc s.p. pour indiquer qu'il n'y a pas de numéro de page constant rapportable à la citation. Nous utilisons n.d. pour préciser « non daté » lorsque cela est nécessaire.

Prénom et Noms

Lorsque nous citons un auteur pour la première fois dans le corps de texte, nous citons son Prénom et son Nom. Ensuite, nous citons uniquement son nom. Si deux personnes ont le même Nom de famille, nous citons d'abord leur Prénom et Nom, puis ensuite l'initiale de leur Prénom et leur Nom. Si un auteur a déjà été cité mais est cité dans le corps de texte en même temps qu'un auteur dont c'est la première citation, nous uniformisons en rappelant son Prénom une nouvelle fois.

Année de publication originale et année de réédition

Il nous semble important dans le cadre de ce travail d'indiquer au lecteur la date de publication originale de certains ouvrages : dans le cadre de l'état de l'art, la publication de certains ouvrages a fait date dès sa publication dans son cadre contemporain, tandis que d'autres ouvrages ont fait événement plus de vingt ans après leur date d'édition originale. Cette indication est pré-

sente lorsque nous l'avons jugée pertinente. Pour ce faire, nous plaçons en premier l'année de réédition (lue) et l'année de publication originale :

(Latour et Woolgar, 1986/1979) ou (Fleck, 2008/1935)

Usage de l'Italique (1) : Mention de termes anglais

Lorsqu'un terme anglophone est employé sans traduction, ce dernier est mis en italique.

Usage de l'Italique (2) : rythmer le récit

L'italique est aussi utilisée dans ce manuscrit pour ajouter de l'emphase aux termes en français qui sont importants, pour différentes raisons :

- Les termes réfèrent à un concept clé
- Une nuance importante est apportée par l'emploi de ces termes

Abréviations

Les abréviations sont indiquées en note après le premier usage du mot complet. Elles sont ensuite utilisées dans le corps du texte courant.

Note sur les référence aux données de la thèse

Les marqueurs EV et EE utilisés dans la thèse réfèrent aux données vidéos de la thèse (ex : *(EE Lu. : 04:01+04:02)*). Ces enregistrements sont tenus à disposition des membres du Jury de la thèse. Leur consultation par une personne extérieure au Jury peut faire l'objet d'une demande à l'auteur de la thèse.

Note sur le style d'écriture

L'absence d'inclusivité dans le style adopté pour ce manuscrit est un choix de gestion temporelle. À l'avenir, nous aimerions privilégier l'utilisation du point médian.

Sommaire

1 Introduction générale de la thèse

- 3 Pourquoi s'intéresser aux images scientifiques quand on est designer graphique ?
- 4 L'image comme médium du design(er) graphique
- 7 Saisir ce que nous permettent les images
- 11 Organisation des chapitres de la thèse

15 Partie 1 : Les images scientifiques : de la représentation à la visualisation en pratique

17 Chapitre 1. CONTEXTE : De la nouvelle sociologie des sciences aux études visuelles des sciences

20 1.1 Une nouvelle façon d'étudier la connaissance : vers les études des contenus théoriques scientifiques

20 1.1.1. Contexte : Un intérêt pour la construction du savoir renouvelé vers
la dimension sociale des contenus théoriques

26 1.1.2. Émergence : Les travaux de la nouvelle sociologie de la
connaissance scientifique : des études de cas historiques et de science
contemporaine

30 1.1.3. Apports : Les processus sociaux et culturels de stabilisation du
savoir et les « intérêts » des communautés de recherche

35 1.1.4. Perspectives : niveau d'analyse empirique et positions théoriques

38 1.2 Une nouvelle façon d'étudier les sciences : vers les études des pratiques de laboratoire

38 1.2.1. Contexte : La science comme pratique de laboratoire et activité
constructive

40 1.2.2. Émergence : Étudier le travail de construction des connaissances
comme pratique au travers des études de laboratoire

57 1.2.3. Apports : la culture scientifique comme ressource locale et
matérielle d'un processus d'ajustement et de stabilisation mutuel se
déployant dans le temps

61 1.2.4. Perspectives : Vers l'articulation des techniques matérielles et des
pratiques sociales

63 1.3 La science comme pratique culturelle : vers la prise en compte des artefacts matériels

63 1.3.1. Contexte : La pratique scientifique comme mobilisation
sociotechnique

64 1.3.2. Émergence : un intérêt social pour les technologies et l'étude des
dimensions techniques de la pratique scientifique

69	1.3.3. Apports : la phénoménotechnique et le laboratoire comme espace d'expérimentation, l'effacement de la dichotomie sujet-objet et la question des inscriptions
72	1.3.4. Perspectives : vers l'étude des formats visuels de sciences
74	1.4 Conclusion

.....

79 Chapitre 2. ÉTAT DES LIEUX : Les inscriptions et l'Ordre Matériel du savoir : les images scientifiques comme objets de travail épistémiques

85	2.1 Les images scientifiques comme « objets de travail » : vers les pratiques de visualisation
85	2.1.1. Introduction : Étudier la création du référent scientifique comme pratique visuelle
89	2.1.2. L'observation scientifique comme pratique matérielle multimodale contextualisée
107	2.1.3. Visualisation scientifique et individuation de l'objet : la construction du champ perceptif et de l'objet de recherche au travers de l'intervention
120	2.1.4. Conclusion : Les images scientifiques comme espace d'interaction pour la formation du sens : des pratiques esthétiques manipulatoires
122	2.2 Les images scientifiques comme formats de (re) présentation
122	2.2.1. Introduction : Saisir l'opérativité des images scientifiques
124	2.2.2. Les modes de production sémiotiques des images scientifiques
139	2.2.3. Des images téléologique : situées à l'intérieur d'un dispositif communicationnel institutionnalisant
151	2.3 Conclusion

157 Chapitre 3. Les images scientifiques comme médias

160 3.1 RAISONNEMENT : Étudier les formats visuels scientifiques comme médias

160 3.1.1. Point 1 : Le vécu expérientiel des scientifiques : considérer la cognition incarnée, culturelle, située et distribuée dans le cas d'un acteur « isolé » en face à face avec des formats visuels sur ordinateur

164 3.1.2. Point 2 : La dimension médiatique des formats visuels : la manipulabilité au service de l'exploration du sens

166 3.1.3. Point 3 : La médiation matérielle : étudier la matérialité des images

169 3.2 PROBLEMATIQUE : La médiation interactive et matérielle des formats visuels en analyse de données biologiques

169 3.2.1. Hypothèses de recherche

170 3.2.2. Objet Scientifique

170 3.2.3. Objet de recherche

170 3.2.4. Questions méthodologiques

171 3.2.5. Questions de recherche

171 3.2.6. Enjeux

173 Partie 2 : Méthodologie et Terrain

179 Chapitre 4. Questions méthodologiques

180 4.1 Point problématique #1 : Accéder aux dimensions phénoménologiques vécues de l'activité

180 4.1.1. L'ethnométhodologie et le problème de la « descriptibilité »

182 4.1.2. La réflexivité ethnométhodologique appliquée aux questions méthodologiques

182 4.1.3. Synthèse des points d'attention

183	4.2 Point problématique #2 : Relier la pratique matérielle à l'expérience vécue
184	4.3 Pistes méthodologiques #1 : Accéder à l'expérience individuelle : l'entretien d'explicitation
185	4.3.1. Ce qui est visé : la dimension procédurale de l'activité.
185	4.3.2. Ce qui peut être obtenu : des informations concernant l'expérience vécue de l'activité au-delà de la dimension procédurale.
186	4.3.3. Comment ce qui est visé est atteint : questions vides et marqueurs d'évocation
187	4.4 Pistes méthodologiques #2 : Etudier les pratiques matérielles, interactives et multimodales : enregistrer et restituer l'activité <i>se faisant</i>
189	4.4.1. Articuler des multimodalités sémiotiques
191	4.4.2. Articuler différents niveaux d'expériences
194	4.5 Requis méthodologiques pour étudier le phénomène de la médiation comme interaction pratique entre les dimensions matérielles et vécues d'une activité

.....

199 Chapitre 5. Méthode de la thèse

199	5.1 Méthode générale adoptée
203	5.1.1. Ensemble des matériaux récoltés et modes de récolte des données
204	5.1.2. Détails des modes de récolte des données
208	5.2 Analyse des matériaux récoltés
208	5.2.1. Enjeu : une articulation fine
209	5.2.2. Méthodes de transcription et d'analyse
224	5.3 Intérêt et difficultés de la méthode globale pour notre étude
225	5.3.1. Intérêts des entretiens d'explicitation
227	5.3.2. Difficultés posées par les entretiens d'explicitation

- 228 5.3.3. Intérêts de la méthode de transcription procédurale
229 5.3.4. Limites de la méthode de transcription procédurale
232 5.3.5. Niveaux de granularité de la description et difficultés du découpage des activités étudiées
-

237 Chapitre 6. Pré-Terrain et Terrain

237 6.1 Pré-Terrain

- 238 6.1.1. Mémoire de DSAA : Culture Théorique et Historique + Travaux Pratiques
243 6.1.2. M2 de Recherche en Design : Observation d'enseignements niveau L1 en biologie
248 6.1.3. M2 de Recherche en Design : Observations Exploratoire Terrain : Praticiens

251 6.2 Terrain d'Observation

- 252 6.2.1. Rencontre et accès au terrain
253 6.2.2. Appartenance au terrain (Rôle/Statut)
256 6.2.3. Contraintes du Terrain
259 6.2.4. Préparation au terrain
261 6.2.5. Rythme endogène au terrain et relation au travail d'enquête
-

263 Chapitre 7. Présentation des différents types d'activités étudiées

263 7.1 Entretien avec J. : le Western Blot

- 263 7.1.1. Technique du Western Blot
265 7.1.2. Lexique lié au Western Blot
267 7.1.3. Cas spécifique du Western Blot de J.

270 7.2 Entretien avec Ju. : l'analyse d'images biologiques issues d'une microscopie confocale en fluorescence GFP

- 270 7.2.1. Technique de la microscopie confocale en fluorescence GFP
271 7.2.2. Cas spécifique de l'analyse d'image de Ju.
273 7.2.3. Lexique lié à la microscopie en fluorescence par GFP

274	7.3 Entretien avec Lu. : l'analyse de cytométrie en flux par analyse FACS
274	7.3.1. Technique de la cytométrie en flux
277	7.3.2. Lexique lié à l'analyse de Cytométrie en Flux
278	7.3.3. Cas spécifique du FACS analytique de Lu.

281 PARTIE 3 : Résultats et Discussion

283	Chapitre 8. D'attentes et de surprises : le vécu expérientiel rythmé des scientifiques analysant leurs données par l'image
285	8.1 « L'infime coup d'œil » de la vision professionnelle en action
292	8.1.1. Le « jizz » des virologues et la boussole du chercheur : son répertoire de forme
298	8.1.2. Les « conversations d'images » (<i>Knorr-Cetina & Amann</i>)
302	8.1.3. Des images fonctionnant comme des Index : une synthèse mentale visuelle comme horizon d'attente
307	8.2 Une impression paradoxale entre perception, temporalité et unités d'action
307	8.2.1. Immobilité apparente et affairément révélé par motifs, le contraste entre observation et transcription
316	8.2.2. Une alternance de phases : l'activité en rythme
316	8.3 L'analyse des images scientifiques : une activité dynamique rythmée par les réactions des formats visuels
316	8.3.1. 8.4.1 L'alternance de deux postures
331	8.3.2. La conversation avec les matériaux comme condition du maintien de l'engagement
353	8.3.3. Des visuels réactifs pour éviter la paralysie
357	8.4 <u>Premier volet de contribution</u> : L'image manipulable et réactive au service d'une économie de l'attention engageant le vécu expérientiel du scientifique

361	9. Ruptures sémiotiques et dispositifs bienveillants : l'entretien de la continuité diagrammatique
362	9.1 D'images en images : la foi scientifique
362	9.1.1. La foi des scientifiques en leurs images
363	9.1.2. Une « foi » fondée dans le dispositif de production des images scientifiques : la syncope de l'agent pratique
365	9.2 Dynamisme de l'activité d'analyse biologique : les images scientifiques comme diagrammes
366	9.2.1. Les diagrammes : un rapport iconique relationnel
367	9.2.2. L'organisation du rapport diagrammatique des images sur deux niveaux
368	9.2.3. Un fonctionnement diagrammatique des images
369	9.2.4. Une modularité qui permet d'explorer l'objet d'étude
372	9.2.5. Les conditions de la manipulabilité des images scientifiques et de leur valeur expérimentale
373	9.3 Les « interprétations transversales » d'images et les « coupures sémiotiques » au cœur de l'activité d'analyse
373	9.3.1. Des coupures sémiotiques entre différents formats visuels
378	9.3.2. Des interprétations transversales en quête de cohérence
380	9.3.3. La commensurabilité généralisée des images scientifiques
383	9.3.4. Une exigence du dispositif institutionnalisant de la recherche
384	9.4 Une organisation pratique pour le maintien de la diagrammaticité des images
384	9.4.1. Un entretien de la diagrammaticité incarné et multimodal
386	9.4.2. Un entretien diagrammatique diffus par tâtonnements de l'ordre d'un recouvrement.
393	9.5 La disposition bienveillante des formats visuels scientifiques
396	9.6 <u>Second volet de contribution</u> : l'entretien de la continuité diagrammatique et la scientificité des formats visuels au cours de l'analyse

403 Conclusion générale de la thèse

410 Résumé des contributions

413 Limites de la thèse

414 Perspectives de recherche

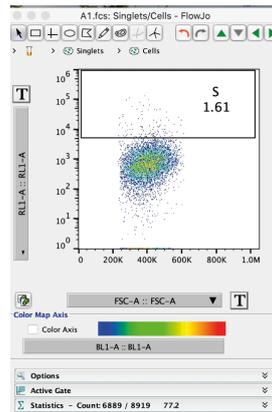
417 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

449 ANNEXES

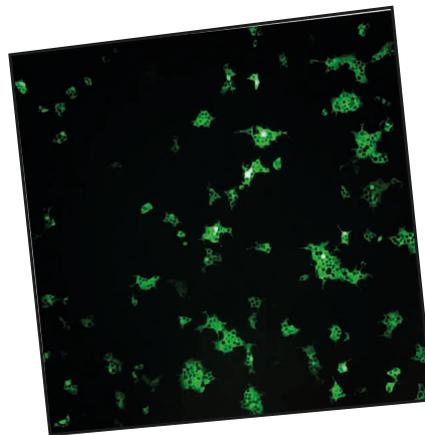
505 TABLE DES FIGURES

Introduction générale de la thèse

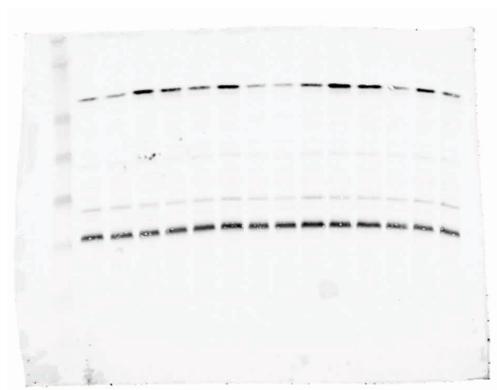
a)



b)



c)



[FIG.A] Rassemblement de trois images scientifiques : (a) un dotplot ou graphique en nuage de points ; (b) une microscopie en fluorescence ; (c) un Western Blot

Pourquoi s'intéresser aux images scientifiques quand on est designer graphique ?

Cette thèse s'intéresse aux pratiques visuelles des scientifiques : à la façon dont, durant leurs recherches en laboratoire, les chercheurs mobilisent des formats qui ne relèvent ni uniquement du texte, ni uniquement du formalisme mathématique. Ce sont des formats aux morphologies variées, du graphique en nuage de points [FIG.A, a] à la capture quasi-photographique de cellules [FIG.A, b] jusqu'à la « trace » étrange laissée par des composés biologiques dans une membrane [FIG.A, c]. Ces formats leur servent à *représenter* leurs objets d'étude mais aussi à les *visualiser* et à les *explorer*. Nous les appelons « formats visuels » et « images » et les considérons comme des *objets sémiotiques*[‡] qui ont la capacité de se tenir à la place de quelque chose (ce sont des signes) en présentant des *propriétés matérielles* particulières.

Sur les grilles de l'Institut de recherche où nous avons mené l'enquête de cette thèse, certaines des images produites en laboratoire se retrouvent tirées en grand format : colorées pour l'occasion, elles montrent aux passants un monde *invisible* sous un régime spectaculaire. Malgré les textes didactiques qui les accompagnent, ces formats visuels apparaissent, dans une certaine mesure, analogues aux photographies exposées sur les grilles du jardin du Luxembourg à Paris : ce sont des captures d'un moment clé, qui mobilisent toute la puissance du pouvoir évocateur des images par un travail à peine dissimulé de leur expressivité.

A contrario, en laboratoire, ces images ne sont jamais figées, elles ne sont pas l'objet d'une contemplation esthétique qui se suffit à elle-même. Elles sont mobilisées au travers de pratiques interactives où l'on peut observer, moment-par-moment, leurs contours se reconfigurer, des formes émerger ou disparaître. Dans certains cas, des couleurs vives sont appliquées à un champ graphique jusqu'alors en teintes de gris. Dans d'autres, les éléments morphologiques de l'image restent identiques mais, par alternance de clics de souris, c'est toute une série de formats visuels qui défile à l'intérieur de l'écran d'ordinateur sur lequel les scientifiques travaillent leurs données. Envisagées dans leur « milieu naturel », ces formats visuels apparaissent dans leur dimension dynamique.

L'image comme *médium* du design(er) graphique

L'intuition à l'origine de notre curiosité pour les pratiques visuelles des scientifiques n'est pas sans faire écho au rapprochement effectué par Anne-Lyse Renon (2016) quant à la porosité de la « perspective expressiviste » (p.154) du design avec « l'expérience et l'intuition scientifique » (*Ibid.*). Ce rapprochement, l'auteur le situe dans l'incarnation et la production, justement, de l'intuition scientifique au travers de la manipulation matérielle et technique de formats visuels et d'instruments. Autrement dit, les formats visuels scientifiques seraient eux aussi l'objet de pratiques visuelles où les spécificités de leur *matérialité* permet aux scientifiques l'exploration du sens et l'ajustement des contenus. Il y aurait quelque chose de familier entre les rôles, les usages, les fonctions, que revêtent les formats visuels de la recherche scientifique et ceux du design.

En tant que designer graphique, les formats visuels sont à la fois les matériaux tangibles, substantiels et expressifs de notre pratique –en somme, une « matière » que nous travaillons– mais ce sont aussi ce qui constitue, ce qui *est*, l'objet final de notre pratique, son produit. Autrement dit, en design graphique, les formats visuels sont à la fois *milieux* et *supports*. Milieux d'exploration, supports au sens où ce sont alors des objets destinés à être stabilisés, figés, pour circuler au sein de la société.

Comme produits finis, les formats visuels en design graphique ne sont pas sans évoquer les « mobiles immuables » Latouriens (Latour, 1990, 1985), qui permettent de transporter, au travers du temps et de l'espace, des inscriptions porteuses d'un sens qui résiste au déplacement (Goodwin, 2000 ; Pang, 1997). Chez Latour, leur immutabilité indique la conservation de « quelque chose » propre à un original, à une « substance matérielle » (Renon, 2020, p.130), à un phénomène, qui est alors transformé –traduit– en inscription par un dispositif inscripteur. Dans le cas du design graphique, cette « substance matérielle » (*Ibid.*) apparaît plutôt comme une substance symbolique. Cette substance symbolique, c'est ce que Lyotard (1990) désigne comme *la lettre et l'esprit* de la chose que le graphiste travaille à mettre en forme et à laquelle il doit une certaine fidélité, une certaine déférence même, tout en y apportant sa propre sensibilité, son interprétation.

Ce paradoxe qui habite le designer graphique (Lyotard, 1990), entre autoriali-

té et effacement, est aussi souligné par Annick Lantenois dans l'expression du titre de son ouvrage « le vertige du funambule » (Lantenois, 2010) : les designers graphiques travaillent à trouver un équilibre entre la contrainte de fidélité à « une chose » –un objet qu'il s'agit de transmettre– et l'importance de mobiliser une expressivité qui permette d'engager un public. Ainsi les produits de design graphique doivent non seulement être « fidèles à la chose » (Lyotard, 1990, p.v, nous mettons au pluriel) au sujet de laquelle le produit de design s'exprime, mais aussi prendre en considération le cadre dans lequel elles s'inscrivent et qui est celui, pour le dire très simplement, d'une communication ordonnée à destination d'un certain public.

En les considérant au travers de ces différents niveaux, la complexité des *propriétés sémiotiques*[‡] des formats visuels graphiques devient sensible : ils sont à la fois des véhicules de sens qui supportent un contenu informationnel déjà structuré, établi dans le cadre d'une *commande*¹ de design mais aussi, tout à la fois, les véhicules d'un sens flottant, d'un univers sémantique, autrement dit de la lettre et de l'esprit de la chose à propos de laquelle le designer graphique doit produire un objet sensible.

Mais le travail de design n'est pas une chaîne opératoire linéaire allant du brief de la commande au livrable (Mertz *et al.*, 2022). Ainsi, le rapport même aux images fluctue au fur et à mesure du processus de conception. En effet, au cœur du travail participant à la prise de forme, les formats visuels sont aussi des complexes opératoires qui permettent d'explorer des relations, comme l'aborde Vincent Beaubois (2015) en s'intéressant au rôle des formats manipulés par les designers durant la phase d'élaboration des produits de design. En regardant les objets designants du design, on passe ainsi de la *poïesis* du design, de la fabrication, à la *praxis* du design, à ce qui se joue dans l'acte du faire se faisant. Les designers au travail produisent des « objets-images » (Beaubois, 2015, p.52) et participent à construire, par ce déploiement, cette accumulation et ce croisement d'objets-images des « milieux de conception » (Reunkrilerk, 2022).

1 Au sujet de la commande de design graphique, voir le livret réalisé par le CNAP (Centre National des Arts Plastiques) dans le cadre de la manifestation « Graphisme en France 2014 », voir La commande de design graphique (CNAP). (n.d.) In Centre National des Arts plastiques. Consulté le 12/09/2023 sur <https://www.cnap.fr/ressource-professionnelle/guides-telechargeables/la-commande-de-design-graphique>

C'est par l'expérience tacite et continue de ce paradoxe, entre production finalisée et faire exploratoire, que nous avons expérimenté tout au long de notre pratique durant nos études, que nous nous sommes trouvée intriguée par les rapports entre les représentations visuelles de sciences et les *faits* et *phénomènes* qu'ils sont supposés imager. Y avait-il, là aussi, un équilibre entre fidélité littérale et expérimentation graphique en quête de sens et d'expressivité ?

Nous connaissions les représentations « grand public » des ouvrages de vulgarisation scientifique et n'avions pas manqué de remarquer une première distinction entre les figures légendées d'un « vue d'artiste » et les autres. Par ailleurs, nous avons aussi à l'esprit les symboles chimiques utilisés par les scientifiques, dont le format, symbolique, sans, *a priori*, aucune ressemblance figurative avec quelque forme connue des éléments chimiques auxquels ils se rapportent, nous interrogeait sur les procédures qui avaient présidées à leur établissement (Laugier et Dumon, 2011).

À l'époque, néanmoins, nous n'arrivions pas à mettre le doigt sur ce qui nous préoccupait exactement : nous étions tout simplement intriguée par la présence de ces images dans l'univers scientifique et entretenions l'idée vague que leurs *formes* n'étaient pas simplement le découlement direct et *inévitabile* des objets qu'elles étaient sensées aider à renseigner.

Une année de mémoire en DSAA² consacrée à la question des images dans les sciences aura suffi à nous convaincre que les formalismes adoptés pour mettre en forme les images scientifiques, les *régimes visuels*[‡] plus largement, procèdent d'un enchevêtrement social, culturel et technique ménageant un espace de négociation formel.

Cependant, nous ignorions toujours ce qui nous intriguait *fondamentalement* dans cet enchevêtrement, ou plutôt, nous n'arrivions pas à mettre le doigt sur les raisons qui nous poussaient à poursuivre l'étude de l'utilisation et de la production des images en science. C'est en poursuivant en master de recherche à l'ENS Paris-Saclay³, nous retrouvant à observer *in situ* des scientifiques travaillant en laboratoire, qu'un évènement allait provoquer une sorte de *basculément*.

2 Diplôme Supérieur d'Art Appliqué, équivalent du Master 1.

3 En 2016, l'ENS Paris-Saclay était encore l'ENS Cachan.

Saisir ce que nous permettent les images

En fait, c'est une anecdote en particulier qui a cristallisé chez nous une envie : celle « d'en savoir plus » sur le rôle que pouvaient jouer les *pratiques visuelles* dans le travail intellectuel des scientifiques *se faisant*. Particulièrement, celle d'explorer la capacité des images à articuler, au travers de leur manipulation, des informations et des relations qui, sans elles, demeuraient peu voir non intelligibles.

Cette anecdote est celle d'une expérimentation que nous avons réalisée sur un logiciel de traitement d'images biologiques (ICY⁴). Nous souhaitions voir si les *traitements d'images* que nous réalisions sous notre logiciel de travail, Adobe Photoshop⁵, pouvaient, dans une certaine mesure, être réalisés sur ce logiciel.

Or, cette expérimentation nous a fait faire *l'expérience immédiate*⁶ d'un « dé-clic » conceptuel : nous avons compris, en manipulant un outil présent dans ce logiciel scientifique ICY, comment un autre outil, présent cette fois-ci dans *notre* logiciel de traitement d'images, fonctionnait. Cet outil dont nous ne saisissions pas le fonctionnement, c'est l'outil *courbe* du logiciel Adobe Photoshop, qui permet, en manipulant des courbes de Bézier, de modifier l'intensité de plages des pixels qui composent une image.

C'est en manipulant l'outil *Histogramme* et *Colormap* du logiciel ICY que nous avons compris les *relations* que met en jeu l'outil *courbe* du logiciel Adobe Photoshop [FIG.B, a]⁷ entre les valeurs des pixels de l'image, leur représentation sous forme d'histogramme, la courbe y étant superposée et l'affichage de l'image manipulé par le biais de cet outil. En fait, grâce à notre observation de l'interface utilisateur des outils *Histogramme* et *Colormap* du logiciel ICY, nous avons compris le *rapport* qu'organise l'interface utilisateur du logiciel courbe d'Adobe Photoshop entre les *points* de la courbe de Bézier et l'histogramme des pixels de l'image sur lequel cette courbe est placée pour être manipulée. Ce rapport nous

4 ICY (n.d). Accueil. Consulté le 16 décembre 2023, sur <https://icy.bioimageanalysis.org/>

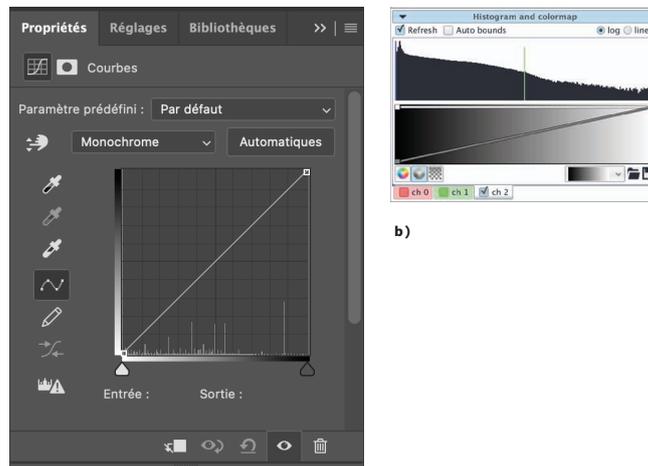
5 ADOBE PHOTOSHOP (n.d). Accueil. Consulté le 16 décembre 2023, sur <https://www.adobe.com/fr/products/photoshop.html>

6 C'est en tout cas ce qu'il nous a semblé à l'époque. Cette thèse montrera qu'il n'y a rien de vraiment immédiat dans l'anecdote racontée ici.

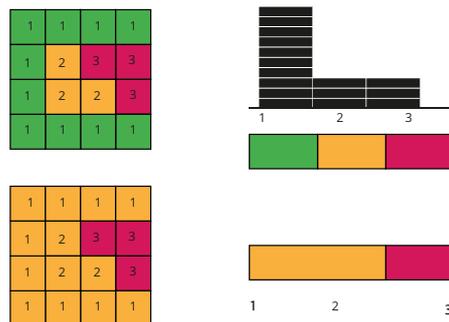
7 L'outil Histogramme existe aussi sous Photoshop, mais c'est bien l'outil courbe de Adobe Photoshop que nous avons compris par le biais de l'outil histogramme du logiciel ICY.

était, jusqu'alors, resté inintelligible.

Or, la structure de l'interface utilisateur du logiciel ICY figurait le rapport entre l'outil de réglage des couleurs (*Colormap*) et l'histogramme représentant des valeurs de pixels de l'image d'une façon qui nous sembla tout de suite *faire sens* [FIG.B, b]. Cette interface met en effet en parallèle l'histogramme de l'image, qui regroupe le long des abscisses les pixels de même valeur dans l'image– et une *colormap* qui est *alignée* avec cet histogramme : en bougeant la courbe de la *colormap*, nous modifions alors la gamme colorée de l'image : l'ensemble de pixel d'une même valeur situé au dessus de cette *colormap* prend la couleur située en dessous de lui sur la *colormap*. Cette structure nous permet de comprendre des rapports entre histogramme et réglages de plages de couleur ou d'intensité par courbe de Bézier que, jusqu'alors, nous avons toutes les peines du monde à saisir.



a)



c)

[FIG.B] Interface de l'outil courbe de Adobe Photoshop (a) ; Interface de l'outil histogramme et colormap de ICY (b). Les deux outils permettent de manipuler les pixels d'une image en réglant une courbe sur un histogramme qui recense les intensités des pixels d'une image. En (c) : un schéma qui décrit le fonctionnement de l'histogramme croisé à la colormap : une image numérique est composée de pixels ayant chacun une valeur. Les pixels de valeur commune sont rassemblés en abscisse dans l'histogramme. La colormap leur indexe un type de couleur.

En fait, cette anecdote nous occupant l'esprit, revenant sans cesse à la charge, participa, comme expliqué par Michael (2012), à *raffiner* une intuition. Cette intuition concernait à la fois :

- l'affordance des formats visuels, c'est-à-dire leur capacité à suggérer un potentiel d'action (Luyat & Regia-Corte, 2009)
- l'expressivité des images, ici comprise comme leur capacité à figurer dans un régime de l'immédiateté des relations, leur capacité à permettre un « quick-reading » (Dondero & Fontanille, 2014, p.33).
- le fait que cette expressivité soit issue d'une opération de « figuration » :
« une opération universelle au moyen de laquelle un objet matériel quelconque est investi de façon ostensible par une agence socialement définie suite à une action de façonnage, d'aménagement, de mise en situation ou d'ornementation » (Descola cité par Renon (2020), pp.133-134)
- que cette action de façonnage de l'image puisse aussi être réalisée par celui qui interprète l'image, au sens d'une double posture d'interprète/producteur.

Ce qui nous intéressait, sur cette base, c'était d'explorer ce que « font » les images, ce qu'elles permettent, dans les activités de construction du savoir. C'est dans cette optique que nous avons débuté cette thèse, tout d'abord pour explorer ce que « les images numériques » spécifiquement permettaient de « nouveau » dans les recherches scientifiques. Il s'agissait d'opérer un rapprochement entre conceptions de design et pratiques visuelles de science.

Au fur-et-à-mesure, notre recherche s'est néanmoins reformulée : nous avons découvert, au travers de notre plongée dans le monde de la recherche, des conceptualisations nouvelles, nous permettant enfin, en tant que praticienne, de penser à ce qui se joue dans notre *faire*. Nous avons développé une plus grande curiosité pour ce qui se joue *au travers* de la manipulation des formats visuels et *dans l'instant* de leur manipulation.

Ce parcours nous a finalement amené à nous demander :

- De quelles façons les formats visuels participent-ils à l'étude des objets scientifiques ? Quels rapports les formats visuels entretiennent-ils avec ces objets au cours des pratiques scientifiques ? Comment peut-on qualifier le rôle des formats visuels dans ce cadre ?
- Ces formats visuels sont-ils eux aussi l'objet de pratiques manipulatoires comme en design ?
- Dans quelle mesure la mobilisation de ces formats visuels est-elle contrainte ? Y-a-t-il des règles, des standards, qui guident la façon dont ces formats visuels peuvent être mobilisés en recherche ?
- Quel est le rapport entre les formats visuels et l'expérience vécue des scientifiques lorsqu'ils analysent leurs objets de recherche ? Les formats visuels provoquent-ils chez les scientifiques certaines émotions au travers de leur manipulation ?

Organisation des chapitres de la thèse

Nous commençons cette thèse en proposant deux états de l'art consécutifs afin d'une part, *situer* notre objet d'intérêt principal –les formats visuels scientifiques– dans les courants de recherche s'y étant consacré et, d'autre part, *expliquer* les particularités de cet objet que la littérature a déjà mise à jour.

Le premier état de l'art (Chapitre 1) est ainsi *contextuel*⁸. Il s'organise comme un récit diachronique qui tente de restituer *les développements de certains approches de recherche* qui ont fait émerger la question des formats visuels de science dans les études en sciences humaines et sociales. Pour ce faire, il s'agit dans ce premier chapitre de souligner les *notions* importantes développées dans le contexte ainsi décrit. Dans un premier temps, nous revenons sur les premiers travaux de la nouvelle sociologie des sciences qui vont montrer l'entremêlement des conditions historiques et sociales au développement des contenus théoriques. Dans un second temps, nous abordons le travail des études de laboratoire pour comprendre comment le travail scientifique s'organise *en pratique*. Dans un dernier temps, nous nous intéressons à la prise en compte des *artefacts matériels* mobilisés par les *pratiques d'expérimentation* des scientifiques. Ce récit doit ainsi permettre à notre lecteur de mieux comprendre *pourquoi* les images scientifiques, spécifiquement, vont être étudiées plus en détail par diverses communautés de recherche.

Le second état de l'art (Chapitre 2) est *spécifique*. Il se concentre sur les images scientifiques comme *objets de travail* au cœur des *pratiques de recherche*. Dans un premier temps, il explore, au travers de la littérature existante, les modali-

8 Pour tout scientifique spécialisé en étude des sciences et des techniques les contenus traités dans le chapitre 1 pourront sembler répéter inlassablement ce qui aujourd'hui relève de l'évidence : l'émergence de la nouvelle sociologie des sciences et son rapport problématique aux conceptions antérieures de la rationalité scientifique, l'opérationnalisation du concept de culture pour étudier le travail scientifique (et plus largement professionnel), ainsi que la nature constructive du travail de science en train de se faire... Ce sont autant de points qui ne font plus vraiment débat, aujourd'hui, dans les communautés de recherche issues des sciences humaines et sociales, mais ce sont des points qu'il nous a fallu comprendre, en tant que designer, pour saisir pourquoi les études des représentations visuelles scientifiques ont adopté certains points de vue, mais aussi pourquoi l'appareil méthodologique choisi pour étudier les pratiques de laboratoire est co-constructeur du sens qui peut en être tiré.

tés d'usages et d'interprétation des images. Nous décrivons les mécanismes en jeu dans la *vision professionnelle* des scientifiques en laboratoire et décrivons les *traitements et opérations* menées *sur et avec* les images pour leur donner du sens. Dans un second temps, le chapitre éclaire ces modalités en explorant le *fonctionnement des images scientifiques* et en rapportant ce fonctionnement à leurs modalités de *production* et au *parcours pratique* dans lesquelles elles s'inscrivent qui vise des *buts* particuliers, ce qui permet de définir ce qui fonde la *scientificité* des images.

À la fin de cette première partie de thèse (Chapitre 3), nous présentons notre problématique de recherche qui concerne l'organisation, au travers de pratiques visuelles et dans le cadre de l'analyse de données expérimentales par les scientifiques, du phénomène de médiation des données en informations. Pour ce faire, nous présentons trois questionnements qui donnent lieu à des propositions, permettant de définir nos hypothèses de recherche, notre objet scientifique, notre objet de recherche, nos questions méthodologiques, nos questions de recherche et les enjeux portés par ces questionnements.

La seconde partie de cette thèse est consacrée à la méthodologie développée pour explorer nos questionnements et à la présentation du terrain.

Dans un premier temps (Chapitre 4), nous posons les *problèmes* qui se posent à nous pour étudier notre objet de recherche hybride, étudié à des niveaux d'expérience différents : entre vécu intérieur et déroulé de l'activité matérielle. Nous proposons des *pistes* sur la base de la littérature, pour répondre à ces problèmes méthodologiques. Dans un second temps (Chapitre 5), nous présentons l'espace de travail méthodologique que nous avons mis au point sur la base du premier chapitre. Dans un troisième temps (Chapitre 6), nous présentons notre terrain et la posture adoptée durant l'observation ethnographique. Enfin (Chapitre 7), nous présentons en détail les trois études de cas qui constituent le matériau empirique de la thèse, en précisant les processus techniques scientifiques impliqués dans les séquences d'activité étudiées.

La troisième et dernière partie de la thèse se consacre à la présentation des résultats du terrain et de leur discussion.

Dans un premier temps (Chapitre 8), partant de la littérature sur les *visions professionnelles*, nous explorons la dimension *vécue* et *rythmique* de l'activité d'analyse telle qu'elle est articulée par les pratiques matérielles qu'engagent les formats visuels. Nous montrons une certaine dynamique de l'attention organisée par la relation phénoménologique qui unit scientifiques et formats visuels au cœur de l'analyse.

Dans un second temps (Chapitre 9), repartant de notre analyse du chapitre précédent, nous interrogeons la « confiance » que les scientifiques prêtent à leurs images. Nous montrons que si cette confiance se base sur une logique diagrammatique, cette logique, au fur et à mesure de l'analyse, fait l'objet d'un entretien actif par les scientifiques, qui permet de *maintenir* leur opérativité pour l'analyse.

Enfin, nous concluons notre thèse en synthétisant nos contributions et en présentant les perspectives de recherche avec lesquelles l'approche articulée pour notre enquête semble pouvoir ouvrir un dialogue.

PARTIE 1 :
**Les images
scientifiques :
de la représentation
à la visualisation
en pratique**

1. CONTEXTE : De la nouvelle sociologie des sciences aux études visuelles des sciences

INTRO

L'histoire est aujourd'hui bien connue : dans le début des années soixante-dix, la construction du savoir scientifique fait l'objet de nouvelles approches sociologiques (De Freitas, 2020), inspirées notamment par la philosophie post-moderne (Lenoir, 1998), qui en bousculent les modalités d'enquête. Les études, qui inviteront progressivement à étudier la science comme *savoir* puis comme *pratique* et *culture* (Pickering, 1992b), feront émerger un intérêt nouveau pour les mobilisations, par les chercheurs au service de leur travail de construction des connaissances, d'*artefacts*^{9 †} divers. Le regard scientifique se déplace alors progressivement vers les « dimensions techniques » de la science (traduit de Knorr-Cetina, 1992, p.113), et par ce biais, sur les modalités de mobilisation de ce qu'on a pu appeler des *non-humains* (Callon & Latour, 1990 ; Latour, 1999, Chap.6), référant à la fois aux artefacts matériels mais aussi aux phénomènes étudiés *per se*. L'importance des « dispositifs inscripteurs » (traduit de Latour & Woolgar, 1986/1979, p.51) dans les pratiques de construction des connaissances

9 † Artefact : sauf précision contraire, nous utilisons le terme artefact dans la même idée que celle proposée par Rabardel (1995) dans son ouvrage *Les hommes et les technologies; approche cognitive des instruments contemporains*. L'auteur propose « d'utiliser la notion d'artefact comme terme alternatif, neutre, permettant de penser différents types de relations du sujet à l'objet ou au système anthropotechnique : comme structure technique, dispositif fonctionnant, instrument... Soulignons qu'au delà des objets matériels, la notion d'artefact inclut les objets symboliques. » (p.3). L'auteur développe davantage la notion dans le Chapitre 3 de son ouvrage (pp.47-50). Sans adopter l'approche instrumentale de Rabardel, nous favorisons son usage neutre du terme artefact pour désigner tout objet, physique ou mental, sans spécifier un « type de rapport particulier à l'objet » (p.49) qu'entretiendrait les acteurs humains avec ce dernier ou qu'organiseraient ces objets. En revanche, ces rapports nous intéressent et seront développés dans le chapitre suivant et dans le cœur de la thèse partie 3, dans des cadres de pensées autre que celui de Rabardel (mais avec qui le dialogue n'est pas exclu).

met l'accent sur « l'ordre matériel du savoir » (Waquet, 2015) : la prise en compte des artefacts mobilisés par les chercheurs apparaît dès lors comme nécessaire à qui veut comprendre *comment* le savoir scientifique est construit, et enjoint à considérer la construction savante du point de vue des *pratiques* de représentation¹⁰ qu'elle engage (Coopmans *et al.*, 2014 ; Woolgar & Lynch, 1990). Dans ce cadre, les formats visuels, envisagés jusqu'alors dans les études de sciences¹¹ comme des objets d'illustration plutôt que des objets dignes d'investigation à proprement parler (Rudwick, 1976)¹², sont construits en objets de recherche.

CONTENU du chapitre

Nous procédons ici à une remise en contexte de l'évolution des perspectives et moyens adoptés pour étudier la construction de la connaissance scientifique. Notre objectif est de donner un contexte de départ au développement de notre hypothèse de recherche (Chapitre 3), en situant les paysages théoriques et disciplinaires ayant participé à faire émerger la question des formats visuels comme objet d'intérêt scientifique. Il s'agit aussi de suggérer au travers de cet état de l'art, envisagé comme un récit, l'importance des considérations méthodologiques dans leur rapport aux dimensions que l'on cherche à éclairer d'un objet d'étude.

Tout d'abord, nous présentons dans le premier sous-chapitre (I.III) les apports théoriques et méthodologiques des premières *études sociologiques de la connaissance scientifique*. Dans le second sous-chapitre (I.IV), nous mettons ces premiers apports en perspective avec le développement des études de laboratoire et plus largement des études de la pratique scientifique, pour aborder quelques points méthodologiques et théoriques concernant une vue de *la science comme culture*. Enfin, dans le troisième et dernier sous-chapitre (I.V), nous exposons comment ces différents développements, croisés à l'étude sociale des technologies, ont permis d'envisager *la pratique scientifique comme une phénoménotech-*

10 La notion de *représentation* a fait l'objet de débats dans les domaines de recherche que ce chapitre introduit. Nous discuterons plus amplement ce point dans le chapitre suivant consacré spécifiquement aux formats visuels mobilisés dans les activités de recherche scientifique.

11 Par « études de sciences » nous entendons ici les travaux de recherche issus de différentes disciplines comme l'histoire ou la philosophie qui s'attachent à étudier La ou les sciences. En dehors de ce champ, les formats visuels peuvent présenter des intérêts différents pour les chercheurs, notamment en histoire de l'art et en anthropologie.

12 À quelques exceptions près (e.g. Anderson, 2009 ; Dagognet, 1969 ; Fleck, 2008/1935).

nique procédant d'un ensemble socio-technique culturel vers lequel les formats visuels constituent une porte d'entrée possible.

Chacun de ces sous-chapitres présente une structure narrative progressive : en premier lieu nous évoquons les grandes lignes du contexte au cœur duquel émerge les questionnements spécifiques abordés par le sous-chapitre, nous revenons ensuite plus en détail sur les conditions ayant accompagné leur émergence, puis nous résumons les apports principaux de ces questionnements, dans la mesure où ils portent la réflexion menée au travers de ce présent travail de thèse. Nous concluons chaque sous-chapitre en esquissant les perspectives que les apports discutés ouvrent vers les développements abordés dans le sous-chapitre suivant. La partie conclusive générale du chapitre offre une synthèse des trois sous-chapitres présentés ici et permet d'introduire le chapitre suivant (Chapitre 2) consacré plus spécifiquement aux mobilisations des formats visuels dans la recherche scientifique.

1.1 Une nouvelle façon d'étudier la connaissance : vers les études des contenus théoriques scientifiques

1.1.1. Contexte : Un intérêt pour la construction du savoir renouvelé vers la dimension sociale des contenus théoriques

À la fin des années soixante, des ouvrages invitent à redéfinir ce en quoi consisterait une sociologie de la connaissance (Berger & Luckmann, 1991/1966 ; De Freitas, 2020 ; Elias, 1971a, 1971b ; Knorr-Cetina & Mulkay, 1983). La particularité de certaines des approches mobilisées est de proposer d'interroger tous types de savoir, indifféremment de leur statut : à présent, il faudra aussi intégrer au champ de la sociologie de la connaissance l'étude des connaissances issues des sciences naturelles dites « sciences exactes » (traduit de Seidel, 2011, p.184). Plus encore, les études devront se concentrer sur les produits mêmes des modes de connaissances étudiés, autrement dit, sur leurs *contenus*. Or, traditionnellement, les études sociologiques de science s'étaient consacrées soit à étudier la science comme une structure sociale fonctionnelle, en interrogeant par exemple sa dialectique avec un contexte historique et social participant de son processus d'institutionnalisation (Abraham, 1983 ; Merton, 1938, 1968/1949), soit à l'envisager selon une perspective internaliste en tant qu'institution autonome avec ses normes et ses critères d'évaluation propres participant de ses mécanismes de stabilisation (Barnes & Dolby, 1970 ; Gieryn, 1988 ; Merton 1968/1949 ; Tabonni, 2003 ; Whitley, 1970). Dorénavant, le sociologue questionnera les *contenus* des savoirs produits dans leur mode social de validation, voire de *négociation* (Callon & Latour, 1990 ; Collins, 1981b, 1975 ; Rudwick, 1974 ; Shapin, 1982 ; Travis, 1981), indifféremment du type de connaissance et de discipline étudié, et ce au travers d'études de cas empiriques (Barnes, 2009/1974 ; Bijker *et al.*, 2012/1987 ; Bloor, 1991/1976 ; Knorr-Cetina & Mulkay, 1983 ; Pickering, 1992b).

C'est en fait sous la forme d'une sorte¹³ de prolongement¹⁴ des travaux de la *sociologie de la connaissance*¹⁵ menés par Karl Mannheim et de la *sociologie de la science*¹⁶ de Robert K. Merton (Kaiser, 1998 ; Mannheim, 1954 ; Merton, 1968/1949)¹⁷, mais aussi sous l'influence des écrits de Ludwig Wittgenstein (Bloor, 1973 ; Lynch, 1993 ; Pickering, 1992b) et de Thomas Kuhn (Bloor 1976/1991 ; Collins, 1985), que naît dans les années soixante-dix le champ de la *sociologie de la connaissance scientifique*, dite SSK pour *Sociology of Scientific Knowledge* (Collins, 1983a).

1.1.1.1. La « rationalité scientifique » désavouée

Cette *nouvelle sociologie*¹⁸ invite à considérer le savoir scientifique comme une construction d'essence sociale, partie d'un « système de croyance » qui, bien que spécifique peut donc être étudié comme tel (traduit de Barnes, 2009/1974, p.viii), indifféremment de la valeur accordée aux croyances concernées tant qu'elles constituent des savoirs et non pas de « pures croyances (...) individuelles et idiosyncratiques » (traduit de Bloor, 1991/1976, p.5). C'est un tournant important,

13 Voir Kaiser (1998).

14 À noter que malgré le désaccord des travaux de la *nouvelle sociologie des sciences* avec la perspective adoptée par Merton, c'est lui qui fonde en 1975 la 4S (Society for Social Studies of Science), qui sera un lieu d'échanges entre les différents acteurs de la nouvelle sociologie. En 1979 Latour y présente son approche *anthropologique* mobilisée dans l'étude de laboratoire qu'il vient de publier avec Woolgar (Latour, 1979). D'autre part, le travail d'édition et de commentaires de Norman W. Storer pour l'ouvrage *The sociology of science: theoretical and empirical investigations* qui rassemble les articles de Robert K. Merton donne à voir des directions communes entre le travail de Merton et celui de la nouvelle sociologie des sciences (Merton, 1973, p.6) : notamment, l'articulation des intérêts singuliers ou communautaires à la construction des objets de recherche, bien que chez Merton, cela concerne le travail des sociologues dans les institutions politiques et pas, *a priori*, le travail de scientifiques issus de disciplines des sciences dites « exactes » (traduit de Seidel, 2011, p.184).

15 En anglais, *Sociology of Knowledge* (SK)

16 En anglais, *Sociology of Science* (SS)

17 Ces travaux héritent eux-mêmes des réflexions menées sur les rapports entre « connaissances » et « facteurs existentiels » (Merton, 1968/1949, p.510), notamment des travaux de Marx et Engel sur la dimension matérialiste de l'histoire (et des formes de pensées). Les travaux de Max Scheler sur les facteurs *Idéels* et *Réels*, et la dimension sociale des modes de sélections des connaissances sont aussi influents. Pour une synthèse plus complète à ce sujet, voir Merton (1968/1949, p.510-542), ainsi que Seidel, (2011) et Becker et Dahlke (1942).

18 Nous utilisons « nouvelle sociologie » de la connaissance scientifique, « nouvelle sociologie », et « sociologie de la connaissance scientifique » de façon équivalente pour désigner les travaux sociologiques dits des « SSK » (pour *Studies of Scientific Knowledge*) ou héritant des SSK (nous le verrons par la suite). Bien que les différentes approches rassemblées sous ce titre aient pu donner lieu à de vives querelles tant épistémologiques que méthodologiques, nous désignons ainsi leur trait commun : le fait qu'elles participent d'un ensemble de travaux ayant proposé et mis à l'épreuve de nouvelles approches de la science en étudiant sur pièces des travaux passés et présents permettant d'aborder la production des contenus théoriques pour tout type de discipline scientifique. Pour le terme, voir par exemple ce qu'en dit N.W. Storer, dans l'ouvrage *The Sociology of Science: theoretical and Empirical Investigations* (Merton, 1973, p.6).

car jusqu'alors les processus de raisonnement impliqués dans l'établissement des connaissances scientifiques ont un statut particulier pour la sociologie de la connaissance. Généralement, les types de raisonnement employés en science constituent une sorte de figure de rationalité, qui les distingue de ceux impliqués dans la construction des autres types de savoir, et érige les connaissances scientifiques en une sorte de modèle de rationalité et de neutralité contrastant avec les produits issus des autres systèmes de croyances (Barnes, 2009/1974, 1972 ; Knorr-Cetina, 1979 ; Schinckus, 2008 ; Traweek, 1993). Les chercheurs à l'origine de cette nouvelle sociologie de la connaissance scientifique désavouent le modèle de la rationalité scientifique comme concept opératoire pour mener à bien une sociologie de la connaissance : autrement dit, ils se distancient des travaux antérieurs qui exemptent d'analyse sociologique les raisonnements et les théories validées en sciences naturelles (Barnes, 2009/1974, p.43 ; Kaiser, 1998).

1.1.1.2. Le « programme fort » et ses principes de symétrie, impartialité, causalité et réflexivité

D'un collectif de travail de l'université d'Édimbourg¹⁹ émerge au travers des écrits de David Bloor et Barry Barnes²⁰ un « programme fort » (traduit de Bloor, 1991/1976, p.5) pour mener à bien une sociologie des connaissances scientifiques²¹, vouée à étudier et comprendre *tous* les savoirs dans leur causalité sociale et culturelle et à cet effet expliquer par des causes semblables le large éventail des connaissances humaines (Barnes, 2009/1974 ; Bloor, 1991/1976, 1973). Ce dernier point est l'un des quatre principes qui servent de base au programme fort qu'ils proposent : le principe de *symétrie*, qui a depuis été largement repris et développé, notamment, comme nous le verrons, vers une généralisation de son application aux acteurs, alors aussi appelés actants, des terrains étudiés (Claisse & Balancier, 2008; Latour, 2016).

19 Il s'agit du groupe de travail de la Science Studies Unit de l'Université d'Édimbourg, lieu de la collaboration entre Steven Shapin, historien des sciences, Barry Barnes, sociologue des sciences, et David Bloor, philosophe des sciences.

20 Bloor alors philosophe, avait aussi suivi une formation en mathématique et mené un doctorat en psychologie expérimentale ; Barnes quant à lui, sociologue, avait été chercheur en chimie (Briatte, 2007). Le *programme fort* est proposé en ces termes par Bloor, mais Barnes présente sous des mots différents les mêmes principes que ceux présentés par Bloor.

21 Le programme fort peut servir de base à une sociologie de la connaissance, indifféremment de leur caractère scientifique. Néanmoins, nous mettons l'accent sur les connaissances scientifiques car c'est avec le projet d'intégrer celles issues des sciences naturelles, et dans un contexte d'adresse à la communauté savante sur leurs propres productions que naît le programme, et que ses principes sont saisis, critiqués et développés.

À l'origine, ce principe de symétrie invite à expliquer tous les énoncés de connaissance par les mêmes causes, indifféremment de leur valeur factuelle, et réponds ainsi à l'asymétrie du motif explicatif jusqu'alors en vigueur, où les « vraies (ou rationnelles) croyances doivent être expliquées par référence à la réalité tandis que les croyances fausses (ou irrationnelles) doivent être expliquées par référence à l'influence déformante de la société » (traduit de Bloor, 1999, p.84). Ce premier axiome du programme fort joue de concert avec deux autres principes : le principe d'*impartialité*, revendiquant que « vérité ou falsification, rationalité ou irrationalité, succès ou échec » (traduit de Bloor, 1991/1976, p.7) doivent être étudiés au même titre, indépendamment de leur statut et de la valeur qui leur est accordée, et le principe de l'approche *causale*, « concernée par les conditions qui participent aux croyances ou à l'état des connaissances » (*Ibid.*). D'une part, il ne s'agit donc pas d'évaluer la validité des théories en elles-mêmes, –comme par exemple évaluer la factualité accordée au modèle de l'ADN proposé par James D. Watson et Francis Crick–, mais de comprendre les modes de production, de justification, de validation et de structuration des savoirs propres à la science, que le contenu des énoncés soit considéré comme valide ou erroné, comme vrai ou faux. D'autre part, cette explication du contenu des énoncés doit être causale, et rechercher dans ce cadre des causes qui soient notamment sociales. Un dernier principe accompagne ceux de symétrie, d'impartialité et de causalité dans le programme fort : la dimension *réflexive* de la démarche entreprise, qui prescrit que le « motif explicatif » (*Ibid.*) de cette nouvelle sociologie doit aussi être applicable à la sociologie elle-même. Autrement dit, en qualité de savoirs, les connaissances sociologiques et leur mode de production devraient eux aussi, pour respecter le principe de symétrie, pouvoir être étudiés dans leur dimension sociale par une approche causale impartiale.

1.1.1.3. Le déploiement d'une approche empirique par étude de cas

Pour mener ce nouvel ordre de travaux, les sociologues sont invités à procéder en étudiant des cas de science « réelle », sans « apriorismes normatifs philosophiques » (traduit de Pickering, 1992b, p.1) : autrement dit, il faut montrer *sur pièces* les facteurs sociaux à l'œuvre dans la construction et l'évaluation des contenus savants. C'est l'autre innovation proposée par les différentes chapelles de la nouvelle sociologie de la connaissance scientifique : le déploiement d'une approche empirique par étude de cas, (De Freitas, 2020 ; Shapin, 1982) consacrée

à étudier *comment* les scientifiques, alors envisagés comme des *acteurs sociaux*²², participent à l'établissement de consensus ou à l'achèvement de contradictions à l'intérieur d'un contexte social spécifique.

Cette perspective ouverte vers l'étude sociale des connaissances scientifiques est novatrice dans le paysage des approches sociologiques déployées jusqu'alors, qui, lorsqu'elles touchent aux produits de la science, se concentrent généralement sur leur « organisation ou leur distribution » (traduit de Barnes, 2009/1974, p.vii) et n'offrent pas de contribution empirique²³ sur la construction sociale de leur contenu même (Mulkay, 1979). En effet, si la sociologie de la connaissance héritée du travail de Mannheim intègre la question des contenus (Seidel, 2011), l'interprétation répandue de ses travaux²⁴ exempte ceux issus des sciences naturelles et mathématiques d'approches sociologiques (Seidel, 2011 ; Barnes & Bloor, 1982). C'est à ceci que répondent notamment les principes d'impartialité et de symétrie présentés par Bloor et Barnes. Quant à la sociologie de la science Mertonienne, elle se consacre soit à interroger en *interne* la dimension sociale de la science en tant qu'institution autonome, en procédant d'un point de vue structuro-fonctionnaliste à l'identification des normes structurantes propres à la science qui permettent de la fonder « comme ensemble d'activités organisées » (Coenen-Huther, 2002, p.224) et qui sont considérées comme externes au contenu des énoncés générés²⁵, soit à étudier le processus d'institutionnalisation de la Science en reliant son développement avec des facteurs sociaux

22 Nous soulignons ici *acteurs sociaux* car les études de cas dérivées de la nouvelle sociologie de la connaissance scientifique vont intégrer l'agentivité des scientifiques sur les contenus théoriques, contrairement à l'adoption de l'idée réaliste qui considère que ces contenus sont le reflet d'une réalité indépendante et existante en dehors de toute action humaine. Dans le cadre des SSK, les contenus théoriques apparaissent construits au travers d'interactions sociales, de négociations, où les intérêts des scientifiques et des groupes (communautés) de scientifiques sont des facteurs déterminants. Les scientifiques sont donc des *acteurs* de cette construction sociale des connaissances et ne sont pas seulement considérés dans ces études comme *sujets* à des *normes sociales* fixées qui seraient propres à la science qui les contraindraient entièrement dans la conduite qu'ils adoptent (e.g. le cas de l'*ethos scientifique* chez Merton).

23 Cette absence de contribution empirique doit être nuancée : Merton recommandait la méthode de l'étude de cas, déployée notamment par Barber et Fox (1958). Mais comme le relève Lynch (1985a), ces études de cas ne se sont pas concentrées sur la dimension sociale de la construction des énoncés scientifiques *per se*.

24 Voir à ce sujet les articles de Seidel, 2011 et Kaiser, 2008, qui reviennent sur les interprétations du travail de Mannheim. L'article de Seidel se consacre à démontrer que Mannheim ne nie pas *en principe* la possibilité pour les contenus des sciences exactes d'être étudiés sociologiquement. L'article de Kaiser revient plus particulièrement sur l'interprétation faite de Bloor du travail de Mannheim auquel lequel son « programme fort » répond et dont il tire certaines inspirations.

25 Comme le fameux « *ethos scientifique* » proposé par Merton (Barnes & Dolby, 1970 ; Merton, 1973, 1968/1949).

externes, propres à la société à un instant donné²⁶. Le programme fort s'inscrit ainsi en faux de cette « sociologie positiviste » (traduit de Shapin, 1982, p.199) qui, si elle a pu revendiquer un certain empirisme (Barber & Fox, 1958 ; Merton, 1973), vise des niveaux d'analyse différents de ceux proposés par la nouvelle sociologie²⁷.

Justement, des travaux issus de la nouvelle sociologie, vont montrer que les frontières entre *dimension interne* et *dimension externe* sont mouvantes et donc que la science, en *interne*, ne doit pas être étudiée comme une entité purement autonome mais comme perméable aux enjeux sociétaux (Pickering, 1989). Autrement dit, la conduite de recherche adoptée par les scientifiques, les méthodes développées pour mener à bien leurs travaux, et l'articulation des éléments théoriques, seraient, elles aussi, perméables à ces enjeux. Les travaux mêlant études de cas historiques et cadres d'analyses sociologiques, loin d'adopter les oppositions traditionnelles²⁸ entre approches externalistes et internalistes viennent interroger les dimensions sociales impliquées dans la construction du savoir en observant leurs mécanismes tant à l'échelle de la société globale dans laquelle la science se mène qu'à l'échelle des acteurs humains, qui sont alors considérés comme des agents sociaux de la construction savante et non plus seulement comme des objets de la construction sociale imposée par la science institutionnalisée.

Dans un mouvement conjoint, ces nouveaux travaux envisagent donc le lieu même des dimensions sociales d'une façon inédite : elles ne sont plus seulement localisées dans le processus de sélection des sujets privilégiés pour les études scientifiques (Merton, 1968/1949) ou comme des critères internalisés établissant les grands principes déterminant les façons de mener ces recherches (Merton, 1973, 1968/1949). À présent, les variables sociologiques sont envisagées comme parties prenantes du résultat des recherches, que les théories soient validées ou désavouées : le contexte militaire d'une période peut avoir influencé la formulation d'un projet de recherche et les éléments retenus pour les théories qui

26 Merton étudie par exemple le développement de la science « moderne » au XVIII^e siècle en détaillant la dialectique entre le contexte sociétal de l'Angleterre puritaine et les valeurs qu'elle défend par son puritanisme ascétique, et les dynamiques du développement de l'institution scientifique (Shapin, 1988b ; Merton, 1938).

27 Ce point est nuancé par Norman W. Storer dans l'introduction qu'il écrit pour *The Sociology of Science : Theoretical and empirical investigations* (Merton, 1973, pp.xxviii-xxix).

28 Cette opposition est traditionnelle particulièrement dans la discipline de recherche en histoire (Grimoult, 2003, Chapitre VII ; Pickering, 1989).

en sont issues, quand, dans un même temps, le profil spécifique d'un chercheur impliqué dans ce projet peut avoir orienté des éléments constitutifs du savoir produit, comme les méthodes privilégiées pour l'étude de l'objet d'intérêt ou les observations retenues (Pickering, 1989).

Le travail inédit de la sociologie de la connaissance scientifique s'opère donc sur une base commune aux travaux antérieurs, en considérant la science comme un mode particulier de connaissance, tout en défendant que, s'il est certes spécifique, il l'est au même titre que les autres : les dimensions sociales influencent jusqu'à la constitution de ses produits, les contenus scientifiques théoriques *per se*. À cet effet, les intérêts des scientifiques en tant que membres d'une communauté (Shapin, 1982) ou leurs compétences professionnelles individuelles (Collins, 1975) sont intégrés comme des facteurs participant de la construction et de la validation des faits.

1.1.2. Émergence : Les travaux de la nouvelle sociologie de la connaissance scientifique : des études de cas historiques et de science contemporaine

Cette nouvelle sociologie des sciences est principalement introduite par deux écoles : d'une part, par l'école d'Édimbourg avec le programme fort²⁹ qui adopte une approche macrosociale³⁰, d'autre part, par l'école de Bath, où Harry Collins construit une perspective microsociale relativiste (Collins, 1981b) qu'il intitule-
ra plus tard le « Programme Empirique Relativiste »³¹ (traduit de Collins, 1985 ; 1981a).

Si les deux grandes écoles de la nouvelle sociologie des sciences ont en commun un certain relativisme (Claisse & Balancier, 2008 ; Pestre, 1995 ; Pickering, 1992b), c'est-à-dire qu'elles rapportent le contenu et le statut des énoncés

29 A noter que le programme fort est d'abord synthétisé dans un ouvrage de David Bloor (Bloor, 1991/1976) mais que ce premier travail de concert avec le sociologue Barry Barnes (Barnes, 2015/1977) et l'historien des sciences Steven Shapin (Barnes & Shapin, 1979) à l'intérieur de la Science Studies Unit de l'Université d'Édimbourg (Briatte, 2007) – alors dirigée par David Edge (MacKenzie, 2003).

30 Précisons aussi que ces trois membres ont alors chacun une expérience passée en sciences considérées comme « dures » : Steven Shapin a mené des recherches en génétique et biologie, Barry Barnes a d'abord été chercheur en chimie, tandis que David Bloor a étudié en mathématiques et philosophie puis en psychologie expérimentale. Harry Collins, lui, en revanche, a suivi un cursus en sociologie.

31 En anglais : *Empirical Program of Relativism*, aussi appelé *EPOR*.

scientifiques aux contextes spécifiques et aux interactions sociales au travers desquels ils se justifient et se valident (les énoncés sont donc *relatifs à...*), elles se distinguent notamment par l'échelle de leur approche et les méthodologies adoptées.

1.1.2.1. L'école d'Édimbourg et son approche macrosociale

L'école d'Édimbourg est dans une perspective macrosociale : elle cherche à discerner le rôle des variables sociologiques classiques dans la constitution du savoir en s'intéressant à des dynamiques situées au niveau des structures sociales. Par exemple, le travail d'étude de cas historique réalisé par Steven Shapin sur la querelle phrénologique au début du dix-neuvième siècle lui permet d'étudier « l'influence des préoccupations sociales diverses sur un ensemble de connaissances scientifiques spécialisées » (traduit de Shapin, 1979/1990, s.p.). En qualité d'historien, Shapin montre en fait sur pièces comment les scientifiques mettent en place des tactiques visant à renforcer la crédibilité de leurs théories, tout en masquant leurs intérêts sociaux à leurs adversaires. Plus encore, il met à jour le rapport entre un contexte sociétal donné, et les articulations théoriques défendues par des communautés de recherche. En étudiant finement le rapport entre les démonstrations anatomiques présentées par les scientifiques avec les intérêts sociaux sous-jacent aux théories défendues par chacun des deux camps impliqués, celui des phrénologistes et celui de leurs adversaires (des scientifiques associés à l'institution alors dominante à Édimbourg), Shapin démontre que les intérêts sociaux constituent en fait des moteurs de la découverte scientifique. Ces moteurs sont notamment la nécessité d'être crédible vis-à-vis de la société et la « nécessité personnelle » pour chaque protagoniste de « justifier leurs conceptions » (*Ibid.*, s.p.). L'approche de cette étude est macrosociale³² car c'est en prenant en compte le contexte plus large de la société dans son ensemble³³

32 Si en matière de dimension sociale l'approche est macroscopique, il faut noter qu'à l'échelle de la discipline historique l'approche proposée par les travaux d'études de cas historiques développés suite au programme fort constitue au contraire une sorte de zoom temporel, qui tranche avec le *grand genre* traditionnel, où les études se concentrent sur des périodes plus étalées dans le temps. Non seulement la temporalité est radicalement réduite, on parle d'études de cas, mais les objets et types de pratiques étudiés changent aussi. (Pestre, 1995).

33 Par exemple, Shapin étudie les mouvements de pensées en place à Édimbourg au moment précis de la controverse : d'une part la philosophie mentaliste universitaire sur laquelle reposent les valeurs et connaissances antérieures défendues par les autorités intellectuelles adverses aux phrénologistes et, d'autre part, le projet idéologique politique des phrénologistes, qui s'inscrit dans une volonté de réformes sociétales, permettant notamment de travailler sur le comportement humain, et revendiquant le savoir scientifique phrénologiste accessible à tou.te.s.

et donc plus globalement les conditions sociales et culturelles qui vont guider et encadrer les expérimentations techniques des scientifiques à un instant donné, que Shapin parvient à retracer une histoire sociale des démonstrations scientifiques impliquées dans la querelle. Il montre ainsi que « les motivations sociales peuvent agir sur l'élaboration des connaissances », et ce « d'une façon beaucoup plus profonde que ne le démontrent les analyses historiques classiques » (*Ibid.*, s.p.).

Du côté des études de cas historiques comme celles de Shapin, les objets étudiés sont donc ceux d'une science *faite* tandis que l'approche microsociale de Collins à Bath préconise d'étudier des cas de science contemporaine en arguant la nécessité d'étudier les controverses toujours en cours, autrement dit « l'étude des développements scientifiques contemporains au moment où ils ont lieu » (Collins, 1975/1990, s.p.). Son idée est que les connaissances *faites* sont semblables aux bateaux miniatures présentés dans des bouteilles : une fois construits, il devient infiniment difficile d'extraire ces bateaux de leur bouteille (*Ibid.*). Ainsi, du côté d'Édimbourg, les travaux étudient les liens existants entre des mécanismes présents au niveau de la société et des controverses qui semblent internes à des communautés de recherche, tandis que du côté de Bath, l'approche de Collins se concentre sur les interactions humaines en les considérant comme le lieu de processus sociaux qui modulent la circulation et la validation des connaissances scientifiques.

1.1.2.2. L'école de Bath et son approche microsociale

Dans ce cadre, l'approche microsociale de Bath va étudier la production du savoir scientifique en l'envisageant comme un savoir consensuel, autrement dit, comme un savoir collectivement validé par des communautés de recherche (Pickering, 1992b). Partant d'une critique des études sociométriques des groupes scientifiques (Collins, 1974), Collins défend l'intérêt de se séparer des méthodes sociologiques traditionnelles pour mettre à jour les conditions de transfert des connaissances en jeu dans la construction savante. Le point important est que ces connaissances ne se réduiraient pas à des informations discrètes, structurées et identifiables, mais intègreraient des *savoir-faire* que les méthodes bibliométriques ne permettent pas d'étudier (*Ibid.*). Il apparaît alors davantage pertinent d'étudier plutôt les interactions communicationnelles entre les scientifiques, comme par exemple celles mobilisées afin de reproduire des expériences et

leurs dispositifs techniques (Collins, 1975), afin de comprendre comment ces connaissances, qui sont en fait un ensemble de savoirs plus ou moins tacites, faits d'expériences pratiques et de conventions, sont effectivement transmises (et donc remobilisables par les scientifiques dans le cadre de leurs travaux). Cette approche permettrait plus largement de saisir comment le consensus scientifique peut s'établir, particulièrement dans un contexte de controverses où les objets d'études ne sont pas strictement définis. Autrement dit, il s'agit d'étudier au travers des communications des scientifiques, *comment* les critères qui guident la pratique scientifique sont définis (Collins, 1985). Cette approche est dite microsociale car elle se concentre sur les échanges sociaux d'un groupe réduit d'individus sans en référer directement aux structures plus globales, comme le contexte sociétal, l'état de contrôle institutionnel de la Science sur ses chercheurs, etc.

1.1.2.3. Une complémentarité mobilisée au travers de l'étude des controverses scientifiques

Néanmoins, loin de totalement s'opposer, les approches des deux écoles sont en fait complémentaires. L'étude des controverses scientifiques (e.g. Barnes, 1980 ; Collins, 1985, 1981a, 1981b, 1975, 1974 ; MacKenzie & Barnes, 1979 ; Pickering, 1981a, 1981b ; Rudwick, 1985, 1974 ; Shapin 1982, 1979/1990), devenue constitutive d'un genre à part entière des études de la connaissance scientifique³⁴ (Shapin, 1982), invite à « passer (...) du micro au macro, par les associations que proposent les acteurs impliqués » (Callon & Latour, 1990, s.p.). Dans l'introduction du numéro thématique de la revue *Social Studies of Science* de 1981, consacré à la connaissance et ses controverses³⁵, Collins (1981a) indiquera par exemple pour la dernière étape de son programme *EPOR* la nécessité, une fois le microsocial observé, de relier les mécanismes identifiés durant les pre-

34 Il faut noter que les matériaux de l'analyse n'étaient cependant pas les mêmes : chez Collins la méthode des entretiens de longue durée est privilégiée (Collins, 1985, 1975, 1974), tandis que par exemple, l'une des controverses étudiées par Shapin, la dispute phrénologique se déroulant à Édimbourg au XIX^e siècle, mobilise des corpus de sources primaires et secondaires mobilisés en histoire comme des correspondances entre scientifiques ou des publications d'articles (Shapin, 1979/1990). Cela semble tenir notamment à deux choses : d'une part, à la nature de leur objet d'étude : Collins privilégie les controverses *se déroulant* tandis que Shapin étudie des controverses *passées* et, d'autre part, leur cursus respectif : Harry Collins est formé comme sociologue tandis que Steven Shapin est historien.

35 En anglais le titre du numéro thématique est *Knowledge and Controversy: Studies of Modern Natural Science*.

miers stades de son analyse à « des structures sociales et politiques plus larges » (traduit de *Ibid.*, p.7).

Une autre caractéristique de ces premiers travaux concerne les termes employés pour l'analyse : les *intérêts* (Woolgar, 1981a, 1981b) des *communautés* auxquelles appartiennent les scientifiques impliqués dans les controverses étudiées sont saisis comme motifs explicatifs afin de rendre compte des facteurs sociaux à l'œuvre dans la construction des contenus théoriques. Influencés par les travaux de sociologie d'Emile Durkheim (Pickering, 2008), les études montrent que ces intérêts, cognitifs et sociaux, influent sur les modes de sélection des objets de recherche, sur le contenu des résultats expérimentaux, et sur les conditions de leur validation. De même, la notion d'*ordre* est une préoccupation qui se retrouve au travers des différents travaux du champ d'étude ainsi constitué : l'*explanandum* revient à saisir *comment* les scientifiques en viennent à se comprendre et à envisager les choses sous un même angle et donc à « maintenir l'ordre » (traduit de Collins, 1985, p.2)³⁶.

1.1.3. Apports : Les processus sociaux et culturels de stabilisation du savoir et les « intérêts » des communautés de recherche

En étudiant des cas de sciences ancrés dans des controverses, les travaux de la nouvelle sociologie de la connaissance scientifique mettent à jour la nature *négociée* du savoir et la dimension consensuelle des raisonnements scientifiques et de leur produit.

1.1.3.1. La nature « capricieuse » des transferts de connaissances pratiques scientifiques : une question d'acculturation

Collins, se basant sur un corpus d'entretiens approfondis autour des « discussions techniques sur les expériences et les interactions entre scientifiques » (tra-

³⁶ Cette dernière préoccupation hérite notamment des travaux de Wittgenstein (Bloor, 1973) qui influencent fortement, avec ceux de Kuhn et notamment la question de l'incommensurabilité des théories scientifiques (Pickering, 1992b), les partisans du programme fort.

duit de Collins, 1975, p. 208)³⁷, décortique les modalités de transfert de savoirs entre scientifiques d'un même domaine afin de mener à bien leurs recherches (Collins, 1974). Son travail s'intéresse notamment aux modalités communicationnelles par lesquelles ces savoirs transitent. Dans le cadre particulièrement technique³⁸ de ses études, Collins pointe que le mode de transfert de connaissances entre scientifiques procède d'une « acculturation » (traduit de Collins, 1975, pp.206-207) plutôt que d'un transfert « algorithmique » (*Ibid.*) qui consisterait à suivre à l'identique une série d'instructions fixes similaires à un « un programme d'ordinateur digital » (*Ibid.*, p.206). En effet, il ne s'agit pas de transférer des informations discrètes et stabilisées, mais de transmettre un ensemble composite : un mélange de connaissances plus ou moins tacites, qui ne sont pas seulement des savoir-faire techniques, mais un agrégat de concepts, de savoir-faire, d'expériences pratiques et de prescriptions en voie de stabilisation. Ces savoirs sont ainsi constituants d'une *culture scientifique* en cours d'élaboration pour un domaine donné.

Collins souligne le caractère « capricieux » (traduit de Collins, 1985, p.129) de ces transferts, qui sont difficiles à surveiller notamment parce que leur efficacité s'incarne au travers de l'application même des compétences acquises dans le cadre de la pratique scientifique, comme par exemple la construction d'un laser (Collins, 1974) ou la mise en place d'une expérimentation visant à confirmer l'existence d'ondes gravitationnelles (Collins, 1975). Il montre que le transfert de ces connaissances est réalisé au travers d'interactions communicationnelles entre chercheurs qui nécessitent des conditions particulières, comme par exemple, la nécessité d'échanger directement avec un scientifique ayant déjà participé à produire un dispositif technique pour pouvoir le reproduire³⁹.

37 Il faut noter ici que la citation est issue de son article publié en 1975, *The Seven Sexes: A Study in the Sociology of a Phenomenon, or the Replication of Experiments in Physics*, mais elle se réfère à son article de 1974 publié sous le titre *The TEA Set: Tacit Knowledge and Scientific Networks*. C'est dans ce premier article que Collins analyse finement les modalités de transferts de savoir entre scientifiques. Comme nous le détaillons juste après, il tire de cette première analyse deux modèles de transfert des savoirs entre scientifique, et c'est dans l'article de 1975 qu'il les détaille clairement, en introduisant son approche spécifique de la connaissance scientifique.

38 Les cas étudiés par Collins ont pour caractéristique à la fois d'être des cas de controverses, mais aussi de montrer des cadres de mobilisation de savoirs techniques : les scientifiques sont en prises avec des problèmes expérimentaux qui lient ensemble théorie et pratique, comme la construction d'un laser ou la mise au point d'un dispositif permettant d'attester de la présence d'ondes gravitationnelles.

39 A noter que Collins (1985) souligne que ce seul critère n'est lui-même pas suffisant, ni ne constitue une garantie du succès du transfert.

1.1.3.2. L'impact des intérêts sur les contenus savants, leur représentation et leur stabilisation

Les travaux de cette nouvelle sociologie pointent aussi le caractère *contingent* du processus de construction savante en montrant l'impact des intérêts personnels et communautaires sur les contenus théoriques (Shapin, 1985, 1982) et sur les critères de validation des expérimentations (Collins, 1985, 1975).

Se saisissant de son modèle d'acculturation, Collins s'intéresse au processus de fixation des critères d'évaluation des expérimentations en science. Ces critères permettent d'évaluer si oui ou non une expérience est une « *bonne expérience* » (traduit de Collins, 1975, p.211) : une « *expérimentation compétente* » (traduit de Collins, 1985, p.147 ; traduit de Shapin, 1982, p.162) qui présente les qualités nécessaires pour produire des connaissances scientifiques sur un objet d'étude. Il montre que ces critères d'évaluation ne dépendent pas du degré de fidélité de l'expérimentation à un modèle antérieur fixe, comme aurait pu l'assumer un modèle empirique-logique et positiviste du raisonnement scientifique⁴⁰, mais qu'ils dépendent notamment des intérêts des communautés de recherche, et procèdent d'une fixation progressive et négociée.

Cette nature négociée de la connaissance scientifique, influencée par des agendas individuels et collectifs, se retrouve au travers des différentes études de controverses. Dans la querelle phrénologique étudiée par Shapin (Shapin, 1979/1990), les différentes parties prenantes ajustent leurs arguments de sorte à les rendre compatibles avec leurs agendas personnels et politiques, mais aussi avec les enjeux sociétaux en vigueur, ce qui les enjoint à percevoir la configuration de la matière biologique (ici l'anatomie crânienne) d'une façon spécifique. Les connaissances techniques sont ainsi progressivement élaborées en fonction des injonctions d'un collectif, ce qui n'est pas sans évoquer les concepts de *Denkstil* (style de pensée) et de *communautés de pensée* proposés par Ludwig Fleck (Fleck, 2008/1935). Mais cette élaboration qui concerne des questions techniques d'anatomie dépasse le cadre prétendument clôt, interne, de la manufacture des sciences. Dans le cadre de la querelle phrénologique, elle s'ajuste dans un même mouvement à l'agenda politique qui prend place dans le contexte sociétal particulier d'Édimbourg, qui consiste à fonder une réforme institutionnelle et sociale, reposant sur l'idée de diagnostiquer « *la constitution mentale* »

⁴⁰ À ce sujet, voir quelques traits saillants de cette idée « empirique-logique » de la science dans Giere (1996).

innée d'un individu » (Shapin, *Ibid.*, s.p.) afin de pouvoir « élaborer une politique efficace et rationnelle permettant d'agir sur son comportement » (*Ibid.*, s.p.). Les flux circulant entre la science en interne et les enjeux sociétaux à une échelle plus ou moins macro (Pickering, 1989), se retrouvent aussi par exemple dans l'article de Shapin traitant de la technologie littéraire, sociale et matérielle développée par Boyle. Shapin montre comment le chercheur met au point un dispositif global permettant de réunir des conditions suffisantes pour faire correspondre ses expérimentations, d'une part, aux critères d'exigence en vigueur à son époque concernant la justification des faits scientifiques, afin de renforcer la crédibilité de ses travaux et d'obtenir l'adhésion de ses pairs et, d'autre part, dans un même mouvement, aux enjeux sociaux auxquels s'expose sa méthode expérimentale. Ainsi, Boyle multiplie les types de témoignages et veille à les standardiser, il prend soin de montrer la modestie de sa démarche scientifique en adoptant un style littéraire spécifique, mais il veille aussi, pour favoriser l'adoption de sa méthode expérimentale, à intégrer dans le dispositif écrit de ses comptes-rendus suffisamment de détails circonstanciels pour que même le « lecteur ordinaire » puisse devenir un acteur potentiel de « l'élaboration des connaissances expérimentales factuelles » (traduit de Shapin, 1985, p.83).

1.1.3.3. Le travail scientifique comme partage d'une « culture scientifique » commune négociée

Les travaux de Collins montrent que les négociations du savoir participent aussi plus globalement à définir les objets de recherche eux-mêmes, et la *culture* propre à leur domaine, comme nous l'avons évoqué : la progressive stabilisation de la culture scientifique d'un champ donné permet la maintenance d'un certain « ordre » (traduit de Collins, 1985), qui correspond au consensus nécessaire à la compréhension et à la communication. C'est cet ordre, établi et stabilisé au travers de rapports communicationnels, qui permet à un ensemble d'individus formant communauté, de considérer collectivement –dans les limites de cette culture– que tel objet a telles caractéristiques et tels effets, que telle est la façon appropriée de l'étudier et que les modalités de communication entre pairs devraient procéder de telle façon. Or les premiers travaux de la nouvelle sociologie montrent que la clôture des débats concernant la validation et l'autorité de certaines positions pourrait, en principe, ne jamais arriver : c'est le concept de *régression infinie*, qui dans le cas de la validation des expérimentations chez

Collins donne naissance à la notion de « régression de l'expérimentateur » (*Ibid.*, p.79) Les études montrent que ces clôtures sont le fait de décisions prises par des communautés de recherche en rapport aux intérêts qu'elles défendent et qui limitent les types d'arguments, théories et appareils techniques employés, autrement dit, fondent un certain champ culturel dans les limites duquel les scientifiques débattent (Collins, 1981b ; Pickering, 1981a).

En cela, les travaux de la nouvelle sociologie de la connaissance montrent le raisonnement scientifique non plus comme un raisonnement logique linéaire basé sur des méthodes fixées *a priori* du travail de recherche et guidé par des critères de rationalité qui les préfigurent, mais comme un processus marqué par des négociations et des ajustements locaux (Shapin, 1982). Les critères de validation scientifique ne sont pas pré-établis pour servir de règles ou de repères fixes à la recherche, mais, au contraire, évoluent au fur et à mesure de son développement, au travers des échanges entre scientifiques et des expérimentations pratiques. Ces échanges communicationnels guident à la fois les modes opératoires de la recherche, mais aussi la perception et la définition même des objets étudiés, ainsi que les éléments retenus pour être inscrits dans les contenus théoriques. La localité des préoccupations sociales est déterminante dans la constitution des contenus théoriques : par exemple, un certain agenda politique va moduler la perception d'un même objet d'étude par différentes communautés parties-prenantes d'une controverse scientifique (Collins, 1985 ; Shapin, 1979/1990), mais aussi la façon dont les arguments lui étant relatifs sont représentés et qui participent à leur tour à négocier les caractéristiques de cet objet d'étude (Shapin, *Ibid.* ; Fleck, 2008/1935).

Ces travaux pointent aussi l'importance et l'individualité des *savoirs pratiques* mis en jeu au travers des négociations pour la validation des faits (Pickering, 1989; Shapin, 1982 ; Collins, 1981b, 1975, 1974). Ils mettent à jour la dimension tacite des connaissances mobilisées pour la production de nouveaux savoirs. Ces connaissances tacites ne se limitent pas dans le cadre des sciences à des savoirs techniques non formulés, mais réfèrent à un ensemble hétérogène de savoir-faire techniques mêlés à des expériences vécues (comme du temps passé à collaborer en laboratoire avec un scientifique), à un sens des ressources à disposition (tel appareillage technique pourrait être mobilisé), ou encore à l'articulation de certaines conventions d'un domaine donné (Collins, 1975).

Les savoirs scientifiques, jusqu'alors considérés dans leur correspondance à une nature *indépendante* se dévoilent peu à peu comme le produit de procédures

dialectiques qui permettent des ajustements successifs modulant les objets étudiés eux-mêmes, jusqu'à la stabilisation, toujours provisoire, des contenus théoriques à leur sujet. La science apparaît peu à peu comme une *culture* ou plutôt un ensemble de *champs culturels*, en construction et négociation continue, qu'il faut étudier en ces termes.

1.1.4. Perspectives : niveau d'analyse empirique et positions théoriques

L'un des apports méthodologiques majeurs des premiers travaux de la nouvelle sociologie des sciences est d'avoir considéré des cas concrets, notamment par l'approche des controverses, et de s'être éloignés de l'idéalisme de certains travaux antérieurs. C'est en ce sens que les travaux issus de ce courant sont qualifiés de naturalistes (Boumans *et al.*, 2016 ; Pickering, 1992b ; Woolgar, 1981a) par opposition notamment à l'idéalisme et donc aux apriorismes philosophiques. Néanmoins, la nature empirique des travaux réalisés reste limitée. En effet, que la récolte de données d'étude se base sur des sources historiques dites secondaires (par exemple, des ouvrages spécialisés) et/ou primaires (par exemple, des correspondances écrites entre scientifiques) ou que certains chercheurs se déplacent dans les institutions concernées, sur le terrain, pour interviewer les scientifiques et analyser leurs divers contacts au cours du processus de stabilisation d'une théorie, tous les travaux proposés reposent sur des reconstructions *a posteriori* du déroulé de l'activité de recherche. Autrement dit, ces travaux reposent sur des comptes-rendus différés de l'action réalisée, du travail technique mené par les scientifiques, qui ne permettent pas de recouvrir la finesse des détails de l'activité *se faisant*.

En effet, si l'adoption d'une approche empirique par étude de cas pour étudier le contenu même des théories est novatrice dans l'étude de la connaissance scientifique, certaines limites de ces travaux vont rapidement être relevées. Les retours critiques portent tant sur le type de matériau employé pour mener ces études et leur approche (Lynch, 1982) que sur les modalités d'analyse favorisées comme la mobilisation du concept social d'intérêt (Barnes, 1981 ; MacKenzie, 1981 ; Woolgar, 1981a, 1981b).

Si les études de cas analysées par l'école de Bath et celle d'Édimbourg permettent de montrer les mécanismes sociaux à l'œuvre dans la stabilisation des

connaissances, leur implication dans la validation même du savoir et de son contenu conceptuel, elles ne prennent pas en compte, ou relèguent au second plan, ce qui se joue *effectivement* dans la production des connaissances d'un point de vue pratique. Même les études micro-sociologiques de Collins qui prennent pour objet les modalités sociales de transmission des « connaissances pratiques » dans des cas de science « moderne » et s'intéressent à la régularité « en pratique » (traduit de Collins, 1985, p.6) n'abordent pas le travail de recherche *se faisant* dans les spécificités des opérations locales *situées*⁴¹ ‡. En privilégiant l'étude des controverses scientifiques *toujours en cours* et les cas de science « normale » (*Ibid.*, p.3-4, 1981a, 1975), les études micro-sociologiques de cas de science contemporains se concentrent sur la façon dont le savoir est transmis, échangé et stabilisé, et non pas sur l'*activité scientifique* en tant que *pratique se réalisant au cours* d'une temporalité limitée. De la même façon, les travaux de Shapin évoquent les conditions matérielles de défenses des intérêts de communautés scientifiques en étudiant les formats picturaux mobilisés durant la controverse phrénologique (Shapin, 1979/1990), mais c'est à titre d'argument démonstratif du jeu de ces intérêts, comme témoin du phénomène de distribution des croyances au cœur de la stabilisation du savoir, qu'elles sont étudiées, et non pas en rapport aux modalités pratiques et techniques de leur mobilisation *durant* les recherches. Autrement dit, bien que ces premières études aient ouvert la voie à des réflexions sur le *faire* scientifique, la pratique elle-même a subi un effet de « mise en arrière-plan » (traduit de Pickering, 1992b, p.8).

Quand elle est évoquée, la pratique concrète des scientifiques au travers de laquelle les savoirs sont construits est reléguée au second plan comme un élément unifié peu questionné, demeurant une *boîte noire*⁴² ‡ : par exemple, si l'on discute des négociations modulant ce qu'est une expérimentation qui fonctionne, en revanche, on ne s'intéresse pas à ce qui se joue *pendant* qu'une expérimentation est *techniquement et effectivement* menée à bien. Ainsi, les premiers travaux de la

41 ‡ Situé : Dans le cadre de ce travail, est située toute action considérée dans son intégration à l'intérieur d'un contexte local, dont les variables contingentes vont influencer le déroulé (Suchman, 2007/1987 ; Theureau, 2004) Nous différencions les approches *locales* (qui prennent en compte le contexte, l'environnement et le déroulé d'une activité) des approches *situées* (qui prennent en compte *comment*, durant le déroulé continu de l'activité, ces éléments locaux exercent une influence sur l'action). Une approche peut être locale, mais non située, en revanche une approche située est toujours locale. Ce point est illustré dans la section 1.2.2.4 de ce chapitre, et discuté dans la section 1.2.2.5.

42 ‡ Boîte noire : Pour une définition de ce qu'est une « boîte noire », nous nous reportons à Latour (1999) : c'est le résultat « d'un processus qui rend la production réciproque des acteurs et des artefacts entièrement opaque » (traduction personnelle, p.183).

nouvelle sociologie excluent-ils de nombreuses variables relatives à l'existence de leurs objets d'investigation, de par la perspective, l'approche et la méthodologie qu'ils adoptent. Ils demeurent aussi particulièrement anthropocentrés. Un certain *relativisme épistémologique sélectif* est aussi reproché à ces premiers travaux : autrement dit, on pointe qu'ils appliquent le principe de réflexivité du programme fort aux objets d'étude (la connaissance scientifique dans les disciplines étudiées), sans reconnaître ou du moins approfondir en retour la dimension sociale impliquée dans les travaux de la nouvelle sociologie de la connaissance elle-même⁴³ (Woolgar, 1982).

De nouvelles contributions soulignent la nécessité d'avoir une connaissance locale du déroulé des opérations scientifiques pour comprendre en quoi le travail de recherche consiste concrètement (Latour, 1979), ou ce qui est à l'œuvre lors des phases où le savoir quitte le laboratoire pour être communiqué (Knorr-Cetina, Krohn et Whitley, 1981). Ainsi, à la fin des années soixante-dix, de nouvelles approches, d'inspiration anthropologique (Latour & Woolgar, 1986/1979 ; Latour, 1979, Knorr-Cetina, 1981), ethnométhodologique (Lynch, 1985a ; Garfinkel *et al.*, 1981), ou encore portées par l'approche symbolique de l'interaction (Fujimura *et al.*, 1987), vont s'intéresser aux pratiques effectives des scientifiques telles qu'elles sont observables une fois passée la porte d'un laboratoire. Certains de ces travaux vont s'attacher à questionner les moyens nécessaires pour recouvrir la variabilité des phénomènes sociaux étudiés (Mulkay & Gilbert, 1982a, 1982b). Ces approches vont participer plus largement à mettre en tension les enjeux issus de la SSK concernant les façons d'étudier l'entreprise scientifique, accompagnées aussi par le développement de la philosophie empirique des sciences (Hacking, 2010/1983 ; Cartwright, 1983) et des sciences cognitives.

43 Ce point est abordé notamment par Collins, dans son article « The Place of the 'Core-Set' in Modern Science: Social Contingency with Methodological Propriety in Science » (1981c). L'auteur considère que ce n'est pas le rôle du sociologue de la connaissance scientifique. On peut noter ici qu'en quelque sorte, les travaux de la nouvelle sociologie de la connaissance échouent à appliquer le principe de réflexivité prescrit par le programme fort.

1.2 Une nouvelle façon d'étudier les sciences : vers les études des pratiques de laboratoire

1.2.1. Contexte : La science comme pratique de laboratoire et activité constructive

À la fin des années 70, la littérature témoigne de l'émergence d'approches dont les intérêts se rapprochent des premiers travaux de la nouvelle sociologie de la connaissance scientifique, mais s'en éloignent d'un point de vue méthodologique et sur certains aspects épistémologiques (Briatte, 2007 ; Pickering, 1992b; Woolgar, 1982). Un ensemble de travaux propose d'aller observer la mobilisation du social dans la production du savoir *directement* sur les lieux de production de la connaissance : d'étudier les *pratiques effectives* de recherche des scientifiques, plutôt que d'envisager ces pratiques au travers des traces de l'activité et d'entretiens *a posteriori*. Il s'agit des premières études de laboratoire⁴⁴, des études ethnographiques du travail des scientifiques. Ces travaux ont un point commun : celui de proposer d'aborder la science « telle qu'elle se fait » (Callon, 1986, p.170) et de s'intéresser socialement aux activités qui « constituent le travail interne de l'activité scientifique » (traduit de Latour & Woolgar, 1986/1979, p. 17).

1.2.1.1. Etudier *in situ* la contingence et la matérialité des pratiques scientifiques

Ainsi, assez rapidement après l'émergence des premières études de cas de la nouvelle sociologie des sciences, certains chercheurs vont aller regarder de plus près les activités des scientifiques *se faisant* à l'intérieur des laboratoires. Les fameuses études de laboratoire (Knorr-Cetina, 1981 ; Lynch, 1985a ; Latour & Woolgar, 1986/1979) pointent, au moyen d'observations de terrain minutieuses, l'intérêt d'étudier les dimensions techniques du travail de recherche à l'œuvre pour caractériser l'entreprise scientifique.

Dans les années 80, le constat de la contingence des pratiques déployées (Collins, 1975 ; Knorr-Cetina, 1981 ; Shapin, 1982 ; Zenzen & Restivo, 1982) et de l'importance de l'organisation matérielle et sociale spécifique du laboratoire sur

44 En anglais *laboratory studies*.

les produits de la science (Knorr-Cetina, 1981 ; Latour & Woolgar, 1986/1979 ; Lynch, 1985a) invite à considérer plus sérieusement la culture à l'intérieure de laquelle les opérations étudiées se déroulent. Cette fameuse *culture scientifique* apparaît dès lors qu'elle est étudiée *in situ* comme un champ de ressources pour l'activité de recherche (Pickering, 1992b).

En scrutant les modes de faire des scientifiques, la nature artéfactuelle associée à la pratique de l'enquête scientifique est mise au centre des questionnements. La production des contenus théoriques est étudiée comme une activité de recherche constituant un phénomène *pratique* d'organisation et de manipulation *matérielle culturelle*, plutôt qu'en se rapportant aux processus de fixation des critères de validation permettant de les stabiliser. Ce glissement atteste d'une volonté d'envisager la science non plus comme *mode de connaissance* mais comme *pratique et culture*⁴⁵ (Knorr-Cetina, *et al.*, 1981 ; Pickering, 1992a).

1.2.1.2. Prendre en compte la localité et la temporalité de la manufacture du savoir

Par la prise en compte des situations locales au cœur desquelles se déploient les activités de recherche afin d'en étudier les pratiques, la dimension temporelle de la construction des savoirs se retrouve mise en avant (Knorr-Cetina, 1981 ; Pestre, 1995 ; Woolgar, 1988). Ces nouveaux cadrages contribuent à développer une approche dite *constructiviste* du travail scientifique faisant apparaître son entreprise comme un *constructionnisme* (Knorr-Cetina, 1995, 1981). Autrement dit, plutôt que de découvrir passivement le savoir, les scientifiques participeraient activement à son élaboration : la connaissance scientifique serait une construction d'ordre social et culturel ne pouvant se départir de son inscription, voire de son incarnation, dans les composants et les temporalités de son milieu de création.

45 Ce point est abordé en détail par Pickering (1992b) dans l'ouvrage collectif qu'il édite intitulé *Science as practice and culture* (Pickering, 1992a).

1.2.2. Émergence : Étudier le travail de construction des connaissances comme pratique au travers des études de laboratoire

Plutôt qu'une approche parfaitement unifiée, c'est un changement commun de point de vue qui s'incarne au travers des différentes études de laboratoire : il s'agit de déplacer le regard jusqu'alors focalisé sur les dimensions sociales du savoir scientifique au travers de ses contextes de justification et de ses conditions de validation, vers les *pratiques concrètes* qui le produisent en intégrant leur déroulé temporel effectif, en s'intéressant à leur « *contexte de découverte* » (traduit de Knorr-Cetina, 1995, p.141). Ces développements méthodologiques sont aussi nourris par le développement des *workplace studies* qui se consacrent à étudier les pratiques des professionnels en action (Lynch, 1993) et font écho aux réflexions philosophiques qui se développent alors en s'intéressant aux pratiques contextualisées des scientifiques (Cartwright, 1983 ; Hacking, 2010/1983).

Les terrains étudiés sont divers⁴⁶, ils se situent notamment en physique –en astrophysique (Pinch, 1985, 1981) et en physique des hautes énergies (Knorr-Cetina, 1999 ; Traweek, 1992/1988), en biologie (Law & Williams, 1982) –par exemple en génétique moléculaire (Amann & Knorr-Cetina, 1989, 1990 ; Knorr-Cetina, 1999, 1981) ou en neurosciences (Leigh Star, 1983; Lynch, 1985a) et neuroendocrinologie (Latour & Woolgar, 1986/1979)–, en sciences cognitives (Collins, 1987 ; Suchman, 2007/1987)–, en mathématiques (Livingston, 1986), ou encore en chimie colloïdale (Zenzen & Restivo, 1982)⁴⁷.

Pour envisager *comment* ces pratiques sont constitutives du savoir même, un ensemble de travaux aujourd'hui séminaux (Knorr-Cetina, 1981 ; Latour & Woolgar, 1979 ; Lynch, 1985a) propose de s'inspirer du dispositif ethnographique pour développer de nouveaux procédés méthodologiques basés sur les

46 Nous ne citons pas ici le travail en biochimie de Gilbert et Mulkay (1982a, 1982b), ni celui collectif de Garfinkel, Livingston et Lynch sur la découverte du pulsar en astronomie (Garfinkel *et al.*, 1981) : pour les premiers, leur étude s'est basée sur des entretiens et la consultation de sources secondaires (lettres, articles rédigés par les scientifiques), pour les seconds, sur l'écoute d'un enregistrement du déroulé de la séquence d'activité ayant participé à la découverte du pulsar. Nous reviendrons néanmoins sur l'apport de leurs travaux à la perspective articulée par les études de laboratoire.

47 Aujourd'hui il faut noter qu'un certain nombre d'études de laboratoires plus récentes ont inclus de nouveaux terrains comme la physique théorique (Merz et Knorr-Cetina, 1997), la conception d'outils innovants notamment de visualisation (Vinck, 1999), la physique des matériaux (Allamel-Raffin, 2004a), la pharmacologie (Allamel-Raffin, 2009b), et l'astrophysique (Allamel-Raffin, 2004a) ou exploré sous des angles innovants des terrains déjà abordés comme les neurosciences et l'imagerie du cerveau (Alač, 2014, 2011, 2008, 2005 ; Alač & Hutchins, 2004).

matériaux empiriques récoltés au sein des espaces où se déroulent les activités de recherche. L'idée partagée est de pouvoir prendre en compte ces activités pratiques dans leur déploiement local. Néanmoins, l'échelle et la finesse du grain d'analyse, les critères d'inclusion des matériaux récoltés et plus largement les approches et leurs grilles d'analyse divergent. Trois premières études de laboratoire font l'objet d'une publication longue (Knorr-Cetina, 1981 ; Latour & Woolgar, 1986/1979 ; Lynch, 1985a) : nous proposons de les distinguer par leurs approches, qui, bien qu'elles partagent des références communes, ont articulé des points de vue différents sur la pratique scientifique, et ont ainsi situé les apports de ces travaux à différents niveaux de granularité de l'observation des pratiques.

1.2.2.1. L'approche ethnométhodologique : considérer localement les méthodes de raisonnement pratique des acteurs

D'une part, l'étude de laboratoire de Michael Lynch (1985a) se saisie de l'approche ethnométhodologique proposée par Harold Garfinkel⁴⁸. L'ethnométhodologie s'intéresse aux « actions et raisonnements pratiques » (traduit de Lynch, 2015a, p.192) engagés par des acteurs dans l'accomplissement d'une activité, et propose plus spécifiquement d'étudier « les 'méthodes' ordinaires au travers desquelles les personnes mènent à bien leurs affaires pratiques » (traduit de Lynch, 1993, p.5). En fait, l'ethnométhodologie considère que pour mener à bien une activité, les acteurs adoptent et réalisent pragmatiquement des « méthodes », qui intègrent des « actions discursives et incarnées » (traduit de Lynch, 2015a, p.192), dont l'articulation en activité correspond rarement au déroulé décrit par les comptes-rendus formels réalisés à l'issue de ces activités. Au contraire, les *méthodes* qui intéressent l'ethnométhodologie sont des instances locales et pragmatiques car elles dépendent des circonstances dans lesquelles l'activité se déroule. Or ces circonstances sont elles-mêmes évolutives à mesure que l'activité se mène, il s'agit donc pour l'ethnométhodologie de regarder les instances du travail comme un phénomène de « production située et interactionnelle » (*Ibid.*, p.195). Le programme que développe Garfinkel propose d'étudier « la production des actions pratiques qui fondent le contenu technique du travail » (*Ibid.*, p.195), autrement dit, d'étudier non pas l'organisation sociale par exemple des

48 Lynch est alors lui-même un élève de Harold Garfinkel, son étude de laboratoire publiée étant une réédition de son manuscrit de thèse sous la direction de Garfinkel (voir Lynch *et al.*, 2019).

agents dans une structure donnée⁴⁹, mais les *façons* par lesquelles les travailleurs mènent à bien leurs activités techniques *se faisant* et à considérer ces *façons* comme une forme d'organisation sociale.

La possibilité d'étudier ethnométhodologiquement ces méthodes endogènes repose sur l'idée qu'au cours d'une séquence d'activité, les acteurs agissent de sorte à dévoiler, dans un « accomplissement continu et pratique » (Garfinkel, 1985, p.57, cité par Theureau, 2004) leurs agissements à l'adresse des autres participants de l'activité. Ils rendent ainsi leurs actions « visiblement rationnelles et rapportables pour des buts pratiques » (Theureau, 2004, p.15), c'est-à-dire qu'en agissant d'une certaine manière, les acteurs font en sorte que leur agissements soient visibles et intelligibles comme faisant partie du déroulé méthodique de l'activité, de sorte leurs collaborateurs puissent s'orienter à leur tour dans l'activité qu'ils partagent en faisant sens de leurs agissements mutuels et donc du déroulé de l'action. Ainsi, l'activité se déroule tout en se reflétant elle-même : c'est le sens donné par l'ethnométhodologie au concept de *réflexivité*. C'est cette réflexivité de l'activité –le fait qu'elle reflète elle-même ses conditions et son articulation téléologique, grâce aux méthodes mobilisées en pratique par les acteurs–, qui constitue la condition par laquelle l'ethnométhodologie considère qu'on peut accéder, en tant qu'ethnométhodologue, à ce qui fonde la pratique sociale et ce sont les *méthodes* employées par les acteurs telles qu'elles rendent l'action observable et descriptible, donc telles qu'elles produisent cette réflexivité, qui sont étudiées par l'ethnométhodologie (e.g. Lynch, 1985a, p.289).

En termes de modalité d'analyse, l'ethnométhodologue doit ainsi conjuguer à l'observation directe des séquences d'activité un mode particulier de récolte de données et de format de leur transcription qui permettent d'en retenir le caractère situé et pragmatique. Par exemple, l'ethnométhodologue qui récolte un ensemble de documents doit se demander *en quoi* la présentation et l'analyse de ce document, comme un formulaire rempli par un des acteurs, permet d'étudier les méthodes employées pour mener à bien l'activité professionnelle. Les formats récoltés sont donc mobilisés non pas pour seulement pour leur valeur descriptive, mais comme des dispositifs matériels qui permettent à leur travers de *démontrer comment* le travail est accompli méthodiquement (Bjelic & Lynch, 1994 ; Lynch, 1985a, pp.7-10). Par ailleurs, si les discours des acteurs du terrain peuvent parfois « *décrire les pratiques scientifiques de façon qui rap-*

49 Par exemple, regarder la répartition des tâches entre les différents agents d'une banque.

pellent les normes Mertonniennes et les idéaux empiricistes » (traduit de Lynch, 1985a, p.193), donc une vision unifiée de la science et en quelque sorte détachée de la pratique effective, les ethnométhodologues s'intéressent tout de même à ces discours dans la mesure où ces façons qu'ont les scientifiques de comprendre leurs méthodes « jouent un rôle constitutif (et parfois subversif) dans la science (...) » (*Ibid.*), autrement dit, orientent l'action d'une certaine façon et sous-tendent certaines organisations méthodiques de la pratique. L'approche ethnométhodologique sollicite donc les verbalisations par entretien des acteurs du terrain.

1.2.2.2. L'approche anthropologique : adopter une lentille analytique en défamiliarisation

D'autre part se trouvent les approches d'inspiration anthropologiques, portées notamment par Steve Woolgar et Bruno Latour (Latour & Woolgar, 1986/1979), dont le travail a pu être qualifié de « socioconstructivisme » (Cuin, 2004, §2), et qui engage au contraire une position de défamiliarisation avec le terrain étudié afin d'envisager sans apriorisme le travail des scientifiques tel qu'il se donne à observer⁵⁰. Autrement dit, il s'agit pour l'analyste de pouvoir considérer comme étrange l'ordre établi à l'intérieur duquel les scientifiques mènent leur travail en « mettant entre parenthèses » (traduit de Latour & Woolgar, 1986/1979, p.29) leur éventuelle familiarité avec le domaine de la recherche et d'envisager *par des termes propres à l'analyste* ce qui structure les pratiques étudiées. L'objet d'intérêt de Latour et Woolgar concerne justement la façon dont cet *ordre* établi, considéré comme étrange par l'analyste, est obtenu et maintenu (*Ibid.*, pp.33-39). Leur position analytique préconise de se détacher des discours des acteurs endogènes au terrain et de ne pas les mobiliser pour former le cadre d'analyse de leur étude : ils considèrent d'une part, que ces discours ne disent rien de l'activité scientifique et parlent plutôt d'une certaine idée de ce qu'est ou devrait être La Science et qui pourrait détourner l'attention de l'analyste en canalisant son regard vers la vraisemblance des procédures décrites par les acteurs avec celles qu'il observe. Néanmoins, ils considèrent aussi, d'autre part, que l'emploi des termes inhérents à ces discours endogènes, *tels qu'ils apparaissent dans la pratique*, constitue justement un phénomène de l'activité à étudier en tant que

50 Le travail de Latour et Woolgar porte néanmoins certaines inspirations ethnométhodologiques, dont nous ne discuterons pas ici, car leur façon d'envisager le travail des scientifiques, l'échelle de leur observation et de leur analyse, diffère des études proprement ethnométhodologiques comme nous le décrivons dans ce chapitre.

tel (*Ibid.*, p.27, pp.187-188). En ce sens, ils se rapprochent davantage de l'ethnométhodologie, mais toujours en récusant les verbalisations par entretien. Par exemple, il faut se demander en quoi le fait de désigner une certaine théorie comme rigoureuse participe du travail de construction d'un fait. Les auteurs articulent aussi une certaine réflexivité, différente néanmoins de celle propre à l'ethnométhodologie : il s'agit pour eux de prendre l'expérience de l'observateur, de l'anthropologue, comme un point de réflexion possible sur l'activité des scientifiques. L'idée est que le procédé d'observation et d'analyse de l'anthropologue de laboratoire prend pour tâche « de construire et organiser un compte-rendu à partir d'un champ disparate d'observations » (*Ibid.*, p.34), ce qui serait similaire à la tâche poursuivie par les scientifiques en laboratoire. Cette similarité pourrait permettre, par réflexivité, de mieux saisir comment l'activité scientifique se mène.

1.2.2.3. L'approche sensible : intégrer l'intersubjectivité des sujets étudiés à la lentille de l'analyste

La troisième approche, que nous qualifions de *médiane*, serait celle de Karin Knorr-Cetina dans son ethnographie de laboratoire, qui propose d'adopter une « méthodologie sensible » (traduit de Knorr-Cetina, 1981, p.17) afin d'entrer en contact avec la manufacture des connaissances des scientifiques. En adoptant une posture « directe, immédiate et prolongée de confrontation avec la situation étudiée » (*Ibid.*) l'auteur milite pour un « engagement méthodologique » (*Ibid.*). Elle préconise aussi un « relativisme méthodologique » (*Ibid.*, p.18) et un « interactionnisme méthodologique » (*Ibid.*, p.19), qui situe selon nous son travail dans une sorte d'entre deux entre l'approche anthropologique et l'approche ethnométhodologique. L'*engagement méthodologique* correspond à l'inscription de l'analyste au cœur du terrain, tandis que le *relativisme méthodologique* désigne un décentrement de l'analyse portée par la voix du chercheur vers l'expression des sujets de son étude. Il s'agit à la fois de pouvoir rendre compte des temporalités et de la pragmatique des situations observées, de faire sens des observations en tant qu'elles se déroulent à un instant précis dans un contexte particulier, mais aussi d'adopter un régime descriptif du terrain qui « capture la voix à propos de laquelle il s'exprime » (*Ibid.*, p.18). Autrement dit, comme la nature *construite* des observations terrains et de leur analyse est inévitable, il est préférable que cette construction soit le fruit d'une intersubjectivité intégrant les sujets étudiés, plutôt que de la voix unique de l'analyste. Enfin, l'« interaction-

nisme méthodologique » (*Ibid.*, p.19) préconisé considère que l'action humaine ne se limite pas au sujet individuel, ni aux contraintes macrosociales : elle est un produit émergent, temporalisé donc, qui dépend du contexte dans lequel elle se mène et des acteurs en présence. On ne peut déduire le déroulé d'une action humaine en se limitant à « la connaissance des intentions ou intérêts d'acteurs individuels » (*Ibid.*). On caractérise l'approche de Knorr-Cetina d'approche *médiane* car, en gardant une attention fine aux méthodes déployées par les acteurs du laboratoire et aux discours qu'ils tiennent sur leur propre travail, en s'attachant à détailler *comment* ils s'orientent pratiquement selon les circonstances dans lesquels ils se trouvent, et en raisonnant sur les moyens d'intégrer l'intersubjectivité des acteurs du terrain, elle se situe au plus proche des préoccupations ethnométhodologiques. Néanmoins l'analyse de Knorr-Cetina est fortement guidée par l'utilisation de grilles de lecture conceptuelles, par exemple par le travail de Callon et sa théorie de la traduction. En ce sens, elle nous semble se rapprocher davantage des modalités d'analyse favorisées par Latour et Woolgar pour décrire et expliquer les processus observés sur le terrain.

1.2.2.4. Différents niveaux de granularité concernant la localité des pratiques étudiées

De prime abord, chacun des auteurs défend l'intérêt de se placer au plus près des pratiques *réelles*⁵¹ des scientifiques pour les étudier dans leur spécificité. Les différences semblent extrêmement ténues concernant la granularité rapportée à la localité des situations étudiées. Néanmoins, les approches mobilisées articulent différemment ce qui relève de la pratique scientifique : que ce soit en termes d'objet à étudier, ce que nous avons explicité, mais aussi concernant la restitution de leur terrain et sa discussion dans sa localité et la *situativité* des situations observées.

Dans l'étude de laboratoire de Latour et Woolgar, qui défendent l'importance de collecter et de décrire des « observations de l'activité obtenues dans un cadre particulier » (traduit de Latour & Woolgar, 1986/1979, p. 28), la lecture des instances observées est toujours réalisée au travers d'une lentille particulière qui est construite par l'analyste, et le point de vue qu'ils adoptent concerne un pro-

51 En anglais, le terme *actual* est fréquemment employé (e.g. Pickering, 1992b, p.2 ; Lynch, 1985a, p.3, p.5 ; Lynch et Woolgar, 1990, p.11) nous traduisons ce terme par « concret » ou « réel », par exemple « pratiques réelles » ou « pratiques concrètes », sans employer le terme « réel » avec une quelconque connotation philosophique.

cessus de transformation plus ou moins étalé dans le temps, en écho à leur objet d'intérêt (que nous avons défini plus haut comme *l'ordre établi* ou la *stabilisation des faits scientifiques*). Dans un premier temps, la lentille ou le « fil d'Ariane » (*Ibid.* p.53) retenu est la notion d'« inscription littéraire » (*Ibid.*, p.45). Pour les deux chercheurs, un dénominateur commun des activités des scientifiques en laboratoire est la production d'inscriptions au moyen de « dispositifs inscripteurs » (*Ibid.*, p.51). Ces inscriptions servent en quelque sorte de substitut au phénomène d'intérêt des scientifiques et leur permettent, à travers elles, d'étudier et de discuter ses propriétés. Le laboratoire est ainsi étudié comme un véritable « système d'inscriptions littéraires » (*Ibid.*, p.52), lesquelles sont produites à l'aide d'appareils qui « transforment des bouts de matières en documents écrits » (*Ibid.*, p.51). Ils regardent spécifiquement comment s'organise progressivement la transformation d'un argument en fait par traduction successives en différents formats, par exemple par sa présentation sous la forme de différentes formulations, modulées par l'ajout ou le retrait de « modalités » spécifiques (*Ibid.*, p.77), comme la mention d'une date situant une expérimentation dans le temps ou d'une référence scientifique devant permettre d'asseoir la légitimité de l'argument proposé. Dans un second temps, ils regardent comment la dimension historique et technique d'un fait est gommée au fur et à mesure de sa légitimation et de son acception par la communauté scientifique. Pour ce faire, les auteurs conjuguent la mobilisation de la notion de « réseau » (*Ibid.*, p.107) pour étudier la signification relative d'une substance (TRF) selon l'acteur qui la mobilise, à une analyse bibliométrique de citation du terme (TRF), et à un raisonnement abductif sur des alternatives théoriques possibles n'ayant pas été consolidées. Troisièmement, en se concentrant sur des échanges oraux entre scientifiques, les auteurs montrent les « microprocessus par lesquels les faits sont socialement construits » (p.152). Les auteurs pointent l'hétérogénéité des types d'échanges entre scientifiques et la proximité de leurs modalités, ainsi que leur entrelacement, avec les échanges qui ne sont pas d'ordre scientifique (par exemple, une discussion entre collègues concernant le déjeuner de la veille). Latour et Woolgar abordent les mécanismes et facteurs sous-jacents à ces échanges, comme par exemple les procédés rhétoriques engagés dans des conversations informelles permettant de négocier l'importance d'une expérimentation, la valeur d'autorité d'un résultat scientifique, ou encore l'obtention d'une substance spécifique pour les besoins d'une manipulation future. Ce faisant, les auteurs montrent que les intérêts et antécédents spécifiques des interlocuteurs impliqués, par exemple la volonté ou non d'entamer une collaboration

scientifique, orientent le discours. Ils montrent ainsi l'importante dimension sociale des microprocessus impliqués dans le progressif établissement d'un fait. Enfin, les auteurs abordent au travers de la notion de « cycles de crédits » la mobilisation de l'identité individuelle d'un chercheur comme levier de persuasion (*Ibid.*, Chap.5).

On voit ainsi que l'étude de Latour et Woolgar se concentre sur les tribulations des faits scientifiques, et la façon dont ces derniers sont construits et *mobilisés* par les scientifiques *de sorte à être stabilisés* : en considérant, comme nous l'avons dit, les façons dont cet *ordre* établi, considéré comme étrange par l'analyste, est obtenu et maintenu, les auteurs cherchent en fait à comprendre les procédés qui aboutissent à la stabilisation des faits scientifiques. Ils articulent la localité des séquences étudiées comme la mise en jeu de relations de pouvoir et d'autorité. Bien que leur étude inclut une analyse des « microprocessus » (*Ibid.*, Chapitre 4) qui engage une granularité plutôt fine concernant la localité des situations observées, la dimension *située* des pratiques que leur méthode permet de restituer semble limitée : leur objectif est de saisir au travers d'une variété de cas la construction sociale des faits en soi, de saisir les moyens employés à leur stabilisation et d'extraire des traits généraux pour caractériser les procédés mis en œuvre au long du processus de stabilisation. Par exemple, Latour et Woolgar observent minutieusement la façon dont les arguments de différents scientifiques au cours d'une discussion capitalisent sur des instances extérieures au moment de la discussion (*Ibid.*, p.155) : c'est donc bien la conversation locale qui est analysée, au sens où une attention est portée au rapport des arguments énoncés avec la situation spécifique dans laquelle s'inscrit la conversation. Mais ce qui les intéresse dans ce cadre ce n'est pas *comment, dans la situation spécifique dans laquelle ils se trouvent et qui constitue leur activité présente, les scientifiques parviennent à mobiliser des énoncés afin de mener à bien cette même activité*, ce qui engagerait une forte granularité concernant la situation locale du phénomène pratique observé, mais plutôt *comment, dans le cadre des conversations en laboratoire* (envisagé comme un type d'activité général), *des énoncés sont mobilisés de sorte à légitimer un énoncé plutôt qu'un autre*. La conversation locale est donc analysée comme un procédé général pouvant s'appliquer ensuite à une variété d'échanges entre scientifiques dans la construction des faits. Il ne s'agit donc pas seulement d'une généralisation sur la base d'une observation locale située, mais d'une généralisation *inscrite* dans les modalités d'analyse : la posture qu'ils adoptent vise à montrer la mondanité des sciences en train de

se faire (*Ibid.*, p.21, p.47), et les procédés qu'ils tirent de leur terrain pourraient manifestement s'appliquer à une variété de situations et de disciplines scientifiques, mobilisant pourtant des types d'objets très différents⁵² et s'exposant à diverses contingences.

En revanche, Lynch, approchant les dimensions sociales du travail scientifique par le biais de l'ethnométhodologie dans son ouvrage *Art et Artefacts* va mettre un point d'honneur à se tenir au plus près de l'action concrète des scientifiques dans l'étude des phénomènes. Pour étudier les dimensions sociales de la découverte scientifique, Lynch va s'intéresser à l'achèvement pratique de l'*observabilité et de la descriptibilité*^{53‡} des objets d'étude d'un groupe de neurobiologistes. En ces termes, il propose une « étude descriptive des activités sociales dans un laboratoire de neurosciences » (traduit de Lynch, 1985a, p.xiii), qui va se concentrer « sur les façons dont des phénomènes microscopiques ont été rendus sensiblement atteignables et objectivement observables » (*Ibid.*)⁵⁴. Autrement dit, Lynch étudie des séquences du travail de recherche où des scientifiques font en sorte de rendre leurs objets d'études *scientifiquement* étudiables : l'enjeu est ainsi de comprendre *en quoi consiste, méthodiquement* –et spécifiquement dans le cadre de son terrain, *pour les scientifiques, le fait de rendre leur phénomène d'in-*

52 Sans entrer dans leurs détails, certains travaux comme ceux de Knorr-Cetina (1996) ou Dondero (2016a) ont montré que selon les disciplines scientifiques, les façons de faire de la recherche s'orientent différemment. Même si on peut considérer que parce que l'étude de Latour et Woolgar se limite à un terrain, elle ne permet pas d'apprécier si leur approche aurait pu permettre d'identifier des différences entre disciplines scientifiques, les apports qu'ils proposent dans ce premier travail sont génériques et réduisent la finesse de détails lié à la localité. Par exemple, la traduction des phénomènes sous forme d'inscription ou la mobilisation de l'autorité d'un chercheur, est un trait distinctif commun à l'ensemble du laboratoire et des types de conversations négociant la factualité d'un argument. C'est par la suite que des études vont montrer que la traduction des phénomènes sous forme d'inscription *dans telle discipline* s'organise de façon plus ou moins spécifique. En un sens le travail de Lynch, (1985a) en ethnométhodologie, se situe plutôt à cette échelle suivante (c'est précisément ce que nous cherchons à montrer) même s'il propose lui aussi certaines observations plus générales.

53 ‡ Observabilité ‡ Descriptibilité : l'utilisation conjointe des termes *observabilité* et *descriptibilité* est une traduction personnelle du concept ethnométhodologique d'*accountability*‡, formulé en anglais. Lynch (1993, p.14) indique que le terme *accountability* peut être substitué, en anglais, par *observable-and-reportable*, ou simplement *observable-reportable*. Nous avons ici repris Lynch en traduisant *observable-and-reportable* par *observable et descriptible*, que nous avons ensuite utilisé sous une forme substantive comme le terme *accountability*. Theureau (2004) utilise lui-aussi une traduction de l'*accountability* en français sous le terme de « descriptibilité » (p.15), *a priori* issue de la traduction en français, datée de 1985, de trois articles de Garfinkel. Dans la littérature francophone, il nous a semblé que la notion d'*accountability* étant cependant souvent citée dans sa forme originale anglaise.

54 La citation originale en anglais est : "The volume is a descriptive study of social activities in a neurosciences laboratory which focuses on how electron-microscopic phenomena were made sensually available and objectively accountable." (Lynch, 1985a, p.xiii)

*térêt étudiable scientifiquement.*⁵⁵

Mais restituer le terrain sous un format qui permette de l'analyser en tant que *travail pratique se faisant spécifique* à un domaine professionnel, ici celui des neurobiologistes (Lynch, 1985a, pp.1-5)⁵⁶, n'est pas trivial. Afin d'atteindre le phénomène social qui l'intéresse, Lynch doit expliciter *comment* observer ces pratiques de sorte justement à retenir leur dimension pratique, et *en quoi* ce sont justement *ces pratiques* qui permettent d'étudier les dimensions sociales de la découverte scientifique. Les questions qui se posent sont les suivantes : dans quelles circonstances les *méthodes de raisonnement pratique* des scientifiques sont-elles *observables et descriptibles*, quels éléments doit-il retenir de ces séquences et *comment* doit-il les récolter pour pouvoir les considérer *en tant* qu'ils sont *mobilisés par le faire* qu'il étudie. Nous avons déjà décrit que Lynch privilégie les séquences où les scientifiques font en sorte de rendre leur objet d'étude étudiable scientifiquement (achèvement pratique de l'*observabilité* et de la *descriptibilité* des objets d'étude). Afin d'obtenir une analyse fine de ces modes de faire qui l'intéressent, Lynch va observer le *shop talk* (*Ibid.*, Partie 1), les échanges oraux entre scientifiques durant leurs séances de travail, et le *shop work* (*Ibid.*, Partie 2), c'est-à-dire les manipulations techniques réalisées par les scientifiques, dans le cadre de certaines de leurs activités. Mais les séquences qui intègrent du *shop talk* ou du *shop work* peuvent s'avérer variées. L'auteur explique ainsi, par exemple, qu'il observe les pratiques d'identification d'*artefacts techniques*^{57‡} dans des images générées en laboratoire car c'est spécifiquement un phénomène qui conditionne l'observabilité et la réflexivité des pratiques des scientifiques (*Ibid.*, p.15). Autrement dit, c'est dans les moments d'activités

55 On pourrait être tenté de dire que Lynch étudie comment les scientifiques rendent leurs objets d'intérêts *visibles*, cependant, qu'un objet ait besoin d'être *visible* pour être *observé scientifiquement* n'est pas évident : c'est justement un point problématique qui va être tiré de l'étude ethnométhodologique.

56 Nous y reviendrons plus en détails dans la partie consacrée à la méthodologie de notre travail de recherche, mais il faut noter que l'inscription ethnométhodologique de Lynch l'enjoint à spécifier finement *comment* sa méthode d'observation, de transcription et de retranscription lui permet d'observer ce qu'il souhaite étudier.

57 ‡ Artefact technique : Le terme original en anglais pour l'identification d'artefacts techniques est *artifact account* (Lynch, 1985a, p.12). Ici artefacts techniques ne réfère pas, comme nous l'avons employé jusqu'à présent, à un objet quel qu'il soit, mais à une composante dans l'image qui ne provient pas de l'objet imagé mais du dispositif technique. L'auteur explique ainsi le concept d'artefact de recherche : « Les artefacts de recherche comprennent une variété indéfinie de caractéristiques méthodologiques et substantives qui apparaissent dans les comptes rendus de laboratoire des phénomènes naturels, particulièrement quand le phénomène dépend de techniques spécialisées ou d'instruments pour leur observabilité. Les artefacts sont décrits dans ces compte-rendus comme des «intrusions» particulières ou des «distorsions» dans l'observabilité des caractéristiques «naturelles» du monde, qui dérive des conditions instrumentales de leur perception. » (Lynch, 1981a, p.81).

où les scientifiques, se consacrant à observer et rendre observables leurs phénomènes biologiques d'intérêt, ont besoin de déterminer la présence ou non d'artefacts techniques, que Lynch situe l'*accessibilité*, et donc l'*observabilité*, de son propre phénomène d'intérêt qui concerne la dimension sociale du travail de découverte des scientifiques. C'est au travers de ces séquences d'activité consistant à identifier la présence d'artefacts que se révèlent certaines des « relations entre l'enquête scientifique et ses objets d'étude » (*Ibid.*, p.22). L'un des points majeurs concerne aussi l'intégration de la temporalité des pratiques étudiées à l'analyse : il s'agit de considérer que le déroulé temporel des activités est une *caractéristique* en soi de son organisation méthodique, ainsi qu'une ressource pratique : autrement dit, d'une part, il ne s'agit pas d'un déroulé temporel protocolaire pré-établi, mais d'un déroulé temporel concret, effectif, où différentes instances d'activité se trouvent parfois en chevauchement ou nécessitent la mise en place de sous-opérations qui n'ont pas initialement été pensées au démarrage d'un projet, d'autre part, l'instance temporelle des différentes opérations techniques est *pertinente* pour les scientifiques dans leur travail, elles participent à l'orienter.

En regardant comment les objets sont rendus « visibles et analysables » (traduit de Lynch, 1985b, p.38) dans la recherche scientifique, Lynch va montrer l'instrumentalité de la perception en laboratoire. La « visibilité » des phénomènes (traduit de Lynch, 1985a, p.81) conditionne leur observabilité par les scientifiques et est achevée au travers de pratiques socio-techniques. L'intérêt de l'approche de Lynch est de dépasser une vision méthodologique des complexes instrumentaux, qui limite les propriétés de ces derniers à leur organisation fonctionnelle : présence d'un bouton poussoir, mécanisme particulier... Au contraire, la perspective adoptée par Lynch lui permet de montrer la relation entre ces complexes et l'*apparence* des phénomènes d'intérêts des scientifiques, c'est-à-dire ici les *conditions* par lesquelles un phénomène est rendu étudiable par un travail de sa *visibilité*. Dans ce cadre, il montre qu'il y a une co-construction des données acquises en laboratoire et de l'instance de travail dans et pour lesquelles elles sont acquises : on ne peut comprendre la pertinence des données scientifiques en dehors de leur situation d'usage et de génération spécifique. Concernant la dimension temporelle, émergente, de la science comme pratique, la « *temporalisation* » étant elle-même recouverte comme une propriété du travail réalisé (*Ibid.*, p.289) elle réfère alors au « séquençement co-ordonné, au rythme et aux caractéristiques identifiables » (*Ibid.*, p.289) qui sont observables pratiquement

au travers de son déroulé par ceux qui sont engagés collectivement dans une activité et qui, dans un même temps, participent à la production de cette temporalisation au travers de cette même activité. Observée en laboratoire, la temporalité des pratiques de recherche scientifiques se distingue de la temporalité abstraite et linéaire des comptes-rendus méthodologiques : elle est au contraire située, contingente et pragmatique : elle dépend des tâches entreprises et des « troubles » (*Ibid.*, p.65), autrement dit des contraintes émergentes du terrain, qui vont orienter l'ordre des tâches à venir. Les apports de Lynch sont ainsi finement *situés* : l'identification des artefacts dans les rendus d'imagerie neurobiologique relève de « conséquences pratiques » (*Ibid.*, p.275)⁵⁸, c'est-à-dire que leur production et leur statut (artefact ou non), leur réalisation, est le fruit de la situation spécifique au cœur de laquelle a lieu leur identification par les chercheurs.

De son côté, Knorr-Cetina insiste sur l'importance de considérer l'indexicalité des opérations permettant de mener à bien la recherche : selon elle, le processus d'élaboration du savoir est une chaîne de sélection qui sont les « produits de la co-occurrence et de l'interaction de facteurs dont (les sélections) composent l'impact et la pertinence à un moment et un lieu donné » (traduit de Knorr-Cetina, 1981, p.9), autrement dit, il faut considérer comment les opérations se rapportent à la série de sélections dans laquelle elles s'inscrivent. L'auteur montre que les opérations de sélection qui orientent la recherche entreprise et les recherches futures dépendent notamment des communautés de recherche auxquelles la recherche s'adresse. Faisant état de la contingence de ces opérations, il apparaît que pour comprendre comment la connaissance est construite au travers des activités de recherche, il est nécessaire d'intégrer le contexte mais aussi la situation particulière dans laquelle les opérations de sélection se réalisent. L'entreprise scientifique apparaît moins comme une quête de *vérité* que comme une quête de *succès*, dont la portée pratique enjoint les scientifiques à mobiliser des « logiques opportunistes » (*Ibid.*, p.47). Pour développer sa pensée, l'auteur découpe la restitution de son travail sous la forme de différentes facettes du scientifique en tant qu'agent de réflexion : il est tour à tour « raisonneur pratique », « raisonneur indexical », « raisonneur analogique », « raisonneur socialement situé », « raisonneur littéraire » et « raisonneur symbolique » (*Ibid.*, Sommaire). L'enjeu global est de montrer la dimension constructive de la science, qui enjoint à repositionner les contextes de validation de la connaissance au

58 La formule originale est *practically consequential* (*Ibid.*)

cœur du travail d'investigation scientifique : la dichotomie bien connue entre « contexte de découverte » et « contexte de justification » (*Ibid.*, p.7-8) s'efface face au processus interactif qui permet aux connaissances de se stabiliser provisoirement. Il faut noter que malgré la réflexion menée par Knorr-Cetina sur la méthodologie sensible à adopter, et l'importance de « laisser parler » le terrain (*Ibid.*, p.18) la restitution de ce dernier est majoritairement mobilisée comme illustration des développements théoriques que propose l'auteur sur la base de la littérature existante.

Par ailleurs, d'autres études, qui ne constituent pas à proprement parler des ethnographies mais prolongent plutôt la première vague de travaux de la SSK, ont l'avantage de permettre de questionner elles aussi les types de matériaux à disposition des chercheurs pour étudier l'étape de production des connaissances en laboratoire.

1.2.2.5. La contribution et les limites des approches microsociologiques pour étudier la localité des pratiques de laboratoire

En 1981, un numéro dédié de la revue *Social Studies of Science*, aborde la « flexibilité interprétative locale de la science » (traduit de Collins, 1981a, p.4) au travers de plusieurs études de cas (Harvey, 1981; Pickering, 1981a ; Pinch, 1981; Travis, 1981). Les articles se basent sur des entretiens de longue durée, menés souvent sur plusieurs années, avec des scientifiques impliqués dans les cas étudiés. Le corpus ainsi rassemblé montre l'intérêt de croiser des entretiens avec des acteurs directement concernés par une controverse à une documentation historique et technique pour explorer la contingence des énoncés scientifiques et des décisions techniques prises pour mener à bien les recherches, autrement dit, pour recouvrir une certaine localité.

En 1982, en prolongement d'une communication donnée en 1979⁵⁹, Zenzen et Restivo publient leur article « The mysterious morphology of immiscible liquids : A study of scientific practice » (Zenzen & Restivo, 1982) dans la revue *Social Science Information*. Si leur approche mobilise « l'esprit ethnographique » (traduit de *Ibid.*, p.447) en menant une observation participative du travail de

⁵⁹ Ce papier est une version révisée de leur présentation à la McGill University Conference prenant place à Montréal en 1979.

laboratoire⁶⁰, nous souhaitons pointer ici qu'à certains égards leur travail permet aussi de remettre en perspective la pertinence des *reconstructions a posteriori* pour renseigner la dimension locale des sciences. Les deux chercheurs se concentrent sur le travail scientifique en tant que processus en « temps réel » (*Ibid.*) en se saisissant, certes, d'une posture d'observation ethnographique. Mais l'appareillage méthodologique qui accompagne le dispositif ethnographique, comme les entretiens de longue durée, l'analyse des conversations entre scientifiques ainsi de leurs notes, de leurs comptes-rendus dans des cahiers de laboratoire, des brouillons et des papiers publiés, leur permet aussi d'opérer des reconstructions *a posteriori* de certains évènements précédant leur entrée au laboratoire et donc leur observation directe. Ainsi, l'étude de Zenzen et Restivo est basée à la fois sur un terrain en chimie colloïdale mené entre 1979 et 1980⁶¹, et sur la reconstruction *a posteriori* des évènements s'étant déroulés en amont de leur visite. L'objet de leur étude est de renseigner ce « qui s'est passé » (*Ibid.*, p.448) dans le laboratoire, du début d'un projet (le *morphology* project) à son rendu sous forme d'article publié dans une revue. À cet effet, ils suivent Ralph Kornbrekke, un post-doctorant impliqué dans le projet, et analysent les motifs, raisons sociales et pratiques contingentes, ayant donné naissance au projet et co-configuré son déroulé et ses contenus théoriques. Pour ce faire, Zenzen et Restivo analysent les différences stylistiques et réthoriques entre trois documents faisant état du projet en question : le rapport transmis à l'agence finançant ce dernier (la NASA), le manuscrit soumis pour la publication, et la version finale destinée à la publication. C'est sur cette base qu'ils discutent « le rôle des contingences dans la formulation des problèmes » (*Ibid.*) : ces contingences, loin d'être une externalité qui affecteraient depuis la périphérie le déroulé du travail scientifique en soi, doivent être considérées comme faisant partie intégrante de ce dernier. Une des observations de Zenzen et Restivo met en rapport l'observation scientifique et le *aesthetic seeing* (*Ibid.*, p.453) théorisé par le philosophe des sciences Norwood Russel Hanson dans son ouvrage *Patterns of Discovery* (1985/1958) : il s'agit de qualifier comment Kornbrekke a dû apprendre par lui-même à « voir ce à quoi ressemble une émulsion avec durée de vie-courte » (Zenzen & Restivo, 1992, p.453) en s'attachant à distinguer le « premier-plan

60 Dans ce cadre, les auteurs n'ont *a priori* pas participé aux expérimentations *per se* du travail de laboratoire, mais en revanche sont intervenus dans d'autres cadres de la pratique scientifique, en participant « aux efforts pour expliquer les résultats des expérimentations » du projet (Zenzen & Restivo, 1982, p.448).

61 Terrain durant lequel les auteurs ont alternativement été présents de deux à quatre jours au laboratoire d'intérêt.

de l'arrière plan » (*Ibid.*) de ce qu'il percevait à l'intérieur de tubes à essai. Or ce point est élaboré non pas à partir des observations ethnographiques, mais à partir d'une reconstruction *a posteriori*, en amont de l'arrivée des sociologues au laboratoire⁶², de la séquence où Kornbrekke agite les tubes à essais et tente de discerner la nature de son liquide mixte au début du projet en 1977. L'article de Zenzen et Restivo constitue un exemple de la façon dont l'appareil méthodologique des entretiens de longue durée croisé à la consultation de traces de cette activité comme des documents sous forme de comptes-rendus peut permettre de recouvrir des détails techniques locaux de la pratique laborantine.

Dans une veine un peu différente mais toujours sur l'exploitation de *traces* pour la reconstruction *a posteriori* de certaines dimensions locales du travail de laboratoire, l'étude de cas de l'historien Shapin sur la construction de connaissances expérimentales, à l'époque de l'institutionnalisation en Angleterre de l'expérimentation scientifique au XVII^{ème} siècle, met particulièrement l'accent sur la dimension historiographique des méthodes mobilisées (Shapin, 1988a ; 1985). Dans son article traitant de la « technologie littéraire » (Shapin, 1985, p.74) que met en place Robert Boyle pour justifier ses expérimentations et asseoir la validité des connaissances théoriques qu'il en tire, Shapin restitue au lecteur les conditions d'une expérience de « témoignage virtuel » (*Ibid.*, p.77) que la technologie de Boyle cherche à produire : c'est-à-dire, la capacité à virtuellement assister à une expérimentation scientifique *a posteriori*. Il montre ainsi lui aussi des façons par lesquelles la consultation des comptes-rendus de recherche, des publications intégrant les formats pictoriaux accompagnant les textes, peuvent permettre d'explorer les dimensions sociales et culturelles de la construction savante dans une certaine localité.

Néanmoins, malgré l'intérêt de ce type d'étude pour le « réseau de connection entre les paramètres physiques et sociaux de l'enquête » (Shapin, 1988a, p.373), si l'on souhaite étudier les *pratiques effectives* des scientifiques, l'inclinaison microsociologique empirique de ces études recouvre dans une certaine mesure les limites des premières études de controverses. Une limite majeure concerne la dimension temporelle des matériaux récoltés *a posteriori* des activités discutées et c'est à notre sens la nuance capitale à opérer entre études *locales* et études *locales et situées* qui permettent d'avoir une prise en compte plus fine des détails pour une même instance d'activité. En ce sens, les études *locales et*

62 Les auteurs arrivent à la fin de l'automne 1978 au laboratoire : « By the time we entered the laboratory toward the latter part of the Fall 1978 academic term (...) » (Zenzen & Restivo, 1992, p.451)

situées permettent davantage d'intégrer la dimension interactive et dynamique des pratiques étudiées. Aussi, il ne semble pas surprenant de noter dans ces travaux⁶³ l'absence, par exemple, d'articulation de la matérialité propre des dispositifs techniques aux besoins et opportunités présentées par la situation à l'œuvre, telle qu'évoquée par Lynch (Lynch, 1985a, pp.284-297), ou, plus largement encore, l'absence de mise en perspective de la relation entre le déroulé temporel spécifique d'une démonstration⁶⁴ ou d'une expérimentation scientifique et l'orientation interactive des praticiens à l'environnement matériel du laboratoire. Ce sont des articulations qui se réalisent justement en « temps réel » (traduit de Zenzen & Restivo, 1982, p.447), et il semble nécessaire pour étudier leur déploiement de croiser les traces des activités à leur observation *in situ se faisant*.

1.2.2.6. Un point de vue complémentaire pour étudier la pratique de laboratoire : l'approche interactionnelle symbolique

Comme nous l'avons montré, la simple présence du chercheur sur les lieux de la construction savante n'est pas suffisante en soi pour accéder à ses dimensions pratiques, d'autant plus de par son articulation fondamentale, montrée par les études citées, à l'environnement matériel et social dans laquelle elle se mène. Dans cette idée, le « Groupe Tremont »⁶⁵ (traduit de Pickering, 1992b) composé par Joan Hideko Fujimura, Susan Leigh Star et Elihu M. Gerson, s'intéresse à l'interaction symbolique et va proposer des pistes méthodologiques pouvant s'adapter aux objets de recherche de la sociologie des sciences (Fujimura *et al.*, 1987) en étudiant particulièrement « comment, dans une situation de recherche, les ressources matérielles affectent-elles le contenu intellectuel du travail scien-

63 L'étude de Zenzen et Restivo comporte une partie authentiquement ethnographique : nous l'avons citée ici non pas pour cette dimension ethnographique, mais pour l'usage que les auteurs ont fait des traces de l'activité et de la verbalisation *a posteriori* pour recouvrir la localité d'une instance déjà passée, c'est pour ces raisons que l'on traite ici leur article de façon analogue aux travaux de Shapin qui procèdent uniquement sur la base de documents, primaires ou secondaires.

64 Une exception est sans doute celle de Bjelic et Lynch (1991), qui, dans un ancrage ethnométhodologique, mobilisent le texte de leur article comme une « installation textuelle » (*Ibid.*, p.52), qui sur la base des traces écrites du travail de Goethe, tentent de reproduire les conditions expérimentales des expériences visuelles du scientifique, telles qu'expérimentées justement par ce dernier. La démarche de Bjelic et Lynch est ethnométhodologique, comme ils le précisent plus en détail dans un autre article (Bjelic et Lynch, 1994), la démonstration textuelle est à la fois un achèvement scientifique historique réalisé par Goethe, et une modalité d'enquête ethnométhodologique permettant de recouvrir le « "ici et maintenant" de la *performance* de la démonstration » (Bjelic et Lynch, 1991, p.78).

65 Il s'agit en fait du groupe de travail de l'Institut de recherche Tremont, d'où son surnom, que nous ne mettrons plus en parenthèse suite à cette première note.

tifique » (traduit de *Ibid.*, p.65).

L'interactionnisme symbolique s'appuie sur les travaux de l'école pragmatique américaine, particulièrement les travaux de John Dewey, George Herbert Mead et Arthur Bentley : elle s'intéresse à l'action humaine comme action collective, en considérant que « le sens des phénomènes résulte d'interprétations faites par les acteurs en situation » (Vinck, 2009, note, p.52), interprétations qui elles-mêmes « tiennent à des cadres interprétatifs qui dérivent des interactions entre acteurs » (*Ibid.*), symboliques verbales et non verbales. Dans ce cadre, le groupe Tremont considère la recherche scientifique comme un travail de résolution de problèmes et va mettre l'accent sur son contexte organisationnel. En considérant la science comme un travail collectif dont les produits sont le fait d'une construction sociale, en envisageant l'information scientifique comme le résultat de négociations et d'ajustements entre les acteurs d'un collectif de travail, et en portant une forte importance au « contexte organisationnel » (traduit de Fujimura *et al.*, 1987, p.65) de ce travail sur le contenu intellectuel qu'il produit, le groupe Tremont développe des théorisations et des outils méthodologiques intéressants pour regarder les actions concrètes des scientifiques. Il s'inspire notamment pour ce faire des principes de la *théorie enracinée* portés par Glaser et Strauss (Garreau & Bandeira-de-Mello, 2010), dont le trait distinctif est de partir du terrain observé pour conceptualiser, la théorie est en ce sens *enracinée* dans les observations empiriques. Un autre point intéressant pour notre étude concerne le cadrage du groupe Tremont autour des « ressources matérielles » (traduit de Fujimura *et al.*, 1987, p.65) à disposition des acteurs. La mobilisation de ces ressources *en activité* est envisagée dans son articulation pragmatique, pour l'action, et permet par exemple de suivre le « parcours d'un objet tout au long du processus de re-représentation (*reconstitution*) » (*Ibid.*, p.70) de sa mobilisation, de sa construction à son application. Le groupe Tremont permet ainsi d'envisager les « inscriptions » comme la mise en « tension entre l'ancien et le nouveau » (*Ibid.*), comme supports d'une chaîne « re-représentation » (*Ibid.*) des phénomènes étudiés plutôt que d'une quête de stabilisation. Ainsi, en envisageant ce cheminement dans le cadre de « résolution de problème » (*Ibid.*, p.63), la perspective adoptée permet de renseigner comment transitent et se transforment ces matérialités, et leur caractère dynamique, plutôt que de se centrer sur leur capacité à fixer, de façon « immuable » (Latour, 1985, p.11) un argument. Les matériaux sont envisagés comme des « artefacts figés d'une action collective » (*Ibid.*, p.70) qui sont « ramenés à la vie chaque fois que l'on s'en

sert » (Becker, 1986, s.p., cité par Latour, 1985, p.11), et qui permettent d'étudier l'action à travers leur analyse, mais aussi de pointer comment ces artefacts sont eux-mêmes modelés par les circonstances dans lesquelles ils s'inscrivent.

1.2.3. Apports : la culture scientifique comme ressource locale et matérielle d'un processus d'ajustement et de stabilisation mutuel se déployant dans le temps

1.2.3.1. En place d'une réflexivité épistémique, regarder les apports méthodologiques concrets des approches déployées

On peut considérer que l'une des contributions des travaux qui mobilisent les nouvelles approches d'inspiration ethnographique pour étudier les dimensions sociales des sciences concerne la forte réflexivité méthodologique et épistémique qu'ils suscitent. Si cette réflexivité a pu présenter certaines dérives (Lynch, 1993), il s'agit à notre sens de pointer ses apports *concrets*.

Cette forte réflexivité provient notamment du fait que l'idée qu'on puisse étudier « la science telle qu'elle se fait » (Callon & Latour, 1990) au travers de certains dispositifs méthodologiques est elle-même problématique : elle postule en effet qu'une image de la science *meilleure* ou plus correcte serait obtenue par l'adoption de certains dispositifs méthodologiques, meilleure donc que « les études reposant sur les versions déformées proposées par des acteurs éloignés du lieu de l'activité » (Woolgar, 1984, p.77). C'est ce type de questionnement quant à la pertinence d'une part, des méthodes employées et, d'autre part, de l'idée de pouvoir accéder à une pratique réelle, qui pousse les chercheurs du champ des études sociales de la connaissance scientifique à problématiser les cadres épistémologiques et méthodologiques qu'ils mobilisent. Cependant, du fait de la complexité du problème épistémologique qui se pose alors, les chercheurs vont parfois jusqu'à « s'enfermer dans des questionnements sceptiques à propos de leur propre recherche » (traduit de Lynch, 1993, p.xvii), ce qui a parfois pour effet de refermer sur eux-mêmes les travaux entrepris.

À notre sens, cette réflexivité parfois poussée à outrance montre que ce ne sont pas tant les méthodes saisies en elles-mêmes qui ont caractère d'innovation –l'appareil ethnographique est traditionnel en anthropologie, et les études de cas sont bien connues en histoire– que leur mobilisation *dans le cadre particulier* des études sociales de science. La réflexivité méthodologique et épistémolo-

logique que les chercheurs articulent concerne à la fois les objets étudiés, le type de récolte de données à privilégier pour les étudier, mais aussi les modalités de leur analyse : comment traite-t-on les données récoltées pour éclairer la science comme mode de connaissance ou de pratique. Plutôt qu'idéaliser les apports du courant des études de laboratoire comme une méthode unifiée permettant d'atteindre la pratique *effective* des scientifiques, nous avons cherché à montrer que c'est la conjugaison des différentes approches mobilisées par ce nouvel intérêt pour la pratique scientifique qui a permis de mettre à jour certaines de ses dimensions qui étaient jusqu'alors ignorées ou mises en arrière-plan et de dévoiler la diversité des pratiques scientifiques.

Nous souhaitons donc souligner qu'au-delà des dérives enfermant certains travaux dans des questionnements réflexifs, c'est la pluralité des points de vue adoptés et le fait qu'ils se soient accompagnés d'une réflexivité épistémique et méthodologique qui a permis de montrer qu'il est possible –et hautement intéressant– de mobiliser certaines méthodes pour (se) rendre compte de la *contingence situationnelle* des connaissances, de la *temporalité* du travail de leur construction et de l'*articulation* de leur fabrique et de leur contenu à une *culture* intégrant les dimension techniques et matérielles de la science.

1.2.3.2. Rendre compte de la logique téléologique de la science : s'intéresser à la façon dont les connaissances sont mises en ordre

De ces différentes dimensions mises à jour par l'étude des pratiques de laboratoire, a émergé une vision particulière de la science : son orientation téléologique. Ainsi, en terme d'apports théoriques et de positionnement, l'articulation commune que l'on peut tirer de l'ensemble de ces travaux est d'avoir montré que la fabrication des connaissances s'inscrit dans une logique d'action et de cognition (Knorr-Cetina, 1981, p.4). Autrement dit, plutôt que de s'articuler comme une quête de vérité absolue en passant par des formalismes logiques pré-établis et rigoureusement suivis, l'activité scientifique envisagée dans son caractère pragmatique serait tournée vers l'action dans une volonté de « faire fonctionner » les choses pour mener à bien les recherches entreprises (traduit de *Ibid.*). Concrètement, les travaux ont montré comment les scientifiques s'y prennent pour réaliser les tâches que leurs diverses activités, au service de la construction savante, nécessitent pour aboutir. En somme, la science *comme pratique* est étudiée dans sa visée *finalisée*, c'est-à-dire orientée vers des fins.

En effet, malgré les différences entre leurs approches, la plupart des travaux que nous avons présentés dans la partie précédente consistent finalement à montrer comment les scientifiques font en sorte d'atteindre un but présidant à la mise en ordre de connaissances. Chez Latour et Woolgar (1986/1979), et dans la poursuite de leurs travaux (Latour, 1987), ce sont les processus par lesquels les faits scientifiques sont légitimés qui sont étudiés : on montre comment des arguments sont transformés en fait scientifique par traduction successives en inscriptions qui démodalisent leur condition d'émergence et codent les informations de sorte à les *stabiliser* et les rendre *circulables*. Chez Knorr-Cetina (1981), c'est le « **raisonnement pratique informel des chercheurs en situation de travail** » (Vinck, 2007, p.160) qui est étudié : comment les scientifiques mènent à bien leur activité de production de connaissance en effectuant des choix qui dépendent du contexte et de la situation dans laquelle ils s'opèrent, autrement dit en étudiant comment les scientifiques effectuent des sélections, l'auteur montre les *stratégies opportunistes* mises en place par les scientifiques pour faire fonctionner leurs activités de recherches. Certains travaux mettent un accent plus léger sur cette visée téléologique, mais elle préside tout de même en arrière plan : chez Lynch (1985a), bien que l'exploration fine des méthodes pratiques donne à voir une certaine dimension créative, une sorte de bricolage du travail scientifique, on peut considérer que son approche ethnométhodologique consiste à montrer *comment* ce qui permet de construire des faits –e.g. une observation scientifique– est *pratiquement* et *collectivement* réalisé, autrement dit, comment le *but* de constituer une observation scientifique valide est atteint au travers de l'activité. L'approche de l'interactionnisme symbolique montre comment les scientifiques résolvent les problèmes qui se posent à eux dans le cadre de leurs activités de travail, notamment en étudiant comment les *contraintes* posées par les *ressources* à disposition sont réconciliées avec les engagements théoriques privilégiés par certains collectifs (Star, 1983), au moyen d'un *processus de simplification*.

1.2.3.3. Prendre en compte le contexte et la situation : approcher plus ou moins finement la localité et la structure temporelle de la recherche

Dans le cadre de ces études, la *localité* mise à jour par les premières études de la connaissance scientifique prenant en compte le contexte des recherches devient *plus ou moins* située : on prend non seulement en compte le contexte de la

fabrication des connaissances, macro et micro, donc ce qui est à disposition, ce qui guide, ce qui encadre, mais aussi la spécificité des déroulés de l'action des recherches en tant qu'elles sont situées à une date, une heure, un moment, dans un champ de ressource particulier ; dans une *situation*.

Ainsi les études de laboratoires permettent-elles de montrer l'importance situationnelle que revêtent les théories, mais aussi les instruments mobilisés et les dispositifs d'expérimentation mis au point. La science apparaît alors en d'autres termes que ceux associés à la grande entreprise du savoir objectif et réaliste : elle procède plutôt d'un bricolage, fait de l'ajustement d'éléments qui sont convainquants, qui fonctionnent, dans le cadre particulier d'un contexte et d'un réseau d'acteurs spécifiques. Ainsi, la localité intégrée par ces nouvelles approches rend compte des états de stabilisation du savoir et des stades de construction comme *provisoires* et *contingents*. Elles affirment par ce biais la dimension sociale du savoir scientifique, et notamment l'intérêt d'étudier ses alternatives, sa nature ouverte (Latour & Woolgar, 1986/1979 ; Knorr-Cetina, 1981).

Partant de l'observation de l'organisation spatiale et matérielle de l'*espace de travail* des scientifiques, les travaux donnent en fait à voir la « **structure temporellement émergente** » (traduit de Pickering, 1993, p.561) du travail de construction des connaissances (Pestre, 1995 ; Woolgar, 1988). La structuration *progressive des expérimentations* et des diverses activités permettant de donner corps aux théories scientifiques fait apparaître le savoir scientifique comme le fruit d'une activité *constructive*⁶⁶. Le régime descriptif associé aux processus de la science est ainsi désavoué par une mise à l'épreuve des activités concrètes observées (Knorr-Cetina, 1995, 1981). Les *faits*, traditionnellement rapportés dans les positions réalistes et objectivistes à une *nature indépendante* que les théories et lois seraient censées décrire, sont envisagés comme les *produits* de facteurs sociaux et techniques : les phénomènes étudiés sont eux-mêmes le produit d'une « **techno-science** » travaillant sur une « (...) **réalité non plus fondamentalement naturelle, substantielle et à représenter ; mais processuelle, opérable, interactive, technique...** » (Hottois, 2006, p.25). Les connaissances scientifiques apparaissent manufacturées : le « **caractère manipulateur** » (Woolgar, 1984, p.77) de la science est mis à jour.

⁶⁶ On qualifiera l'entreprise scientifique et les travaux s'attelant à son étude de constructivistes (e.g. Tibbets, 1988 ; Gieryn, 1982).

1.2.3.4. La culture scientifique comme champ de ressource pour la pratique

Les travaux de cet engouement pratique pour les activités de science montrent la *culture scientifique* sous un nouveau jour. La dichotomie épistémologique traditionnelle interne/externe qui place la culture comme un facteur social externe ayant un rôle de support pour les sciences dans leur institutionnalisation et leur développement (Merton, 1938), ou comme un facteur interne propre à des communautés de pratiques⁶⁷ scientifiques établissant les critères d'expérimentation et de validation théorique (Collins, 1985, 1975) se transforme pour révéler la culture scientifique comme un « champ de ressource » (traduit de Pickering, 1992b, p.2) mobilisé pour et dans la production du savoir.

Ce champ hétérogène que forme la *culture scientifique* tient ensemble théorie et technique, se composant tant des savoirs stabilisés d'une communauté de recherche que des artefacts matériels à disposition et des objets de recherche à privilégier. C'est au sein et au moyen de ce champ de ressource, dont les frontières sont justement mouvantes (Pickering, 1989), que les scientifiques réalisent leurs projets scientifiques, qui en retour augmentent et modifient cette même culture (Pickering, 1992a). Il n'y a d'ailleurs pas *une* culture scientifique mais *des* cultures scientifiques selon les domaines et communauté de pratiques. En prolongement de ces premiers travaux, on parlera de « cultures épistémiques » pour désigner « l'amalgames d'arrangements et de mécanismes réunis par affinité, nécessité, et co-incidence historique, qui, dans un champ donné, concrétisent comment nous connaissons ce que nous connaissons » (traduit de Knorr-Cetina, 1999, p.1), autrement dit des « cultures qui créent et garantissent la connaissance » (*Ibid.*).

1.2.4. Perspectives : Vers l'articulation des techniques matérielles et des pratiques sociales

Si la construction du savoir par les scientifiques mobilise, en pratique, la culture comme champ de ressource, pour comprendre cette pratique, il faut saisir d'une

⁶⁷ La notion de *communauté scientifique* revient dans les écrits de Collins. Néanmoins, le concept de « communauté de pratique » que nous citons ici est développé par Lave et Wenger (1991) dans les années 90. Malgré cet anachronisme, nous utilisons ici cette expression parce qu'elle nous semble adaptée à ce que décrit Collins dans ses travaux, en dépit de leur antériorité.

part ce qui compose ce champ et comment ce dernier s'enrichit, se transforme, se stabilise, mais aussi, comment ce champ est mobilisé dans les activités, comment il est mis à contribution et comment en retour ou dans le même temps, il structure alors l'environnement à l'intérieur duquel des acteurs agissent.

Or cette culture est un « assemblage matériel-social-conceptuel » (traduit de Pickering, 2008, p.292), un ensemble hétérogène : elle se compose d'institutions et de principes organisationnels, comme par exemple des commissions et financements, des laboratoires spécifiques avec leur répartition du travail et les moyens dont ils disposent, mais aussi du riche appareillage technique mobilisé par les scientifiques. Si l'on souhaite s'intéresser à ce riche appareillage du point de vue des pratiques qui les mobilisent, alors il ne s'agit pas de l'étudier isolément *per se*, mais en tant que composante matérielle du champ culturel scientifique. Pour étudier « l'ordre matériel du savoir » (Waquet, 2015) il faut saisir l'intrication des techniques matérielles dans le cadre des pratiques quotidiennes du travail scientifique, autrement dit les envisager comme des « techniques intellectuelles » (*Ibid.*, Introduction). Ainsi les chercheurs vont-ils développer des cadres d'observation et d'analyse qui permettent de cerner le rôle que jouent les artefacts matériels et techniques en tant qu'ils sont intégrés aux cadres pratiques des sciences. Nous allons nous y intéresser plus en détail dans la troisième et dernière partie de ce chapitre.

1.3 La science comme pratique culturelle : vers la prise en compte des artefacts matériels

1.3.1. Contexte : La pratique scientifique comme mobilisation sociotechnique

Le riche appareillage matériel et technique rencontré sur le terrain invite certains chercheurs à se décentrer des interactions proprement humaines afin de questionner la construction sociale des énoncés scientifiques (Pickering, 1992b). Les artefacts mobilisés dans les opérations nécessaires à la construction du savoir scientifique procèderaient –et participeraient– eux aussi de cette construction sociale. Ceci invite les chercheurs à considérer la place des artefacts dans les pratiques de recherche, et à joindre la dimension non seulement sociale mais aussi technique du travail scientifique à son œuvre intellectuelle (Latour & Woolgar, 1986/1979). Cette perspective pousse à dépasser la vision anthropocentrique des premiers travaux de la nouvelle sociologie des sciences, et à interroger les artefacts mobilisés⁶⁸ en qualité d'éléments culturels (Hacking, 1992, 2010/1983) et d'agents sociaux, autrement dit à considérer comme *objets* puis comme *acteurs* les « non-humains » (traduit de Law, 2009, p.147) dans la construction du savoir.

Dans ce cadre, les formats visuels trouvent leur place non seulement en tant qu'objet, mais aussi en tant que *sujet* de recherche en soit : ils sont envisagés comme un médium essentiel pour qui veut comprendre *comment* les pratiques constructives de la connaissance se réalisent. En visant le rôle, les statuts et les modalités d'engagement des dispositifs mis au point par les scientifiques pour générer et étudier les phénomènes, et en prêtant attention à la façon dont ces artefacts sont mobilisés et manipulés (Latour & Woolgar, 1986/1979 ; Lynch, 1990, 1985), des études vont restituer l'ordre matériel du savoir, c'est-à-dire l'appareillage matériel mobilisé dans les opérations intellectuelles permettant de construire de la connaissance (Waquet, 2015).

⁶⁸ Il faut noter que la dimension sociale de l'instrumentalité scientifique était déjà évoquée par Mannheim (Seidel, 2011).

Nous proposons maintenant de nous intéresser à la façon dont un intérêt social pour les technologies a dialogué avec les travaux de la nouvelle sociologie des sciences et participé à développer une perspective phénoménoteknique sur les façons scientifiques d'élaborer les savoirs, afin de montrer comment les formats visuels de science, d'abord considérés comme des *inscriptions*, ont émergés comme objet d'étude dans le champ des études des sciences et techniques.

1.3.2. Émergence : un intérêt social pour les technologies et l'étude des dimensions techniques de la pratique scientifique

L'émergence d'un intérêt pour les dimensions techniques de la science, qui va diriger le regard des chercheurs sur les dispositifs et instruments mobilisés par les scientifiques, ne provient pas simplement de l'essor des études de laboratoire *per se*. Nous l'avons évoqué plus tôt : la porosité des enjeux sociétaux avec les développements théoriques portés par certains programmes de recherche fait l'objet d'étude de cas historiques. Ces études de cas montrent dans un même temps l'entremêlement des enjeux d'ordre politique et technique aux postures adoptées pour mener des recherches et l'influence que cet entremêlement peut avoir sur les contenus théoriques produits par ces recherches (Pickering, 1989). Ainsi, il semble que le rapport entre le développement des technologies et la construction des contenus théoriques soit l'affaire d'un entremêlement d'influences contingentes réciproques, liées notamment au contexte social spécifique de la société à un moment donné, plutôt que de l'ordre d'un déterminisme linéaire. Cette nouvelle façon d'envisager comment les dimensions sociales peuvent se rapporter au développement des technologies et à la construction des connaissances scientifiques va se développer au travers d'un dialogue qui s'établit entre les approches proposées par la nouvelle sociologie de la connaissance scientifique et celle des travaux se consacrant à l'étude sociale des techniques.

1.3.2.1. La construction sociale des technologies et l'émergence d'une nouvelle posture pour le champ des Sciences et Techniques

En effet, dans le début des années 80, le Programme Empirique du Relativisme

de Harry Collins est rapproché, par le concours de Wiebe Bijker, et de Trevor Pinch, élève de Collins, avec une « **approche sociale constructiviste de l'étude des technologies** » (Pinch & Bijker, 1984, p.400) afin de développer une sociologie de la construction technique. C'est l'approche de la construction sociale des technologies aussi appelé SCOT pour sa version anglaise originale *Social construction of technology* (*Ibid.*). Il s'agit de croiser le prisme des études technologiques avec certaines approches des études sociales de la connaissance scientifique : autrement dit, il faut considérer la construction des artefacts techniques par le principe de symétrie proposé par Bloor, et étudier les *contenus* même des techniques pour s'extraire du modèle très linéaire de l'innovation promulgué par les travaux des économistes et des historiens adoptant l'approche historiographique traditionnelle qui est descriptive (Bijker *et al.*, 2012/1987 ; Pinch & Bijker, 1984). En somme, il faut considérer le succès d'une technologie non plus comme un critère explicatif de son développement, mais comme un phénomène à étudier en soi. Ainsi, si une pensée technique de la science se développe, au sein de laquelle il faut mettre en dialogue la construction sociale des faits scientifiques à la mobilisation des instruments et des savoirs techniques qui l'accompagnent, on observe que la pensée sociale des technologies portée par le programme du SCOT participe à repositionner la vue particulièrement binaire et déterministe de la dépendance des technologies aux sciences⁶⁹.

Du côté des études sociales de la connaissance et de la pratique scientifique, il apparaît alors pertinent de considérer les processus qui enjoignent les scientifiques à favoriser un instrument plutôt qu'un autre et à questionner la circulation des savoirs techniques en rapport avec leur contexte de mobilisation.

Le champ d'étude des *Science et Technique*, déjà émergent depuis les années soixantes⁷⁰, va nourrir une nouvelle posture relativiste et humaniste sur la base des travaux issus de la nouvelle sociologie des sciences (Edge, 1995) : la science et la technologie y sont considérées comme des « **achèvements humains** » (traduit de *Ibid.*, p.5), autrement dit, le fruit d'interactions contingentes, liées à

69 Pour un questionnement sur le rapport entre science, technologie et économie, voir l'ouvrage de Gideon Freudenthal et Peter McLaughlin sur les travaux de Boris Hessen (2009).

70 À noter que l'articulation des études de Science et Technologie héritent aussi des programmes de recherche articulant Société, Science et Technologie mais ne s'y confondent pas : les échelles et angles d'étude adoptés sont différents, nous ne traiterons pas de ce point ici. Nous souhaitons seulement souligner que la constitution du champ des *Sciences and Technology Studies* est le fruit d'un travail de sédimentation progressive, partant d'un intérêt notamment historique pour le développement de techniques, et se nourrissant du développement des études articulant le caractère phénoménotéchnique de la pratique scientifique.

des contextes sociétaux et leurs conséquences, comme des agendas politiques, l'opinion publique, la gestion économique, une réforme éducative... Du côté des études de laboratoire et des divers travaux qui s'intéressent à la pratique scientifique, cela se traduit notamment par une considération de l'influence des techniques mobilisées et des effets de structuration de l'interaction humain-dispositifs techniques sur la pratique (e.g. Gooding *et al.*, 1989 ; Traweek, 1992).

1.3.2.2. Le caractère phénoménotechnique des sciences contemporaines problématise le concept d'expérimentation

De cet intérêt pour les modalités de mobilisation des technologies, artefacts et savoirs techniques va émerger une réflexion sur le caractère *phénoménotechnique* des phénomènes scientifiques. La phénoménotechnique⁷¹ réfère à une réalité dont le phénomène serait construit au travers de techniques matérielles (Gallego-Gómez & Guerrero-Pino, 2021), or, les phénomènes étudiés par les scientifiques sont justement construits au moyen des divers appareils techniques mobilisés par les scientifiques. En outre, ces techniques sont elles-mêmes une réification des théories sous la forme de dispositifs mobilisant les avancées techniques permises par l'évolution des connaissances (Latour & Woolgar, 1986/1979). Certains travaux montrent qu'il y a donc un enrichissement mutuel entre l'avancée des connaissances qui, réifiées sous la forme de techniques, et donnant parfois naissance à de nouvelles technologies, vont à leur tour modeler l'avancée des connaissances. En articulant le rôle déterminant des ressources matérielles dans la construction même des objets d'études, cette approche soutient l'importance non seulement de l'organisation matérielle du travail scientifique dans la construction des connaissances, mais aussi de la *manipulation* matérielle à proprement parler.

En prolongement de cette interprétation phénoménotechnique et des études de laboratoire qui établissent une vision constructiviste des sciences comme

71 Le concept de phénoménotechnie est proposé par Gaston Bachelard (2002/1970). Il est repris dans le cadre des travaux des études de laboratoire par Latour et Woolgar (1986/1979, p.63). Il faut noter pourtant un dialogue parfois véhément entre les travaux de la nouvelle sociologie des sciences, s'intéressant à la construction des faits scientifiques et les travaux ayant mobilisés les apports de Bachelard, qui eux s'intéressent plutôt à ce qui caractérise la fiabilité des connaissances scientifiques tout en reconnaissant leur caractère construit. Dans cette thèse, nous avons choisi de nous concentrer sur les apports de la littérature concernant les pratiques *per se* de construction des savoirs scientifiques : nous ne traiterons pas ici des points d'accroche entre ces travaux. Je remercie madame Allamel-Raffin d'avoir attiré mon attention sur ce point.

manufacture du savoir, une réflexion sur l'expérimentation comme création, négociation et incarnation des phénomènes prend place (Gooding *et al.*, 1989). Les pistes ouvertes invitent les chercheurs à re-questionner la place de l'expérimentation dans la production intellectuelle, qui avait, chez Bacon, constitué la figure de proue de l'entreprise scientifique, pour ensuite s'effacer face à la théorie (Hacking, 2010/1983, Chap. 15). Ces réflexions se nourrissent de l'émergence de travaux philosophiques empiriques qui questionnent sous un nouveau jour la relation entre théorie et observation ainsi re-problématisée. L'année 1983 est charnière avec la publication de deux ouvrages philosophiques majeurs. D'une part, Ian Hacking, philosophe des sciences, publie son fameux ouvrage *Representing and intervening: introductory topics in the philosophy of natural science* (1983) et propose une réflexion sur la « vie propre » (traduit de *Ibid.*, p.150) des modalités d'expérimentation. Il montre comment les scientifiques ne se contentent pas de *décrire* la nature, mais *interviennent* activement, voire sont à l'origine des phénomènes dont ils étudient les caractéristiques. D'autre part, la philosophe Nancy Cartwright, publie son livre *How the Law of Physics Lie* (1983), qui offre une réflexion sur les rapports entre lois physiques et réalité, et notamment leur caractère *ad hoc*. Une pensée de l'expérimentation scientifique comme pratique locale se développe qui permet d'en envisager le processus *en temps réel* (Gooding, 1992 ; Gooding *et al.*, 1989 ; Knorr-Cetina, 1995 ; Pickering, 1992b). Elle dialogue avec une théorisation de la notion de laboratoire (Knorr-Cetina, 1995, 1992) et la notion de *culture scientifique*, montrant ainsi le caractère construit du champ à l'intérieur duquel et *au travers* duquel les scientifiques travaillent.

1.3.2.3. Un décentrement de la perspective anthropocentrée pour étudier la pratique scientifique

Face à l'entremêlement sociotechnique constaté en laboratoire, certains travaux qualifiés de post-humanistes (Pickering, 2008 ; Pickering & Guzik, 2008) opèrent un décentrement de la perspective anthropocentrée des études sociales vers une perspective symétrique intégrant les *non-humains* comme agents des opérations transformatives constitutives de la production du savoir (Latour, 1999 ; Pickering, 2008). En s'intéressant concrètement aux activités de recherche des scientifiques, les chercheurs se confrontent aux façons par lesquelles, dans un riche champ de ressources culturelles les *agentivités* humaines et matérielles émergent et s'ajustent au travers de procédures d'accommodation mutuelles. Il

s'agit alors de comprendre comment, *pratiquement*, les scientifiques achèvent les combinaisons temporaires qui leur permettent de mener à bien leurs activités de recherche en y intégrant l'appareillage *sociotechnique*.

D'une part, dans les travaux de Michel Callon et Bruno Latour (Callon & Latour, 1992 ; Latour, 1987), l'interaction socio-matérielle entre humains et dispositifs techniques va s'incarner sous la forme d'un *réseau* qui enjoint à considérer symétriquement humains et objets. Le *réseau* est la métaphore développée par l'École des Mines de Paris où Latour travaille aux côtés de Callon⁷². C'est à partir des travaux de cette *École de Paris*⁷³ que naît la théorie de l'acteur-réseau (ANT), ou sociologie de la traduction, définie comme une approche (Latour, 1996) ou comme une *sémiotique matérielle* (Law, 2019, 2009). Dans le cadre de l'ANT, les artefacts –les objets, voire même les phénomènes– et les êtres humains sont mis sur un même plan en tant qu'acteurs qui forment chacun en eux-mêmes un réseau tissés de relations (d'où la contraction acteur-réseau). Le développement de cette « symétrie généralisée » (Claisse & Balancier, 2008, p.146) ou « anthropologie symétrique » (traduit de Latour & Miranda, 2017, p.333) permet en concentrant l'attention de ses études sociales et techniques sur les *relations* entre les différentes entités d'une configuration de les replacer « dans une même ontologie » (Lynch, 2001, p.12), celle, justement, du réseau (Latour, 1996). Dans ce cadre, la distinction entre les acteurs, ou actants, traditionnellement les êtres humains, et les artefacts mobilisés dans leurs environnements, traditionnellement les objets, est requestionnée. L'activité scientifique apparaît procéder d'un ajustement mutuel d'éléments dans laquelle les dichotomies traditionnelles de l'objet et du sujet sont effacées (Claisse & Balancier, 2008). En plaçant l'analyse au niveau du réseau de relations tissées entre ces différents actants, il n'y a plus de distinction entre humain, objet, phénomènes, tous semblent émergés d'un « limon sémiotique primordial » (Lynch, *Ibid.*).

D'autre part, Pickering réfère aux ajustements de la pratique scientifique

72 Si dans l'ouvrage *Laboratory Life* de Latour et Woolgar (1986/1979) les deux auteurs ne citent pas la théorie de l'acteur-réseau, dont les principaux travaux vont se développer après la publication de leur étude de laboratoire, on retrouve néanmoins l'opérationnalisation du concept de *réseau* notamment pour discuter de la signification que peut revêtir une même substance *scientifique*.

73 « L'École de Paris », réfère au collectif de travail de Michel Callon, Bruno Latour, Madeleine Akrich et John Law notamment, à l'École des Mines de Paris.

comme un « mangle »⁷⁴ de la recherche (Pickering, 1993) : le fait que la pratique scientifique soit un jeu mutuel d'*agentivités* humaines et non humaines, une « danse de l'*agentivité* » (traduit de Pickering & Guzik, 2008, Preface) par laquelle, en pratique, s'ajustent mutuellement des éléments humains et non-humains dans un processus de « mangling » (*Ibid.*) évolutif et émergent. Autrement dit, le *mangle* correspond à l'idée que les humains et non-humains impliqués dans la pratique scientifique sont dans une relation toujours changeante, non déterminée, qui dépend des contingences non prédictibles de la culture, du temps et des lieux de celle-ci (*Ibid.* ; Pickering, 2008, 1999).

1.3.3. Apports : la phénoménotechnique et le laboratoire comme espace d'expérimentation, l'effacement de la dichotomie sujet-objet et la question des inscriptions

Intéressons nous maintenant aux apports de ces nouvelles perspectives développées à la suite du tournant pratique et son expression dans le courant des études de laboratoire.

1.3.3.1. Une vision phénoménotechnique de la science qui invite à la prise en compte des non-humains

Tout d'abord, l'un des apports majeurs concerne l'essor des études prenant pour objets centraux les artefacts de la recherche, les *dispositifs matériels* tels qu'ils accompagnent la structuration du savoir.

Cet essor s'incarne notamment au travers d'une réflexion sur le concept d'expérimentation scientifique (Gooding *et al.*, 1989). Faisant écho aux repositionnements évoqués, le sociologue David Gooding, entre autre, argue que la tradition philosophique, qui considère les expérimentations comme des tests de théories, impose une limite à l'étude des nouveaux objets qu'une vue de la pratique comme pratique culturelle intègre (Gooding, 1990). Autrement dit, la tradition philosophique ne peut convenir pour le nouveau cadre qu'installe la sociolo-

74 Il n'existe pas à notre connaissance de traduction satisfaisante du *mangle*. Nous pourrions proposer « entremêlement » pour désigner que les transformations qui constituent la recherche scientifique sont le fruit d'ajustements réciproques, mais *mangle* ici réfère plutôt, comme métaphore, à l'effet d'ajustement qui va concerner cet entremêlement : *mangling* évoque le fait de « passer des vêtements (...) au travers de rouleaux pour les lisser et les applanir » (Constant, 1997, p.816).

gie des pratiques scientifiques. Dans la perspective traditionnelle, les faits, qui portent sur le monde matériel, sont déjà séparés des opérations de conceptualisation et d'interprétation (Gooding, *Ibid.*). Or, dans les perspectives adoptées par les travaux émergents, les phénomènes étudiés par les scientifiques sont eux-mêmes construits par l'activité humaine : autrement dit, les activités d'expérimentation scientifique sont justement le lieu de production de la « phénoménotechnique » dont procède la science. Différents travaux vont articuler – à la suite notamment de Hacking et de sa réflexion sur le réalisme scientifique (Hacking, 2010/1983) – le travail de mise en correspondance des observations à un cadre théorique, social et politique (e.g. Pickering, 1989). L'expérimentation apparaît alors, dans le contexte des sciences post-industrielles, comme une condition nécessaire à la disponibilité des informations inspirant la recherche, car les scientifiques n'étudient pas les phénomènes dans leur état naturel, mais les font advenir à l'intérieur d'un dispositif particulier.

1.3.3.2. Le laboratoire comme notion opératoire pour étudier la phénoménotechnique à l'œuvre : un milieu de pratique et un dispositif ambivalent

Ce dispositif particulier va trouver une expression théorique féconde au travers de la notion de *laboratoire* (Knorr-Cetina, 1995, 1992). Dans le cadre des observations de terrain, les laboratoires apparaissent alors moins comme un lieu physique stable, reflet d'une culture scientifique unifiée (Pickering, 2008, 1992a, 1992b) que comme un espace complexe socio-technique et dynamique, un assemblage, un tissage d'activités discursives, de faire, de conventions et d'héritages historiques, d'agencements divers articulant des expériences passées et futures (Pickering, 2008 ; Latour, 1999, 1993; Knorr-Cetina, 1999, 1992, 1981; Lynch, 1991a; Knorr-Cetina & Amann, 1990). Le laboratoire se dévoile non plus seulement comme un lieu physique, mais comme une notion théorique qui permettrait de dépasser les discussions philosophiques de l'expérimentation comme suivi méthodologique pour discuter ce qui caractérise la pratique effective des scientifiques dans les reconfigurations que fondent le laboratoire (Knorr-Cetina, 1995, 1992). Cette notion théorique rassemble alors matérialité et symbolique et dépasse ainsi le prisme du laboratoire comme cadre d'applications méthodologiques ou d'organisations sociales. Dans la mesure où les scientifiques ordonnent le monde pour pouvoir l'étudier (Latour, 1993), le *laboratoire* dans son sens *pratique* correspond à un ensemble de pratiques culturelles per-

mettant à la phénoménotechnique d'advenir, ou, en d'autres termes, à la référence scientifique de prendre forme (Latour, 1999).

En ce sens, le laboratoire n'est donc plus envisagé comme un lieu physique permettant de reproduire dans un cadre maîtrisé des expériences selon des critères préalablement validés, il apparaît plutôt dans une double dimension pratique.

D'une part, comme un *champ de ressources* à l'intérieur duquel les scientifiques s'orientent au fur et à mesure du travail de recherche, face aux contingences et inattendus de l'expérimentation se faisant. Les scientifiques ajustent leurs procédures aux instruments et substances disponibles, aux contraintes temporelles... On étudie ainsi *comment* les scientifiques pratiquent *au travers* du laboratoire (Vinck, 2007 ; Pickering, 1992a ; Lynch & Woolgar, 1990).

À notre sens, cette perspective revient à envisager le laboratoire comme un *milieu*^{75‡}, comme le décrit Waquet (2015) en parlant de son approche écologique du savoir :

« (...) le monde dans lequel les acteurs agissent et pensent : un monde fait de centres et de périphéries, de savoirs situés et d'horizons communs d'intelligibilité, de courants d'idées et de passions, ainsi que de représentations et de préconceptions plus générales (...) qui ne jouent pas moins dans l'ordre du savoir. » (s.p.)

Dans ce monde, il ne s'agit plus seulement d'étudier les liens entre acteurs humains, de personne à personne ou entre réseaux et communautés, mais aussi d'étudier les relations entre les praticiens et les « vecteurs de connaissances » (*Ibid.*) qui sont tant les artefacts techniques que des médiums plus variés permettant de médier des informations comme « la parole, l'écriture, l'imprimé, les nouvelles technologies, ainsi que les modes de la communication non verbale, à commencer par les instruments, les modèles anatomiques, les maquettes et les collections scientifiques » (*Ibid.*), que des « modalités qui sont devenues des genres, tels l'article, le cours, le séminaire, etc. » mais aussi des pratiques plus informelles comme « la conversation impromptue, le gribouillis fait pour préciser les choses à soi-même ou les expliciter à autrui » (*Ibid.*).

D'autre part, le laboratoire constitue aussi, sur l'autre face de cette même pièce, une notion qui permet d'en étudier le *dispositif*, c'est-à-dire sa capacité

75 ‡ Dans cette thèse, le milieu est une notion analogue à celle d'*environnement*‡ mais conotte la position de l'acteur en son sein et le caractère relationnel des éléments de l'environnement entre eux, comme se conditionnant mutuellement.

à disposer les choses (Belin, 1999, pp.250-251). C'est en tout cas la *lecture* que nous proposons des textes du champ des sciences et techniques de l'époque où émerge la notion opérationnelle de laboratoire.

En présentant le processus par lequel un « protolaboratoire » prend forme dans la forêt de Boa Vista, Latour (1993, p.190) montre comment les scientifiques mettent au point une matrice à l'intérieure de laquelle le monde est rendu étudiable en termes scientifiques, grâce à la mise au point d'un « monde euclidien où tout phénomène peut s'enregistrer par un ensemble de coordonnées » (Ibid). Car, toujours selon Latour, pour « que le monde devienne connaissable, il faut qu'il devienne un laboratoire, et pour transformer une forêt vierge en laboratoire, il faut qu'elle se prête à la mise en diagramme » (Ibid., p.188). Le laboratoire est ainsi un dispositif qui permet sous une certaine forme d'organisation, de maîtriser le monde, de le configurer de sorte à figurer justement quelque chose à son encontre. Mais cette capacité *dispositive* du laboratoire n'est pas seulement une domestication de la nature, une capacité à ordonner les choses et à exercer sur elles une force normative, elle est aussi dynamique et créative (Belin, 1999 ; Berten, 1999). Comme le résume Dominique Vinck (2007) :

« Le laboratoire, en outre, est une forme d'organisation typique de la « société de la connaissance ». Sa *capacité à agir* sur le monde des objets et son *dynamisme* tiennent à sa teneur en savoir-faire et à sa *capacité à reconfigurer* des entités du monde naturel et social. » (p. 161, nous soulignons)

Globalement, on peut dire que d'un intérêt pour le contenu social des théories scientifiques a finalement émergé une curiosité pour les pratiques effectives dont l'étude va permettre, peu à peu, de dessiner les contours des procédures permettant de *donner forme* aux phénomènes *en tant qu'objet d'étude*.

1.3.4. Perspectives : vers l'étude des formats visuels de sciences

Cette observation des processus par lesquels les scientifiques parviennent à faire sens du monde, de leurs données et des phénomènes au moyen d'une pratique matérielle *et* symbolique va participer à l'émergence de la question des formats d'inscription scientifique. Dans le cadre de la phénoménotechnique, les formats d'inscriptions sont interrogés comme lieu de fabrication des phé-

nomènes scientifiques, l'endroit de « l'intelligence scientifique distribuée » (Latour, 1991, p.19), voir même « re-distribuée » (*Ibid.*, p.24).

Au cœur des processus permettant de stabiliser des énoncés pour formuler des faits, à des savoirs locaux de s'exporter au-delà des portes du laboratoire, ou de transiter de laboratoire en laboratoire, les inscriptions apparaissent dans leur qualité de *mobiles immuables* (Latour, 1999, 1993, 1985). Ce sont des inscriptions qui ont la capacité de se déplacer d'un espace à un autre (géographique, institutionnel...), tout en conservant quelque chose de l'objet qu'elles renseignent (par exemple, la mesure de présence d'une protéine dans une solution, l'installation d'un objet dans l'espace), et qui garantissent une certaine stabilité à leur interprétation (Goodwin, 2000 ; Pang, 1997). Autrement dit, les inscriptions apparaissent comme des objets qui sont « *mobiles, immuables, présentables, lisibles et combinables* » (Latour, 1985, p.11). Dans ce cadre, le concept d'inscription cristallise une certaine idée normative des formats de *représentation scientifique* et l'enjeu de leur étude serait alors de comprendre ce que ces inscriptions permettent d'accomplir en termes de *négociation* du savoir. Il s'agit de se demander comment les formats visuels peuvent obtenir le statut de preuve dans la recherche scientifique et participer à une forme de stabilisation des énoncés.

Néanmoins, d'autres travaux issus du tournant pratique de la sociologie des sciences vont s'emparer de cet intérêt pour les inscriptions graphiques pour questionner leurs usages dans des dimensions davantage exploratoires. La question est alors moins de comprendre comment la mobilisation d'inscription permet de stabiliser le savoir au travers de procédés rhétoriques, que de saisir *comment les pratiques visuelles des scientifiques permettent d'étudier, voire d'explorer, scientifiquement le monde*. L'école de Trémont dont nous avons cité une partie du travail plus haut, montrera par exemple que ces inscriptions peuvent aussi être envisagées dans leur potentiel transformatif (Vinck, 2009, 2007), tandis que d'autres études se concentreront sur la dimension sociale interactive des activités présidant à la fixation de leur sens (e.g. Amann & Knorr-Cetina, 1990).

Plutôt que de scinder ou d'opposer ces deux approches, il s'agit en fait de conjuguer la dimension normative du domaine de la pratique scientifique avec la dimension émergente et interactive des pratiques concrètes des scientifiques en elles-mêmes. Certaines études vont ainsi rendre compte de la variété des traitements assignés aux images acquises en laboratoire et mettrons au jour la dialectique rigoureuse de ces traitements avec les conventions et standards de la recherche (Lynch, 1990, 1985b, Bastide, 1985), ainsi que leur inscription dans

des procédures méthodologiques de mathématisation (Dondero, 2009a; Lynch, 1990), permettant de rendre analysable des objets d'études (Lynch, 1985b), faisant alors écho à la « mise en diagramme » suggérée par Latour (1993, p.190).

Cet intérêt varié pour les *représentations visuelles de science* va ouvrir une perspective majeure pour l'étude de la recherche *se faisant*, à savoir de saisir *comment les formats visuels, au cœur des sciences en action, accompagnent voir interviennent dans le développement des recherches entreprises*.

1.4 Conclusion

Nous avons vu que, au travers de l'émergence de la nouvelle sociologie de la connaissance scientifique dans les années soixante-dix, les études de science ont déplacé leur centre d'intérêt. L'intérêt traditionnel des études de science pour le rapport des théories à une réalité externe (Mannheim, 1954), pour les relations entre la société et l'institutionnalisation de la science (Merton, 1938) et la détermination et la structuration de l'activité scientifique par des normes internes (Merton, 1973), s'est retrouvé déplacé vers l'interrogation des modalités sociales par lesquelles les contenus des théories se construisent et se valident (Barnes, 2015/1977 ; Bloor, 1991/1976).

La littérature issue de cette nouvelle sociologie de la connaissance scientifique a mis au jour les jeux de *négociations* (Collins, 1985 ; Knorr-Cetina & Mulkay, 1983 ; Shapin, 1982) par lesquels les contenus savants se stabilisent. Ces travaux ont ainsi renseigné les processus de justification et de validation des connaissances scientifiques du point de vue des interactions sociales. D'une part, la variable sociologique de *l'intérêt* a constitué une unité d'analyse permettant d'articuler les jeux d'influence entre société, culture et savoir. D'autre part, les travaux ont mis en exergue la nature *tacite* et *hétérogène* des connaissances permettant de construire les objets de recherche scientifiques et de stabiliser leur modalité d'étude, pointant ainsi l'importance de s'intéresser aux *savoir-faire* et aux communications inter-subjectives des scientifiques.

En se tournant, au moyen des études de laboratoire, vers l'étude située des pratiques effectives (Garfinkel *et al.*, 1981 ; Knorr-Cetina, 1981 ; Latour & Woolgar, 1986/1979 ; Lynch, 1985a), les *modalités* par lesquelles les pratiques sont organisées et menées à bien ont été étudiées dans leur localité voir leur situa-

tion propre, intégrant leur temporalité et démontrant l'intérêt de saisir l'appareillage ethnographique pour étudier la science au-delà de ses « emblèmes » (Jeanneret, 1994, p.55), c'est-à-dire au-delà de l'image qui en est construite *a posteriori* de son exercice. L'étude des pratiques scientifiques a alors pointé la dimension téléologique des sciences, et l'enchevêtrement des contextes de justification du savoir à ceux de leur découverte.

Dans cette idée, les procédés par lesquels les scientifiques parviennent à défendre et stabiliser leurs théories ont été étudiés dans leur déroulé progressif. Les différentes étapes permettant de renforcer la valeur d'autorité d'une théorie ont été analysées comme des « pratiques de traductions » (Latour & Woolgar, 1986/1979) successives. Des travaux ont montré l'articulation d'un positionnement théorique dans sa correspondance à un cadre culturel spécifique et à des enjeux politiques (Shapin, 1979/1990a ; Pickering, 1989 ; Latour & Woolgar, 1986/1979), tandis que l'*opportunisme* des décisions prises par les scientifiques au cours d'une recherche selon la situation de travail a été pointé (Knorr-Cetina, 1981). Il a ainsi été montré que ce qui guide les chercheurs *en recherche* est d'arriver à un succès d'ordre pratique : *faire fonctionner* leur expérience – plutôt que de se concentrer sur l'idéal *in abstracto* de la vérité scientifique (Lynch, 1985a ; Knorr-Cetina, 1981). L'étude des chaînes de traductions successives des énoncés en faits a aussi mis au jour l'importance des *technologies littéraires* (Latour & Woolgar, 1986/1979 ; Shapin, 1985) au moyen desquelles les scientifiques mettent en ordre les résultats de leurs expériences et participent à légitimer les conclusions qu'ils en tirent. La centralité des « dispositifs inscripteurs » qui permettent de « transformer des bouts de matières en documents écrits » (Latour & Woolgar, 1986/1979, p.51), autrement dit de coder en informations mobilisables les phénomènes étudiés (Fujimura *et al.*, 1987) a aussi montré le *caractère phénoménotechnique* des sciences (Latour & Woolgar, 1986/1979). Les dispositifs expérimentaux eux-mêmes sont apparus comme des entités pouvant faire l'objet d'études empiriques de la construction épistémique, dans leur conditionnement de l'existence même des phénomènes étudiés. La notion d'*expérimentation* a été re-questionnée par le prisme du *laboratoire* (Knorr-Cetina, 1995, 1992), mettant en avant la nature opératoire du travail de recherche qui ne consiste pas tant à *observer* et *représenter* la nature qu'à *intervenir* à son encontre (Hacking, 2010/1983).

Le déploiement de ces approches et leurs contributions théoriques ont offert de nouveaux cadres et de nouveaux outils pour s'intéresser aux *pratiques effec-*

tives et *concrètes* des scientifiques et à la façon dont la science se fait, invitant ainsi à l'envisager comme une *activité culturelle* au sein d'un *champ de ressource* plus ou moins local (Pickering, 1992b). L'étude de la dimension technique de la science a permis d'intégrer les dimensions *matérielles* du travail épistémique, et de montrer la nature *interactive* des *ajustements* contingents participant de la construction des faits (Pickering, 1999, 1993 ; Pickering & Guzik, 2008 ; Star, 1983). Ce glissement épistémologique et méthodologique s'est réalisé de concert avec le développement des théorisations concernant les rapports entre science, technologie et société, qualifiant de *technosciences* les sciences contemporaines (Hottois, 2006; Pickering, 2008 ; Latour, 1987), de par leur enchevêtrement d'humains et de non humains au travers de ces processus d'ajustements. L'inclinaison téléologique des sciences dépeinte dans les travaux de la nouvelle sociologie des sciences suite au tournant pratique s'est par conséquent associée à sa dimension opératoire⁷⁶.

C'est sur la base de ces travaux suggérant le rôle essentiel des artefacts matériels dans la construction des savoirs et des phénomènes que se développe le champ d'étude des sciences et technologies dites STS, mais aussi le champ des études visuelles de sciences dites VSS (Bigg, 2012). Ces champs de recherches participent alors, comme nous allons le voir dans le chapitre suivant, d'un intérêt grandissant pour les pratiques de représentation des scientifiques : il s'agit justement d'étudier les façons dont ils produisent et représentent les phénomènes qu'ils entendent étudier.

Assez vite, suivant les évolutions citées précédemment, cet intérêt va inviter les travaux à explorer la dimension opératoire des formats de représentations mobilisés. Ce sont ces travaux qui vont nous permettre au chapitre suivant de présenter certains des acquis de la littérature concernant la nature, les statuts, les fonctions et les propriétés des formats visuels de science au cœur de la recherche *se faisant*.

76 Le terme est ici employé pour signifier que la pratique scientifique *opère* les phénomènes qu'elle étudie, elle *intervient* à leur rencontre comme discuté par Hacking (2010/1983).

2. ÉTAT DES LIEUX : Les inscriptions et l'Ordre Matériel du savoir : les images scientifiques comme objets de travail épistémiques

INTRO

Dans le cadre des études ethnographiques de la pratique scientifique, la prise en compte des *inscriptions matérielles circulantes* (Latour, 1990, 1986, 1985; Latour & Woolgar, 1979) va renforcer un intérêt grandissant pour les formats visuels scientifiques. Cet intérêt se cristallise au travers de l'étude des rôles des *représentations* et des *pratiques leur donnant forme* dans le travail scientifique (Cambrosio *et al.*, 1993 ; Latour & De Noblet, 1985 ; Latour, 1985 ; Lenoir, 1998 ; Lynch & Woolgar, 1990 ; Rudwick, 1976 ; Ruse & Taylor, 1991). Ces études participent à articuler de nouvelles approches, notamment inspirées par la nouvelle sociologie des sciences, pour étudier divers formats visuels (Fyfe & Law, 1987 ; Pauwels, 2006).

Rapidement à l'issue des années quatre-vingt-dix, les numéros spéciaux de revues, les sections dédiées, les revues de littératures ou des essais conséquents consacrés aux images scientifiques se multiplient (Burri & Dumit, 2008 ; Dupré, 2010 ; Fyfe & Law, 1987 ; Latour & Noblet, 1985 ; Smets & Lüthy, 2009 ; Mosley, 2007 ; Ruse & Taylor, 1991 ; Wise, 2006). Certains numéros spéciaux (Latour & Noblet, 1985; Lynch & Woolgar, 1988) servent éventuellement de base à des ouvrages collectifs (Lynch & Woolgar, 1990) en articulant des problématiques transverses aux diverses disciplines scientifiques étudiées. Aujourd'hui, un certain nombre de travaux de synthèse, témoins de ce foisonnement hétérogène, permettent de rendre compte de la richesse des études se consacrant à la vi-

visualité^{77‡} des sciences et des interactions disciplinaires ayant fait émerger les champs des études visuelles de science (Bigg, 2012) et des études de la visualisation scientifique (Burri & Dumit, 2008 ; Lynch, 2015b ; Perrotta, 2012). Citons à cet effet les articles de Norton Wise (2006), Adam Mosley (2007), Valérie Burri et Joseph Dumit (2008), Nancy Anderson (2009), Alexis Smets et Christoph Lüthy (2009), Sven Dupré (2010), Charlotte Bigg (2012), Manuela Perrotta (2012) et le chapitre de Michael Lynch (2015b) pour l'*International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences*.

Au travers de ces articles de synthèse abordant la question des images dans la construction savante, il apparaît que l'intégration, dans les travaux de la *nouvelle sociologie des sciences* et dans le développement des études des sciences et techniques, de la question des représentations visuelles (Lynch & Woolgar, 1990) est notamment le symptôme d'une mutation de la discipline de recherche en histoire. L'image scientifique se construit en objet de recherche au moment où les méthodes et les cadres interprétatifs de l'histoire se déplacent, comme évoqué dans le chapitre précédent, d'une perspective externaliste ou internaliste à un espace frontière où les facteurs étudiés sont envisagés dans leur transversalité. Cette mutation croise un intérêt nouveau, dans les recherches, pour la culture matérielle et visuelle qui permet aux images de gagner en visibilité (Bigg, 2012; Mosley, 2007 ; Pestre, 1995).

Dans ce cadre, les apports de l'histoire de l'art, qui « détient le langage le plus exact et développé pour l'interprétation des images » (traduit de Elkins, 1995, p.555), vont constituer une base problématique⁷⁸ à laquelle intégrer l'étude des images dites *informationnelles* (Elkins, 2008/1999), techniques (Bredenkamp, 2015 ; Flusser, 2011) ou épistémiques (Smets & Lüthy, 2009, p.399). L'intégration de ces images jusqu'alors peu étudiées transforment les cadres d'analyse. Dans cette idée, un ouvrage de l'historienne Svetlana Alpers (1983), s'appuyant sur les travaux de l'historien Michael Baxandall (1988/1972), théorise et rend

77 ‡ Visualité : Ce qui caractérise les modalités d'existence visuelle d'un ensemble d'entités. Nous empruntons ce terme à Bigg (2012) et Renon (2020) : il désigne l'étude de tout ce qui a une existence visuelle dans les sciences et est étudié vis-à-vis de ce que cette existence visuelle configure dans/pour la recherche, sans se limiter aux images *per se*. Par exemple, l'adoption d'un certain *régime visuel*‡ réfère non pas à une image en particulier mais à un ensemble de standards esthétiques, techniques, pratiques, épistémologiques. Ici, la visualité est donc un terme générique pour évoquer la diversité des travaux que nous évoquons dans cette introduction.

78 C'est-à-dire que les cadres de l'histoire de l'art traditionnelle ne conviennent pas pour étudier ce type d'image. Mobiliser les cadres interprétatifs conventionnels de l'histoire de l'art pour étudier ce type d'images jusqu'alors peu étudiées pose donc problème.

opérateur⁷⁹ le concept de *culture visuelle*, qui désigne le « spectre des images caractéristiques d'une culture particulière à un moment donné » (traduit de Dupré, 2010, p.620). Il s'agit en fait de regarder « le style, la facture, le mode de production des images » (Bigg, 2012, p.96) comme « l'expression de conceptions esthétiques, épistémologiques et philosophiques historiquement situées » (*Ibid.*), autrement dit comme « l'expression d'une conceptualisation spécifique du rapport entre sujet et objet, des théories de la perception et de la connaissance » (*Ibid.*). Or, l'étude de la *culture visuelle* va s'appliquer aux sciences et avoir un fort écho sur la façon de considérer les régimes de descriptions, ou de *dépicions*, adoptés par les scientifiques (Anderson, 2009 ; Bigg, 2012 ; Daston & Gallison, 1992, 2007 ; Dupré, 2010 ; Renon, 2020 ; Wise, 2006).

De ce fait, la question de la représentation dans les sciences saisie par son pendant visuel et matériel va permettre d'étudier l'articulation des paradigmes scientifiques en considérant les « régimes de représentation » (traduit de Burri & Dumit, 2008, p.298) au travers de l'histoire des sciences comme des « langages visuels » (*Ibid.*), propres à des conceptions philosophiques et théoriques (Anderson, 2009 ; Daston & Galison, 2012). C'est notamment une des thématiques traitées par le volume 40 de la revue interdisciplinaire en sciences humaines et sociales *Représentation* qui s'intéresse au « voir en sciences » (e.g. Cartwright, 1992 ; Daston & Galison, 1992), ou celui de la revue d'histoire *Early Science and Medicine* (Smets & Lüthy, 2009) consacrée à une histoire de l'imagerie scientifique. Globalement, ces travaux invitent à considérer les images scientifiques comme une « épistémologie matérialisée » (traduit de Wise, 2006, pp.81-82) : elles produisent et soutiennent les connaissances, ce sont des « images épistémiques » (traduit de Smets & Lüthy, 2009, p.399) qui participent des modalités du savoir scientifique et reflètent, voire incarnent (e.g. Gilbert, 1991 ; Rudwick, 1976) des adoptions théoriques, des *styles de pensées* (Fleck, 2008/1935).

Néanmoins, les images scientifiques, qui sont ainsi d'abord étudiées dans leur

79 C'est-à-dire que leurs travaux permettent de définir ce en quoi consiste une culture visuelle, ils théorisent donc la notion, mais aussi produisent des résultats de recherche en appliquant ce concept à un domaine. Ils montrent donc comment on peut, grâce à ce concept, opérer un objet d'étude de sorte à en tirer des informations par une méthode scientifique. Si le travail de Baxandall (1988/1972) cite le terme « culture visuelle » (p.141), on ne peut pas dire qu'il le théorise clairement. En revanche, Alpers (1983) lui attribue la paternité de l'expression et définit ce à quoi il se rapporte dans sa riche Introduction (pp.xxiv-xxvii). Pour Alpers, il s'agit d'étudier la culture visuelle Hollandaise du 17^{ème} siècle, en regardant finement comment les productions picturales des peintres Hollandais participent d'une organisation sociale et reflètent une certaine conception d'un rapport à la réalité. Son travail a ainsi un fort écho dans les études de science qui s'attachent à regarder comment les visuels participent à configurer la conception des objets de recherche (e.g. Latour, 1985, p.15).

qualité de représentations « naturalistes » (Mosley, 2007, p.292), c'est-à-dire en regard de leur capacité à représenter des objets de recherche et du point de vue de leur « utilité et valeur » pour la recherche (*Ibid.*), vont rapidement être étudiées pour leur dimension *construite* et *artificielle*. Il s'agit alors dans ce cadre d'interroger leurs modalités de construction et d'interprétation, ancrées au cœur des pratiques de recherche (Burri & Dumit, 2008 ; Lynch & Woolgar, 1990 ; Mosley, 2007). Autrement dit, il ne s'agit plus seulement de les envisager comme *représentations*, mais aussi comme *objets de travail*. En approchant les pratiques propres à des domaines de recherche spécifiques, comme dans le numéro spécial de la revue *Biology and Philosophy* publié en 1991 (Ruse & Taylor, 1991) ou dans les articles de l'ouvrage collectif *Representation in Scientific Practice* (Lynch & Woolgar, 1990), le lien étroit entre *cognition*⁸⁰ et *visualisation scientifique* se dévoile dans son articulation pragmatique, ne pouvant se départir des pratiques locales et contextuelles dans lesquelles les formats visuels s'inscrivent (Burri & Dumit, 2008 ; Lynch, 2015b, 1994 ; Perrotta, 2012).

Partie prenante de la phénoménotechne organisée par le travail scientifique, la visualité des sciences est ainsi étudiée au travers de la question des dispositifs ou technologies de visualisations scientifiques dont participent les images (e.g. Dondero & Miraglia, 2009 ; Tourmey *et al.*, 2015). Les images « technoscientifiques » (Perrotta, 2012, p.166), particulièrement celles acquises au travers de l'exploration technique des spécimens (Fontanille, 2007 ; Fontanille & Dondero, 2014 ; Perini, 2012), excèdent ainsi le principe de représentation statique et de *mimèsis*^{81‡} pour dévoiler leur caractère dynamique et *constructif* (Burri & Dumit, 2008 ; Daston, 2014 ; Dondero, 2010b, 2009b ; Lynch, 2015b).

Plus récemment, de nouvelles hybridations théoriques et méthodologiques permettent d'envisager plus finement les formats visuels scientifiques dans leur dimension dynamique, opérable et multimodale. En effet, si la démarche ethnographique, mobilisée pour étudier les *pratiques visuelles des scientifiques*[‡] dans leur déploiement au cours des travaux de laboratoire, a progressivement été délaissée au cours des années 90, ces dernières années, des travaux qui adoptent les théories plus récentes de la cognition humaine située, incarnée et distribuée (Alač & Hutchins, 2004 ; Alač, 2006) proposent de retourner observer au

80 Dans ce cadre la cognition réfère de façon très large à la capacité de réflexion d'un être humain, à ce qui lui permet de penser et comprendre.

81 ‡ Mimèsis : La *mimèsis* est une conceptualisation de la représentation comme imitation du monde. Dans ce cadre, les formats visuels représentent le monde en l'imitant, elles ne le construisent pas.

cœur des laboratoires le travail d'élaboration des connaissances pour explorer la nature multimodale du travail de construction et d'interprétation des images scientifiques ainsi que leurs *propriétés sémiotiques*^{82‡} particulières (Alač, 2014, 2011, 2008, 2005). Ces travaux s'accompagnent aussi d'initiatives ethnographiques adressant la dimension matérielle des images par le biais d'analyses microsémiotiques (Allamel-Raffin, 2011, 2004a). Enfin, l'inscription des images scientifiques dans le cadre institutionnel particulier de la recherche scientifique favorise aussi le déploiement d'approches médianes, pour en étudier les capacités de signification, en croisant l'étude de leur mode de production à celle de leur visée téléologique (Fontanille & Dondero, 2014).

CONTENU du chapitre

L'enjeu de ce chapitre est de saisir plus en détail ce que sont et ce qui est *fait* avec les formats visuels, mais aussi *ce qu'ils font*, dans le cadre des travaux de recherche *se faisant*, particulièrement au stade de leur *interprétation*. Nous souhaitons spécifiquement comprendre *comment* les formats visuels permettent de *renseigner quelque chose des objets de recherche* étudiés par les scientifiques. Il s'agit en fait de saisir l'intrication des manipulations matérielles des formats visuels par les scientifiques à la structuration d'informations à propos de leurs objets de recherche.

Nous proposons à cet effet une synthèse sélective des travaux de recherche concernant les *modalités des pratiques visuelles* du travail des scientifiques en train de se faire.

Nous faisons le choix de nous restreindre aux images obtenues par le biais des techniques d'imagerie contemporaines qui intègrent une phase d'acquisition mécanique passant par « une interaction entre un spécimen et une technologie d'imagerie, qui produit une aire visible bidimensionnelle qui est imprimée ou affichée sur écran » (traduit de Perini, 2012, p.154). Cette interaction peut être

82 ‡ Propriétés sémiotiques : Dans cette thèse, les *propriétés sémiotiques* de l'image désignent les façons par lesquelles elle peut articuler et/ou transmettre du sens, mais aussi par prolongement les façons dont le « texte » de l'image peut être lu en fonction des *éléments morphologiques*‡ de l'image et de leurs *modalités visuelles*‡.

comprise comme une exploration physique du spécimen étudié⁸³ (Fontanille, 2007 ; Dondero & Fontanille, 2014, Chap.1) et c'est cette « connection automatisée entre spécimen et figure⁸⁴ » (traduit de Perini, 2012, p.154) qui identifie la catégorie d'image qui nous intéresse particulièrement⁸⁵. Nous reprenons l'appellation IMP proposée par Perini (2012) pour Images Mécaniquement Produites (*Ibid.*, p.153), afin de distinguer le type de visuel qui nous intéresse du point de vue de leur mode de production particulier plutôt qu'en rapport à une certaine forme visuelle (Dondero, 2010b).

Dans un premier temps, nous nous concentrons sur les *modalités de mobilisation* de ces formats visuels comme objets de pratiques locales et incarnées de recherche. Nous montrerons que durant leur phase d'analyse ces images sont loin d'être « simplement lues » par les scientifiques (traduit de Perini, 2012, p.154). D'une part, leur lecture mobilise un œil expert qui correspond en fait à un ensemble de *savoir-faire multimodaux et intègre des connaissances de deux ordres : standardisées et pratiques*. D'autre part, nous montrerons que, pour être interprétées, elles supportent des opérations qui peuvent être qualifiées d'*esthétiques et permettent d'explorer et construire les objets de recherche*.

Dans un second temps, nous souhaitons éclairer théoriquement l'*opérativité* des images scientifiques, c'est-à-dire exposer les mécanismes spécifiques qui leur permettent justement d'être mobilisées comme moyen d'exploration ou comme moyen de stabilisation des objets d'étude dans la recherche scientifique. Pour ce faire, nous les aborderons en mettant en rapport leurs modalités de production avec leur visée téléologique. Il s'agit d'envisager les formats visuels comme des objets d'étude intégrés à un « (...) parcours qui vise à transformer »

83 Par exemple, en réalisant une microscopie électronique par balayage d'une colonie bactérienne, on obtient une image de la surface des bactéries. Cette image est obtenue non pas en observant les bactéries, puis en reportant les observations –par exemple, par le biais d'une illustration schématique réalisée au stylo–, mais en passant l'objet que l'on souhaite imager dans un dispositif technique où il est lui-même exposé à certaines interactions qui vont participer à produire l'image. Dans le cas de la microscopie à balayage, par exemple, l'échantillon est exposé à un faisceau d'électron qui balaye sa surface, permettant en retour d'obtenir une intensité électrique qui sera enregistrée numériquement puis affichée sous la forme d'une image visuelle via un écran d'ordinateur. Nous développerons plus en détail ce point dans le second sous-chapitre de ce chapitre.

84 Figure ici renvoie à l'image produite par une technique d'imagerie, alors comprise comme « une aire visible bidimensionnelle qui est imprimée ou affichée sur écran » (Perini, 2012, p.154).

85 Nous ne nous intéressons donc pas aux images produites uniquement par la main des scientifiques sur la base d'une observation. Par exemple, nous n'interrogeons pas comment un scientifique représente sous forme de schéma une observation qu'il effectue lui-même (que cette observation soit aidée d'un instrument ou réalisée par les sens non assistés).

(Dondero, 2011b, p.140)⁸⁶ un objet que l'on souhaite étudier en « objet de recherche » (Davallon, 2004). En d'autres termes, nous envisagerons les formats visuels comme intégrés à un « parcours pratique » (Dondero & Fontanille, 2014, p.8) scientifique. D'une part, nous montrerons que l'*opérativité*[‡] des images scientifiques repose notamment sur leur rapport *substantiel* particulier aux spécimens qu'elles visualisent. D'autre part, nous montrerons que cette opérativité dépend aussi de l'inscription des formats visuels dans un *dispositif d'institutionnalisation*[‡] qui guide leurs modalités de production et de mobilisation. Nous montrerons que pour que ces images fassent sens et aient une *valeur scientifique*[‡], elles sont modifiées *sélectivement* et *mathématisées*. Cela nous permettra de mieux comprendre le *rapport ontologique particulier* que les formats visuels entretiennent avec les objets de recherche et les mécanismes qui permettent à ce rapport d'être opérationnalisé durant l'analyse des données expérimentales acquises par technique d'imagerie.

Plus globalement, ce second chapitre nous permet d'étudier les mécanismes particuliers mis en œuvre dans la production et la mobilisation des formats visuels au cœur de la pratique scientifique afin d'établir les éléments nécessaires à la formulation de notre hypothèse de recherche dans le chapitre suivant.

2.1 Les images scientifiques comme « objets de travail » : vers les pratiques de visualisation

2.1.1. Introduction : Étudier la création du référent scientifique comme pratique visuelle

Nous l'avons évoqué en ouverture de ce second chapitre : suivant le *tournant pratique* (Knorr-Cetina, 2001 ; Pickering, 1992a), un intérêt grandissant pour les images scientifiques en tant qu'objets de travail à proprement parler invite à documenter la façon dont ces dernières sont *effectivement* mobilisées au travers

⁸⁶ La citation développée est « (...) un parcours qui vise à transformer un objet de recherche en objet scientifique » (Dondero, 2011b, p.140). Néanmoins, dans cette thèse, nous utilisons pour *objet de recherche*[‡] et *objet scientifique*[‡] des définitions basées sur les termes tels que présentés par Davallon (2004). Or les termes employés par Dondero sont inversés vis-à-vis des définitions de Davallon. Afin d'éviter toute confusion inutile, nous avons donc adapté la citation en la croisant à celle des termes employés par Davallon. Nous définissons plus en détail ces concepts tels que définis par Davallon dans le second sous-chapitre (pp.125-126).

des interactions sociales intégrées aux activités de recherche (Coopmans *et al.*, 2014 ; Lynch, 2006/1998 ; Lynch & Woolgar, 1990). Il s'agit notamment de comprendre comment la mobilisation de ces images permet aux scientifiques d'apprendre quelque chose à propos de leur objet d'étude. De l'étude des inscriptions comme *représentations scientifiques*, les travaux sur l'image scientifique vont à leur tour connaître un tournant, celui vers l'étude des « visualisations et image-ries (techno)scientifiques »⁸⁷ (traduit de Perrotta, 2012, p.164).

2.1.1.1. Les formats visuels comme médiums de co-construction des phénomènes scientifiques

Ainsi, des études de cas vont faire état de la dimension *phénoménotechnique* des sciences au travers de l'étude des pratiques visuelles des scientifiques en montrant que les formats visuels de représentations participent sous un *rapport constructif* à élaborer les objets de recherche qu'ils sont supposés représenter (Coopmans *et al.*, 2014 ; Lynch, 1991b ; Lynch & Woolgar, 1990). On l'a vu, les scientifiques ne représentent pas seulement les faits : ils *interviennent* dans la construction même des phénomènes qu'ils souhaitent étudier et cette intervention participe de la dimension épistémologique des sciences (Hacking, 2010/1983). Dans ce cadre, les techniques d'imagerie se dévoilent elles-mêmes comme des *dispositifs d'intervention* sur les spécimens étudiés et les formats visuels qui en résultent comme des *instruments d'exploration* des objets d'études

87 Perrotta (2012) utilise le terme « technoscientifique » pour qualifier les images produites par les pratiques des scientifiques en laboratoire du fait des « aspects techniques et instrumentaux » (2012, p.166) importants dans les processus d'imagerie scientifique. Or le terme technoscience a des acceptions variées. Hottois (2006), nous permet de comprendre que le mot « ne fonctionne pas comme un concept, mais plutôt (...) comme un symbole » (p.28). Ce symbole permet d'évoquer le fait que le savoir scientifique est le fruit d'un enchevêtrement d'humains et de non humains et de pointer que le monde étudié est lui-même techniquement produit et appréhendé (ce que nous avons abordé dans le Chapitre 1 de la thèse comme la dimension phénoménotechnique des sciences). Mais le terme technoscience, comme symbole, permet aussi d'appréhender l'entreprise scientifique dans son rapport au modèle économique en vigueur et aux idéaux qu'elle porte au niveau de la société. Dans le cadre de ce manuscrit, nous faisons le choix de retenir le mot technoscience uniquement pour désigner la première dimension abordée : la dimension phénoménotechnique des objets qu'elle étudie et les procédés qui accomplissent cette phénoménotechnie au travers de la mobilisation de techniques instrumentales et matérielles (voir Chapitre 1, pp.66-67 et pp.70-72). Ainsi, la catégorie d'image qui nous intéresse est technoscientifique car elle participe du rapport phénoménotechnique entre phénomènes et pratiques scientifiques. En revanche, il faut noter que les images technoscientifiques ne sont pas nécessairement des Images Mécaniquement Produites (IMPs, voir section « Contenu de ce chapitre », pp.83-84), qui sont le type particulier d'image qui nous intéresse. Nous ne développerons pas ce point dans cette thèse.

et de leurs propriétés⁸⁸. L'imagerie scientifique, alors envisagée comme un *processus dynamique*, apparaît dans sa qualité de *dispositif de visualisation matérielle*, qui permet dans un même temps de *transformer* des spécimens en des « objets dociles » (Lynch, 1985b, pp.43-44) –c'est-à-dire en des objets qui répondent aux besoins et exigences de l'enquête scientifique– et d'*analyser* les données acquises à leur sujet.

2.1.1.2. Les formats visuels comme produits de choix esthétiques et pratiques matérielles

Or cette *transformation analytique*⁸⁹ par le biais des techniques d'imagerie s'accompagne de pratiques matérielles qui leur correspondent. Les *relations esthétiques* (Renon, 2020 ; Perrotta, 2012 ; Lynch & Edgerton, 1987) que les scientifiques entretiennent avec leurs images constituent un enjeu non négligeable pour qui cherche à mieux comprendre *comment* les chercheurs parviennent à inférer des informations *scientifiques*⁹⁰ sur leurs objets d'étude à travers la mobilisation de formats visuels (Burri & Dumit, 2008 ; Lynch, 1985a, 1985b ; Lynch & Woolgar, 1990 ; Pauwels, 2006).

2.1.1.3. Étudier la création du référent scientifique

Dans ce cadre, étudier les images scientifiques dans leur capacité à renseigner un *objet* revient en fait à comprendre, *en pratique*, à quoi correspond la création du « référent scientifique » (traduit de Latour, 1999, Chap. 2) au travers des procédures d'imagerie. Dans certains champs scientifiques, les « visuels et autres

88 Nous le verrons au sous-chapitre suivant (pp.127-133), les techniques d'imagerie des IMP impliquent une phase d'exploration physique du spécimen étudié (Dondero et Fontanille, 2014, Chap.1. Fontanille, 2007), qu'on peut aussi qualifier de « détection » (Allamel-Raffin, 2009b, p.27) et qui pour ce faire, nécessite d'intervenir à l'encontre des spécimens. Ici néanmoins nous différencions d'une part, les techniques d'imagerie comme dispositif d'intervention et, d'autre part, les images produites par ces techniques d'imagerie que nous considérons alors comme des instruments d'exploration. Dans le cadre de cette phrase, le terme exploration réfère ainsi à l'exploration, par le scientifique, des propriétés d'un objet d'étude au travers de la manipulation des données expérimentales acquises à son sujet au moyen de l'image. Autrement dit, si au niveau de l'acquisition, il s'agit d'une exploration physique du spécimen, engageant un « contact causal » (*Ibid.*) entre l'image générée et le spécimen étudié, entre le format visuel et « les entités ou les propriétés soumises à investigation » (*Ibid.*), au niveau de la mobilisation de ces formats visuels par les scientifiques, nous parlons d'exploration sémantique.

89 Ici le terme signifie que la transformation des images permet d'analyser les données. Il ne s'agit pas dans le cadre de cette phrase du concept de transformation analytique de la sémiotique du Groupe μ , que nous aborderons plus loin dans ce sous-chapitre.

90 En soulignant scientifiques, nous souhaitons suggérer qu'il s'agit donc bien de se demander comment les pratiques visuelles intègrent certains types de modalités par lesquelles les fameux faits, sur lesquels le savoir scientifique repose, se construisent et se légitiment.

formes de représentation » (traduit de Lynch, 1991b, p.208) sont d'ailleurs « les seules façons pour un phénomène de devenir matériellement perceptible » (*Ibid.*). Les études de cas montrent que cette production du référent au travers de la mobilisation de formats visuels ne se limite pas à une production par un appareillage technique autonome mais se déroule au travers justement de l'interprétation des formats visuels, qui elle-même procède d'une sorte d'« exégèse visuelle » (traduit de Perini, 2012, p.156) pour « voir en quoi consistent les données » (traduit de Amann & Knorr-Cetina, 1990, p.90) acquises. Or nous le verrons, cette exégèse se réalise au travers de pratiques multimodales qui engagent tant le corps et les sens du scientifique que les *propriétés sémiotiques*[‡] des visuels (e.g. Alač, 2014, 2011, 2005 ; Alač & Hutchins, 2004 ; Allamel-Raffin, 2011, 2006, 2003).

Ainsi, si l'image scientifique est tributaire du référent scientifique, i.e. de l'objet étudié par les chercheurs, *comment* ce référent est-il construit au travers de la mobilisation des images ? Autrement dit, comment les scientifiques mobilisent-ils des images pour travailler sur leurs objets de recherche ? Comment le sens assigné à une image produite en laboratoire est-il négocié, fixé ? C'est ce que nous allons tâcher d'éclairer au travers de la première partie de cette revue de la littérature.

2.1.2. L'observation scientifique comme pratique matérielle multimodale contextualisée

Plusieurs études de cas du travail de laboratoire ont décrit les pratiques d'interprétation des images scientifiques par les chercheurs.

Dans l'étude de cas de Klaus Amann et de Karin Knorr-Cetina (Amann & Knorr-Cetina, 1990, 1989 ; Knorr-Cetina & Amann, 1990), des scientifiques sont rassemblés dans un laboratoire de génétique moléculaire, autour d'une image obtenue par autoradiographie de migration ADN⁹¹ : un film transparent, sur lequel des tâches noires sont perceptibles. Dans l'étude de cas de Morana Alač (2011), des scientifiques, dans un laboratoire de neurosciences, sont installés devant un écran d'ordinateur : face à eux est affiché graphiquement –par l'écran d'ordinateur– des images du cerveau d'un patient, obtenues au moyen d'une imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf)⁹².

Les deux études de cas indiquent que les scientifiques, qui tentent de saisir ce que leur image pourrait leur dire au sujet de leur objet d'étude, discutent pour ce faire tout en s'agitant.

Dans l'étude de Alač (2011), à coups de clics de souris informatique ou de doigts pianotants sur leur clavier d'ordinateur, les scientifiques modifient l'affichage graphique tandis qu'ils accompagnent ces opérations de divers gestes orientés vers et sur l'image. Ils vont par exemple mimer des gestes expérimentaux –réaliser ce qu'on appelle des gestes métaphoriques iconiques⁹³, afin d'évoquer le déroulé d'une expérience réalisée plus tôt et mettre certaines de ses caractéristiques en correspondance avec des parties de l'image (Alač, 2011, p.107). Chez Amann et Knorr-Cetina (1990), les scientifiques inclinent le film autoradiographique de la migration d'ADN à contre-jour d'une source lumineuse pour tenter,

91 L'autoradiographie est un procédé technique qui permet d'obtenir un film sur lequel est conservé la trace de molécules qui ont été marquées par une substance radioactive, puis séparés dans un gel (d'électrophorèse), sur lequel un film de rayon X a été exposé, permettant d'obtenir ainsi une image.

92 L'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle permet d'imager les régions du cerveau humain et de mesurer l'activité cérébrale dans ses différentes régions, ainsi que d'identifier les communications entre ces différentes régions (connexions fonctionnelles).

93 Nous empruntons cette classification à Lefebvre (2008) qui propose une classification des *gestes DAMPI* (Déictique, Adaptateur, Métaphoriques, Ponctuateurs, Interacteurs) : dans ce cadre, le geste iconique est placé dans la catégorie des gestes métaphoriques. Néanmoins, dans les classifications résumées par l'auteur, geste iconique et geste métaphorique se différencient de par la relation qu'ils entretiennent avec le contenu sémantique du langage. On précise ici iconique pour souligner que les gestes dont nous parlons entretiennent une « (...) relation formelle avec le contenu sémantique du langage » qui correspond à un « un objet concret ou un événement. » (p.42)

en profitant de la transparence du support de l'image, de discerner plus finement des détails formels à sa surface. Que ce soit dans les séquences étudiées par Alač (2011) ou celle abordée par Amann et Knorr-Cetina (1990), les scientifiques, procédant à la lecture voire au *déchiffrement* de leur image, articulent leurs paroles à des gestes de diverses natures, métaphoriques, déictiques, ponctuateurs⁹⁴. En coordination de ces nombreuses opérations variées, les scientifiques apportent des modifications à l'espace graphique autour duquel leurs interactions se sont organisées : dans un cas, au moyen de « l'instrument de dissection de la parole » (traduit de Knorr-Cetina & Amann, 1990, p.264), ils modifient virtuellement leur figure pour accompagner son interprétation (Amann & Knorr-Cetina, 1990, pp.148-150), dans un autre, par traitement numérique sur ordinateur au moyen de la souris et du clavier (Alaç, 2011, e.g. p.110), la *figure* est réellement modifiée, moment-par-moment.

Ces études de cas montrent que plutôt que de contempler statiquement de leur regard l'image face à eux, les scientifiques s'affairent autour des images et jusque sur elles. Prises dans le travail épistémique au cœur des laboratoires contemporains, les images se prêtent peu à la contemplation : il faut aux scientifiques « un grand travail d'interprétation pour donner du sens aux images visibles » (traduit de Alač & Hutchins, 2004, p.632, nous soulignons) qu'ils produisent. Ainsi l'observation scientifique elle-même, lorsqu'elle passe par des techniques d'imageries « technoscientifiques » (traduit de Perrotta, 2012, p.166) apparaît-elle procéder d'une pratique interactive et collaborative⁹⁵ (e.g. Alač, 2011 ; Alač & Hutchins, 2004 ; Allamel-Raffin, 2004a, 2003 ; Amann & Knorr-Cetina, 1990) très différente de l'idée de contemplation statique et passive lui étant traditionnellement associée (Daston, 2008 ; Lynch, 1990).

Cette élaboration du sens des images scientifiques constitue une activité problématique en soi, qui engage le corps et les sens des chercheurs avec les *propriétés matérielles*[‡] des formats visuels mobilisés (Alaç, 2014, 2011 ; Alač & Hutchins, 2004 ; Allamel-Raffin, 2011, 2004a, 2003 ; Lynch, 1985a ; Perini, 2012). C'est que les techniques d'imageries mécaniques permettent l'acquisition de *données expérimentales* à propos d'un spécimen qui nécessitent, pour se *manifes-*

94 Pour une définition de ces termes, voir la note précédente et Lefebvre (2008).

95 Cette formulation ne signifie pas que c'est seulement lorsqu'elle passe par des techniques d'imageries technoscientifiques que l'observation scientifique procède d'une pratique interactive et collaborative. Néanmoins, nous ne traitons pas dans cette thèse de l'observation scientifique per se et utilisons donc la notion d'observation uniquement dans le cadre où elle se rapporte à la mobilisation d'IMP (qui peuvent, comme nous l'avons vu, être qualifiées d'images technoscientifiques).

ter et permettre leur interprétation en rapport à l'objet d'étude des scientifiques, un travail complexe et multimodal de décryptage (Alač, *Ibid.* ; Allamel-Raffin, *Ibid.* ; Amann & Knorr-Cetina, 1990 ; Knorr-Cetina & Amann, 1990).

2.1.2.1. Une question de rapports : identifier la forme à la chose

Nous comprenons, par ces récits, que le produit visuel des techniques d'imagerie mécaniques, l'image, n'est jamais évident à interpréter : les scientifiques doivent apprendre à le déchiffrer (Alač & Hutchins, 2004). Cette interprétation est en fait une affaire de relation : puisque les images scientifiques s'inscrivent téléologiquement dans la science comme des instruments pour l'étude de spécimens, l'interprétation des images vise à interpréter ce qu'elles disent du spécimen qu'elles mettent en image.

Nous l'avons défini : les techniques d'imagerie qui nous intéressent procèdent d'une « *connection automatisée* » (traduit de *Ibid.*) entre d'une part, certains éléments de l'objet imagé et, d'autre part, les éléments qui *constituent* l'image (Perini, 2012 ; Fontanille, 2007). Pour cette raison, le scientifique doit donc être capable d'identifier les *qualités*^{96‡} affichées à la surface des images –les *modalités visuelles*^{96‡} formant des *éléments morphologiques*^{97‡} qui *composent* l'image– dans leur rapport *substantiel* au spécimen étudié (Lynch, 1990). Or la littérature souligne que délimiter des éléments distincts dans ces images et évaluer leur rapport à l'objet étudié n'est pas évident (e.g. Alač, 2011 ; Allamel-Raffin, 2011, 2004a, 2003 ; Lynch, 1985a).

En effet, au niveau de la *lecture* de l'image, Catherine Allamel-Raffin (2011, 2003, 2004a) explique qu'il faut au scientifique détecter et identifier les *éléments de l'image* et que cette détection et son identification n'est pas triviale. Le scientifique, observant son image, doit se demander, par exemple : est-ce une zone claire que je vois ? Est-ce que cette zone plus claire que les autres correspond

96 ‡ Modalités visuelles : Nous utilisons modalités visuelles pour désigner les ensembles et sous-ensembles de ce que le Groupe μ désignerait comme un énoncé plastique : la texture, la couleur (ou dominante chromatique) et la forme. Ainsi une modalité visuelle peut être l'utilisation d'une certaine teinte ou d'une certaine saturation pour former une certaine couleur.

97 ‡ Éléments morphologiques : Les éléments morphologiques de l'image sont les éléments sensibles de l'image composés par des *modalités visuelles* comme la texture, la forme ou la couleur. Elles donnent forme à l'image et procèdent d'une certaine logique. Nous parlons d'éléments morphologiques car on considère que les éléments qui donnent forme à l'image (morpho) procèdent eux-mêmes d'une certaine logique qui participe des *propriétés sémiotiques* de l'image, c'est-à-dire de la façon qu'elle a d'articuler du sens. En d'autres termes, les éléments morphologiques de l'image sont des leviers des *propriétés sémiotiques* de l'image. Nous utilisons les termes éléments morphologiques et caractéristiques morphologiques comme synonymes.

à une *entité discrétisable*⁹⁸ ? C'est-à-dire, peut-on l'isoler comme une unité dans l'image ? Est-ce que cette zone claire, dont nous avons convenu qu'elle formait une unité identifiable, une *entité*⁹⁸, correspond à *quelque chose* du spécimen étudié, ce qui permettrait d'identifier *cet élément comme* étant le signe de telle partie de l'objet (ou de telle propriété de l'objet), donc un *objet*⁹⁹ en soit ?

Cette évaluation mobilise un *œil expert*. Par exemple, du fait de la production de l'image par un dispositif technique complexe (Allamel-Raffin, 2019, 2006, 2004a ; Fontanille & Dondero, 2014 ; Fontanille, 2007) il faut aussi que le scientifique puisse différencier dans ces formes identifiées, ce qui est de l'ordre de la *trace* de l'objet étudié et de l'ordre de la trace du *dispositif technique*¹⁰⁰ employé. Autrement dit, le scientifique doit aussi être capable de différencier dans l'image les éléments qui correspondent à des artefacts techniques¹⁰¹ de ceux qui correspondent à des signes de son objet d'étude (e.g. Alač, 2011 ; Allamel-Raffin, 2019, 2006, 2011, 2003, 2004a ; Lynch, 1985a). Selon la situation à l'œuvre, l'identification des éléments de l'image est donc loin d'être simple et peut se révéler être un processus « extrêmement lent et fastidieux » (Allamel-Raffin, 2004a, p.156).

2.1.2.2. La vision professionnelle : incarnée et matérielle

L'œil expert qui permet au scientifique d'opérer ces distinctions procède de ce que le sociologue Charles Goodwin¹⁰² a qualifié de *vision professionnelle* (Goodwin, 1994). Afin de mener à bien leurs activités, les professionnels discriminent « des détails pertinents de leur environnement pour agir de façon compétente » (Pentimalli & Rémy, 2020, §1.). La vision professionnelle désigne ainsi la ca-

98 † Entité : Dans le cadre de cette phrase, une *entité* est une qualité identifiée (réifiée) par discrimination. Ce point est explicité au cours de ce chapitre.

99 † Objet (2) : Dans le lexique de la thèse, le terme objet a deux acceptions, il s'agit ici du sens (2) : Un *objet* (2) est une entité identifiée par rapport à la coordination récurrente de différentes qualités dans un champ d'observation donné. Ce point est explicité au cours de ce chapitre.

100 † Dispositif technique : Le *dispositif technique* des techniques d'imagerie désigne non seulement les machines qui permettent de traduire un spécimen sous une certaine forme visuelle (par exemple, un microscope électronique), mais aussi les procédures et procédés, humains et non humains, qui sont employés dans l'utilisation de ces appareils. Par exemple, le dispositif technique de la microscopie électronique en transmission comprend un microscope électronique, mais aussi un ensemble méthodologique de préparation du spécimen à imager, qui mobilise des savoir-faire, et s'accompagne de contraintes organisationnelles et humaines relatives à l'utilisation du microscope voire même concernant l'accessibilité des substrats qui composent le spécimen à étudier (à ce sujet voir par exemple Zenzen et Restivo, 1982).

101 Dans cette phrase, nous parlons bien des *artefacts techniques* que nous avons défini comme une caractéristique morphologique d'une image qui ne provient pas de l'objet imagé mais du dispositif technique.

102 Le travail de Charles Goodwin se situe à la croisée de la linguistique, de la sociologie et de l'anthropologie.

pacité de « voir » dans un « domaine d'observation minutieuse » un « élément pertinent de connaissance » (*Ibid.*). Dans notre cas, le domaine d'observation minutieuse est l'image produite par le dispositif d'imagerie.

Or cette capacité de *discrimination*^{103‡}, qui prend en compte l'*environnement*^{104‡} dans et pour laquelle elle est mobilisée, est achevée *en situation* : la vision professionnelle ne désigne pas seulement une capacité mais bien un *accomplissement pratique* au travers duquel des professionnels discriminent ce qui est pertinent ou non pour mener à bien leur activité dans une situation donnée. Si l'on souhaite saisir cet accomplissement, il faut donc étudier cet « art du voir » (Prentice, 2005, p.837)¹⁰⁵ à la fois comme *corporéité*[‡], c'est-à-dire comme un art incarné dans les *corps* agissants des professionnels, mais aussi comme *interaction matérielle*, qui repose sur la mobilisation de *ressources sémiotiques*^{106‡} (Jewitt & Oyama, 2001) diverses en situation (Alač, 2014, 2011 ; Alač & Hutchins, 2004).

En effet, d'une part, les compétences visuelles que la vision professionnelle mobilise relèvent aussi d'une « technique du corps » (Renon, 2020, pp.144-145), qui caractérise son accomplissement comme une multimodalité en soi où « (...) le corps et les sens servent d'intermédiaires et de guides aux travailleurs dans la réalisation de leur activité (...) » (Pentimalli & Rémy, 2020, § 26). Comme nous le verrons, c'est bien au moyen d'un œil expert mais aussi d'un corps agissant que les scientifiques parviennent à déchiffrer leurs formats visuels. D'autre part, dans le cadre de l'analyse des données expérimentales acquises par IMP, l'environnement vers lequel s'exerce le regard professionnel est l'« espace graphique » (traduit de Lynch, 1985b, p.42) de l'image, qui va constituer « les propriétés sensibles, palpables, tangibles et appréciables des données » concernant l'objet étudié (*Ibid.*, p.59). Ainsi ces propriétés des données dépendent elles-mêmes

103 ‡ Discrimination : Dans le cadre de la lecture des images, la *discrimination* désigne un procédé par lequel on distingue une qualité d'une autre afin de l'identifier. Ce point est explicité au cours de ce chapitre.

104 ‡ Environnement : Dans le cadre de cette thèse et en accord avec notre lecture de Goodwin (1994), l'*environnement* désigne l'ensemble des éléments en présence lors d'une l'activité, qu'il s'agisse d'humains ou de non-humains. Selon le niveau d'analyse, cet ensemble peut être limité, pour les besoins de l'analyse, à certains éléments qui forment ainsi un environnement spécifique.

105 Nous empruntons cette traduction « art du voir » à Pentimalli et Rémy (2020), qui citent et traduisent Prentice (2005). Dans l'article de Prentice (2005), l'expression anglaise originale utilisée est *skill of seeing* (p.837).

106 ‡ Ressource sémiotique : Le terme « ressources sémiotique » est employé par Jewitt et Oyama (2004, p.134). Il désigne l'idée que pour faire sens d'une situation les acteurs mobilisent différentes ressources qu'ils interconnectent pour « créer leurs propres interprétations nouvelles » (*Ibid.*). Autrement dit, le terme conotte l'idée qu'interpréter ce n'est pas seulement « décoder » (*Ibid.*) en suivant des règles pré-établies, mais que c'est un processus ouvert qui se réalise au travers d'ajustements contingents.

des *caractéristiques matérielles*¹⁰⁷ des formats graphiques, qui, nous le montrerons, sont amenées à être mobilisées par le scientifique durant l'interaction multimodale permettant de réaliser leur interprétation.

2.1.2.3. Un « savoir-voir » réalisé au travers de l'action : co-émergence entre perception et culture

Afin de comprendre ce qui constitue la vision professionnelle, une approche assez répandue a été de s'intéresser aux séquences d'apprentissage entre un expert –maîtrisant la vision professionnelle d'un domaine– et un novice, à qui l'expert transmet les compétences nécessaires (e.g. Alač, 2011 ; Ellis, 2011 ; Prentice, 2005). Ces séquences mettent en relief les conditions d'expérience du voir professionnel comme un ensemble de connaissances théoriques et pratiques, car l'expert doit les rendre explicites pour le novice auquel il les enseigne. Dans ce domaine, un des apports principaux des études pratique du travail professionnel des scientifiques est d'avoir intégré une attention particulière au faire manuel, en se concentrant sur l'implication des *mains* (Alač, 2008 ; Prentice, 2005)¹⁰⁷. Le rôle des mains et plus largement de l'expérience kinesthésique a, par exemple, été particulièrement abordé dans les travaux d'étude de cas de la vision professionnelle propre au champ de la chirurgie, où les praticiens opèrent des « distinctions visuelles et tactiles » (traduit de Prentice, 2005, p.839). On pourrait penser que le rôle des mains et des sens comme le *toucher* est important spécifiquement du fait de la pratique chirurgicale des scientifiques, qui les engage dans la manipulation experte des corps de patients, néanmoins, cette multimodalité se retrouve aussi dans les séquences d'interprétation des formats visuels où les chercheurs n'entrent pas forcément en contact avec la matière mise en image et ce, dans des domaines divers.

Par exemple, les recherches de Morana Alač, collaborant avec Edwin Hutchins, s'intéressent aux processus cognitifs des neuroscientifiques lors de l'interprétation d'images de cerveaux humains obtenues par IRM fonctionnelle¹⁰⁸ (IRMf) (Alač & Hutchins, 2004). Dans ce cadre, les scientifiques n'entrent jamais en contact tactile avec la matière imagée, avec le cerveau per se. Pour autant, les

107 Lynch souligne d'ailleurs que l'importance des mains dans les activités d'observation scientifique, telles qu'elles se réalisent au travers de pratiques de représentation, problématise l'utilisation du terme visuel pour qualifier ces pratiques de représentation, ce même lorsqu'il s'agit de s'intéresser aux formats graphiques (Lynch, 2014).

108 Pour une définition de l'IRM fonctionnelle, voir note 92.

différentes études de cas proposées montrent, au moyen d'une micro-analyse croisée à une approche ethnographique, le complexe entremêlement des modalités sensorielles *incarnées* aux connaissances abstraites et théoriques mobilisées pour l'interprétation des images d'IRMf (Alač, 2014 ; 2011, 2008, 2005 ; Alač & Hutchins, 2004).

Les résultats portés par les études de Hutchins et Alač rejoignent en fait le positionnement de Rebecca Ellis (2011), lorsqu'elle indique que la littérature sur les compétences visuelle attribue une « hégémonie aux standards visuels » (traduit de Ellis, 2011, p.772), c'est-à-dire aux modèles théoriques internalisés par des communautés de pratiques au service et au travers de l'identification des formes dont procède la vision professionnelle. Au contraire, Ellis indique que la vision professionnelle procède d'un « entremêlement bien plus fort entre différentes façons de voir et d'expérimenter le monde naturel » (*Ibid.*). Nous comprenons à travers cet exemple qu'il faut, comme Goodwin (1994) le recommande –et comme certains travaux issus des STS le proposent (e.g. Alač, 2005 ; Ellis, 2011)– analyser ces compétences visuelles de façon *située* car elles procèdent d'une « co-émergence de la perception et de la culture » (traduit de Ellis, 2011, p.772)¹⁰⁹.

Le constat de cette co-émergence de la perception et de la culture enjoint à considérer les pratiques concrètes par lesquelles les scientifiques parviennent à réaliser l'identification des détails pertinents dans leur *champ perceptif*^{110‡}. Dans le cas des études sur les pratiques mobilisant des visualisations scientifiques, le champ perceptif s'apparente à l'image. Ainsi, l'interprétation des formats visuels procéderait elle aussi d'un « achèvement imprégné culturellement, d'un enchevêtrement entre des connaissances 'abstraites' et une 'expérience vivide, tactile et kinesthésique' plus tacite (Prentice, 2005, p.839) » (*Ibid.*, p.772).

Cet enchevêtrement est particulièrement sensible dans les recherches de Alač et Hutchins (2004), puisque l'approche qu'ils mobilisent pour étudier la mobilisation des IRMf par les neuroscientifiques entend contribuer à une anthropologie cognitive d'un nouveau genre : en étudiant justement les opérations

109 Ici la culture est encore saisie comme l'ensemble de standards mais aussi de pratiques concrètes déployées par les scientifiques avec le large appareillage technique et matériel à leur disposition. La culture compose ainsi, comme nous l'avons abordé, un champ de ressources pour la pratique scientifique, et ce champ lui-même se modifie au cours de sa mobilisation par les scientifiques.

110 ‡ Champ perceptif : Le *champ perceptif* est un champ en présence pouvant être perçu par un être humain, c'est l'environnement perceptible.

cognitives comme une *réalisation pratique* se déroulant au travers des interactions entre êtres humains et non-humains, plutôt que dans l'exploration des stimulus du cerveau.

2.1.2.4. L'interprétation des images comme coordination multimodale au service de l'incarnation des objets d'étude et de l'enaction des processus imageants

Dans une des séquences spécifiques étudiées par Alač et Hutchins (2004), un expert cherche à enseigner à son collègue novice comment « voir la rétinotopie » (traduit de *Ibid.*, p.633). L'objet de leur séquence est donc d'enseigner au novice la « capacité à voir des aires rétinotopiquement organisées » (*Ibid.*, p.634) dans une image acquise par IRM fonctionnelle. L'étude de cas va montrer que le processus d'interprétation procède d'un ajustement qui émerge en effet *au travers* des interactions.

La rétinotopie désigne l'idée que, dans le cerveau humain, se situent des aires visuelles qui seraient, point pour point, des copies de la topographie de la rétine, qui elle-même procède d'une organisation topographiquement relative au champ visuel (ce qui est observé par un être humain). Ainsi, lorsque la vision est exercée par un être humain, des stimuli sont projetés dans ces champs visuels relatifs topographiquement aux endroits auxquels ils ont été projetés sur la rétine. Si la localisation de ces aires visuelles dans le cortex visuel est admise pour tout sujet, néanmoins, leur taille, leur localisation et leur forme varient dans le cortex visuel de chaque individu. Leurs frontières sont donc interprétées spécifiquement pour chaque sujet expérimental, pour chaque résultat d'IRMf. Ainsi, l'identification de ces aires visuelles ne peut pas reposer uniquement sur la mise en correspondance d'un modèle théorique des aires visuelles du cerveau à l'image observée à l'issue de l'IRMf. Dans le cas de la rétinotopie, pour identifier les frontières des différentes aires visuelles, autrement dit pour recouvrir l'organisation topographique des aires visuelles du cerveau, les scientifiques vont donc non seulement mobiliser leurs connaissances théoriques, mais aussi mobiliser un ensemble de ressources multimodales, aussi appelées « *modalités sémiotiques* » (*Ibid.*, p.638), comme les gestes, la parole, mais aussi la vue.

L'activité qui consiste à apprendre à voir la rétinotopie s'apparente à l'identification des aires rétinotopiquement organisées. Concrètement, il s'agit notamment de lier –comme nous l'avons induit en parlant d'artefacts techniques– des modalités visuelles des éléments morphologiques de l'image –forme, couleur,

texture– et ces éléments morphologiques ainsi formés, à des événements qui constitueraient leurs causes probables. De par le dispositif technique employé, ces causes sont diverses : elles peuvent venir d'un défaut d'entretien d'une machinerie (vétusté, léger déplacement d'une pièce...), de la manipulation d'un scientifique (réglages, dosages...), du comportement du sujet expérimental (mouvement, sensibilité...) (Allamel-Raffin, 2004a).

Pour parvenir à ces articulations, l'étude de cas de Alač et Hutchins (2004) montre que tout un travail d'évaluation s'organise, qui va se dérouler au travers de l'incarnation mais aussi de l'*enaction*^{111‡} de ces causes, sur la surface des images et jusque dans le corps des scientifiques.

Dans le cadre de l'identification de la rétinotopie, les scientifiques étudiés par Alač et Hutchins mobilisent un outil conçu par l'un des membres de leur laboratoire : une sorte de *carte* sur laquelle il faut réussir à faire correspondre les aires rétinotopiques telles qu'organisées dans les scans de cerveau affichés sur l'écran d'ordinateur. Or, dans l'une des séquences abordées, la scientifique experte indique à son apprenante que « cela demande un peu d'entraînement pour commencer et vraiment voir la carte (rétinotopique) dans ces données bruitées » (traduit de *Ibid.*, p.639). D'une part, cela signifie qu'il y a un bruit dans l'image qu'il faudrait pouvoir amoindrir pour pouvoir l'interpréter et, d'autre part, que les données permettant d'évaluer où se situent les aires rétinotopiques sont déjà contenues dans l'image d'IRMf mais qu'elles ne sont pas encore *lisibles* et donc *reportables* à la carte, sans doute notamment à cause de ce fameux bruit.

Or, plutôt que d'un côté, s'occuper de réduire le bruit des images puis ensuite d'établir une correspondance, le processus d'interprétation va bien procéder par

111 ‡ Enaction : Le concept de l'enaction a été développé – sur la base des travaux des biologistes Humberto Maturana et Francisco Varela (Hutchins, 2010 ; Theureau, 2004) – au travers des travaux d'étude de l'activité humaine. Pour définir ce qu'il implique concernant les pratiques visuelles que nous décrivons dans ce chapitre, nous nous reposons sur cet extrait de définition par Hutchins (2010) : « L'enaction est l'idée que les organismes créés leur propre expérience au travers de leurs actions. Les organismes ne sont pas des récepteurs passifs des inputs de l'environnement, mais sont des acteurs dans l'environnement de telle sorte que ce qu'ils expérimentent (expérience) est formé (shaped) par la façon dont ils agissent » (p.428). Il précise ainsi que : « En appliquant le concept d'enaction à la perception, Noë (2004) dit que la perception est quelque chose que nous faisons, pas quelque chose qui nous arrive. » (*Ibid.*) Nous nous reposons aussi sur notre lecture de Theureau (2004), qui nous permet de résumer très sommairement que le concept postule que l'individu fait sens de ses agissements et de sa situation d'activité au sein d'un monde qu'il crée lui-même en interagissant de façon sélective avec son environnement. Suivant Boutrais (2018, note 2), le terme enaction provient « (...) du verbe anglais to enact : émerger, survenir. C'est la raison pour laquelle il ne prend pas d'accent. » (Boutrais, 2018, note 2). Nous conserverons sa forme anglaise sans accent mais l'adaptions : pour le reste du manuscrit nous utiliserons : enaction pour désigner le phénomène, enactée pour la forme adjectivale et enactment pour désigner le produit du phénomène (i.e. « X a réalisé un enactment. »).

une co-émergence : par la mise en *coordination* de différentes modalités sémiotiques, le sens va être progressivement et dans un même temps, être construit et compris par les deux scientifiques.

2.1.2.4.1. Les gestes comme organisation et mise en lien

Durant la séquence d'apprentissage de la rétinotopie, la scientifique experte va procéder en coordonnant gestes et paroles à l'affichage graphique sur l'écran d'ordinateur et à la carte inscrite sur une feuille de papier. La correspondance entre la carte et l'image affichée graphiquement sur l'écran d'ordinateur va émerger « (...) de l'interaction des gestes avec l'image du cerveau et l'action du voir exprimée linguistiquement » (Alač & Hutchins, 2004, p.640, nous soulignons). C'est au travers de cette coordination que la carte va pouvoir être liée à l'affichage graphique sur ordinateur. Ainsi les gestes non seulement vont participer à organiser les échanges entre les deux scientifiques, en soulignant par exemple « des éléments dans le flot de parole de l'expert » (*Ibid.*), mais, dans le même temps, ils vont aussi permettre de construire du sens. En effet, les gestes vont permettre d'intégrer le processus de mise en lien entre la carte schématique et les scans de cerveaux dans « l'espace public de l'interaction » (*Ibid.*) entre les deux scientifiques. Par exemple, un geste de délimitation d'une aire sur la surface du schéma papier peut permettre, par transposition de ce geste à la surface de l'écran d'ordinateur, de lier les deux espaces de représentation (Alač, 2011, pp.107-109).

2.1.2.4.2. Enacter par les gestes et la coordination multimodale matérielle

Dans une autre séquence d'activité de lecture d'IRMf étudiée par Alač (2014, 2011, 2005)¹¹², deux scientifiques, encore une fois une experte et une novice, cherchent à évaluer si différentes images de coupes du cerveau acquises par IRMf s'alignent correctement, puisqu'il s'agit du même cerveau, dans la même position, imagé au cours du temps. Cet alignement est une condition pour pouvoir procéder à l'analyse des données acquises par IRMf, puisque si les images ne s'alignent pas correctement, c'est qu'elles présentent un « artefact de mouvement » (Alač, 2014, p.69). Ainsi, du côté de la production des images, la phase d'imagerie nécessite que le patient soit le plus immobile possible, pour éviter ces artefacts dûs aux mouvements, qui forment des « tâches floues » (*Ibid.*). Or,

112 La séquence qui présente la procédure d'alignement d'une série de coupes qui se suivent dans le temps est abordée dans Alač (2011, Chapitre 4), dans Alač (2014) et dans Alač (2005).

pour évaluer si, dans les images, les tâches floues qui peuvent être observées procèdent bien d'un artefact de mouvement, il faut que les scientifiques parviennent à remonter aux causes de certains détails affichés graphiquement. Pour ce faire, les deux scientifiques vont notamment reproduire les gestes qu'elles pensent, hypothétiquement, que leur sujet expérimental a réalisés durant la phase d'imagerie. Ces gestes expliqueraient ce rendu de l'image. Néanmoins, sans se limiter aux gestes, ce qui permet aux deux chercheuses de *voir* l'artefact technique, procède aussi de la possibilité, dans un même temps, par clic de souris, d'alterner les deux types d'images à aligner et de l'effet qui est produit par ce biais.

Ainsi, dans le cas de la procédure d'alignement d'une série d'images qui se suivent dans le temps (Alač, 2014, 2011 Chapitre 4, 2005) lorsque l'une des scientifiques effectue un geste imitant la direction dans laquelle le sujet expérimental a pu bouger, elle l'effectue en *coordination* avec l'affichage sur écran, montrant, par alternance, un léger décalage entre les différentes acquisitions. Comme le souligne Alač, c'est la *coordination* de l'affichage à l'écran, avec la réponse *incarnée* de la chercheuse concernant ce qu'elle *imagine* être la cause de ce qui est affichée, qui permet à l'ensemble de prendre sens. Pour illustrer ce point, Alač (2005) propose d'imaginer ce qui aurait pu se produire si la déclaration d'une scientifique, à l'encontre de sa collègue, concernant le fait qu'elle pouvait « voir le sujet » (traduit de *Ibid.*, p.187) bouger, n'avait pas été coordonnée à sa gestuelle et à l'affichage dynamique des scans de cerveau sur l'écran d'ordinateur :

« Ursula aurait pu être confuse par la déclaration de Gina disant qu'elle voit le sujet en train de bouger, quand ce qu'elle voyait vraiment étaient les images de cerveaux en train de bouger. Afin de voir le sujet en train de bouger tout en regardant le mouvement apparent des images du cerveau, Ursula aurait eu besoin de réaliser un saut interprétatif complexe. Elle aurait eu besoin de construire mentalement un mouvement tri-dimensionnel du sujet allongé dans le scanner, à partir d'images en deux dimensions des coupes de cerveau. Ce que Gina dit, même si cela indique un tel mouvement, ne le reproduit pas. La distance entre les images du cerveau et Gina voyant les mouvements du sujet dans de telles images est réduite (*bridged*) par ses gestuelles imitant les mouvements du sujet. » (*Ibid.*, p.189)

Au contraire, plutôt que de simplement *reproduire* le geste, c'est dans la *coordination* matérielle entre gestuelles et images que le mouvement est *produit*.

Comme le dit ailleurs Alač (2014) au sujet de la même séquence :

« Elles tentent de comprendre ce mouvement en l'enactant publiquement et en en ressentant les effets dans leur propre corps. Le mouvement n'est *pas simplement vu* dans les visuels, mais *enacté au travers de la coordination* des corps et des technologies inscrites dans la connaissance culturelle distribuée au travers du laboratoire » (p.70, traduit, nous soulignons)

Concernant cette coordination non seulement des gestes, de la parole et du corps, mais aussi du format visuel, dans un autre article abordant une séquence d'activité différente, Alač (2008) explique que « L'utilisation des commandes de la souris permettent (à la scientifique) d'alterner l'affichage des images fonctionnelles et structurelles. En alternant rapidement entre les images, (la scientifique) notifie un artefact de 'shearing'. » (traduit, p.486)¹¹³. On voit comment les *possibilités* matérielles offertes par le support des images, la possibilité ici d'alterner l'affichage de deux types d'image, participent à la capacité d'interprétation des scientifiques.

C'est ainsi au travers d'une expérience *incarnée* et *coordonnée* entre leur corps et leur environnement matériel que les scientifiques parviennent à identifier les artefacts du dispositif technique dans leurs images, car la « (...) *recréation de mouvements particuliers du sujet est instanciée dans l'espace public de l'action, ce qui rend les données abstraites compréhensibles* » (traduit de Alač, 2005, p.189). Il faut noter donc que les causes de ces artefacts techniques, comme le souligne Alač, ne sont pas seulement *incarnées*, elles sont *enactées* : c'est-à-dire qu'en réalisant ces coordinations de geste, de parole et d'action, les *actions* ayant *causé* les artefacts –les causes inférées– sont réalisées, rendues à l'existence. Ainsi, les gestes peuvent aussi fonctionner comme des *enactments* d'actions, et « cet enactment ne performe pas seulement ce qui est arrivé dans le passé, mais peut aussi évoquer le futur des actions pratiques » (traduit de Alač, 2008, p.494, nous soulignons).

Au travers de la richesse des intrications explorées par ces études de cas de l'interprétation des IRMfs, on voit bien que la simple relation causale convenue de l'image à l'objet étudié durant la phase d'imagerie n'est pas suffisante pour qu'elle en exhibe des propriétés de façon évidente. C'est au travers de l'engagement du scientifique que les processus étudiés deviennent visibles et lisibles. De

113 Cette séquence de Alač (2008) qui aborde une procédure d'alignement entre deux types d'images (fonctionnelles et structurelles) est aussi abordée dans Alač (2011), chapitre 6.

plus c'est bien l'affaire d'une co-emergence puisque « Les chercheurs, dans un même temps, produisent le sens des inscriptions scientifiques et comprennent le sens ainsi produit en réalisant ces actions » (traduit de Alač & Hutchins, 2004, p.657, nous soulignons) ¹¹⁴.

Par ailleurs, concernant l'entremêlement de l'expérience active à la focalisation du sens, la mobilisation de la parole en interaction étudiée par Alač et Hutchins (2004) fait aussi écho dans une certaine mesure aux travaux de Karin Knorr-Cetina et Klaus Amann (1990) où l'identification des parties d'une image à une expérience physique est recouverte au moyen de « l'instrument de dissection de la parole » (traduit de *Ibid.*, p.264). Les auteurs montrent que les scientifiques *dissèquent* leur image au travers de discussions orales qui re-situent l'image dans différents « répertoires d'expériences » (*Ibid.*, p.271). Les travaux de Knorr-Cetina et Amann permettent de souligner le rapport des *contenus oraux* à des domaines expérientiels qui ne sont pas en présence. Ils montrent ainsi comment les scientifiques réalisent des « conversations d'images » (*Ibid.*, p.263) issues de ces différents répertoires expérientiels pour donner sens aux images présentes qu'ils interprètent. Dans un autre article écrit en commun (Amann & Knorr-Cetina, 1990), les scientifiques abordent aussi comment, au travers de la parole, les scientifiques peuvent réaliser des « inductions optiques » (traduit de *Ibid.*, p.100) : un motif de parole qui « consiste en des opérations visuelles réalisées au travers de la parole » (*Ibid.*), comme imaginer que les caractéristiques morphologiques de l'image sont renversées, changées de sens. Cela se rapporte, à notre sens, à la *capacité de dynamisation de l'échange oral* tel que Alač & Hutchins l'évoquent sous le vocable de « mouvement fictif » (traduit de Alač & Hutchins, 2004, pp.654-655), où un scientifique, observant un dégradé de couleur dans une image d'IRMf, décrit ce dernier comme un processus dynamique qui reflète la propagation de l'activité neuronale au travers du cerveau. Ainsi :

« Même si les couleurs dans la carte de phase ne bougent pas, i.e., la carte de phase est factuellement une représentation statique, le sujet la décrit en termes de mouvement. Leonard Talmy (e.g., Talmy, 2000) appelle ce phénomène fictive motion. (...) En fait, les sujets semblent presque en train de percevoir le mouvement dans la carte de phase statique. » (*Ibid.*,

¹¹⁴ Nous utilisons « dans un même temps », pour traduire both : « The researchers both produce the meaning of the scientific inscriptions and understand the meaning that is produced by performing these actions. » (Alač & Hutchins, 2004, p.657).

pp.654-655)

Néanmoins, le terme dissection, employé par Knorr-Cetina et Amann (1990) pour caractériser la relation entre image et scientifique durant les séquences d'interprétation des images générées en laboratoire connote seulement une linéarité allant du chercheur vers l'image tandis que les travaux de Alač (2014, 2011, 2008, 2005) et de sa collaboration avec Hutchins mettent à jour la mise en coordination des formats visuels avec un engagement multimodal. En d'autres termes, chez Knorr-Cetina et Amann, l'image serait comme un cadavre et le scientifique expert seul détenteur de l'agentivité lui permettant d'opérer sur elle afin de mener à bien ses recherches, tandis que dans les travaux de Alač et de sa collaboration avec Hutchins, l'interprétation des images, procédant d'une analyse des données par un processus *interactionnel*, fait apparaître le format graphique comme un « champ pour l'interaction » (traduit de Alač, 2011, p.24), permettant –et nécessitant– l'*engagement* du scientifique. Ainsi, si les études de Knorr-Cetina et Amann mettent en valeur un procédé accompli au moyen de la modalité de la parole, la micro-analyse croisée à l'observation ethnographique telle que proposée par Alač et sa collaboration avec Hutchins, permet de recouvrir le complexe entremêlement de la *multiplicité* de modalités *réellement mobilisées* par les scientifiques lorsqu'ils analysent leurs images¹¹⁵. Le regard professionnel engage paroles, gestes spatiaux et manipulations matérielles.

2.1.2.5. Entre standards et savoir-tacites : deux ordres de connaissances pour un regard propre à une communauté de pratique

Notre revue de littérature montre que c'est donc notamment sur la base de son « expérience tacite, tactile et kinesthésique » (traduit de Prentice, 2005, p.839), que le scientifique parvient à faire sens de son image. Faire sens ici, c'est donc « savoir comment voir » (traduit de Alač & Hutchins, 2004, p.640, nous soulignons), autrement dit « transformer le regarder en voir » (*Ibid.*, nous soulignons).

115 Nous notons ici que les travaux de Karin Knorr-Cetina et Klaus Amann portent principalement sur des images statiques et analogiques tandis que les travaux de Morana Alač et Edwin Hutchins montrent des pratiques mobilisant des images potentiellement dynamiques et numériques. Nous utilisons tout de même l'adjectif réellement car les travaux de Knorr-Cetina et Amann n'intègrent pas l'étude des gestuelles, alors même que la photographie intégrée à l'un de leur article (Amann & Knorr-Cetina, 1990) montre comment les scientifiques portent le film d'autoradiographie jusqu'à la lumière. Ils se concentrent sur les « dispositifs conversationnels » (*Ibid.*, p.96) mis en œuvre pour interpréter. Ainsi, lorsqu'ils citent les pratiques manipulatoires, c'est pour évoquer le montage d'une figure pour publication ou l'inspection d'un procédé expérimental comme le positionnement d'un tube à essai à contre-jour (*Ibid.*, p.88).

Nous avons vu que les habiletés visuelles des scientifiques ne sont pas innées, ni transparentes : elles se fabriquent, justement, au travers des interactions langagières et gestuelles entre professionnels et apprentis, dans la manipulation des dispositifs techniques et des artefacts divers propres à la culture d'une profession. La vision professionnelle procède donc d'un apprentissage collaboratif par observations et mimétismes qui font du *savoir-voir* une compétence partiellement tacite, qui relève notamment des connaissances « mimeo-morphiques » (traduit de Prentice, 2005, p.839), des connaissances physiques qui sont en fait des « compétences qui ne peuvent pas être enseignées sans une socialisation complexe au sein d'un groupe » (*Ibid.*). Mais la littérature pointe que l'expertise de la vision professionnelle s'acquiert aussi par l'intégration d'un ensemble de conventions (Law & Lynch, 1990) plus ou moins standardisées : la vision professionnelle relève aussi de l'internalisation de normes et de codes qui peuvent avoir été formalisés. Le savoir professionnel s'acquiert donc par l'expérience routinière de procédures expérimentales (Alač, 2011 ; Allamel-Raffin, 2011, 2004a, 2003), mais aussi par l'internalisation de standards conventionnels accumulés sur la base de l'apprentissage au travers des scriptures, des manuels (Law & Lynch, 1990).

Ainsi la vision professionnelle relève de deux ordres de connaissances : d'une part, de l'ordre des connaissances abstraites, qui dépendent des taxonomies propres à un métier (certaines catégories d'objet, certains types de détails à considérer), et d'autre part, de l'ordre des connaissances pratiques, qui reposent sur une expérience tacite, tactile, kinesthésique, mettant en jeu le corps et les sens comme intermédiaires (Pentimalli & Rémy, 2020 ; Prentice, 2005).

Néanmoins l'étude proposée par Allamel-Raffin (2011, 2003, 2004a) autour d'un microscope à transmission (MET) en physique des matériaux montre comment ces connaissances taxonomiques peuvent elles-aussi relever de savoir-faire pratiques permettant à leur tour de constituer des « répertoires encyclopédiques » (Allamel-Raffin, 2004a, p.170, nous mettons au pluriel) pour la lecture des images et qui fonde l'expertise de leur regard professionnel.

L'étude de cas de Allamel-Raffin (2011, 2003, 2004a) se penche sur une séquence d'échange entre une microscopiste et un physicien dans le domaine de la physique des matériaux. Son travail montre que la lecture des images procède sur la base de la mise au point d'un « univers sémantique commun » (Allamel-Raffin, 2003, p.5), qui fait écho aux processus évoqués dans les séquences étudiées par Alač (e.g. 2011) lors par exemple de l'apprentissage de la rétino-

topie. Elle explique qu'en *déTECTANT* des qualités dans l'image, les scientifiques procèdent à l'*IDENTIFICATION* d'*ENTITÉS*[‡] (on parle de *QUALITÉS REIFIÉES*[‡]) par des opérations de *DIFFÉRENCIATION* : par exemple, une zone de blanc (qualité) est discriminée d'un fond gris (qualité), elle est identifiée comme une *ligne blanche (entité)*. Si la *COORDINATION* de *QUALITÉS REIFIÉES* est régulièrement observée (par exemple, une ligne blanche qui s'accompagne d'un halo gris), cette entité peut devenir un *objet*. Allamel-Raffin (2003) donne un exemple de *COORDINATION* de qualités qui se transforment en objet à force d'être observées de façon récurrente. Elle détaille ainsi comment l'objet « grain » est défini :

« (...) les scientifiques ont fait de nombreuses fois l'expérience, sur divers échantillons, de zones rondes, à l'aspect granuleux, gris foncé et peu lumineuses. Cet objet est appelé « grain » et est constitué de qualités coordonnées. » (p.6)

Cet objet ainsi identifié peut, à force d'observation au cours du temps, être classifié et s'inscrire dans une *classe d'objets*[‡] étudiée par la pratique professionnelle, comme une « couche de polycristallins » dans le cadre particulier de l'imagerie par Microscope en Transmission Electronique (MET). En d'autres termes, « la mise en évidence et le stockage d'entités permet d'élaborer des classes d'objets. » (*Ibid.*, p.6).

Les scientifiques peuvent aussi définir des *interactions* particulières entre certaines qualités, entités ou classes d'objets, ce qui participe à fonder un *répertoire encyclopédique d'objets*[‡] : en astrophysique, par exemple « s'il s'agit d'une galaxie, la zone rouge sera nécessairement entourée de zones vertes car les rayonnements auront tendance à décroître au fur et à mesure que l'on s'éloigne du centre de la galaxie » (Allamel-Raffin, 2004a, p.174). Ces *encyclopédies d'objets*[‡] permettent aux scientifiques de mobiliser, virtuellement, les classes d'objets à la lecture de leurs images et de *les concrétiser durant la lecture, en les nommant et en les montrant* (Allamel-Raffin, 2004a, p.175).

Allamel-Raffin pointe que ces encyclopédies fournissent aussi aux scientifiques des horizons d'attentes pour l'observation (Allamel-Raffin, 2004a, p.180) : par exemple, les scientifiques étudiées par Alač (eg. 2011), s'attendent à la présence potentielle d'un *artefact de mouvement* et ont donc déjà en tête la classe d'objet qui y réfère. Ainsi, les *encyclopédies d'objets*, qui peuvent être collectives mais aussi personnelles, apparaissent, lors de la lecture des images, fonctionner comme des sortes de *répertoires formels*[‡] élaborés (car mettant en jeu des rela-

tions *entre* des classes d'objets, procédant alors de façon plus élaborée qu'une assignation individuelle d'une forme précise à un référent en autonomie des formes qui l'accompagnent).

On comprend que les connaissances mobilisées par la vision professionnelle, qui sont miméomorphiques dans une certaine mesure –elles dépendent notamment de l'interaction entre plusieurs professionnels d'un champ scientifique qui négocient mutuellement des distinctions sur la base de leurs savoir-faire individuels et pratiques– peuvent elles aussi se constituer en des standards typologiques plus ou moins formalisés à force d'expérience et de récurrence, qui vont guider, par sédimentation (Allamel-Raffin, 2004a, p.180), la pratique se faisant qui, elle, est multimodale.

La question de la sédimentation des *savoirs encyclopédiques*[‡], qui se composent à la fois des encyclopédies formelles mais aussi des connaissances théoriques et pratiques qui les accompagnent, pointe la variété des modalités par lesquels ils se constituent. D'une part, dans leur pendant formel ces encyclopédies intègrent des répertoires d'images issus d'autres domaines de l'expérience que celui de la lecture des images en laboratoire : la consultation d'articles scientifiques avec figure, par exemple, nourrit le répertoire formel des chercheurs. D'autre part, l'accumulation d'expériences pratiques de lectures d'images, par la microscopiste par exemple, ne sédimente pas seulement des formes mais aussi des savoirs techniques concernant les artefacts possibles d'un dispositif technique spécifique. Dans la même idée, l'expertise de la microscopiste se base aussi sur une formation au fonctionnement du dispositif et aux théories sous-jacentes comme par exemple, celles qui concernent « la propagation d'un faisceau d'électrons » (Allamel-Raffin, 2003, p.8). Les savoirs encyclopédiques qui sont mobilisés pour la lecture d'image sont ainsi composés non seulement de savoirs-pratiques, de représentations formelles virtuelles, mais aussi de connaissances théoriques et techniques, qui co-construisent les attentes en interaction et permettent les évaluations expertes nécessaires à la lecture des images scientifiques (Allamel-Raffin, 2004a, 2003).

Du fait de ces intrications, il apparaît que la vision professionnelle est relative à sa communauté de pratique (Ellis, 2011) qui établit des standards, des conventions, en somme des critères discriminants et analytiques, mais aussi des manières de faire sens, d'inférer, de discriminer *par le faire*, comme nous l'avons explicité.

2.1.2.6. La localité des significations associées aux images scientifiques

Au travers des exemples fournis par les études de cas que nous avons abordées, on peut aussi constater la localité des significations assignées aux images scientifiques. Comme l'un des buts principaux poursuivis par la production d'une image scientifique durant la phase de recherche se faisant est de renseigner quelque chose à propos d'un objet de recherche, leur sens est donc toujours relativement local : elles font l'objet de *pratiques interprétatives* qui reposent sur la mise en rapport d'éléments particuliers *circonstanciés* : les scientifiques évaluent « une image donnée en fonction non seulement de ses qualités intrinsèques, mais également de son histoire, chaque fois singulière » (Allamel-Raffin, 2009b, p.19).

C'est ce que nous montrent par exemple les séquences d'identification d'artefacts techniques. Pour « distinguer les artefacts des objets réels » (traduit de Hacking, 1981, p.316) il s'agit de se demander si des éléments visuels dans l'image correspondent à des « (...) artefacts du système physique ou à des structures présentes dans le spécimen en lui-même ? » (*Ibid.*). Pour ce faire, les scientifiques interprètent alors leurs images en recherchant *des causes* de leur organisation topographique. L'identification d'artefact les enjoint à considérer ces causes au niveau de *l'instanciation* de l'image c'est-à-dire, en revenant sur les conditions de leur production. Ces conditions ne se limitent pas seulement au passage du spécimen dans le dispositif d'imagerie *per se*, mais intègre aussi les *conditions préfigurant* leur production par le dispositif : par exemple, tant le *comportement* du sujet expérimental dans le cas des IRMf que la préparation technique d'un échantillon pour imagerie en microscopie ont une incidence sur ce qui sera visualisé. Hacking (1981) l'exprime bien en parlant de la nécessité de *teindre* une cellule pour pouvoir l'observer avec un microscope optique du fait de la *transparence* du spécimen. Les scientifiques se réfèrent à ce répertoire expérientiel *local* lorsqu'ils tentent de faire sens des signes graphiquement affichés, sur leur écran d'ordinateur, à l'intérieur du champ d'un microscope optique ou encore sur le film transparent d'une autoradiographie.

2.1.3. Visualisation scientifique et individuation de l'objet : la construction du champ perceptif et de l'objet de recherche au travers de l'intervention

On a vu que la lecture des images scientifiques par les chercheurs est une procédure d'interprétation qui se réalise au moyen d'une performance multimodale qui elle-même mobilise un ensemble de savoirs de deux ordres : tacites et miméomorphiques, standardisés et publics.

Or, d'une part, nous l'avons rapidement évoqué, cette performance prend en compte les détails formels de l'image et, d'autre part, cette « surface visible » (traduit de Lynch & Edgerton, 1987, p.189) sur lequel s'exerce le voir professionnel¹¹⁶ n'est pas donnée. En effet, pour « rendre leurs objets d'étude visibles et analysables » (traduit de Lynch, 1985b, p.38) les scientifiques recourent aussi à des « pratiques de rendus » (*Ibid.*) : ils manipulent les caractéristiques morphologiques des formats visuels et engagent par ce biais leurs *propriétés sémiotiques*[‡]. Comme le décrivent Lynch et Edgerton (1987), les scientifiques utilisent la technologie à leur disposition pour manipuler les formats visuels et élaborent ainsi le champ graphique sur lequel porte leur observation :

“(…) déplacer la gamme de couleur sur l'échelle numérique, ou varier la gamme dynamique des nombres enregistrés dans les données permet aux praticiens de jouer activement avec les propriétés gestaltiennes du champ. De telles propriétés intègrent un contraste figure-plan, la délimitation et la continuité figurale ainsi que l'homogénéité et la différenciation de régions. Ces thèmes perceptifs, habituellement attribués à la complicité entre l'œil et le cerveau (Gregory, 1966), sont directement achevés au travers de manipulations manuelles par la console de l'ordinateur, en référence à des caractéristiques locales sur la surface visible de la figure. » (traduit, p.189, nous soulignons)

En d'autres termes, au cours de l'activité de déchiffrement de l'image, le format visuel qu'il s'agit d'interpréter –vis-à-vis des données qu'il renseignerait sur un objet d'étude– se retrouve lui-même plus ou moins manipulé et construit de sorte à *organiser des perceptions*.

116 Nous utilisons volontairement le mot voir plutôt que vision car à notre sens cela connotte moins l'exercice du sens de la vue sur la capacité à observer des significations dans une image. Comme nous l'avons montré, ce voir est multimodal et culturel.

On a vu que par clics de souris et alternance rapide de plusieurs formats acquis en série, les scientifiques *enactaient* des effets visuels de mouvement, rendant ainsi sensible un décalage dans les données dû à un artefact technique (Alač, 2014). Le décalage présent dans la *structure* des données devient *présent au scientifique* par le biais d'une *expérience sensible*. Dans le cadre de cet exemple, c'est l'alternance de plusieurs images d'une même série qui produit l'effet de mouvement, sans que la « *surface visible* » (traduit de Lynch & Edgerton, 1987, p.189) des images *per se* ait été touchée par le scientifique. Mais cette surface de l'image peut aussi être amenée à changer d'*apparence* au cours de l'activité d'analyse au moyen de l'engagement délibéré du scientifique : les couleurs, les textures ou les formes du support graphique peuvent être transformées sans pour autant constituer une *déformation* au sens où on truquerait l'image pour lui faire dire quelque chose que les données permettant sa génération¹¹⁷ ne contiennent pas (Frow, 2014).

Ainsi, la mobilisation des formats visuels en science engage une forme d'observation qui est aussi de l'ordre d'un *faire manipulatoire*, certains travaux suggérant qu'il est même possible d'envisager le travail des images par les scientifiques comme une pratique artisanale (Lynch & Edgerton, 1987, p.186). En d'autres termes, c'est aussi au travers de pratiques matérielles *sur* les images que les scientifiques achèvent l'*observabilité*^z et l'*analysabilité*^z de leur phénomène d'intérêt en révélant, par les « *détails concrets des formats visuels* » (traduit de Lynch, 1990, p.153) des détails pertinents de leurs objets d'étude. Dans cette section, ce sont les modalités spécifiques de cette pratique matérielle, leurs effets propres et leurs visées qui nous intéressent.

2.1.3.1. Achever la visibilité du phénomène d'intérêt : le drawing-as révélateur de la mobilisation dispositive des formats visuels

La littérature sur la mobilisation de formats graphiques en science montre que le travail matériel réalisé sur eux par les scientifiques leur permet d'obtenir une *visualisation* d'un certain *état* des données expérimentales acquises qui, de par

117 Dans ce passage, le terme données est à prendre au sens large : il peut s'agir de données numériques, qui sont ensuite affichées sous un format graphique sur un écran d'ordinateur, mais il peut aussi s'agir de données expérimentales analogiques, comme dans le cas de la photographie analogique où c'est l'intensité de l'exposition à une source lumineuse qui noircit plus ou moins le support photosensible : en ce sens, les données correspondraient à l'intensité lumineuse émise, –sans qu'elle puisse être chiffrée– et une déformation consisterait, durant la phase de développement, à intensifier à outrance les zones de noir pur ce qui agrandirait notablement leur surface, ou à rajouter par double exposition un élément non présent dans l'image de base.

leur connection causale à l'objet de recherche, est indicatif de la *substance* de l'objet de recherche (Lynch, 1990, p.154). Comme le souligne Lynch, de ce fait, « de telles représentations constituent la physionomie de l'objet de recherche. » (*Ibid.*, p.154).

Le phénomène pratique auquel réfère ce travail de *mise en forme* des spécimens étudiés au travers des images a été qualifié de *drawing-as* par Janet Vertesi (2014) en s'inspirant de la théorie phénoménologique du *seeing-as* théorisée par le philosophe des sciences Norwood Russel Hanson (1985/1958).

Le concept de *seeing-as* présenté par Hanson est *phénoménologique*¹¹⁸ car il caractérise une certaine modalité de *l'expérience du voir*, ou plutôt de *l'expérience* par laquelle on rencontre les choses que l'on souhaite observer. Ce concept s'inscrit dans la définition d'une théorie de l'observation scientifique : la *theory-ladenness of observation*. Hanson propose l'idée que ce qui est *perçu* par un scientifique lors d'une *observation* scientifique dépend des connaissances théoriques qu'il possède de la chose observée (Hanson, 1985/1958). Par exemple, pour étudier la composition d'un sol, le scientifique observe un terrain. Le sol *per se* de ce terrain est visible à l'œil nu pour le scientifique, mais le fait que le sol puisse posséder différents niveaux de composition chimique relève d'une théorisation *a priori* de son observation. En effet, disons que ces différents niveaux de composition chimique peuvent *se manifester* aux sens du scientifique par des qualités, notamment visuelles, comme la couleur –le sol pourrait présenter une alternance de teintes rougeâtres et de teintes brunâtres. Néanmoins, pour identifier ces qualités *comme les signes* de différents niveaux chimiques, donc d'une *présence*, le scientifique mobilise une connaissance théorique concernant les relations entre *couleur* et *composition chimique*. Son regard est pour ainsi dire instruit préalablement, son observation guidée par la théorie¹¹⁸.

Or, Vertesi (2014) propose que, dans le cadre des pratiques de représentations scientifiques, plutôt que de voir des objets naturels *comme* leur objet de recherche, par exemple de voir le sol de la planète mars comme une substance composée de trois strates minérales différentes de par leurs connaissances théoriques préalables, les scientifiques *dessinent* ces objets naturels de sorte à

118 La théorie de la *theory-ladenness-of-observation* a pu être critiquée dans la relation causale qu'elle organise entre observation et théorie (Hacking, 2010/1983, pp.171-185 ; Hacking, 1981, p.309). À notre sens, la façon dont Hacking interprète la *theory-ladenness* de l'observation diffère en termes de niveaux d'application et d'implication de l'explication que nous en donnons vis-à-vis du *drawing-as*. Nous ne développerons pas plus ce point dans cette thèse.

les construire en objet d'étude. Cela consiste notamment, pour les scientifiques étudiés par Vertesi, à réaliser des opérations de *traitement*^{119‡} sur les images obtenues par la sonde Rover sur Mars.

Bien que Vertesi (2014) indique se concentrer sur les images numériques, on peut évaluer la fécondité du concept de *drawing-as* en l'appliquant à l'étude, par Latour (1993, p.171), du topofil mis en place par des scientifiques dans la forêt Amazonienne afin de parvenir à déterminer si la forêt *avance* ou *recule* face à la savane. Le topofil est un outil qui permet aux scientifiques de quadriller la forêt et de reporter sur une carte matricielle les différentes zones ainsi obtenues. C'est ainsi dans la mobilisation *coordonnée* du quadrillage par topofil et de la carte matricielle que peu à peu, la forêt peut être *dessinée comme* une forêt qui avance ou qui recule.

Ainsi, le *drawing-as* n'implique pas nécessairement de mobiliser un procédé de dessin au sens de l'obtention d'un tracé sur une surface : il s'agit plutôt du dessin entendu au sens de l'ensemble de procédés par lesquels un scientifique travaille des formats visuels issus de techniques d'imageries afin de donner à voir « l'objet concret »^{120‡} étudié (la forêt) en ses qualités « d'objet de recherche »^{121‡} (Davallon, 2004, p.32). Dans notre exemple, il s'agit de donner à voir le phénomène d'avance ou de recul tel que construit par les scientifiques pour pouvoir l'étudier (*Ibid.*). Dans ce cadre, le dessin du *drawing-as* réfère à « (l') art de représenter des objets (ou des idées, des sensations) par des moyens graphiques » (CNRTL, dessin, 2023)¹²². À ce titre, on peut comprendre que le *drawing-as* réfère proprement aux *actions* permettant la mise en forme *scientifique* d'un champ graphique.

Nous notons ici que le cas du topofil permet de mettre à jour une certaine di-

119 ‡ Traitement : Un *traitement* dans le cadre des pratiques visuelles est une opération appliquée à l'image qui a un effet sur elle, notamment sur ses *caractéristiques morphologiques*‡.

120 ‡ Objet concret : Un *objet concret* est une chose telle qu'elle existe sans être rapportée, par une observation humaine, à des rapports particuliers.

121 ‡ Objet de recherche : Un *objet de recherche* est un *objet scientifique* – une « représentation déjà construite du réel » (Davallon, 2004, p.32) sur la base d'une théorisation – construit de sorte à pouvoir être étudié d'une certaine façon. Nous utilisons *objet de recherche* et *objet d'étude* de manière synonyme. Ces deux termes sont décrits au sous-chapitre suivant.

122 Centre national de ressources textuelles et lexicales (CNRTL). (n.d.). Dessin. In Portail Lexical. Consulté le 16 décembre 2023, sur <https://www.cnrtl.fr/definition/dessin>

mension dispositive du *drawing-as*. Le topofil est un *dispositif matériel*^{123‡} au sens très limité (que nous utilisons à une fin pratique ici) où il ordonne d'une certaine façon les choses et donne à les envisager sous un certain rapport (Berten, 1999)¹²⁴. Ce n'est pas seulement un dessin en deux dimensions sur une feuille de papier, ce n'est pas seulement la carte quadrillée où ont été reportées les observations méticuleuses orientées par le topofil quadrillant physiquement la forêt : c'est bien l'*ensemble* du dispositif qu'est le topofil qui *opère* le dessin de la forêt amazonienne *comme* une forêt qui recule ou qui avance. Ce *dispositif* permet ainsi de *représenter* ou plutôt de *présenter* graphiquement la forêt Amazonienne qui avance ou qui recule face à la savane et de l'étudier en ces termes. Autrement dit, de transformer un « objet concret » en « objet de recherche » (Davallon, 2004, p.32).

2.1.3.2. Un jeu avec « les propriétés gestaltiennes du champ » : les capacités expressives des images scientifiques

Les *moyens* employés pour transformer un *objet concret* en *objet de recherche* mobilisent une attention toute particulière, de la part des scientifiques, aux *caractéristiques morphologiques* des images dans le cadre des IMPs.

Ainsi, dans le cadre de la recherche scientifique, les éléments morphologiques des images comptent pour plusieurs raisons.

D'une part, pour leur *causalité* : de par la connexion automatisée des IMPs avec l'objet d'étude qu'elles mettent en image, un corrélat est que chaque élément morphologique peut lui-même être associé à une cause qui provient soit de l'objet imagé, soit de l'appareil technique ayant permis d'en produire une image (les fameux artefacts) (Dondero & Fontanille, 2014). Nous avons vu comment, en pratique, les scientifiques réalisent l'identification de ces causalités au travers d'un faire multimodal (Alač 2014, 2011, 2008, 2006, 2005 ; Alač & Hutchins, 2004 ; Ellis, 2011). D'autre part, ces caractéristiques morphologiques comptent pour la capacité de l'image à transmettre de l'information quelle qu'elle soit.

Cette capacité repose elle-même notamment sur la *capacité propre* des images à *rendre discernables*, dans leur champ graphique, des entités : la citation de

123 ‡ Dispositif matériel : Un *dispositif matériel*, dans un sens très limité, est une entité – ayant des *propriétés matérielles* – qui ordonne d'une certaines façons d'autres choses et donne à les envisager sous un certain rapport.

124 Nous citons Berten non pas parce que l'auteur définit ainsi le concept de dispositif, mais parce qu'il montre que c'est dans un sens très limité que le dispositif peut être compris ainsi.

Lynch et Edgerton (1987) qui nous a servi à introduire cette section suggère que les traitements associés aux images permettent aux scientifiques de « jouer avec les propriétés gestaltiennes du champ » (traduit de *Ibid.*, p.189) autrement dit, de produire certains types d'impression au moyen des images et ainsi d'engager des perceptions. Dans cette idée, la *capacité signifiante*[‡] des images scientifiques, leur capacité potentielle à émettre du sens, semble donc reposer aussi sur un jeu avec leurs caractéristiques morphologiques qui permet de produire différents types d'impressions¹²⁵ et de rendre discernables et sensibles des objets de recherche.

Ainsi, nous comprenons que, si cette capacité à rendre discernable est, comme certains travaux l'ont proposé, réalisée *au travers de l'action* et procède d'une coordination multimodale où l'image constitue une *modalité sémiotique*^{126‡} parmi d'autres (Alač, 2006 ; Alač & Hutchins, 2004), il semble spécifiquement que la *richesse sémiotique*^{127‡} des formats visuels en eux-mêmes mérite que l'on s'y attarde. En d'autres termes, il faut que l'on prenne en compte « la matérialité de l'image » (Allamel-Raffin, 2011, p.165) pour mieux comprendre *en quoi* les images constituent une modalité sémiotique particulière dans le travail scientifique. Il s'agit de considérer les « propriétés des représentations scientifiques » (traduit de Lynch, 1985b) visuelles en soi en s'intéressant à la façon dont leurs éléments morphologiques et les *modes de manipulation de ces éléments fondent leurs propriétés sémiotiques*[‡].

2.1.3.3. Opérations esthétiques au service de la lisibilité des images scientifiques

125 Nous ne prétendons pas ici que la capacité signifiante des images se limite à la production d'impression ni à la possibilité de perception. Nous détaillerons le fonctionnement sémiotique des images scientifiques dans le second sous-chapitre.

126 ‡ Modalité sémiotique : Une *modalité sémiotique* est une modalité par laquelle du sens peut être construit (ex : gestuelle, manipulation matérielle...). Nous nous reposons sur son emploi par Alač dans ses travaux pour désigner les différentes modalités (gestes, parole, manipulations de formats visuels) par lesquels les scientifiques produisent du sens. Voir cet extrait par exemple : « Nous pouvons, par exemple, observer un individu et analyser comment la création de sens (meaning-making), l'interprétation et l'apprentissage (learning) est distribué entre les différentes modalités sémiotiques, comme les gestes, les orientations corporelles, la parole, les regards, etc. qui participent aux pratiques culturellement significatrices et socialement organisées. » (traduit de Alač, 2006, p.13).

127 ‡ Dans le cadre de ce manuscrit, la *richesse sémiotique* désigne la multiplicité de moyens par lesquels une modalité sémiotique fait preuve d'une capacité signifiante‡ (en d'autres termes, la multiplicité de moyens par lesquels sa potentialité signifiante est actualisée). Cela implique qu'une même modalité sémiotique‡ au sens de Alač (2006) (voir note précédente) intègre différentes propriétés sémiotiques‡ : différentes façons par lesquelles elle articule du sens. Ainsi, une image, en tant que modalité sémiotique, engage différentes façons de pouvoir articuler du sens et donc de signifier (de fonctionner comme un signe).

Pour comprendre comment s'articule le travail visuel des scientifiques, il s'agit ici pour nous de nous intéresser à la littérature ayant pointé certaines caractéristiques de l'image en tant « qu'objet sémiotique » (Allamel-Raffin, 2006, p.97)^{128‡}. En d'autres termes, il s'agit de considérer l'image en tant que signe qui porte du sens (elle est *sémiotique*) et ce notamment du point de vue de l'articulation de ses éléments morphologiques et des modalités visuelles s'y rapportant, qu'il s'agisse de ses dominantes chromatiques (couleur, saturation, luminance), des formes discernables ou de ses textures (grain, macule...)¹²⁹, mais aussi du point de vue du matériau (papier, film, écran de pixel...) qui les supporte.

Comme nous l'avons vu au travers de la littérature, la *distinction de formes* dans une image n'est pas instantanée. Certes, des éléments formels sont rendus perceptibles automatiquement à la sortie du dispositif imageant, éléments formels desquels l'image est le produit, mais leur *distinction* est une affaire d'observation et d'interprétation qui engage divers traitements. Plus encore, nous l'avons abordé : la distinction elle-même ne suffit pas, il faut pouvoir identifier la forme distinguée à une entité ou propriété. Or pour augmenter l'observabilité et l'analysabilité des objets d'études et des données acquises à leur propos, la littérature montre que les scientifiques vont manipuler leurs images.

Pour ce faire, ils mobilisent différentes modalités visuelles –comme la couleur– qui vont leur permettre de « jouer activement avec les propriétés gestaltiennes du champ » (traduit de Lynch & Edgerton, 1987, p.189). Mais qu'est-ce que cela signifie exactement ? Les propriétés gestaltiennes réfèrent à la gestalt ou science de la forme, qui elle-même se construit autour des phénomènes qui font qu'un être humain, percevant un champ visuel, ne va pas percevoir individuellement chaque couleur, texture, et forme, « repérer de multiples points juxtaposés » (Allamel-Raffin, 2004a, pp.172-173), mais plutôt une synthèse de ces différentes propriétés, ce qui lui permet notamment d'identifier ce qu'il perçoit comme des entités (Behrens, 1998). Comme l'explique Allamel-Raffin (2003) en

128 ‡ Objet sémiotique : Dans le cadre de ce manuscrit, sur la base de nos lectures, nous comprenons que le terme *objet sémiotique* réfère à la dimension de l'objet qui se rapporte à ses *propriétés sémiotiques*‡ et donc à son potentiel signifiant (capacité signifiante), qui lui-même enjoint à considérer les *éléments morphologiques*‡ de l'objet et leur dimension matérielle.

129 Les termes employés pour désigner ces différentes *modalités visuelles*‡ (couleur, saturation, luminance, formes, textures, grain, macule) sont issus, jusqu'à cette note, des termes employés par la microsémiotique du Groupe μ telle qu'elle est présentée par Allamel-Raffin (2019, 2011) et Dondero (2020). La question du support n'est pas traitée par la sémiotique du Groupe μ Dondero (2020).

reprenant la sémiotique du Groupe μ ¹³⁰ qui elle-même est fondée sur la théorie psychologique de la Gestalt¹³¹ :

« L'activité perceptive visuelle consiste à détecter des qualités dans un champ donné, selon la terminologie élaborée par le Groupe μ . En effet, l'œil ne se contente pas de repérer de multiples points juxtaposés. Si ces points ont la même luminance et même couleur, ils sont perçus comme constituant ensembles une tâche ou une forme précise. Une telle qualité perçue est dite translocale. Les paramètres à partir desquels on identifie des qualités sont la forme, la dominante chromatique, la texture. » (p.6)

Nous comprenons sur cette base que les traitements des images par les scientifiques permettent la génération d'impressions spécifiques qui elles-mêmes permettent de définir des entités en les rendant discernables. Ces traitements visuels participent ainsi d'un certain sens à attribuer à l'image et donc de l'observabilité et de l'intelligibilité des objets d'étude que les scientifiques tentent d'explorer, autrement dit de ce que Allamel-Raffin (e.g. 2004a) appelle leur *lisi-bilité*.

2.1.3.4. Processus des opérations esthétiques au service de la construction d'une « rétine extériorisée »

Le jeu gestaltien qui est « directement achevé au travers de manipulations manuelles » (traduit de Lynch & Edgerton, 1987, p.189) et qui prend pour référence les « caractéristiques locales de la surface visible » de l'image (*Ibid.*) permet en fait aux scientifiques de manipuler des « thèmes perceptuels » (*Ibid.*) : ce sont ces *thèmes perceptuels* qui vont permettre de rendre des entités ou des propriétés discernables dans l'image, comme un jeu de contraste entre une figure et un fond. En d'autres termes, ce jeu gestaltien passe par la réalisation d'opérations graphiques spécifiques afin de rendre des formes *identifiables* dans l'image. Les scientifiques mobilisent en fait des méthodes « pour surligner ce champ perceptuel, de sorte à ce que le phénomène pertinent soit mis en évidence » (traduit de Goodwin, 1994, p.628). Certaines modalités graphiques de ce processus de surlignage (*highlighting*) sont notamment précisés par Lynch (1990, 1988, 1985c, 1985b), Lynch et Edgerton (1987), Bastide (1985) et Allamel-Raffin (2004b,

130 Dans sa thèse, Allamel-Raffin (2004a) note que, bien que la sémiotique du Groupe μ ait été fondée pour l'analyse des images d'art, le cadre d'analyse qu'elle offre est tout à fait pertinent pour éclairer les pratiques de transformation et d'interprétation des images en laboratoire. (p.118)

131 À ce sujet, voir Badir & Dondero (2010).

2004a). Bien que certains de ces articles traitent des formats visuels non pas du point de vue de leur interprétation durant la phase d'exploration des objets de recherche, mais plutôt du travail de chaînage entre différents formats de représentations visant leur publication et discutant leur articulation rhétorique, les typologies qu'on peut extraire de traitements graphiques (actions/opérations), de résultats (effets) et des processus qu'ils incarnent peuvent s'appliquer aux images encore en phase d'interprétation.

Ainsi, dans son pendant matériel graphique¹³², le surlignement, que nous traduirons plutôt par mise en évidence, peut être réalisé au moyen de différentes « modalités visuelles » (traduit de Lynch & Edgerton, 1987, p.188) selon la technique visuelle qui est employée. C'est ce que Allamel-Raffin (2004a) désigne comme l'amélioration des « images sources » (*Ibid.*, p.187) : les images obtenues en premier lieu à la suite d'une technique d'imagerie. C'est un processus d'amélioration car il permet d'améliorer les « qualités sensibles de l'image » (*Ibid.*).

Par exemple, la différenciation d'une figure et d'un fond peut être réalisée par un jeu de contraste clair-obscur, pouvant alors faire écho à la technique artistique du *chiaroscuro* (Lynch & Edgerton, 1987). Cette différenciation ainsi opérée est ce que Bastide (1985) intitule la « fonction contrastive » (p.142) où certains éléments de l'image vont être mis en avant par un jeu de contraste visant « à l'obtention d'une image où l'objet ressort nettement sur le fond » (Bastide, 1985, *Ibid.*). Ce que Bastide qualifie comme un processus de « mise en perspective » permet par la manipulation des qualités sensibles de l'image de détacher des traits distinctifs d'entités qui deviennent ainsi identifiables. Il faut bien noter que ce processus ne se réfère pas à une seule technique visuelle. Plutôt que de jouer en distordant les rapports entre deux zones, c'est-à-dire en modifiant ces rapports de contraste entre entité et fond pour augmenter leur effet de distinction (Lynch, 1988), les techniques visuelles employées pour ce processus de mise en contraste peuvent aussi concerner un jeu de couleur, comme l'utilisation de fausses couleurs pour différencier différents éléments et ainsi améliorer la visibilité des différences (Allamel-Raffin, 2004a, pp.192-193). Lynch et Edgerton notent à ce sujet que l'utilisation de la modalité de la couleur peut dépendre d'une appréciation, par le scientifique, de leur capacité à améliorer la lisibilité des différences. De ce fait, par exemple et selon le stade de l'analyse d'image, un traitement monochromatique peut être favorisé vis-à-vis de l'utilisation

132 Nous précisons à nouveau ici, puisque les travaux de Alač et Hutchins (2004) évoquent le *highlighting* comme une procédure pouvant aussi être réalisée par la coordination entre geste et parole (p.657).

d'une variété de couleur. Par exemple, dans le cas où des astronomes cherchent à analyser les intensités de mesure, les entretiens menés par Lynch et Edgerton suggèrent qu'une image monochromatique est préférable car « les échelles de gris sont plus facilement interprétables » (traduit de Lynch & Edgerton, 1987, p.193). Mais ce processus de différenciation des qualités de l'image peut aussi passer par une « addition », un « compositage » (Allamel-Raffin, 2004a, p.198) de données, lorsque par exemple une technique d'imagerie mobilise plusieurs canaux d'enregistrement : on peut ainsi intensifier les valeurs associées à des pixels spécifiques sensés représenter une certaine propriété : cette dernière va ressortir sur l'image tandis que l'autre propriété pourra être mis en arrière-plan par un effet de contraste.

Une autre fonction remplie par certains traitements graphiques est la « fonction sélective » (Bastide, 1985, p.142) qui correspond à un processus de « focalisation » (*Ibid.*), aussi appelé processus de « filtrage » (Allamel-Raffin, 2004b, p.14 ; Lynch, 1985c, p.111) ou processus de « nettoyage » (traduit de Alač, 2011, p.72). Dans le cadre de celui-ci, les éléments non pertinents, qui peuvent être considérés comme du bruit par les scientifiques, sont nettoyés de l'image. Il s'agit alors de procéder par réduction d'information afin d'établir une « gamme limitée de caractéristiques visibles » (traduit de Lynch, 1985c, p.111). Par exemple, en réduisant la gamme de données à laquelle une dominante chromatique est associée, une image qui présente des dégradés de gris peut se distinguer en des zones plus différenciées de gris, de blanc et de noir (la couleur, la saturation et la luminance associée à un ensemble de données devenant semblable pour un plus grand nombre, les "limites" de cet ensemble ayant été modifiées). On a ainsi réduit la quantité de variation rendue visible à la surface de l'image. Cela va aussi potentiellement avoir un effet d'uniformisation en réduisant la variation de nuance et de texture. Mais ce procédé de réduction peut lui aussi procéder par d'autres biais, comme par exemple en découpant dans la surface de l'image des éléments spécifiques, générant alors là-aussi une nouvelle version de l'image acquise. Dans certaines disciplines, cela peut revenir à un « lissage de l'image » (Allamel-Raffin, 2004a, pp.194-195) au moyen d'un traitement statistique qui permet « d'améliorer le rapport signal/bruit » (*Ibid.*), ou à une « soustraction » (*Ibid.*, p.196) de certaines intensités enregistrées qui sont spécifiques, selon le procédé technique, de certaines propriétés que l'on veut retirer pour mieux percevoir les autres.

Allamel-Raffin (2023, 2004b) évoque aussi la procédure d'extraction d'infor-

mation par laquelle un scientifique peut produire une nouvelle représentation d'une partie spécifique de ses données expérimentales. Le chercheur différencie cette procédure de celle qui vise à améliorer les images sources obtenue à l'issue de la technique d'imagerie, car dans le cas de l'extraction d'information, la *morphologie*^{133‡} même de l'image se modifie de par le type de *transformation sémiotique*[‡] qui lui est appliqué. En effet, la sémiotique du Groupe μ que l'auteur mobilise (e.g. Allamel-Raffin, 2004a, pp.118-120), différencie entre les *transformations optiques*[‡], qui procèdent par modification des éléments morphologiques de l'image par manipulation de leurs *modalités visuelles* (ajout de couleur, obtention d'un meilleur contraste) et les *transformations analytiques*[‡], qui procèdent par modification des éléments morphologiques de l'image mais aussi éventuellement de sa *morphologie* par traitements mathématiques, vont par exemple permettre de discrétiser des éléments de l'image et de leur associer un traitement algébrique. Ainsi, dans le cas des procédures de filtrage, l'image source demeure identique en terme de caractéristiques morphologiques (certains éléments disparaissent, mais la logique des éléments (morpho) présentés reste la même) : on opère des transformations optiques en obtenant un meilleur contraste, en ajoutant des couleurs... Néanmoins, la logique qui organise le rapport entre les éléments morphologiques, mais aussi leur rapport à l'objet imagé reste inchangée. Tandis que dans le cas de l'extraction d'information la logique qui préside les formes de l'image peut totalement changer, comme dans la conversion d'une photographie numérique en graphe. Ainsi, en reprenant les termes de la sémiotique du Groupe μ , on peut dire que dans le cas du filtrage, le signe plastique (qualités matérielles de l'image) et le signe iconique (transformations de l'image vis-à-vis du référent) conservent leur morphologie (logique relationnelle entre les éléments de ces deux signes : par exemple, au niveau du signe plastique, une intensité colorée correspond à une certaine intensité enregistrée et les données sont représentées de façon continue dans l'image, au niveau du signe iconique les données qui se rapportent à l'objet font l'objet d'un certain type de traitement qui demeure identique) tandis que dans le cas de l'extraction d'information le signe plastique et le signe iconique changent de morphologie entre les transformations (nouveaux rapports formels entre les éléments morphologiques et les éléments du référent, donc nouvelles transformations allant du référent à l'image par exemple, c'est la hauteur d'un trait qui est relative à la valeur de l'intensité, les éléments sont présentés de façon discrète).

133 ‡ La *morphologie d'une image* désigne l'ensemble formé par les éléments visuels de l'image (caractéristiques/morpho-) et la logique qui organise ces éléments visuels de l'image (-logique).

Enfin, une autre pratique de transformation correspond à ce que Lynch (1985c) appelle « la définition » (p.113) : elle consiste cette fois-ci à différencier des entités en attribuant des marqueurs à des qualités sensibles. Pour ce faire, les scientifiques mobilisent des marqueurs pour légender une image et attribuent ainsi une identité à un élément. En terme graphique, cela pourrait néanmoins correspondre à des marquages d'un autre type que celui d'une inscription discrète comme un nombre ou une lettre de légende : par exemple un scientifique peut, à l'aide d'un logiciel, identifier (définir) une zone de pixel d'une certaine intensité et colorer cette zone pour la rendre manifeste. La zone de pixel sera ainsi définie visuellement. Néanmoins, il faut bien noter que la définition est aussi réalisée au travers de l'association de ces traitements graphiques à d'autres modalités sémiotiques comme illustré dans les travaux de Alač (2014, 2011, 2008, 2005). Bien que certaines des séquences étudiées par Alač montrent ce travail de définition comme impliquant des marquages au sens littéral d'une marque déposée sur une surface –comme le transfert sur le diagramme de la rétinopathie des aires identifiées dans les images numériques de scans de cerveau (e.g. Alač & Hutchins, 2004), d'autres séquences étudiées par Alač indiquent que la définition est aussi réalisée au travers des actions même de coordination –comme dans le cas de la définition d'un artefact de mouvement, qui ne peut pas être limité à l'identification d'une forme dans l'image.

Ainsi le processus de mise en évidence permet-il, simultanément avec sa réalisation, de classifier un phénomène, puisque par distinction, les opérations « *lient des caractéristiques pertinentes d'un cadre à l'activité étant performée dans ce cadre* » (traduit de Goodwin, 1994, p.628). En fait, au travers de ces différents traitements graphiques, les scientifiques réalisent une « *rétine extériorisée* » (traduit de Lynch, 1985b, p.59) qui leur permet simultanément de définir et analyser leurs objets d'étude. La rétine extériorisée est, comme le décrit Lynch (1985b) :

« *Analogue aux cellules rétiniennes spécialisées qui constituent notre monde visuel par détection de lignes, de sommet et d'échelles de couleur codées, la rétine extériorisée agit de façon flexible pour manipuler des lignes, des sommets et des codes graphiques et instrumentaux, de sorte à constituer les propriétés sensibles, palpables et appréciables des données* » (traduit, p.59)

2.1.3.5. Les pratiques visuelles scientifiques : la visualisation au-delà de la perception et de la cognition

Ces différents traitements peuvent tous sembler s'apparenter à une forme de nettoyage d'une surface pour en faire ressortir les traits saillants. Pourtant, comme le souligne Lynch (2006/1998) : « Il est parfois, mais pas toujours, pertinent de penser à la visualisation comme une question de divulgation, d'exposition, de découverte ou de révélation des phénomènes qui étaient jusqu'alors cachés à la vue » (traduit, p.30). Il faut donc noter que la mobilisation de ces méthodes permettant de définir des traits caractéristiques du phénomène d'intérêt dépasse la simple fonction de mise en évidence d'une présence qui serait déjà là mais inaccessible aux sens humains de par leur limitation. En effet, ces formats visuels permettent aussi de rendre sensibles et visibles des éléments qui eux-mêmes ne sont pas visuels. Comme le dit Lynch (*Ibid.*) :

« (...) les images, les graphes et les modèles qui représentent des phénomènes naturels distincts comme les orbites planétaires, les membranes cellulaires, les strates géologiques ou les structures moléculaires incluent invariablement des caractéristiques qui ne dépeignent pas ce qu'un hypothétique humain verraient si elle était assez loin, assez petite, ou dans toute autre position permettant de voir ce phénomène. ». (p.30)

En d'autres termes, ces pratiques visuelles permettent de rendre visuelles des relations et des organisations qui n'ont pas d'existence visuelle en soi.

Lynch (2006/1998) pointe aussi que, si les traitements matériels des images facilitent l'interprétation en focalisant le regard (Lynch & Edgerton, 1987) et en organisant des perceptions (e.g. Lynch, 1990, 1985c), les pratiques matérielles, dans le cadre de l'analyse des données acquises par IMP, ne « devraient pas être mises en équivalence avec la perception et la cognition » (traduit de Lynch, 2006/1998, p.28), tout du moins si l'on comprend ces termes dans le sens limité de processus réalisés dans la sphère mentale des individus. Elles permettent certes d'organiser des perceptions et de raisonner (cognition), mais les traitements matériels que nous avons évoqués eux, ne peuvent pas être décrits uniquement en ces termes puisqu'ils impliquent les pratiques manipulatoires que nous avons décrites : elles engagent le corps du scientifique, un certain jugement (nuances de gris plutôt que couleurs pour apprécier l'intensité de mesures) mais aussi des aptitudes professionnelles comme le voir professionnel et les deux ordres de connaissances que nous avons évoqué. Plus encore, ces

pratiques visuelles participent à construire l'objet d'étude au-delà de permettre sa perception per se : autrement dit, les pratiques matérielles peuvent être décrites comme des pratiques cognitives en tant qu'elles permettent de penser et comprendre mais elles peuvent aussi être envisagées comme un faire se faisant et dans leur dimension créative et exploratoire (dimension qui participe bien sûr de la capacité de penser et comprendre de l'être humain (cognition)).

C'est en effet au travers des opérations esthétiques de traitement, intégrées comme nous le savons à présent à une interaction multimodale plus large, que peu à peu l'objet scientifique se dévoile, voire même se constitue. De par son caractère émergent et progressif, ce travail des images en laboratoire organise une « révélation astucieuse dans le sens que les praticiens travaillent pour extraire les informations¹³⁴ qui sont proprement contenues à l'intérieur des données » (traduit de Coopmans, 2014, p.39). Les scientifiques opèrent leurs images et ce faisant, constituent non seulement des perceptions mais aussi significations (sens) et objet (d'étude). Nous l'avons évoqué plus tôt : ce travail matériel opère une transformation de l'objet concret à l'objet de recherche.

2.1.4. Conclusion : Les images scientifiques comme espace d'interaction pour la formation du sens : des pratiques esthétiques manipulatoires

Nous avons montré que l'interprétation des formats visuels de science se réalise par la coordination d'une diversité de modalités sémiotiques : échanges oraux (Knorr-Cetina & Amann, 1990; Amann & Knorr-Cetina, 1990, 1989; Woolgar, 1988), modifications plastiques des images (Allamel-Raffin, 2004b, 2004a ; Lynch, 1991b, 1990, 1985b ; Lynch & Edgerton, 1987 ; Vertesi, 2014) mais aussi divers types de gestuelles sont coordonnées de sorte à incarner voire enacter (Alač, 2011) les phénomènes que ces images inscrivent.

Ainsi, les études faisant cas du travail « d'établissement de la preuve » (traduit de Lynch, 2006/1998, p.26) au travers du travail des images scientifiques montrent que le sens qui leur est associé ne s'impose pas comme une vérité évidente, immédiate, à l'esprit de l'observateur : ce sens est construit et fixé au travers de pratiques spécifiques (Burri & Dumit, 2008 ; Coopmans *et al.*, 2014 ; Lynch & Woolgar, 1990), qui se réalisent aussi au travers d'opérations maté-

¹³⁴ Ici nous avons pris la liberté de traduire « the things » par « informations » qui semblait faire davantage sens en français.

rielles effectuées par les scientifiques sur les images (Alač, 2011 ; Allamel-Raffin, 2019a, 2011, 2004b, 2004a, 2003 ; Bastide, 1985 ; Lynch, 1991b, 1990 1985b) et à leur travers (Alač, 2011). En ce sens les images scientifiques présentent des *propriétés sémiotiques*[‡] singulières permettant aux scientifiques d'articuler du sens –afin que « le monde devienne connaissable » (Latour, 1993)– qui mérite que l'on s'intéresse finement à leurs *propriétés matérielles*[‡] (Allamel-Raffin, 2011).

Visualiser, imager : différentes qualifications vont être proposées pour déplacer la conception « statique » (traduit de Lynch, 2015b, p.220) du rapport entre représentations visuelles scientifiques et objets de recherche comme *mimésis*[‡] (Daston, 2014) vers une considération pratique et dynamique des dispositifs visuels (Coopmans *et al.*, 2014 ; Burri & Dumit, 2008 ; Lynch, 2015b, 2006/1998, 1994). Les études de la relation pratique entre images et objets de recherche participent ainsi à repositionner, ou « respécifier »^{135 ‡}, le concept de représentation (traduit de Lynch, 1994, p.149) en questionnant justement ce en quoi consiste le fait même de représenter au cœur de la pratique scientifique. Les images scientifiques apparaissent dans ce cadre comme des espaces d'expérimentation, de véritables objets de travail excédant l'idée de support de la pensée, en lui permettant de prendre forme en soi au travers de leur manipulation et mise en débat.

Mais comment se fait-il que les images scientifiques se prêtent à de telles pratiques ? Et sur quels mécanismes repose alors la scientificité propre des images scientifiques ? Les transformations matérielles dont elles font l'objet obéissent-elles à des principes proprement scientifiques et si oui, lesquels ?

135 ‡ Respécification : Le concept de *respécification* vient de l'ethnométhodologie (Lynch, 1993). Il désigne la spécification d'un concept sur la base de l'étude locale de sa mobilisation en pratique. Autrement dit, il s'agit en fait d'explorer comment un concept théorique a une pertinence en pratique et ce qu'il signifie localement et effectivement, ainsi mobilisé.

2.2 Les images scientifiques comme formats de (re)présentation

2.2.1. Introduction : Saisir l'opérativité des images scientifiques

Nous l'avons vu : pour renseigner quelque chose de leur objet de recherche, les scientifiques mobilisent les IMPs comme des moyens à la fois d'acquisition de données expérimentales et de production d'images, qu'il leur faut alors interpréter comme renseignant quelque chose de leur objet d'étude. Néanmoins, pour saisir comment les IMPs organisent « un type de médiation particulier avec le réel » (Allamel-Raffin, 2006, p.97) il ne suffit pas d'éclairer les pratiques qui permettent leur interprétation. Il faut comprendre ce qui fonde ces modes de pratiques et leur donne une légitimité, une cohérence scientifique.

2.2.1.1. Saisir l'opérativité des images scientifiques

Lors de leur phase d'interprétation, les images scientifiques se sont dévoilées comme des champs pour l'interaction (Alač, 2011). Elles permettent l'engagement des scientifiques au travers de la coordination des formats visuels et de leur modification matérielle avec des gestes et des paroles localisées. Or cette dimension interactive de ce qu'on a voulu appeler les pratiques visuelles des scientifiques est possible justement parce que les formats visuels présentent certaines propriétés.

Les propriétés qui permettent à l'image d'opérer d'une certaine façon correspondent à son *opérativité*[‡] (Dondero, 2010b ; Dondero & Fontanille, 2014), autrement dit aux mécanismes par lesquels l'image fonctionne d'une certaine façon au cœur des activités de recherche. Comme les modes de signification des images scientifiques dépendent étroitement du stade et du contexte de la recherche dans et pour lequel elles sont interprétées (Allamel-Raffin, 2004a), l'opérativité d'une image ne va pas nécessairement référer aux mêmes mécanismes selon son cadre de mobilisation et d'analyse. Ainsi, l'opérativité des images scientifiques peut-elle désigner les mécanismes par lesquels les formats visuels peuvent permettre l'exploration du sens des données scientifiques, c'est-à-dire fonctionner comme des *images opérationnelles*[‡] (Dondero, 2010b), mais leur opérativité peut aussi référer aux mécanismes par lesquels les formats vi-

suels peuvent permettre la stabilisation de l'objet scientifique et alors fonctionner comme des *images opératives*[‡] (*Ibid.*).

2.2.1.2. Mobiliser une approche double : génétique et téléologique

D'après la littérature, ce relativisme du fonctionnement de l'image à ses fonctions selon les stades de recherche dans lesquels elle s'inscrit engage plusieurs points pour mener leur étude. D'une part, cela engage à saisir le contexte scientifique et la problématique de recherche dans lequel s'inscrit l'acte d'imagerie pour étudier de façon pertinente les formats visuels particuliers qui sont produits par cet acte. En d'autres termes, il faut prendre en compte le parcours pratique dans lequel les visuels s'inscrivent (Dondero & Fontanille, 2014 ; Dondero, 2011b). Les images scientifiques appartiennent en effet à des « traditions de recherche » (Dondero, 2009a, p.3, nous mettons au pluriel) et sont conçues pour certaines fonctions : il faut donc les étudier par une *approche téléologique* permettant de relier leur fonctionnement à leur fonction (Allamel-Raffin, 2019, 2009b). D'autre part, pour comprendre le rapport entre l'image produite et le phénomène étudié, il faut aussi saisir les spécificités techniques de l'appareillage d'imagerie engagé et plus globalement le processus par lequel l'image prend forme, son processus de production, autrement dit, articuler une *approche génétique* (Allamel-Raffin, 2019, 2009b). En fait, pour comprendre les modalités de la signification des images scientifiques, il semble nécessaire de croiser ces deux approches : de se pencher à la fois « sur leurs contextes de production et de réception » (Allamel-Raffin, 2009b, p.19).

En d'autres termes, il faut à la fois les envisager d'un point de vue téléologique pour se demander « en vue de quelles finalités l'image est-elle produite ? » et génétique pour se demander « comment l'image est-elle produite ? » (Allamel-Raffin, 2019, p.1), si l'on souhaite pouvoir « démarrer » leur analyse (Dondero, 2009a, p.3)¹³⁶. Comme le dit le sociologue Luc Pauwels (2006), étudier les images scientifiques cela nécessite une « approche processuelle » (traduit de *Ibid.*, p.21) qui lie les images analysées à leur « contexte de production » (*Ibid.*), et au « contexte dynamique et spécifique » de leur « utilisation, ré-utilisation, et réception » (*Ibid.*).

136 La citation étendue de Dondero (2009a), parlant de l'image scientifique : « (...) sa genèse de fabrication et son appartenance à une tradition de recherche doivent forcément être prises en compte pour faire démarrer l'analyse. » (p.3)

2.2.1.3. Explorer les rapports ontologiques entre formats visuels et objets d'étude scientifique

En nous intéressant aux conditions de production des images scientifiques et en les croisant à leur visée téléologique, la littérature nous permettra en fait d'aborder le rapport ontologique entre formats visuels et objets d'étude scientifiques. En effet, pour comprendre les modes de production des images scientifiques en rapport à leur visée téléologique, il est nécessaire de définir la nature du rapport entre les formats visuels et les objets de recherche qu'ils aident à renseigner¹³⁷.

Les questions que nous explorons dans ce second sous-chapitre sont donc les suivantes : sachant que les formats visuels scientifiques sont censés renseigner quelque chose d'un phénomène concret et participer à sa transformation en objet de recherche, quelle est la relation des formats visuels vis-à-vis de ce phénomène concret mais aussi vis-à-vis de ce phénomène en tant qu'objet de recherche ? En d'autres termes : Comment se fait-il que des images se prêtent à des pratiques d'exploration et de stabilisation des objets de recherche scientifique ? Et sur quels mécanismes repose alors la scientificité propre de ces images ? Comment s'organise le statut scientifique des images si on le comprend comme « le produit d'une grammaticalisation et d'une stabilisation/institutionnalisation des pratiques de production, de sémantisation et d'usage des textes » (Dondero, 2009a, p.2) ? Les transformations matérielles dont les images font l'objet obéissent-elles à des principes proprement scientifiques et si oui, lesquels ?

2.2.2. Les modes de production sémiotiques des images scientifiques

Nous avons pointé le fait que les IMPs se distinguent de par leur connexion causale et automatisée avec un spécimen que le scientifique souhaite étudier. Ainsi, afin de comprendre comment les formats visuels peuvent fonctionner comme des champs pour l'exploration des propriétés d'un objet de recherche, il s'agit notamment de comprendre les opérations qui président à leur prise de forme. L'enjeu ici est de mieux comprendre le rapport qu'entretiennent les IMPs

137 Ces objets de recherche eux-mêmes entretiennent un certain rapport à la réalité, et par corollaire, les formats visuels disent aussi quelque chose du rapport entre science et réalité. La question du réalisme des sciences a fait l'objet de riches discussions, notamment dans le sillon de l'émergence des études sociales de la connaissance scientifique (e.g. Hacking, 2010/1983 ; Van Fraassen, 1980). Nous ne traiterons pas de ce questionnement dans cette thèse.

avec les objets d'études qu'elles sont censées mettre en image.

2.2.2.1. L'image participant de la production du référent

Pour décrire la relation d'une image à un objet qu'elle serait censée représenter, on parle généralement, d'une part, de l'objet de la représentation ou du référent et, d'autre part, de la représentation de cet objet ou signifiant. Le problème qui se pose dans le cadre des images scientifiques de type IMP, c'est l'illusion qui porte à croire que ces images auraient un référent qu'elles se contenteraient d'imager sur la base d'une ressemblance de l'ordre de la mimesis, comme le reflet d'un miroir réfléchit notre image avec un minimum de déformation.

Or, dans bien des cas de la recherche scientifique, il n'existe pas à proprement parler de référent concret ou mondain : autrement dit, il n'existe pas, dans le monde tel qu'il est expérimenté par l'être humain per se, de référent accessible aux sens (Allamel-Raffin, 2019, 2004a ; Dondero & Fontanille, 2014, Fontanille, 2007). En effet, nous l'avons évoqué, dans un grand nombre de disciplines scientifiques, les formats visuels constituent « la seule voie par laquelle un phénomène peut devenir matériellement observable » (traduit de Lynch, 1991b, p.208). Les objets naturels étudiés par les scientifiques sont bien souvent inaccessibles à l'œil nu, « dépourvus de toute référence visuelle » (Mercier, 1991, p.26), les images constituent alors en elles-mêmes la réalité sensible de l'objet représenté. On peut considérer en fait qu'elles vont jusqu'à produire leur propre référent (Dondero & Fontanille, 2014).

Or, ce rapport démiurgique entre techniques d'imagerie et objet de recherche n'est pas uniquement dû à l'absence de référent per se, mais aussi au statut scientifique des images acquises du fait qu'elles s'inscrivent dans le parcours pratique que nous avons évoqué.

Même dans le cas où un objet d'étude se base sur un objet mondain, les images scientifiques mobilisées dans les sciences en train de se faire ne se contentent pas de refléter l'objet per se. Nous l'avons déjà évoqué : elles participent de la construction d'un objet d'étude. Car comme pointé par Davallon (2004), les « objets concrets » (p.32) ne sont pas les objets étudiés par les scientifiques. D'une part, c'est sur la base d'un objet concret que se construit un objet scientifique qui est une « représentation déjà construite du réel » (*Ibid.*) qui fondera éventuellement un champ de recherche ou une discipline. Par exemple (de façon très simplifiée), le fait établi (par théorisation préliminaire) que les virus sont

des parasites qui envahissent les cellules humaines pour vivre selon certains mécanismes permet de fonder l'objet scientifique du virus qui occupe la discipline de la virologie : il s'agit d'envisager le virus du point de vue de ses mécanismes de colonisation, de reproduction, etc. Ce sont ces mécanismes du virus qu'il faut explorer et définir. C'est ainsi sur la base d'un objet scientifique que se construit un objet de recherche, c'est-à-dire l'objet scientifique tel que les scientifiques l'ont « construit pour pouvoir l'étudier » (*Ibid.*). Ici, en reprenant l'exemple de la virologie, on peut évoquer la mobilisation du sérum d'un patient infecté par un virus croisé à des substrats spécifiques permettant d'étudier l'effet de ce virus sur ces substrats. L'objet de recherche (ou objet d'étude) est alors –par exemple– les interactions entre un virus et une certaine protéine. C'est cet objet de recherche que les techniques d'imagerie doivent aider à renseigner.

Ainsi l'objet de recherche que les scientifiques cherchent à imager n'a-t-il pas d'équivalent concret ou naturel : comme on a pu le montrer par l'exemple du drawing-as, c'est l'image scientifique qui montre à la fois la chose que l'on souhaite observer, la chose qui doit être observée, mais qui aussi, fixe les conditions de l'observabilité de la chose. L'objet de recherche est pour ainsi dire co-créé par le scientifique au travers d'une pratique visuelle. On peut dire que les visuels d'imagerie scientifique créent leur référent, et ne constituent jamais le « référent ultime » (Allamel-Raffin, 2019, p.21) que serait un objet originel : l'objet de recherche auquel elle réfère est contenu en elle et par elle, l'image est en quelque sorte son propre référent.

2.2.2.2. Les apports de la sémiotique à une compréhension des images scientifiques

Malgré les difficultés évoquées juste avant, la sémiotique de langue française a fourni un travail conséquent, du fait des divers projets que nous avons évoqué en introduction de ce chapitre, pour saisir le rapport qui lie images et objets de recherche, signifiant et référent et ainsi éclairer les propriétés sémiotiques des images scientifiques ainsi que leurs différents statuts au cœur de la recherche.

Par exemple, comme nous l'avons évoqué, Allamel-Raffin (2019, 2011, 2003, 2004a) s'est saisie du cadre analytique de la sémiotique du Groupe μ , proposant une microsémiotique, pour étudier finement comment l'interprétation des qualités des images permettent de canaliser un sens à leur conférer. En mettant en parallèle une étude des caractéristiques morphologiques des images aux dialogues opérés entre praticiens durant la phase d'analyse des visuels (Allamel-Raf-

fin, 2011, 2003, 2004a), la chercheuse a pu montrer le processus d'élaboration sémantique collaboratif à l'œuvre durant l'interprétation des images.

Un rapprochement de la perspective textualiste et immanentiste¹³⁸ a aussi été réalisé dans le travail des sémioticiens Giulia Dondero et Jacques Fontanille (2014), pour étudier la signification des images scientifiques au travers du « parcours pratique qui vise à transformer (...) » (*Ibid.*, p.8) un objet scientifique en objet de recherche¹³⁹. Les deux chercheurs ont ainsi proposé de se placer dans une « voie médiane » (traduit de Dondero & Fontanille, 2014, p.8) entre les études sur la « science faite » et les études des sciences « en train de se faire » (*Ibid.*, p.7), réalisant la conjugaison que nous évoquions de la perspective génétique et de la perspective téléologique. Leur approche est à la fois téléologique – car les images sont interrogées vis-à-vis des fins auxquelles elles répondent – et génétique, car selon eux la lecture des images scientifiques mobilise à la fois une pratique de réception et une pratique de production. Ce faisant, les deux chercheurs montrent que, sur le plan sémiotique, si l'on souhaite étudier le niveau des pratiques, il faut nécessairement articuler le plan de l'émergence des images (production) au plan de leur signification (réception).

2.2.2.3. La capacité à rendre visuel le visible : de la figuration du visible à la manifestation visuelle, entre énergie et matière

En s'intéressant finement aux modes de production des images, donc aux techniques d'imagerie contemporaines, les deux sémioticiens montrent que les images scientifiques présentent une particularité : celle d'accommoder des existences non visuelles sous *format visuel* (Dondero & Fontanille, 2014, Chap.1).

Pour ce faire, les conditions d'émergence des images correspondent dans le cas des IMPs au passage d'une phase d'exploration des spécimens que l'on cherche à imager à leur transduction en format visuel. Les images résultent, en d'autres termes, du passage d'une immanence (l'expérience scientifique) à une manifestation (l'image constituée, visuelle). Cette transformation de l'immanence à la manifestation visuelle, qui s'apparente à un processus de traduction d'une

138 Pour résumer très sommairement, les deux chercheurs ont mobilisé à la fois les théories sémiotiques permettant d'analyser les images comme un texte à lire (attention portée aux éléments constitutifs de l'image et à leurs rapports rhétoriques) et les théories sémiotiques de la pratique permettant d'étudier comment un signe est instancié (attention portée aux transductions qui construisent l'image).

139 Comme en ouverture de ce chapitre, nous avons coupé la citation car Dondero et Fontanille emploient les termes « objet scientifique » et « objet de recherche » de façon inverse à Davallon dont nous adoptons les définitions que nous venons de préciser.

entité en substrat visuel, est ainsi le fruit de la pratique d'imagerie. Or, cette traduction peut concerner une entité qui n'est pas de nature visuelle, comme une relation, une trajectoire ou encore une quantité, etc., ce que finalement les auteurs qualifient de « visible » (traduit de *Ibid.*, p.20). Cette transformation du visible au visuel correspond à l'énonciation de l'image.

Cette énonciation est produite par la succession de différentes phases qui consistent en une exploration et en une transduction d'une entité –une matière–, en format visuel.

La première phase correspond à l'interaction d'une énergie avec une matière en vue de l'exciter. Par exemple, dans le cas de la microscopie en fluorescence, des cellules sont imagées après qu'on leur ait introduit des éléments qui émettent de la fluorescence : la procédure d'imagerie passe par l'excitation de la matière des cellules par des rayons UVs (une énergie). La seconde phase correspond à la réponse de l'entité explorée, soit la production d'un signal : les cellules vont émettre en retour de leur excitation une intensité de fluorescence (un signal). La troisième phase est celle de la transduction : cette intensité, captée sous forme de mesure, sera ensuite transduite. Par exemple, l'intensité sera enregistrée sous la forme de valeurs numériques. Enfin, la transduction sera complétée par son incarnation sous format visuel, faisant ainsi passer le spécimen étudié du « visible » au « visuel » (traduit de *Ibid.*, p.20). Un autre exemple serait celui de l'échographie : une sonde émet un ultrason (excitation), reçoit un écho transformé de cet ultrason par son passage dans la matière (signal-réponse), l'ordinateur analyse cette transformation et calcule la forme des obstacles rencontrés en fonction (transduction), une image est alors générée par ordinateur et affichée sur l'écran en temps réel (phase de visualisation/format visuel).

Ce parcours complexe de transductions successives est ce qu'évoque Monique Sicard lorsqu'elle explique que les images produites en science sont bien souvent des « images de traces, voire des images de traces de traces » (Sicard, 1997, p.47).

2.2.2.4. Difficulté d'accommodation entre impression iconique et impression référentielle : la non-isotopie entre expérience visuelle et dispositif technique

Partant de leur étude de ce processus de transduction, Dondero et Fontanille pointent une particularité des images scientifiques : il existe une non-isotopie

substantielle entre l'expérience visuelle qu'elles proposent –la perception, par l'être humain, de l'image produite– et la séquence d'exploration matérielle nécessaire à cette production d'image (autrement dit, nécessaire à la traduction de la matière explorée en substrat visuel) (Dondero & Fontanille, 2014 ; Fontanille, 2007).

En d'autres termes si on peut percevoir les images scientifiques au moyen de notre appareil physiologique visuel qui fonctionne sur la base photonique (dit très simplement, des rayons lumineux que notre rétine peut recevoir et que notre organisme traite), la séquence ayant permis la transduction du visible (l'objet de recherche) en visuel (l'image scientifique) n'a pas nécessairement procédé sur un régime photonique. Nous l'avons vu : il peut s'agir, par exemple, du traitement d'un signal d'écho dans le cas de l'échographie.

Cette isotopie pose des difficultés concernant les rapports sémiotiques qui permettent de donner un sens à l'image. Ces difficultés concernent le rapport entre valeur référentielle et impression iconique. La valeur référentielle est le produit du processus de « *présentification et localisation d'une présence dans un champ* » (traduit de Dondero & Fontanille, 2014, P.11), tandis que l'impression iconique résulte d'un « *processus de stabilisation qui permet de reconnaître une forme* » (*Ibid.*). Or, dans notre expérience quotidienne, c'est l'homogénéité substantielle (matérielle) qui « *favorise le lien entre iconicité et référence, et leur renforcement réciproque au profit de la 'foi perceptive'* » (Fontanille, 2007, p.21). Cette foi perceptive ou « *foi perceptuelle* » (traduit de Dondero & Fontanille, 2014, p.24) est le *régime de croyance de l'image*[‡] ordinaire, ce qui nous permet de croire en ce que l'on voit, sans remettre en permanence en question ce qui se présente à nos yeux. C'est le *système du réalisme ordinaire* où la *structure d'expérience de l'image*[‡] –la façon dont nous rencontrons les images dans notre expérience du monde–, lie trois niveaux d'expériences différents –trois agents en fait– :

L'expérience sensorielle du monde naturel : par exemple, je perçois le ciel en regardant par ma fenêtre (référent)

L'expérience conceptuelle : par exemple, le ciel est de couleur bleu et en hauteur de mon champ d'observation (règle générale)

L'expérience visuelle : par exemple : une peinture avec une étendue de bleu placée en haut du format (l'image)

En résultat, on est dans un même temps capable de détecter à la fois une pré-

sence (par exemple, un aplat de bleu), c'est ce qu'on appelle l'*impression référentielle*[‡], et d'identifier cette présence (c'est un ciel), c'est ce qu'on appelle l'*impression iconique*[‡]. Or dans l'expérience offerte par les images scientifiques, ces deux impressions ne se renforcent pas et le *régime de croyance ordinaire*[‡], celui de la foi perceptive, n'est plus celui qui prime. Pour [Dondero et Fontanille \(2014\)](#), la structure de l'expérience des images apparaît ainsi dans toute sa complexité.

Les auteurs montrent en effet que c'est un *régime de croyance phénoménale de transformabilité*[‡] de l'image qui est mis en place, un *système de réalisme pratique* qui se compose de cinq niveaux d'expérience ([Dondero & Fontanille, 2014, pp.39-40](#)) :

L'expérience sensorielle du monde naturel (qui est potentiellement inaccessible du fait de la nature des objets étudiés, qui sont parfois des propriétés, des relations et des objets macro ou microscopiques)

(+) **L'expérience scientifique**¹⁴⁰ qui intègre le *dispositif technique imageant*[‡] (e.g : le traitement de ces cellules pour mettre en valeur ces protéines dans des cellules + leur traduction en image par le procédé de transduction du visible au visuel, mais aussi le *design expérimental*[‡] en soit)

L'expérience conceptuelle contrainte par l'expérience scientifique (e.g. : si ces cellules expriment de la fluorescence, on doit enregistrer une intensité, cette intensité doit être plus haute que celle des cellules n'exprimant pas de la fluorescence, l'image doit restituer des variations de valeurs de tel ou tel type)

L'expérience visuelle (e.g. : une image de microscopie en fluorescence telle qu'elle se présente à la vue après sa production par le dispositif d'imagerie)

(+) **L'expérience pratique** (e.g. : je manipule les données acquises par le biais du logiciel de traitement de l'image et l'image se modifie)

Dans ce cadre, c'est l'agent pratique qui permet d'entretenir une connexion stable entre l'expérience sensorielle –présumée inaccessible du fait de l'échelle ou de la nature des objets d'étude (micro, macro, visibles plutôt que visuels)– et l'expérience scientifique, mais aussi entre l'expérience sensorielle et l'expérience conceptuelle en tant qu'elle est déterminée par l'expérience scientifique : c'est cette articulation tripartite qui rend l'image scientifiquement interprétable.

En effet, ce qu'expliquent [Dondero et Fontanille \(2014\)](#), c'est que c'est l'agent

140 Qui peut être, dans le cas des images non scientifiques, considéré comme l'expérience productive de l'image (par exemple, le *modus operandi* d'un tableau de maître).

pratique qui permet, par la transformabilité » (traduit de *Ibid*, p.39) de l'objet expérimentée au travers du format visuel –donc de *manipulabilité*^{141‡} de l'image, d'attester de la réalité de l'objet manipulé. C'est en pratiquant l'image que l'expérience sensible se lie à la fois à l'expérience scientifique et à l'expérience conceptuelle. Si lorsque je modifie un paramètre de mes données acquises, l'image change de façon *congruente* avec les conventions telles qu'elles figurent l'expérience scientifique, alors je sais scientifiquement que l'objet d'investigation est réel car depuis la perspective de la « validité scientifique (...), ce qui est transformable existe d'une certaine façon » (*Ibid.*)¹⁴². Dans un même temps, les « contraintes et conventions par lesquelles on identifie un objet » (*Ibid*, p.40), soit l'expérience conceptuelle, sont réactualisées puisque les changements sensibles sur la surface de l'image permettent d'affirmer ou d'infirmer, par leur *congruence*^{143‡} logique, leur validité/stabilité.

De cette façon, l'expérience pratique permet aussi de saisir « comment l'expérience visuelle peut guider l'action » (*Ibid.*), dont les conséquences seront identifiables dans le monde naturel. Par exemple, je peux sélectionner certaines des caractéristiques morphologiques de l'image et les modifier (expérience visuelle). En conséquence, les données qui proviennent de l'objet sont modifiées parce que j'ai réorganisé les éléments morphologiques de l'image. La réalisation, par le biais de mes actions, de cette opération, dit quelque chose de la relation entre ces données –qui se rapportent à l'objet (expérience scientifique)– et les caractéristiques morphologiques de l'image (expérience visuelle) et donc de la façon dont je peux agir sur l'objet (expérience sensible) au travers de la pratique des images (propriétés matérielles des images).

Prenons un des exemples proposés par Fontanille, celui de la microscopie électronique par balayage (Fontanille, 2007, p.14) : la surface d'un objet extrêmement petit peut être imagé, par le biais d'une sonde qui balaye sa surface et génère des électrons, qui à terme permettent d'enregistrer un signal électrique dont l'intensité (la mesure obtenue) permet d'évaluer la topographie de

141 ‡ Manipulabilité : La *manipulabilité de l'image* correspond à la capacité de l'image à être modifiée. Nous utilisons *manipulabilité*, *malléabilité* et *transformabilité* de manière synonyme. Ce terme sera plus amplement défini au cours de la thèse.

142 Ce point fait fortement écho à la phénoménotechnie et à l'exploration du concept d'expérimentation abordé dans le Chapitre 1 de la thèse, notamment à ce que dit Hacking (2010/1983) de l'interventionnisme des sciences qui ne se content pas d'observer passivement mais intervient pour observer.

143 ‡ Congruence : Désigne la coïncidence de deux choses entre elles, un rapport cohérent en fonction d'un cadre d'évaluation.

l'échantillon au point de contact considéré. Le résultat, l'image de microscopie électronique par balayage, rejoint à certains égards le *régime visuel*^{144‡} de la photographie : des zones claires et des zones foncées se fondent progressivement les unes vers les autres, évoquant le *régime dense*[‡] des *images pictoriales*^{145‡} (Dondero, 2009a) et les modalités conventionnelles (expérience conceptuelle) de la photographie analogique, elle-même fondée dans notre expérience sensible quotidienne. Mais l'impression de volume générée par cette reconstruction visuelle des mesures d'intensité ne repose pas du tout, comme nous venons de l'expliquer, sur le même principe que l'observation photonique humaine. Il y a eu une transduction visuelle du signal enregistré qui n'est pas celui de photons *émis* par l'objet mais celui d'un signal électrique généré par l'interaction des électrons avec la pointe de la sonde. On pourrait être tenté d'interpréter cette image en se contentant des quatre premiers niveaux d'expérience, sans l'agent pratique. Mais le lien entre l'expérience sensorielle et l'expérience scientifique serait alors rompu (comment atteste-t-on que le lien entre l'image et l'intensité est elle-même tributaire de l'objet étudié ?) et on risquerait alors un « glissement iconique » (traduit de Dondero & Fontanille, 2014, p.37) : le basculement du réalisme scientifique au réalisme ordinaire voir mythique (qui confère des similarités entre des objets très différents). Par exemple, on pourrait basculer vers le système du réalisme ordinaire en interprétant l'effet de volume de l'expérience visuelle par un agent conceptuel (expérience conceptuelle) non relié à l'expérience scientifique (on identifie le volume du fait de conventions issues de notre expérience sensible du monde réel, où un fondu vers le noir en arc de cercle proche d'une zone lumineuse représente le volume d'une sphère). Ou encore, on pourrait identifier des formes ressemblant à un ciel étoilé ou des galaxies alors qu'il n'en est rien, ce qui n'informerait plus du tout l'objet de recherche, on serait alors dans le système du réalisme mythique. Par ces exemples, nous comprenons que c'est bien parce que les différents agents de l'expérience sont reliés entre eux sur ces cinq niveaux qu'on interprète l'image de microscopie comme une image de microscopie d'un objet *scientifique*.

144 ‡ Régime visuel : Dans le cadre de cette thèse, un *régime visuel* est un ensemble de conventions (expérience conceptuelle) par lesquelles les caractéristiques morphologiques (expérience visuelle) d'une image se rapportent aux caractéristiques d'un objet du monde sensible (expérience sensible).

145 ‡ Images pictoriales : Les *images pictoriales* sont un type d'image particulier : les éléments qui la composent les caractéristiques morphologiques sont continus, inséparables. Nous reprenons et adaptons ici le terme « pictorialité » (Dondero, 2009a, p.12) qui désigne des images avec un « maximum de densité syntaxique et sémantique des éléments qui composent l'image » (*Ibid.*).

Ainsi, et c'est ce qui nous intéresse particulièrement dans notre thèse, l'interprétation d'une image scientifique recouvre une certaine complexité, due à cette non-isotopie entre l'expérience d'exploration –nécessaire à la production de la représentation– et l'expérience de la visualisation obtenue, qui nécessite un régime de croyance différent de la foi perceptive ordinaire pour pouvoir être interprétée scientifiquement.

En effet, pour identifier les formes détectées dans l'image, il faut recouvrir des corrélations (les causes) entre ce qui est vu (l'expérience visuelle de l'image), ce qui a causé ce qui est vu (l'expérience scientifique) et l'objet (l'expérience sensible) tout en s'assurant que le rapport établi entre les qualités de l'image (expérience visuelle) et l'objet (expérience sensible) est stable (expérience conceptuelle) –autrement dit que les règles de lecture de l'image sont bien valides.

Néanmoins, tous les agents de ce *système du réalisme pratique* ne sont pas nécessairement mobilisés durant toutes les expériences procurées par les images scientifiques. Lorsque le scientifique est un habitué de la technique employée pour produire son image et que l'image ne présente pas de signes d'irrégularité comme la présence d'une entité ou d'un objet suggérant un artefact ou comme l'absence de *congruence* entre les données de l'expérience scientifique (niveau de l'expérience conceptuelle et de l'expérience scientifique) et l'expérience visuelle de l'image, il y a une « *suspension* » (*syncope*) dans le circuits des agents (traduit de Dondero & Fontanille, 2014, p.37) : on fait confiance aux agents de l'expérience sensorielle et de l'expérience scientifique, autrement dit on a confiance dans le fait que les caractéristiques morphologiques de l'image (expérience visuelle) se rapportent à des codes/règles de lecture (expérience conceptuelle) qui sont valides et attestent bien de l'existence de l'objet étudié (rapport expérience sensorielle et expérience scientifique).

Dans ce cadre, l'expérience pratique ne se rapporte plus qu'à l'expérience conceptuelle et à l'expérience visuelle (je manipule les paramètres morphologiques de l'image, ils se modifient, j'interprète ce que cela signifie vis-à-vis de l'objet étudié sans me rapporter à nouveau à l'expérience scientifique pour faire sens de l'existence même de l'objet au travers de la manipulation pratique (expérience pratique)). Autrement dit, les agents de l'expérience sensible et de l'expérience scientifique sont *potentialisés*[‡] jusqu'à ce qu'une irrégularité les invoque et donc les *actualise* (les rendent à nouveau opérants) dans l'interprétation, comme dans le cas de l'identification d'un artefact potentiel.

2.2.2.5. Difficulté d'interprétation des images : typologie de problèmes et mixité des images scientifiques dans la seconde trichotomie Peircienne

Du fait, d'une part, des tensions entre iconicité et référence et, d'autre part, de l'hétérogénéité substantielle entre les deux moments de l'exploration visuelle durant la phase d'imagerie, les scientifiques rencontrent alors des difficultés à interpréter leurs images. Ces difficultés se rapportent justement au fait, rendu saillant au travers des explications précédentes, qu'une image scientifique résulte d'un processus qui rend visible ce qui n'est que visible (Dondero & Fontanille, 2014) : il faut, en pratique, après avoir réussi à « rendre visible » (Allamel-Raffin, 2004a, p.144) l'objet de recherche par la production d'une ou plusieurs images, faire en sorte de rendre cette image acquise lisible.

Une image est dite « lisible » car « on est capable de constituer des unités de sens à partir d'unités élémentaires pour aboutir en définitive au sens du texte dans sa globalité » (Allamel-Raffin, 2004a, p.156), cela car, d'une part, un « univers sémantique commun » (*Ibid.*) a été atteint et, dans un même temps, l'agencement de l'image « sur son support matériel est tel qu'il facilite la lecture » (*Ibid.*). Nous avons montré dans le précédent chapitre, au travers de la littérature, les pratiques mises en place pour parvenir à cet état de lisibilité de l'image scientifique, en abordant « les traitements matériels appliqués au support » (*Ibid.*, nous mettons au pluriel) de l'image.

Nous avons vu dans le sous-chapitre précédent que l'acquisition de cette lisibilité passe par différents processus. Ceux-ci ont été résumés par Allamel-Raffin (2004a) dans sa thèse de doctorat :

Processus de détection : on détecte une qualité dans le champ perceptif de l'image. La qualité est dite translocale car c'est une qualité perçue du fait de la similarité entre plusieurs points de l'image. Cette détection nécessite de prendre en compte plusieurs modalités visuelles : forme, dominante chromatique, texture (Allamel-Raffin, 2004a, pp.172-173).

Processus d'identification : c'est la fameuse réification des qualités de l'image, où l'on passe d'une détection de qualité à l'identification de cette qualité comme entité (Allamel-Raffin, 2004a, p.173). Cela n'est possible qu'au moyen d'un processus de différenciation : « On ne peut en effet distinguer des entités que grâce à une relation de contraste entre deux qualités : la notion d'entité pré-suppose donc celle de différenciation » (*Ibid.*). Par exemple, une ligne est détec-

tée car autour d'elle se trouve des étendues plus sombres qui canalisent la ligne.

En pratique, ces deux premiers processus sont plus ou moins réalisés simultanément ¹⁴⁶. Viennent ensuite d'autres processus :

Processus d'objectification et de classification : si des entités sont souvent observées (réurrence), alors on les nomme, ce sont des objets. Par exemple, des « zones rondes, à l'aspect granuleux, gris foncé et peu lumineuses » (*Ibid.*, p.174) deviennent du « grain », constitué de « qualités coordonnées » (*Ibid.*). Mais les scientifiques ne se contentent pas de regrouper ou séparer les objets, ils « se livrent ainsi à une activité de classification » (*Ibid.*), en « repérant des qualités associées, c'est-à-dire des objets dans le temps et en les recoupant » (*Ibid.*), comme par exemple des zones où du grain est observé (l'objet), peut désigner une couche de polycristallins au microscope électronique en transmission (classe d'objet). Ainsi la « mise en évidence et le stockage d'entités permet d'élaborer des classes d'objets » (*Ibid.*).

Processus de nomination et de monstration : mais pour que ce qui consiste en des perceptions se réalise en entité, objet et classes d'objet, il s'agit de les nommer et de les désigner dans l'activité de lecture pour concrétiser leur existence. Il s'agit ici d'un point important lorsqu'on étudie les activités des scientifiques dans leur dimension collective. Cela implique une forte présence de marqueurs indexicaux (*Ibid.*, p.175) : nous avons vu par exemple les gestes de pointage (Alač, 2011). Cela implique aussi l'utilisation d'un lexique commun, qui peut potentiellement s'enrichir durant la lecture.

Processus d'élaboration de l'encyclopédie : On définit certaines interactions entre les qualités, les entités et les classes d'objets (on établit des règles). Par exemple, comme l'explique Allamel-Raffin (2004a), en astrophysique : « s'il s'agit d'une galaxie, la zone rouge sera nécessairement entourée de zones vertes car les rayonnements auront tendance à décroître au fur et à mesure que l'on s'éloigne du centre de la galaxie » (p.174).

Ces processus dépendent eux-mêmes d'autres processus ou de certaines propriétés de la pratique :

Processus de sédimentation des savoirs encyclopédiques : processus par lequel ces savoirs se sédimentent et constitue un les connaissances hybrides

¹⁴⁶ Comme le souligne Allamel-Raffin (2004a), dans le cas de la détection et de l'identification, il s'agit de « deux acquisition simultanées – qualité et entité – (...) » (Allamel-Raffin, 2004a, pp.173-174) et la « conjonction de ces deux acquisitions (...) constitue une connaissance élémentaire » (*Ibid.*).

dont nous avons parlé : à la fois d'ordre théorique et pratique. Ces savoirs sont propres à chaque chercheur car, en fonction de leurs expériences de pratique et des objets de recherche particuliers qu'ils abordent durant leur carrière, le savoir encyclopédique d'un chercheur « comporte une part au moins de savoir hautement spécialisé par rapport à l'ensemble des savoirs communs. » (Allamel-Raffin, 2004a, p.179).

Contextualité : le rapport entre l'expérience visuelle et les autres domaines que nous avons évoqués, comme l'expérience scientifique qui prépare d'une certaine façon les spécimens qui vont être imagés, ou encore une connaissance du dispositif technique d'imagerie mobilisé.

Les attentes : en fonction des savoirs encyclopédiques sédimentés et de la connaissance du contexte, les scientifiques élaborent de façon « plus moins consciente » des « attentes relatives à ce qu'il convient de voir sur les images » (*Ibid.*, p.180).

Mutualisation des savoirs : dans certains cas, pour parvenir à la détection, l'identification, l'objectification, etc. les scientifiques « ne peuvent se passer l'un de l'autre » (*Ibid.*, p.181). Par exemple, un.e chercheur aura besoin de l'œil expert d'un.e microscopiste.

Or ces processus ne sont pas sans poser de difficultés. Allamel-Raffin (2004a) propose aussi une première typologie des difficultés rencontrées par les scientifiques lors de l'interprétation des images, en se basant sur des observations-terreains en physique des matériaux et en astrophysique. Elle relève ainsi d'une part, les difficultés qui se posent concernant les conditions de la lisibilité des images scientifiques du point de vue de leur production (*Ibid.*, p.169)¹⁴⁷ :

La difficulté de « s'accorder en l'absence de référent externe macroscopique » (*Ibid.*, p.169), qui pointe donc l'inaccessibilité à l'expérience sensible des objets étudiés telle que décrite par le modèle de Dondero et Fontanille (2014), correspond à l'absence de référent mondain et pointe la création du référent par l'image (ou plutôt, par le travail des images).

La présence intrinsèque d'artefacts, qui renvoie à la question du maintien du lien entre expérience scientifique, expérience visuelle et expérience sensible

147 Un point intéressant est que certaines des difficultés pointées par Allamel-Raffin (2004a) ne se retrouvent pas forcément dans les deux domaines qu'elle étudie alors : physique des matériaux et astrophysique. Il s'agit de la localité et non reproductibilité et de l'épaisseur des traitements informatiques.

au travers de l'agent pratique.

Les problèmes liés aux personnes, dont les connaissances pratiques varient, les répertoires formels, les encyclopédies pratiques, dépendent de l'expérience individuelle de chaque chercheur.

La localité et non reproductibilité des images : selon le domaine de recherche, les échantillons (spécimens) étudiés sont traités pour être imagés, une fois le processus d'imagerie engagé, il ne sera plus possible de revenir à l'échantillon pour réaliser de nouvelles images. Même en reproduisant l'expérience, il s'agira toujours d'autres cellules, d'autres rats, etc.

L'épaisseur des traitements informatiques imposés aux données : dans certains domaines de recherche, les traitements réalisés pour évacuer les bruits de fonds, filtrer les données, etc. sont si nombreux que même en les maîtrisant il est « impossible de tout réexaminer en cas de problème » (Allamel-Raffin, 2004a, p.172).

Nous avons vu dans le premier sous-chapitre comment, durant l'interprétation, les scientifiques s'accommodent de ces éventuelles difficultés, au moyen de la mise en jeu de ressources multimodales, de l'engagement de leur corps, etc. Néanmoins, cette complexité de l'interprétation des images scientifiques peut aussi être expliquée, comme le propose Allamel-Raffin (2006, 2004a) en se penchant sur les propriétés sémiotiques des images, du fait de leur méthode de production.

La chercheuse, en mobilisant une grille d'analyse basée sur la sémiotique de Charles S. Peirce, montre que ces images font en fait preuve de « mixité » (Allamel-Raffin, 2004a, pp.129-136) dans leur rapport sémiotique à l'objet de recherche. Cette mixité découle elle aussi du fonctionnement particulier des pratiques d'imagerie, que nous avons décrit en résumant le travail de Fontanille et Dondero (2014). Ainsi, Allamel-Raffin montre la simultanéité des deux types de rapports que les images entretiennent, en tant que representamen, avec leur objet.

Chez Peirce, la relation du signe à l'objet qu'il représente articule trois rapports : indiciel, iconique et symbolique.

L'indicialité est un rapport causal entre le signe et l'objet. Par exemple, dans la microscopie en fluorescence, l'image obtenue est la reconstruction visuelle d'intensité de lumière émise par l'objet imagé (les cellules). Il y a donc un rap-

port indiciel puisque l'intensité lumineuse des pixels, de par sa teinte, sa saturation et sa couleur est la trace de l'intensité qui a réellement été émise.

L'iconicité est un rapport de ressemblance entre l'objet imagé et le représentant.

La symbolicité est un rapport conventionnel entre le signe et l'objet, par exemple dans le cas de la microscopie en fluorescence, les scientifiques peuvent choisir d'enregistrer l'image qu'ils perçoivent au microscope. Dans ce cas, les intensités lumineuses sont traduites en valeurs numériques puis affichées graphiquement par pixel sur l'écran d'ordinateur, selon un système de code propre à la machine.

L'étude de Allamel-Raffin (2006, 2004a) montre que dans le cadre des techniques d'imageries scientifiques contemporaines, les formats visuels sont à la fois, dans un même temps, indiciels et symboliques. Si Peirce avait déjà indiqué qu'un signe peut potentiellement entretenir un rapport symbolique sous un aspect, iconique sous un autre et indicielle par ailleurs en fonction du point de vue adopté pour son interprétation, la spécificité apportée par Allamel-Raffin est de pointer la simultanéité des rapports dans la lecture de images. Dans la lecture des images par les scientifiques, cette mixité est dans un même temps effective pour le fonctionnement de l'image au cœur de la recherche se faisant (Allamel-Raffin, 2004a, p.136). En effet, ces formats visuels sont indiciaires car ils entretiennent un rapport de causalité, de trace avec un objet qu'ils représentent, avec lesquels ils sont connectés. Mais ils sont aussi symboliques de par la nature numérique des formats visuels mobilisés dans les activités étudiées par Allamel-Raffin : en étant encodées sous formats numériques, les images sont ainsi traduites selon des conventions d'encodage propre au dispositif informatique. Cette mixité pose une difficulté puisque lors de l'interprétation, comme nous l'avons vu, le scientifique doit essayer de déterminer si ce qu'il observe est bien le fruit du rapport indiciaire de l'image avec l'objet représenté, en d'autres termes s'il s'agit bien de la trace, de l'indice de l'objet. Par exemple, le scientifique peut se demander : « est-ce bien l'intensité de la lumière émise par mon objet qui cause une « zone claire » dans l'image ? », si oui, la « zone claire » indique bien une forte intensité de lumière émise par l'objet. Mais si ce n'est pas le cas, alors c'est le dispositif technique d'encodage qui produit cette zone claire qui constitue alors un artefact et un produit non pas du rapport indiciaire entre objet de image, mais du rapport symbolique entre objet, technique et image.

Or d'autres travaux, ceux de Giulia Dondero (2010b, 2010c) particulièrement, montrent que l'indicialité de l'image scientifique est d'autant plus complexe qu'il n'y paraît car elle relève en fait d'une double dimension. Elle concerne d'une part, le dispositif imageant, la phase de production de l'image source que les scientifiques vont progressivement modifier pour pouvoir l'interpréter. Dans ce cadre, la dimension indiciaire est la trace matérielle que nous avons expliqué. Mais l'indicialité qualifie aussi le résultat produit par l'enchaînement de différentes versions de cette image modifiée, qui se mue alors en série d'images. De ce point de vue, l'indicialité réfère alors à la « *densité des médiations* » entre ces différents produits (Dondero, 2010c, p.93) : l'indicialité, dans ce cadre, c'est le résultat de l'inscription victorieuse des images scientifiques dans le dispositif de la recherche scientifique, autrement dit, l'indicialité devient à la fois la caution du statut scientifique de l'image et le résultat des procédures de son institutionnalisation (de sa scientificisation si on peut dire). Cela pointe que les pratiques matérielles des images scientifiques sont intimement liées à leur *dispositif institutionnalisant*^{148‡}, autrement dit, au contexte du parcours global dans lequel elles s'inscrivent et que nous souhaitons à présent aborder.

2.2.3. Des images téléologique : situées à l'intérieur d'un dispositif communicationnel institutionnalisant

Une chose notable au sujet des images scientifiques, c'est qu'elles se rapportent toujours à un contexte spécifique de recherche, elles ne sont que très ra-

148 ‡ Dispositif institutionnalisant : Dans le cadre de cette thèse, le *dispositif institutionnalisant* réfère au dispositif global de la recherche scientifique : critères de validation, organisation des laboratoires, environnements matériels, administratifs... Qui sont disposées de certaines façons, qui entretiennent donc des relations particulières qui guident la pratique scientifique. En ce sens, le dispositif correspond davantage au sens Foucauldien exposé par Belin (1999) où le dispositif est le « réseau qu'on peut établir » entre les éléments ordonnés (Belin, 1999, p.251, citant Foucault, 1994, p.29). Nous nous basons sur le travail de Dondero (2009a) mais utilisons le terme dispositif institutionnalisant plutôt que dispositif communicationnel, le second terme nous semblant plus sujet à confusion quant à l'usage que nous faisons de ce terme. Nous nous sommes aussi appuyé sur notre lecture de Dondero (2010b). Lorsqu'on évoque ce dispositif sans forcément aborder ses effets on peut parler de *dispositif institutionnel*.

rement produites et travaillées pour elles-mêmes¹⁴⁹ : elles doivent au contraire permettre peu à peu de stabiliser un fait, en se constituant en preuve. Pour ce faire, les images doivent correspondre aux critères en vigueur dans un domaine scientifique donné, assurer une continuité avec un objet naturel qu'elles sont supposées imager (Wise, 2006). On peut ainsi dire que les images scientifiques sont téléologiques par nature : elles sont produites pour atteindre un certain objectif qui les dépasse, envisagées de façon instrumentale. Or la fonction qui est attribuée à ces dernières, et le statut épistémique –leur valeur du point de vue de la connaissance– qui leur est accordé, dépendent de critères d'évaluation qui sont eux-mêmes relatifs aux différents stades et contextes de la recherche (Allamel-Raffin, 2009b ; Latour & Woolgar, 1986/1979).

C'est que les images scientifiques sont inscrites dans « des arrangements textuels et des pratiques discursives » (traduit de Burri & Dumit, 2008, p.300), elles s'inscrivent dans un dispositif communicationnel qui les institutionnalise, en ce sens un « dispositif communicationnel » (Dondero, 2009a, p.2) de la recherche scientifique qui participe de leur configuration et qui fonde le *parcours pratique* que nous avons évoqué plus tôt. Si l'on souhaite comprendre pourquoi les images scientifiques sont produites et mobilisées (visées) et ainsi saisir les raisons de certaines modalités de leur production, il faut les saisir dans le cadre plus large à l'intérieur duquel elles s'inscrivent et interroger les objectifs pratiques et disciplinaires des scientifiques au travail.

2.2.3.1. La valeur des images scientifiques dépend des stades de la recherche

Nous l'avons dit juste avant : dans le cadre de leur parcours pratique, les images scientifiques n'ont pas toujours la même valeur. Par exemple, dans les pratiques d'interprétation que nous avons évoquées, l'image apparaît exploratoire : les scientifiques la manipulent pour définir des propriétés, évaluer des mesures, à propos d'un objet mis en image et ainsi peu à peu élaborer l'objet de recherche.

149 Certaines images scientifiques sont produites pour être exposées en tant que « belles images » scientifiques (traduit de Lynch & Edgerton, 1987, p.191), mais là aussi, elles servent un intérêt, rhétorique, qui a trait à la médiatisation des sciences, à un agenda politique dans le modèle économique de la recherche (pour la renommée d'un Institut, pour convaincre la nécessité de financer un appareillage technique...). L'expression « pour elles-mêmes » a un sens flottant et discutable et le fait que les images scientifiques ne seraient pas produites et travaillées pour elles-mêmes ne qualifie sans doute pas une spécificité scientifique des images (un exemple serait de dire que l'image d'art n'est pas produite pour elle-même mais pour expérimenter plastiquement). Ce que nous souhaitons exprimer ici, et ce sur quoi nous reviendrons, c'est que les images scientifiques sont produites téléologiquement et leurs visées guident de façon particulière leur mise en forme et leur modalité d'usage.

Or, en nous concentrant sur les opérations et les achèvements pratiques permettant ce faire, nous avons omis de spécifier ce qui fonde le statut scientifique de ces images ainsi mobilisées. Pour comprendre pourquoi certaines procédures sont mises en œuvre et ce qui les orchestre, il faut revenir à l'idée que l'image scientifique vise à s'insérer dans un « faisceau d'indices convergents » (Allamel-Raffin, 2003, p.11) afin justement de stabiliser un objet de recherche et d'articuler des faits scientifiques.

Nous l'avons évoqué : cette capacité de l'image à « fixer des phénomènes » (Dondero, 2010b, p.126), à « visualiser des opérations » (*Ibid.*) qui permettent de définir les objets de recherche (*Ibid.*), correspond à sa *valeur opérative*[‡] (Dondero, 2011b, 2010b, 2010c, 2009a). Dans ce cadre, l'image est considérée comme un produit stabilisé de transformations, une zone de stockage de ces transformations, autrement dit, la *valeur opérative* de l'image désigne ses propriétés comme représentation scientifique d'un phénomène, en tant qu'elle a la capacité d'incarner cet objet comme stabilisé. Pour Dondero, c'est la « dimension symbolique » (Dondero, 2010c, p.91) de l'image scientifique, qui dans ce cadre correspond à l'image comme « produit négocié d'une pratique communicationnelle institutionnalisée » (Dondero, *Ibid.*)¹⁵⁰.

Ainsi la valeur opérative (représentationnelle) des images scientifiques s'actualise –devient opérante– au terme de procédures cherchant à stabiliser leur sens. C'est en stabilisant le sens de leurs formats visuels que les scientifiques stabilisent leurs objets de recherche. Et c'est parce que ce sens est stabilisé, au travers de pratiques matérielles qui elles-mêmes s'inscrivent dans un *dispositif institutionnel*^{151‡}, que l'image peut prendre une fonction de représentation scientifique.

2.2.3.2. Les modalités objectivantes de la recherche scientifique

Pour s'inscrire en cohérence de ce dispositif et participer à constituer des connaissances, les images scientifiques doivent en fait participer de « modalités objectivantes » (Allamel-Raffin, 2019, p.2) –des procédures concrètes par lesquelles les scientifiques parviennent à augmenter la fiabilité de leurs théories, autrement dit, à faire en sorte que, dans un domaine donné, leur énoncé soit

150 On doit donc différencier le terme dimension symbolique employé par Dondero (2010c) et la nature symbolique du rapport image-objet de la seconde trichotomie Peircéenne employé par Allamel-Raffin (2004a). Bien que des porosités conceptuelles soient indéniables, nous ne les aborderons pas dans cette thèse.

151 Pour une définition, consulter *dispositif institutionnalisant* dans le Lexique.

considéré suffisamment objectif. Il ne s'agit donc pas de dire qu'il existe « une » objectivité, mais qu'un ensemble de critères généralisables peut s'observer dans différents domaines, qui en revanche ont des incarnations variées en pratique. Allamel-Raffin parle à cet égard d'une « **objectivité méthodologique** » (*Ibid.*, p.3) puisque c'est au travers de leurs pratiques qu'on peut observer comment les scientifiques organisent une certaine scientificité de leurs objets.

Elle liste six modalités objectivantes, précisant en note qu'elles sont variables et non limitantes, leur liste pouvant s'agrandir : la mécanisation, la formalisation, l'indiciarité, la manipulabilité, l'interconnexion et l'auto-objectivation du sujet connaissant.

La formalisation réfère à la mise en forme de l'identité d'un objet, qui passe notamment par une certaine sélectivité de ses attributs. Pour donner un exemple des variétés d'incarnation possible des modalités objectivantes, la formalisation peut passer par l'usage de couleurs, de codes représentationnels, mais aussi par la mise en place d'un lexique spécifique du langage ou du registre de transformation graphiques (tel que nous l'avons évoqué plus tôt).

L'indiciarité, nous l'avons évoqué, réfère à la dépendance causale de l'image : comme le dit Allamel-Raffin, « **Un indice est une représentation d'un objet nécessairement causée par la présence effective de cet objet.** » (2019, p.3). Or, nous l'avons vu, la présence effective peut être incarnée de façons diverses selon les techniques employées pour produire une représentation.

La modalité de la « mécanisation » (*Ibid.*) s'incarne par le recours à des techniques instrumentales permettant « **de produire des résultats impersonnels, conservant le moins possible les marques de la subjectivité des opérateurs ayant œuvrés à la collecte des données** » (*Ibid.*). Cette mécanisation elle-même engage alors la « **matérialité** »¹⁵² (*Ibid.*) des technologies : le fait qu'elles procèdent d'un appareillage technique spécifique, avec notamment leurs savoirs réifiés et un arrangement d'opérateurs et de contraintes physiques. Il n'existe pas une technique idéale qui serait l'emblème de l'objectivité et de la modalité de mécanisation. Au contraire, il faut plutôt dans le cadre de notre thèse tenter de lire les techniques ou les procédés comme des instances de mécanisation.

La manipulabilité réfère à la possibilité d'intervenir sur les objets d'étude. Nous avons vu largement comment au travers de pratiques multimodales les

152 Dans le chapitre suivant, nous proposons une définition spécifique de la matérialité qui n'est pas engagée dans cette citation.

scientifiques raffinent la définition de leurs objets de recherche.

L'interconnexion réfère au croisement de différentes sources d'information : intersubjectives, entres pairs, mais aussi interinstrumentales, en mobilisant plusieurs types de dispositifs techniques pour accéder au spécimen étudié.

L'auto-objectivation du sujet connaissant réfère aux procédures de détachement de la localité et de l'individualité des résultats, qui peut se lire dans l'adoption d'un style d'écriture dans les articles de science qui dégagent de tout détail situé, le compte-rendu des méthodes employées, par exemple.

2.2.3.3. Rendre l'image scientifique : sélection et mathématisation

Les modalités de traitement des images scientifiques de type IMPs, que nous avons abordées dans le premier sous-chapitre, s'inscrivent elles aussi dans des procédures qui participent des modalités objectivantes que nous venons de citer. Pour notre travail, il s'agit ici de pointer que ces opérations visent justement à transformer les formats visuels acquis en formats visuels scientifiques et ce que cela implique.

Comme le dit Lynch (2006/1998), les pratiques visuelles (de visualisation) des scientifiques, ne sont pas « simplement une médiation entre un monde indépendant et un être humain percevant » (traduit, p.37), les activités qui composent les processus de visualisation « atteignent le monde, l'organisent d'une certaine façon et cultivent son observabilité et reportabilité (accountability) » (*Ibid.*, p.38), autrement dit, elles sont « les moyens par lesquels l'ordre naturel est révélé, organisé, comparé, encodé et quantifié » (traduit de *Ibid.*), par lesquels la « réalité scientifique » (traduit de *Ibid.*, nous soulignons) est produite.

Lynch, qui a fourni un corpus conséquent de travaux sur les traitements associés aux images par les scientifiques comme autant de méthodes pratiques pour mener à bien l'analyse de leur données expérimentales montre qu'au cours d'un projet scientifique, les images vont ainsi suivre des procédures de sélection et de mathématisation qui visent à « placer un objet naturel (ou un champ entier d'objets) dans une matrice matérielle/littéraire qui facilite le travail systématique de collection, d'enregistrement, de comparaison et d'autres formes de mises en ordre mathématique » (traduit de *Ibid.*, pp.34-35)

Nous avons déjà évoqué la sélectivité (Lynch, 1985b) dont procèdent les traitements de l'image afin de rendre manifeste des qualités de données. Il s'agit en fait de « réduire les phénomènes d'étude en des données gérables » (traduit de

Lynch, 1990, p.156). Comme le dit Lynch (2006/1998) en empruntant l'expression à Latour (1993), il s'agit de « 'purifier' le champ primordial hétérogène » (Lynch, 2006/1998, p.33). Ce champ primordial est ce qu'Allamel-Raffin (2019, 2009b, 2006, 2004b, 2004a) appelle image primaire ou image source, soulignant qu'en laboratoire, la production des images scientifiques est une procédure qui donne naissance à plusieurs types d'images qui n'ont pas tout à fait le même statut. Les scientifiques isolent ainsi par certaines procédures les données contenues dans l'image qui leur semble pertinentes et participent à définir l'objet étudié en opérant des transformations directement sur l'image, nous en avons donné des exemples. On reconnaît ici notamment les modalités objectivante de la manipulabilité, elle-même conditionnée par la présence sous-jacente de l'indiciarité, qui permet au produit visuel d'entretenir un lien causal à l'objet, elle-même conditionnée par la mécanisation relative à la technique de production de l'image, etc.

Ainsi, dans le cadre des IMPs, à chaque substrat visuel recadré ou effacé, c'est une donnée à propos de l'objet d'étude qui est modifiée et, dans le cas de l'imagerie numérique, c'est littéralement une donnée qui constitue l'image qui est modifiée. Un exemple concret est ce qu'on a vu dans le travail d'identification des artefacts de mouvement par les neuroscientifiques étudiés par Alač (2014, 2011, 2005) : l'enjeu est d'identifier les artefacts, puis de nettoyer les données de sorte à ce que l'artefact –et donc les données relatives aux mesures telles qu'il a pu les dénaturer– ne soient pas pris en compte en l'état par l'analyse. Ainsi, nous avons expliqué que par filtrage, les scientifiques évacuent des détails de l'image qui leur semblent parasites, procédant d'artefacts. Comme nous l'avons abordé dans le second sous-chapitre, Allamel-Raffin (2004b) évoque aussi la procédure d'extraction d'information par laquelle un scientifique peut produire une nouvelle représentation d'une partie spécifique de ses données expérimentales. Ainsi, les processus par lesquels l'image fait l'objet d'une sélectivité sont variés mais participent tous de la scientification de l'image.

La procédure de mathématisation (Dondero, 2009a ; Lynch, 1990) quant à elle correspond à « identifier les propriétés des objets 'dépeints' avec les paramètres mathématiques d'un graphe » (traduit de Lynch, 1990, p.154), par la mise en ordre de « l'espace graphique » (Lynch, 1985b, p.41) des formats visuels de sorte à ce que leurs éléments articulent des caractéristiques de l'objet d'étude ou des données expérimentale acquises à des marques commensurables formant un système notationnel. En soi, il nous semble que Lynch, en précisant le lien

étroit des deux processus qui sont « intimement liés » (traduit de Lynch, 1985c, p.120), nous suggère que la sélection peut être considérée comme une partie nécessaire du processus de mathématisation. Comme le disait Latour (1993) : « Oui, les savants maîtrisent le monde, mais seulement si le monde vient à eux sous forme d'inscriptions en deux dimensions, superposables et combinables. » (p.175). Ce que permet la procédure de mathématisation, c'est justement la possibilité d'opérer des combinaisons, ou plus littéralement même, de réaliser des opérations mathématiques (Lynch, 1990). En d'autres termes, la mathématisation consiste à articuler des éléments formels de l'image à des éléments de l'objet d'étude ou à des données acquises, sous un *régime notationnel*^{153‡} qui doit permettre d'effectuer des opérations sur ces éléments. Cette procédure lie l'acte de mesurer aux pratiques de visualisation, puisque c'est la transformation même des spécimens en objets susceptibles d'analyse mathématique au travers des pratiques visuelles des scientifiques qui mobilise et permet dans un même temps leur mesure. En effet, cette mathématisation réalisée au travers et au moyen de pratiques de rendus graphiques, permet à la fois d'identifier et d'analyser le spécimen étudié dans un espace-plan géométrique. Comme le synthétise Lynch (1990) :

« Débutant avec un spécimen initialement récalcitrant, les scientifiques travaillent méthodiquement pour exposer, travailler avec et perfectionner les apparences de la surface du spécimen pour qu'elles soient congruentes avec la représentation graphique et l'analyse mathématique. » (traduit, p.170)

Il faut noter que dans le cas des images numériques, la mathématisation est elle-même « une condition du système opératif digital de la machine » (Lynch, 1988, p.575) puisque de par sa nature, elle correspond à un affichage graphique de valeurs numériques associées à un pixel, qui procède déjà d'une mise en notation, en encodant symboliquement des propriétés, comme l'intensité d'une lumière émise, de façon numérique. C'est ce que nous avons évoqué lorsque nous avons souligné qu'en modifiant les éléments de l'image, c'étaient les données acquises au sujet de l'objet d'étude qui se retrouvaient modifiées, puisque leur encodage numérique fait en sorte de rendre l'affichage graphique relatif aux

¹⁵³ ‡ Régime notationnel : Le *régime notationnel* désigne un régime de l'image où les éléments sont organisés en une grammaire (un système) de modules discrets permettant ainsi une modularité des composants de l'image. Nous nous basons sur Dondero (2020, 2010b) qui reprend et adapte le travail du philosophe Nelson Goodman (1968).

données acquises (e.g. un pixel est proche du blanc quand la valeur numérique est haute).

2.2.3.4. Commensurabilité des images scientifiques

La mathématisation, qui passe par la mise en place d'un régime notational des éléments constituant l'image participe en fait de la *commensurabilité*^z des images scientifiques. La commensurabilité désigne la capacité de comparaison de l'image à des standards ou à des relations attendues entre des éléments en se basant sur des théories (Allamel-Raffin, 2004b, 2003 ; Bastide, 1985 ; Dondero, 2010c, 2009a, 2009b ; Lynch, 1985b).

On peut par exemple considérer cette commensurabilité au niveau de la *morphologie*^z même des images. Des pixels ont une certaine intensité colorée qui est commensurable à un nombre (la donnée numérique acquise), nombre qui lui-même indique l'intensité de la lumière émise par un objet d'étude lorsqu'il est passé au travers d'une technique d'imagerie qui procède par enregistrement de son émission de lumière puis reconstruction graphique d'une image sur la base des données de cette émission. C'est ainsi notamment que fonctionne la microscopie en fluorescence optique. Il s'agit alors d'articuler une intensité graphiquement affichée sur l'écran d'ordinateur du scientifique sous la forme de pixels plus ou moins clairs, à une intensité réellement émise par un objet physique (par exemple, une culture cellulaire à l'intérieur de laquelle se trouve un agent fluorescent). De par ce fonctionnement, le système notational organise ainsi l'espace et le temps (Dondero, 2009a) à l'intérieur des images en entretenant une relativité entre objet, données et affichage. Prenons un exemple : dans le cadre d'une microscopie en fluorescence, un spécimen microscopique qui émet de la fluorescence est imagé avec un grossissement. Ce qui est enregistré par l'appareil, c'est l'intensité de fluorescence. Cette intensité est enregistrée sous forme de données numériques transmises à un ordinateur. L'ordinateur peut ensuite afficher graphiquement ces données numériques. Il y a un rapport de commensurabilité entre l'intensité perçue des pixels sur l'écran d'ordinateur, la valeur de chaque donnée enregistrée numériquement et la fluorescence émise par l'échantillon. On peut comparer l'intensité perçue et la donnée numérique : selon l'échelle choisie, plus le pixel est blanc, plus la valeur enregistrée est haute. Ce rapport de comparaison est permis par le régime notational qu'instaure le processus de mathématisation de la numérisation : où un « *alphabet de modules* » permet « *d'offrir un plan de commensurabilité entre particularités* »

(Dondero, 2010b, p.8), autrement dit, en isolant chaque intensité et en les codant numériquement, ces intensités deviennent comparables les unes aux autres.

Or c'est ce rapport de comparaison rendu possible qui doit permettre au scientifique d'évaluer le degré d'intensité de fluorescence émis par son spécimen et d'ensuite le relier à une cause.

Cette cause peut ainsi correspondre à une relation attendue se basant sur une théorie : une forte intensité pourrait être reliée à la forte présence d'un agent luminescent que le scientifique aurait couplé à une partie spécifique des cellules. Il sait donc, théoriquement, que cet agent exprime de la fluorescence, s'il se trouve dans certaines conditions. Il sait donc, théoriquement, que s'il y a peu de fluorescence, alors l'agent fluorescent est peu présent et donc la partie spécifique des cellules, comme par exemple une protéine, est peu exprimée. Il peut ensuite chercher à établir la cause de cette faible expression.

Mais cet exemple ne se limite pas aux images numériques : le topofil de [Lattour \(1993\)](#) permet de rendre commensurable la carte sur papier et la forêt ainsi quadrillée. Par ailleurs, la commensurabilité participe aussi aux effets visuels produits par les images : lorsque les scientifiques étudiées par [Alač](#) alternent les différentes coupes de cerveau, produisant ainsi un effet de « mouvement apparent » ou « l'impression que l'image distordue bouge » (traduit de [Alač, 2005, p.187](#)), cet effet de mouvement est produit parce que les images sont commensurables justement.

Cette commensurabilité achevée par la mathématisation, qui achève elle-même une notationnalité des images a deux effets majeurs.

Le premier effet concerne la « manipulabilité » ([Dondero, 2010b, p.139](#) ; [Alač, 2011, p.142](#)) des formats visuels, qui permet justement au scientifique, en manipulant l'image, de manipuler les données expérimentales acquises.

Le second effet concerne la « transmissibilité » ([Dondero, 2010b, p.137](#)) de la localité des images scientifiques, car leur mise en notation standardisée permet de les mettre en rapport avec d'autres images produites selon des procédés analogues.

Nous comprenons que c'est en fait ce qui fonde l'opérativité de la « rétine extériorisée » ([1990, 1985b](#)) que nous avons évoquée, qui permet d'organiser les perceptions en « réduisant un phénomène d'étude en des données faciles à manœuvrer » (traduit de [Lynch, 1990, p.156](#)) : cette commensurabilité est une

condition nécessaire pour que ces données soient manœuvrables au travers des images et pour assurer la scientificité de ces manipulations, autrement dit la *valeur scientifique*^{154‡} de leur *valeur expérimentale*^{155‡}.

2.2.3.5. L'expressivité des images scientifiques : une version proprement scientifique du régime naturaliste

De par les procédures dans lesquelles elles s'inscrivent et qui visent, en définitive, à permettre aux scientifiques d'obtenir des informations sur leurs objets d'étude, les images scientifiques ont ainsi pu être apparentées aux « images informationnelles » (traduit de Elkins, 2008/1999) qui sont des « images principalement dédiées – dans le langage froid de la théorie de la communication – à transmettre (convey) de l'information » (*Ibid.*, p.4). Or, parce qu'elles revêtent une fonction utilitaire de transmission, leur expressivité serait moindre et extrêmement contrainte : elles seraient « des transporteurs de données sans affect, au-delà des limites de l'intention expressive » (*Ibid.*, p.13). En nous basant sur la lecture de l'ouvrage d'Elkins, l'*expressivité des images*[‡] peut être comprise comme une capacité à suggérer des significations variées, elle-même obtenue par des pratiques de mise en forme volontaire.

Or, nous avons évoqué le « jeu gestaltien » dont les images font l'objet et qui indique bien la présence d'une expressivité des formats visuels scientifiques au sens où, nous l'avons montré, elles ont une capacité à figurer –au sens de rendre sensible et intelligible– des relations et que cette capacité est obtenue par une *opération de figuration*^{156‡} qui investit l'image « de façon ostensible par une agence socialement définie suite à une action de façonnage, d'aménagement, de mise en situation ou d'ornementation » (Renon, 2020, p.146, citant Descola, 2015 : 133-134).

En effet, les images scientifiques comme celles issues de l'astronomie (Lynch & Edgerton, 1987) ou de la cristallographie (Elkins, 2008/1999) ou encore de l'Imagerie par Résonance Magnétique (Alač, 2011) présentent elles-aussi des

154 ‡ Valeur scientifique : Dans le cadre de cette thèse, qualifie la capacité d'une image à être mobilisée dans des travaux de recherche de façon congruente au dispositif institutionnalisant de la recherche scientifique.

155 ‡ Valeur expérimentale : Dans le cadre de cette thèse, la valeur expérimentale désigne la capacité d'un objet à soutenir l'exploration de significations au travers de sa manipulation.

156 ‡ Opération de figuration : Dans le cadre de cette thèse, une *opération de figuration* signifie une opération de mise en forme, de définition de forme : par exemple, en ajustant des contrastes, je participe à définir visuellement des entités.

choix esthétiques qui permettent de travailler à leur expressivité et ces choix doivent pouvoir être étudiés en leur propres termes. Les relations esthétiques présentes dans les pratiques visuelles de scientifiques sont le lieu d'une « expérience sensible qui intervient dans toute activité humaine » (Renon, 2016). En d'autres termes, comme l'explique Lynch et Edgerton (1987), « (...) la science moderne inclut des pratiques 'artistiques' et des jugements 'esthétiques' » (traduit, p.185) qui « peuvent ne pas être directement influencés par les développements du monde artistique professionnel, mais elles se retrouvent tout de même au sein de la pratique scientifique » (*Ibid.*). Ainsi les configurations matérielles des images scientifiques ne relèveraient pas des « simples contraintes de la nécessité » (traduit de Elkins, 2008/1999, p.13), mais aussi de choix esthétiques articulant des valeurs propres à un domaine, une discipline, une époque, un contexte.

À ce sujet, un certain nombre de travaux ont ainsi pointé que l'image scientifique procède en fait d'un *régime naturaliste*^{157‡} (Daston & Gallison, 2007 ; Elkins, 2008/1999 ; Lynch & Edgerton, 1987). En art, le naturalisme vise à représenter un objet concret le plus fidèlement possible : ce régime mobilise des techniques visuelles particulières, selon les époques et ce qui est considéré comme représentant le plus fidèlement un objet (Daston, 1992). On pourrait penser que la notion de fidélité qui fonde le régime naturaliste s'oppose à une dimension mathématisée et donc notationnelle des images (Elkins, 2008/1999). Ce que montrent les travaux en STS c'est au contraire que le régime naturaliste des images scientifiques est le résultat d'un ensemble de savoir-faire et de procédures qui permettent d'achever un « réalisme représentationnel » (traduit de Lynch, 1991c, p.2)¹⁵⁸ proprement scientifique.

Ce régime procède alors justement d'une articulation entre une certaine figurativité de l'objet –qui n'est pas obligatoirement de l'ordre d'une ressemblance morphologique, en d'autres termes d'une « iconicité en terme de l'idée naïve de similarité » (Alač, 2011, p.25)– et sa mathématisation dans la matrice de l'image pour pouvoir manipuler cet objet afin d'en explorer les propriétés. En d'autres termes, le naturalisme pictorial qui évoque une fidélité à un objet concret ob-

157 ‡ Régime naturaliste : Dans le cadre de ce passage, le *régime naturaliste* est définie par sa visée : obtenir une fidélité vis-à-vis d'un objet. Il ne définit donc pas précisément les conventions puisqu'elles dépendent, comme nous cherchons à le montrer ici, de la discipline ou du domaine qui réalise ce régime.

158 Nous empruntons l'expression à Lynch (1991c) dans un article où il traite des représentations visuelles en sociologie. Bien que dans ce cadre les formats visuels étudiés ne procèdent pas d'une connexion automatisée entre figure et spécimen, l'expression nous semble convenir pour tout type d'images scientifique (du fait qu'elles s'inscrivent dans le cadre de commensurabilité recherchée que nous avons évoqué).

servable, se retrouve exprimé en science dans les traitements réalisés sur les images pour analyser un objet tout en évitant de déformer les données acquises à son propos.

En somme, nous comprenons que le régime du naturalisme scientifique des images de science, qui intègre les choix formels et esthétiques travaillant à l'expressivité des images, est lié à l'ensemble du *dispositif institutionnalisant*^z dans lequel s'inscrivent les images scientifiques, qui exige de mobiliser sélectivité et mathématisation. Certes, ce dispositif lui-même impose donc une nécessité : celle de la commensurabilité et des processus générales nécessaires pour cette commensurabilité (sélectivité, mathématisation), mais les moyens employés pour réaliser ces procédures sont variés et les opérations réalisées dans le cadre de cette commensurabilité obtenue permettent des explorations diverses des données étudiées. C'est en ce sens que nous comprenons l'expressivité des images scientifiques.

2.2.3.6. Des critères esthétiques propres aux disciplines de recherche

Si les processus engagés dans le traitement des images comme la sélectivité et la mathématisation sont transversaux à la science en général, les critères spécifiques qui guident les opérations matérielles que nous avons présentées, comme le choix d'une technique visuelle ou l'emploi d'une certaine modalité comme la couleur, suivent aussi des critères qui peuvent varier au cours du temps et en fonction des disciplines. Ainsi les qualités esthétiques des images scientifiques comme l'élégance, la clarté, ou encore un équilibre de tensions formelles (Christensen *et al.*, 2015 ; Flannery, 1998 , 1992; Elkins, 2008/1999 ; Lynch & Edgerton, 1987), sont aussi tributaires des conceptions propres aux domaines de recherche des chercheurs (Mosley, 2007 ; Shapin, 1979 ; Fleck, 2008/1935, p.33), à la « culture » d'un domaine donné.

Nous en trouvons un exemple dans les études de cas de Allamel-Raffin (2004a) : selon le logiciel employé pour visualiser les données acquises, une galaxie aura tendance à présenter un halo rouge entouré de vert. Or, nous l'avons explicité, ce sont des fausses couleurs qui procèdent donc d'un choix : qu'il soit celui du scientifique ou du concepteur du logiciel mobilisé pour afficher l'image. Ainsi, cette visualité des galaxies en astrophysique est intimement liée non pas seulement aux théories qui soutiennent la technique et/ou l'étude des objets d'intérêt, mais aussi aux environnements techniques et matériels. Alač (2008) montre

dans l'une de ses études l'importance que revêtent ces environnements sur la conceptualisation et la cognition : des scientifiques issus de laboratoires différents se rencontrent pour comparer leurs logiciels respectifs : dans ce cadre, ils s'aperçoivent que des informations contenues dans les données sont sensibles, perceptibles, sur l'un des logiciel et pas sur l'autre.

Nous comprenons qu'il ne s'agit donc pas uniquement de se reposer sur une vision unifiée de l'objectivité scientifique pour comprendre les traitements graphiques des scientifiques et l'expressivité des images qu'ils participent à opérationnaliser. Puisqu'il n'existe pas à proprement parler de méthodologie de traitement des images qu'il suffirait d'appliquer de façon unilatérale, il apparaît toujours intéressant d'étudier les pratiques visuelles au niveau de domaines spécifiques, pour en éclairer les spécificités en regard des autres disciplines, mais aussi éventuellement identifier des traits partagés (e.g. Allamel-Raffin, 2009b).

2.3 Conclusion

Cette deuxième partie de notre état de l'art nous a permis d'observer les spécificités des images scientifiques dans le rapport qu'elles organisent avec les objets d'études des scientifiques au travers de l'analyse de leurs modes de production. Ceci a été l'occasion de développer une réflexion sur leur statut ontologique vis-à-vis du monde qu'elles serviraient à renseigner. Plutôt que de simples miroirs d'une réalité qu'il s'agirait de représenter, les images rendent possible la définition des phénomènes d'intérêt en participant de la création et de la stabilisation du référent scientifique (Fontanille & Dondero, 2014). Or, le processus qui cristallise l'objet de recherche à la surface des images, voire à leur travers, est une activité pratique qui met à contribution leur caractère « opérable » (Dondero, 2016c, p.58, 2009a, s.p.), leur manipulabilité (Dondero, 2010b ; Alač, 2011) : ce sont alors de véritables lieux d'expérimentation à proprement parler (Dondero, 2010b, p.126), des « terrains de travail opérables » (Dondero, 2009a, s.p.), des « champs pour l'interaction » (traduit de Alač, 2011, p.17).

Les questionnements que nous avons exposés ici invitent à notre sens à considérer l'image scientifique comme un objet à proprement parler, au sens où elles font montre d'un « potentiel cognitif et pratique » (Conein *et al.*, 1993, *Présentation*) qui peut être mobilisé dans l'action, mais aussi parce qu'elles présentent des qualités formelles et substantielles qui en font des objets de manipulation.

Cela invite aussi à observer la *relation phénoménologique*[‡] que nous entretenons avec ces dernières. Nous avons vu comme les pratiques interactives et matérielles permettent de renseigner les objets de recherche en expérimentant des sensations, des impressions, et en enactant des évènements.

Ces dernières années, la diffusion, dans les recherches, des modèles de la cognition humaine comme raisonnement situé et incarné (Alač, 2011; Theureau, 2004; Suchman, 2007/1987), les innovations méthodologiques pour étudier les situations interactives de manipulation d'artefacts, ainsi que l'articulation d'approches sémiotiques (Dondero, 2010b, 2009a; Allamel-Raffin, 2019, 2011, 2004) avec les approches plus traditionnelles issues des STS invitent à retourner observer au cœur des laboratoires le travail d'élaboration des connaissances et la mobilisation des formats de visualisation (Alač, 2011 Mondada, 2008a; Allamel-Raffin, 2004a).

Les nouvelles méthodologies disponibles doivent permettre d'intégrer la dimension incarnée et multimodale des interactions prenant place au cœur du travail de science : il s'agit notamment de mobiliser d'autres modes de récolte de données, comme la captation vidéo (Alač, 2011 ; Mondada, 2008a) tandis que de nouvelles hybridations théoriques, notamment entre sémiotique, phénoménologie et étude de l'activité (Alač, 2014, 2011) ou encore linguistique Mondada, 2008a) valorisent la nature multimodale de la mobilisation des formats visuels par les scientifiques, que ce soit dans leurs pratiques d'analyse de données acquises en laboratoire (Alač, 2014, 2011) ou dans le cadre de collaborations interdisciplinaires (Mondada, 2008a).

Sans nier tout à fait le rapport représentationnel de l'image à un objet, il s'agit en fait de mobiliser des « *approches opérationnelles* » (traduit de Hoel & Lindseth, 2016, p.178) qui permettent d'envisager les images dans leur « *rôle actif* » (Ibid.), où l'identité des phénomènes scientifiques telles qu'elle s'élabore au travers des pratiques visuelles est un « *processus ouvert de devenir* », où les images participent d'une « *agentivité comme distribuée au travers d'assemblages interconnectés de personnes, pratiques, et artefacts médiateurs* » (Ibid).

Problématique et Hypothèses

*La relation phénoménologique
aux données organisée par la pra-
tique visuelle des scientifiques*

3. Les images scientifiques comme médias

INTRO.

Que ce soit la « technologie littéraire » de Robert Boyle (traduit de Shapin, 1985, p.74) ou la mise en scène de formats visuels par des scientifiques à l'adresse de leurs collègues (Ochs *et al.*, 1994) permettant de transmettre à un tiers un « témoignage virtuel » (traduit de Shapin, *Ibid.*) d'une expérimentation scientifique qui s'est déjà déroulée, les échanges oraux de scientifiques cherchant à fixer le sens à tirer d'une image (Allamel-Raffin, 2003 ; Amann & Knorr-Cetina, 1989, 1990 ; Knorr-Cetina & Amann, 1990), l'incarnation des procédés participant de la production de l'image dans le corps des scientifiques (Alač, 2014, 2011) ou encore la manipulation de « l'espace graphique » des images au travers de pratiques de rendus (Alač, 2011 ; Allamel-Raffin, 2004a ; Lynch, 1991b, 1990, 1985b, 1985a ; Lynch & Edgerton, 1987 ; Vertesi, 2014), il semble bien que le lieu de la *cognition*^{159‡} des scientifiques, envisagée dans sa dimension pratique, se joue dans un espace qui est à la fois mental, mais aussi matériel, corporel, spatial et temporel.

Certains des travaux que nous avons évoqués ont voulu étudier cet enchevêtrement dont procède la multimodalité du travail de construction des connaissances et ont montré la *nature phénoménologique*[‡] des relations unissant les scientifiques à leur image (Alač, 2011 ; Lynch, 1985b ; Lynch & Edgerton, 1987). *Phénoménologique* car les travaux montrent que l'interprétation multimodale des données expérimentales met en jeu les qualités *sensibles* des formats visuels et permet par ce biais l'*incarnation* et l'*enactment* des propriétés des objets qui sont explorés interactivement avec les images. Ainsi, c'est l'*expérience sensible* de cette multimodalité par le scientifique qui réalise la construction d'une « réalité scientifique » (traduit de Lynch, 2006/1998, p.38) et, dans ce cadre, c'est

159 ‡ Cognition : Dans le cadre de cette thèse, la cognition réfère de façon très large à la capacité de réflexion d'un être humain, à ce qui lui permet de penser et comprendre. Pour une définition plus fournie, consulter le Lexique.

notamment la *manipulabilité*[‡] de l'image scientifique qui conditionne cette expérience (Alač, 2011 ; Dondero & Fontanille, 2014).

Malgré la richesse évidente de ces travaux, il semble néanmoins que des articulations importantes ont été peu étudiées.

D'une part, l'interprétation multimodale des formats visuels vis-à-vis des objets d'études scientifiques engage certes la *corporeité*[‡] des scientifiques –une *incarnation* au travers des actions corporelles des chercheurs–, mais aussi, à notre sens, leurs *affects* et leurs *sensations*, l'activité d'analyse des données expérimentales étant une *expérience vécue*[‡] par le scientifique.

D'autre part, la *valeur opérationnelle*[‡] des formats visuels au stade de l'analyse des données montre qu'ils fonctionnent comme des *espaces d'exploration* plutôt que comme des espaces de stockage d'informations stabilisées et ce, nous l'avons vu, au moyen de leur *manipulabilité*[‡]. Or, malgré l'importance de cette manipulabilité, les *conditions* qui lui permettent d'être opérante pour l'activité ont été peu étudiées. En effet, l'étude des formats visuels scientifiques opérationnels a peu croisé l'observation des situations de travail réel à l'analyse de leur *opérativité*[‡].

CONTENU du Chapitre

Il s'agit ici de mener une réflexion interdisciplinaire pour aboutir à la construction de notre objet de recherche, centré sur les pratiques d'analyse de données expérimentales par des scientifiques en tant qu'elles mobilisent des formats visuels : c'est ce que nous appelons les *pratiques visuelles des scientifiques*[‡].

Dans un premier temps (Point 1) nous abordons la cognition humaine comme interaction incarnée et située sur la base de travaux en anthropologie cognitive et en ergonomie pour réfléchir à la dimension praxéologique des pratiques visuelles. Nous proposons que les pratiques visuelles des scientifiques nécessitent de s'intéresser à l'expérience individuelle des chercheurs (proposition 1) car ces activités d'analyse peuvent être considérées comme une *expérience phénoménologique*^{160‡} (proposition 2) ce qui nous enjoint alors à considérer les *dimensions*

160 ‡ Dans le cadre de cette thèse, une *expérience phénoménologique* est une expérience qui met en jeu des perceptions et une expérimentation vécue d'un phénomène. Ainsi, lorsqu'on cherche à étudier un phénomène comme une expérience phénoménologique, on s'intéresse à la façon dont, en pratique, ce phénomène est vécu et expérimenté en engageant des perceptions et des sensations.

concrètes, émotionnelles et expérientielles vécues des pratiques visuelles (proposition 3).

Dans un second temps (Point 2), nous nous appuyons sur le champ des sciences de l'information et de la communication croisé au design pour réfléchir au phénomène de transformation des données en informations pertinentes pour la recherche que ces pratiques visuelles organisent. Nous proposons que les pratiques visuelles des scientifiques organisent un phénomène de *médiation*[‡] où les images tiennent le rôle de *médias*[‡] (proposition 4), ce qui nous invite, pour comprendre leur *opérativité*[‡], à s'intéresser aux conditions de leur *manipulabilité*[‡] (proposition 5).

Dans un troisième temps (Point 3), en repartant de l'étude sémiotique des formats visuels de science, nous proposons que pour étudier la *manipulabilité*[‡] des images scientifiques, il faut s'intéresser à leur *matérialité*[‡] (proposition 6), ce qui enjoint à considérer l'articulation de leurs *propriétés matérielles*[‡] à leurs *propriétés sémiotiques*[‡] en considérant le *dispositif institutionnalisant*[‡] dans lequel leur manipulation s'inscrit (proposition 7).

Enfin, dans un dernier temps, nous réalisons une synthèse pour définir plus précisément notre problématique de recherche qui concerne le phénomène de médiation *réalisé* par la mobilisation, en pratique, de formats visuels afin d'analyser des données expérimentales en science. Nous présentons nos hypothèses, notre objet scientifique, notre objet de recherche, nos questions méthodologiques et nos questions de recherche.

Cet ensemble nous permettra de conclure cette première partie de thèse, et d'ouvrir vers la seconde partie consacrée aux questions méthodologiques de la thèse et à la présentation de notre terrain de recherche, situé en microbiologie.

3.1 RAISONNEMENT : Étudier les formats visuels scientifiques comme médias

3.1.1. Point 1 : Le vécu expérientiel des scientifiques : considérer la cognition incarnée, culturelle, située et distribuée dans le cas d'un acteur « isolé » en face à face avec des formats visuels sur ordinateur

Les travaux que nous avons abordés invitent à considérer la cognition comme un processus interactionnel (Alač, 2011, 2006 ; Alač & Hutchins, 2004). On l'a vu : les ethnographies de laboratoire ont observé minutieusement comment les scientifiques mènent leurs activités de recherche et ont mis en avant la nature émergente, dynamique et contingente des postures adoptées par les scientifiques en pratique, ainsi que le rôle central des dispositifs techniques dans leur orientation (Fujimura *et al.*, 1987 ; Knorr-Cetina, 1981 ; Latour & Woolgar, 1986/1979 ; Lynch, 1985a ; Vinck, 2007). En dépit des différences d'approches des études des sciences et techniques, la construction du savoir scientifique apparaît de façon générale comme une phénoménotechnique, une construction réalisée au travers de la mobilisation de techniques matérielles.

Or la « danse de l'agentivité » (traduit de Pickering & Guzik, 2008) au travers de laquelle la phénoménotechnie scientifique se réalise fait écho, dans l'articulation qu'elle décrit entre humains et non-humains, aux apports théoriques et méthodologiques des sciences cognitives pour penser la cognition comme située et incarnée, voire distribuée (Alač, 2006 ; Theureau, 2004 ; Suchman, 2007/1987). Dans ces cadres de pensées la *cognition*[‡] n'est plus seulement le fait d'un opérateur et de son espace mental : elle se déroule et se réalise au travers de l'interaction mutuelle entre un environnement et un agent humain. Dans le cadre des pratiques visuelles des scientifiques, la notion d'*environnement*[‡] peut alors désigner le champ de l'image elle-même, ce qui invite à étudier les interactions entre le champ graphique et les acteurs humains pour comprendre comment les savoirs se constituent en activité.

3.1.1.1. Des activités toujours étudiées à leur niveau collectif

Néanmoins, d'une part, les situations étudiées par la littérature dans le cadre des activités scientifiques sont presque toujours celles qui mobilisent un collectif humain, bien plus rarement celles d'un acteur isolé¹⁶¹. La dimension collective constitue même un appareil épistémologique et méthodologique qui définit, en ethnométhodologie, l'unité d'étude¹⁶² (voir Lynch, 1993). Pour autant, les activités de recherche des scientifiques intègrent des séquences de travail individuel où le scientifique n'est pas nécessairement engagé dans une interaction sociale avec un collègue. Ces séquences là ont elles aussi toute leur importance si on veut comprendre ce en quoi consiste concrètement la recherche scientifique comme activité (Garforth, 2012).

[PROPOSITION 1] Il nous semble qu'il faut aussi s'intéresser au processus interactif de la cognition au niveau de l'expérience individuelle des chercheurs si l'on souhaite contribuer à éclairer le rôle des formats visuels dans les opérations intellectuelles de science.

3.1.1.2. Intégrer le vécu individuel et affectif des acteurs

Si dans le cadre des études des sciences et techniques, des chercheurs ont pointé la difficulté de tirer quelque chose de l'observation extérieure d'un scientifique installé seul à son bureau face à son écran d'ordinateur, particulièrement lorsqu'on s'intéresse aux fonctions et usages des images en science (Allamel-Raffin, 2004 ; Lynch, 1991a, 1985a), certains travaux dédiés à l'étude de l'activité humaine ont proposé des pistes méthodologiques pour intégrer l'expérience individuelle de chaque acteur durant l'activité et en éclairer le déroulé.

Ces travaux¹⁶³ pointent que l'identité propre de l'acteur et son vécu individuel d'une séquence d'activité sont centraux au déroulé de cette dernière (Vermerisch, 2019 ; Theureau, 2010a, 2010b). L'activité est ainsi comprise « comme à la fois cognitive, autonome, incarnée, située, à la fois individuelle et collective (individuelle-sociale), techniquement constituée, cultivée et vécue (...) » (Theu-

161 Le travail d'observation de Allamel-Raffin dans sa thèse *la production et les fonctions des images en physique des matériaux et en astrophysique* (2004a) propose cependant une étude d'une séquence de lecture d'image par un astrophysicien face à son ordinateur. Néanmoins, le cadre d'analyse proposé n'intègre pas comme nous le proposons juste après, le vécu expérientiel du scientifique.

162 On étudie en ethnométhodologie les *méthodes* d'une *communauté sociale*.

163 Malgré leurs différences parfois notables en termes d'adoptions théoriques et méthodologiques, l'importance accordée à l'identité propre de l'acteur et à son vécu individuel pour l'étude de l'activité est partagé par l'ensemble de ces travaux.

reau, 2004, p.20). Cette vision de l'activité repose notamment sur le concept de l'*enaction*[‡], qui, en des termes extrêmement simplifiés, postule que l'individu fait sens de ses agissements et de sa situation d'activité au sein d'un monde qu'il crée lui-même en interagissant de façon sélective avec son environnement (Theureau, 2004). Nous avons vu par exemple comment, par un jeu de mime et de mise en relation d'éléments locaux, les scientifiques *enactent* des mouvements expérimentaux pour faire sens de leurs images, ou encore comment, en mobilisant la souris et l'écran d'ordinateur, les scientifiques faisant défiler rapidement une série d'image, *enactent* un effet de mouvement leur permettant d'identifier des artefacts (Alač, 2011).

Dépassant le simple programme de recherche, ces travaux ont aussi développé, de par leur intérêt pour le déroulé effectif de l'action, des méthodes permettant de recouvrir des informations concernant le vécu du sujet en action (Vermersch, 2019). Ces méthodes reposent sur la mise en place d'entretiens¹⁶⁴ permettant d'obtenir des verbalisations non seulement sur les actions concrètes, mais aussi sur leur modalités sensorielles et affectives. Or du côté des travaux en anthropologie affective, la « complémentarité entre émotions, corps et cognition » (Dumas & Martin-Juchat, 2022, s.p.) a justement été pointée et suggère que si l'on souhaite comprendre comment les êtres humains raisonnent en pratique, il faut intégrer non seulement l'étude de leur corporeïté mais aussi de leurs affects mis en jeu dans les pratiques communicationnelles permettant de construire et transmettre du sens.

Autrement dit, si l'on souhaite saisir le déroulé d'une activité en portant intérêt aux *relations phénoménologiques*^{165‡} qu'elle engage, il faut mobiliser un dispositif méthodologique qui permette d'étudier non seulement, les agissements du corps et les particularités culturelles engagées par les acteurs individuellement¹⁶⁶, mais aussi les *affects* et les *sensations* qui sont générés *et* engagés par l'action. À notre sens, c'est en articulant ces différentes dimensions que nous pourrions éclairer davantage les pratiques visuelles des scientifiques impliquées dans l'analyse des données expérimentales comme une activité *phénoméno-*

164 Qui sont eux-mêmes basés sur des procédés issus de la psychologie.

165 ‡ Relations phénoménologiques : Dans cette thèse, les relations phénoménologiques désignent des relations qui unissent des entités (humain, non-humain) de par leur mise en lien au travers de l'expérience sensible.

166 Ce qui n'exclut pas d'intégrer « l'activité des autres acteurs dans son environnement » (Theureau, 2010b).

gique¹⁶⁷‡ procédant d'un ajustement dynamique et mutuel entre un acteur et son environnement.

[PROPOSITION 2] Nous suggérons qu'une approche articulant le vécu‡ individuel d'un scientifique en situation d'analyse des données expérimentales devrait permettre d'explorer ce qui se joue proprement entre le scientifique en activité d'analyse, ses données expérimentales et les formats visuels qu'il mobilise, en tant que cette activité peut être comprise comme une expérience phénoménologique‡.¹⁶⁸

3.1.1.3. Participer à l'étude des pratiques matérielles se faisant

D'autre part, les travaux ayant étudié les activités de construction des connaissances scientifiques en intégrant les traitements visuels à leur cadre d'analyse (Vertesi, 2014; Latour, 1993; Mercier, 1991; Lynch & Edgerton, 1987; Lynch, 1988; Bastide, 1990), autrement dit en considérant le travail de mise en forme graphique comme un travail d'élaboration de connaissance, n'ont que très rarement restitué ce travail graphique se faisant¹⁶⁹. Les opérations graphiques et leurs propriétés sont traitées dans la littérature, mais peu en tant qu'elles interviennent dans le cours de l'activité¹⁷⁰, plutôt en tant qu'elles s'inscrivent dans le cadre du parcours pratique de la recherche (Dondero, 2011b ; Dondero & Fontanille, 2014).

Autrement dit, les opérations graphiques ont majoritairement été traitées du point de vue des propriétés de leur produit : nous voudrions passer de l'étude de leur poïétique (fabrication d'un résultat) à l'étude de leur praxis (faire de la fabrication). En ce sens, bien que nous nous inscrivions dans un cadre métho-

167 ‡ Phénoménologique : Dans le cadre de cette thèse, phénoménologique est un adjectif qui qualifie la dimension expérientielle d'un phénomène ou d'une action. Par exemple, le concept de seeing-as présenté par Hanson est phénoménologique car il caractérise une certaine modalité de l'expérience du voir, ou plutôt de l'expérience par laquelle on rencontre les choses que l'on souhaite observer.

168 Nous précisons que, même si ce « situationnisme méthodologique » (Theureau, 2010b) peut tout à fait s'adresser à l'étude d'une situation d'activité collaborative intégrant des interactions humain-humain, dans notre cas nous pensons qu'il peut permettre d'explorer davantage la relation humain-format visuel comme expérience phénoménologique.

169 Nous avons vu qu'Alač (2011) propose une méthode intéressante pour articuler les modalités proprement visuelles. Néanmoins son travail se situe à un niveau interactionnel plus global où l'image est une modalité et n'articule pas le vécu affectif des acteurs. De même les travaux de Allamel-Raffin (e.g. 2019, 2004a) offrent une analyse fine des traitements sémiotiques appliqués aux images et de leurs effets de sens, mais pas dans leur déroulé interactionnel moment-par-moment, ni en intégrant le vécu expérientiel des scientifiques.

170 À ce titre on note néanmoins les travaux d'Alač (2011) et Alač et Hutchins (2004), qui comme nous l'avons cité plus haut étudient cependant des situations d'interactions collectives où interviennent plusieurs agents humains.

dologique et épistémologique différent des travaux de Alač et Hutchins (2004), nous souhaitons participer à la voie ouverte par leurs travaux sur les pratiques visuelles comme interaction matérielle.

[PROPOSITION 3] Nous proposons qu'en étudiant finement le vécu concret, sensoriel et émotionnel[†] d'un acteur au cours d'une séquence d'activité qui intègre des interactions « face à face » avec des formats visuels, nous pourrions identifier certaines contributions spécifiques des formats visuels dans le cours praxéologique^{171†} des activités d'analyse de données expérimentales.

3.1.2. Point 2 : La dimension médiatique des formats visuels : la manipulabilité au service de l'exploration du sens

Nous avons aussi vu que, loin d'entretenir une relation de simple correspondance à une réalité indépendante, les formats visuels mobilisés dans la recherche participent activement à la construction des phénomènes étudiés par les scientifiques (Lynch, 2014, 2006/1998 ; Vertesi, 2014 ; Alač, 2011). Nous avons montré au travers de la revue de littérature que cette construction n'est pas immédiate et qu'elle est de nature phénoménoteknique : dans le cadre des pratiques visuelles des scientifiques, elle est le fruit d'un travail méticuleux d'exploration et de manipulation, tant au niveau de la production des images (Dondero & Fontanille, 2014), qu'au niveau des opérations permettant d'en canaliser le sens comme la mise en évidence d'une figure par contraste de fond (Lynch & Edgerton, 1987), le nettoyage ou filtrage d'une partie des données affichées (Alaç, 2011 ; Allamel-Raffin, 2004b ; Bastide, 1985 ; Lynch & Edgerton, 1987 ; Lynch, 1990) ou encore l'extraction de données et leur remédiation sous un autre régime visuel (Allamel-Raffin, 2004b). Dans ce cadre, les formats visuels excèdent le rôle de dispositifs représentationnels mimétiques et statiques (Daston, 2014) pour organiser « un type de médiation particulier avec le réel » (Allamel-Raffin, 2006) qui se réalise notamment au moyen de leur « malléabilité » (Alaç, 2011, p.105).

3.1.2.1. L'interprétation des images scientifiques comme création transformatrice exploratoire : Envisager les pratiques visuelles des scientifiques par le modèle médiatique de la communication

171 † Praxéologique : Dans le cadre de cette thèse, l'adjectif praxéologique qualifie les propriétés d'une chose en tant qu'elles se rapportent à un faire se faisant.

Envisagée par les sciences de l'information et la communication, la *médiation*[‡] correspond à la mise en relation productive de deux entités cherchant à communiquer, dépassant un phénomène de transmission linéaire et non génératif (Davallon, 2003). Dans ce cadre, les entités sont mises en relation par une troisième entité : le *média*. Le *média* intervient dans la circulation des informations à l'intérieur d'une situation de communication, sans pour autant se réduire à une fonction purement technique de transmission d'un message d'un pôle à un autre. Le propre de la médiation comme phénomène communicationnel est l'introduction d'une production dans la communication, d'un excédant qui n'existe pas *a priori* de la communication mais qui va être produit *en interaction* dans la *situation* de communication. La médiation est ainsi un phénomène communicationnel *transformatif* où les différentes parties engagées dans le processus de la médiation sont *mutuellement*¹⁷² modifiées (Gentès, 2022).

Or on l'a vu : le processus d'élaboration du sens des images scientifiques s'apparente à la création d'un référent qui ne précède pas l'activité de déchiffrement des images obtenues par dispositif d'imagerie. C'est au contraire une activité exploratoire qui transforme des données expérimentales en information et c'est aussi une activité sensible dans laquelle les scientifiques opèrent matériellement l'image et reconfigurent son champ graphique. L'interaction des scientifiques (entité 1) avec les formats visuels opère un changement d'état des données (entité 2) et donc des informations perçues qui, plutôt que de s'échanger, se forment dans la communication. Dans ce cadre, on peut considérer que les images scientifiques sont des *médias*[‡] au sens d'un objet qui permet l'exploration et la transformation du sens.

[PROPOSITION 4] Nous proposons de considérer les formats visuels en science comme des *médias* permettant d'opérer une *communication médiatique*[‡] donc exploratoire, créatrice de contenus. Ce point de vue nous permet de considérer l'activité d'analyse de données expérimentales comme l'organisation, en pratique, d'un *phénomène médiatique*^{173‡}.

3.1.2.2. Les formats visuels comme médias visuels et tangibles de sciences

172 La différence entre échange mutuel et réciproque est à noter ici : mutuel car de l'ordre d'un « échange libre et spontané, l'action de donner et de recevoir » (CNRTL, mutuel, 2023) tandis que réciproque « exprime le retour, l'action de donner selon ce que l'on reçoit. » (CNRTL, réciproque, 2023), or l'échange dont nous parlons n'est pas nécessairement équivalent.

173 ‡ Phénomène médiatique : Dans cette thèse, l'expression phénomène médiatique désigne la médiation comme phénomène, c'est-à-dire, la médiation considérée du point de vue de son achèvement se faisant et des conditions permettant cet achèvement.

La communication médiatique apparaît comme le fruit d'une activité créative (Gentès, 2022). Or cette activité créative est possible parce que le média est un objet à la fois poétique et communicationnel qui met en rapport tout en instaurant une certaine distance entre deux pôles, distance nécessaire à une mise en jeu du sens (*Ibid.*). À ce titre les médias ne sont pas de simples appareils enregistreurs qui intégreraient passivement des connaissances à retransmettre, ce sont des médias tangibles et matériels qui modifient comme l'explique Jeanne-*ret* (2011) « la dimension pratique des échanges intellectuels » (§25).

Au cœur de l'analyse des données expérimentales, l'exploration des données met en jeu les *modalités visuelles*[‡] des formats visuels. On l'a vu, l'exploration des données se réalise au moyen de la manipulation des formats visuels qui permet, au travers d'un *jeu* de leurs propriétés gestaltiennes (Alač, 2011 ; Lynch & Edgerton, 1987), de distinguer des *qualités*[‡] et d'articuler le positionnement adopté par le scientifique –ce qu'il souhaite rendre sensible de son objet d'étude (Vertesi, 2014)– à l'objet concret qu'il étudie scientifiquement. En d'autres termes, ce *jeu gestaltien*[‡] qui passe par une *pratique matérielle*[‡] permet la création du *réfèrent scientifique*, de l'objet de recherche. On voit ainsi que malgré leur inscription téléologique à l'intérieur d'un « *parcours pratique* » (Dondero & Fontanille, 2014, p.8) visant à la stabilisation de connaissances scientifiques, ces formats visuels font montre, en tant que *médias*[‡], d'un potentiel d'exploration créative du sens et que ce potentiel est actualisé par la manipulation active des formats visuels. Or, cette manipulation active est permise de par leur « *malléabilité* » (Alač, 2011, p.105) ou *manipulabilité*[‡].

[PROPOSITION 5] Nous suggérons que pour comprendre comment les formats visuels scientifiques organisent un phénomène de médiation en pratique, il faut étudier les conditions pratiques de leur manipulabilité[‡].

3.1.3. Point 3 : La médiation matérielle : étudier la matérialité des images

Il nous semble que les conditions pratiques de cette manipulabilité ont à voir avec la *matérialité* des images.

Dans la littérature sur les images scientifiques, le terme matérialité lui-même –s'il est employé– est pauvrement, voire non défini. On a pu identifier au travers de nos lectures que la matérialité réfère à la fois aux *détails formels* qui se donnent à la vue (Allamel-Raffin, 2011, 2003), mais aussi à la *possibilité de*

manipuler ces détails et aux *modalités* de ces manipulations (Alač, 2011 ; Lynch, 1985b, p.42). Autrement dit, dans le cadre des travaux de science et technique, la *matérialité* des images scientifiques réfère tant aux types de *traitements*‡ que la *nature sémiotique*^{174‡} de l'image permet qu'aux types d'*impressions*‡ que ses éléments produisent¹⁷⁵.

3.1.3.1. Une manipulabilité qui dépend de la configuration des éléments plastiques de l'image

En nous reposant sur la littérature en sémiotique que nous avons abordée pour décrire la *production* et le *fonctionnement* des images, il apparaît que la *manipulabilité*‡ des images est fondée dans le rapport organisé entre sa *substance*‡ (ce qui la compose, le support des formes) et sa *forme*‡ (les formes organisées relationnellement entre elles à la surface de l'image) (Dondero & Fontanille, 2014 ; Dondero, 2020 ; Dondero & Reyes-Garcia, 2016). Ce que nous appelons les *éléments plastiques*‡ de l'image. Nous avons vu cela en abordant le processus de production des images de type IMPs et la structure d'expérience qui permet à ces images d'être interprétées (Dondero & Fontanille, 2014). La description du *régime de croyance phénoménal de transformabilité*‡ de l'image nous permet en effet de comprendre que la manipulation de l'image, l'expérience pratique, repose sur la façon dont, durant la transduction du visible en visuel (expérience scientifique), les éléments plastiques de l'image (expérience visuelle, substance et forme) ont été configurés de sorte à se rapporter à l'objet (expérience conceptuelle).

[PROPOSITION 6] Nous proposons que pour comprendre la *manipulabilité*‡ des images scientifiques, il faut s'intéresser à leur *matérialité*. Cela nécessite de comprendre comment ses *éléments plastiques*‡, *substance*‡ et *forme*‡, sont configurés.

174 ‡ Nature sémiotique : Dans cette thèse, la nature sémiotique d'une image désigne le type de transformation que permettent ses propriétés matérielles (possibilités d'actions du fait d'une certaine manipulabilité de l'image). Par exemple, dans le cas d'une image scientifique numérique, la nature sémiotique de l'image numérique permet la manipulabilité de ses caractéristiques morphologiques par la modification des gammes numériques associées à des pixels.

175 ‡ Par exemple, une impression de continuité entre les formes présentées par l'image, produite par l'usage d'une modalité chromatique unique (ex : un ensemble de teintes violettes).

3.1.3.2. Une manipulabilité qui s'inscrit dans un contexte particulier

Néanmoins, il est aussi apparu que ce rapport entre substance et forme était lui-même configuré à un niveau supérieur par les visées et exigences du *parcours pratique* dans lequel les images s'inscrivent, leur *dispositif institutionnalisant*[‡]. Nous avons vu au travers des procédures de sélection et de mathématisation, comment l'exigence de *commensurabilité*[‡] guide la façon dont les *propriétés matérielles*^{176‡} de l'image, les possibilités d'action qu'elle présente du fait de sa *manipulabilité*[‡], s'articulent à ses *propriétés sémiotiques*[‡], les façons dont elle peut faire sens dans l'activité.

[PROPOSITION 7] Nous proposons que, pour étudier la *manipulabilité*[‡] des images scientifiques il faut aussi saisir comment les *propriétés matérielles*[‡] de l'image s'articulent à ses *propriétés sémiotiques*[‡] et ce en prenant en compte le *dispositif institutionnalisant*[‡] dans lequel elle s'inscrivent.

176 ‡ Propriétés matérielles : Dans cette thèse, les propriétés matérielles d'une image réfèrent aux possibilités d'action offertes par la manipulabilité de ses éléments morphologiques. Nous utilisons propriétés matérielles et caractéristiques matérielles de façon synonyme.

3.2 PROBLEMATIQUE : La médiation interactive et matérielle des formats visuels en analyse de données biologiques

Afin de mieux comprendre *comment* les formats visuels soutiennent le travail de construction et d'exploration sémantique des données par les scientifiques, nous proposons d'étudier *comment* s'organise, en pratique, le phénomène de médiation entre un scientifique individuel en action et les données dont il cherche à faire sens, par le biais de la manipulation des formats visuels qu'il mobilise à cette fin.

3.2.1. Hypothèses de recherche

Nos hypothèses sont les suivantes :

La médiation peut être comprise comme un *phénomène pratique* et étudié dans sa dimension *phénoménologique*.

Cette médiation, envisagée comme un phénomène pratique, se réalise notamment parce que les formats visuels présentent des propriétés spécifiques.

- Ces propriétés sont *praxéologiques*[‡] au sens où elles se réalisent *au travers de la manipulation de ces formats*. Il faut pour cette raison étudier les formats visuels *au cœur de l'action* pour identifier et comprendre leurs propriétés *comme des conditions du phénomène pratique de médiation*.

- Ces propriétés *praxéologiques* des formats visuels ont à voir avec leur *matérialité*.

À ce stade, la matérialité des images est entendue comme l'organisation de leurs *éléments plastiques*[‡] –substance et forme–, telle qu'elle permet à l'image d'être manipulable et de présenter certaines *propriétés sémiotiques*[‡]. dans le cadre plus large du *dispositif institutionnalisant*[‡] dans lequel elles s'inscrivent.

- Cette médiation comme phénomène pratique se réalise non seulement par l'activation des propriétés *praxéologiques* des formats visuels, mais aussi de par la mobilisation du *vécu expérientiel*[‡] des scientifiques en activité.

- Il faut pour cette raison pouvoir étudier le *vécu*[‡] individuel de l'activité par le

scientifique et l'articuler à l'interaction matérielle dynamique qu'il réalise avec les formats visuels durant son activité.

3.2.2. **Objet scientifique**

Notre objet scientifique est le phénomène pratique de médiation qui permet la transformation des données expérimentales scientifiques en informations pertinentes pour la recherche, au travers de la manipulation de formats visuels. Ce phénomène pratique de médiation articule des dimensions temporelles, affectives, sensorielles et perceptuelles avec des opérations matérielles et des propriétés sémiotiques.

3.2.3. **Objet de recherche**

Nous souhaitons identifier des propriétés et des mécanismes de la relation phénoménologique ainsi tissée entre des formats visuels, le scientifique qui les manipule et les données expérimentales, dans des activités individuelles d'analyse de données sur ordinateur. Notre objet de recherche est donc le phénomène de médiation des données en informations pertinentes pour la recherche, saisi d'un point de vue matériel, sémiotique et expérientiel *comme* une relation phénoménologique entre le scientifique, ses données expérimentales et les formats visuels qui mettent en image ces données.

3.2.4. **Questions méthodologiques**

Les questions méthodologiques qui se posent à nous sont les suivantes :

- Si les modalités du geste et de la parole constituent des points d'entrées privilégiés pour l'étude de la mobilisation en action des formats visuels de science, comment peut-on étudier les modalités de leur mobilisation lorsque les gestes incarnés se font plus rares, les yeux rivés sur l'écran d'ordinateur et la main appuyée sur une souris ?
- Si les propriétés praxéologiques des images scientifiques ont à voir avec leur matérialité telle que nous l'avons définie, comment observer finement cette matérialité au cours d'une activité, moment par moment ?
- Comment accéder à l'expérience du scientifique, à son vécu individuel ?

3.2.5. Questions de recherche

Les questions de recherche que nous nous posons sont les suivantes :

- Quels sont les affects d'un acteur humain au cours de son activité, et en quoi cela influence-t-il son interaction avec des formats visuels ? La dimension affective, émotionnelle, impliquée dans les activités d'analyse de données expérimentales peut-elle nous aider à comprendre comment les pratiques visuelles se déroulent de sorte à mener à bien l'analyse de données ? Autrement dit, quel est le rapport entre le vécu expérimentiel du scientifique et les manipulations visuelles au cours de l'activité ?

- Serait-il possible que, dans le cas des activités individuelles sur ordinateur, les capacités de distinction et d'analyse du champ perceptuel par les scientifiques ne reposent pas sur la conjugaison des différentes modalités que nous avons abordées au travers de notre état de l'art ? Autrement dit, est-il possible que l'analyse individuelle sur ordinateur ne soit pas multimodale ?

- En quoi la matérialité des formats visuels joue-t-elle un rôle dans la perception et le déroulé de l'action par le scientifique acteur ? Y-a-t-il un régime spécifique de l'image mis en œuvre dans la manipulation de ces formats visuels ? Comment le scientifique opère-t-il les formats visuels qu'il mobilise ?

3.2.6. Enjeux

Nous proposons que l'articulation de la matérialité des images au vécu de l'activité par un scientifique et au déroulé effectif de cette activité nous permettrait d'en apprendre davantage sur *ce que nous font les images* tandis que *nous faisons avec elle*. Repartant de notre approche qui vise à articuler différentes dimensions de l'activité d'analyse, nous explorerons, dans la partie suivante les questions méthodologiques qui se posent à l'étude de notre objet ainsi que la méthodologie que nous avons mise au point pour y répondre.

PARTIE 2 :
**Méthodologie et
Terrain**

Etudier les formats visuels comme des objets pratiques d'expérience vécue

Notre objet de recherche est le phénomène de médiation des données en informations pertinentes pour la recherche, saisi d'un point de vue matériel, sémiotique et expérientiel *comme* une relation phénoménologique tissée entre le scientifique, ses données expérimentales et les formats visuels qui les mettent en image. Nous souhaitons identifier des propriétés et des mécanismes de la relation phénoménologique ainsi tissée. Pour étudier ce phénomène, nous proposons d'observer *in situ* les scientifiques durant leur travail d'analyse individuel sur ordinateur. Notre approche invite ainsi à articuler différentes dimensions de l'activité (matérielle, sémiotique, expérientielle), ce qui pose plusieurs enjeux méthodologiques.

D'une part, pour saisir l'activité d'analyse des données expérimentales comme *pratique*, il nous faut récolter des traces, des observables qui permettent de la resituer et de l'étudier dans son contexte et sa situation, comme un « repository of the detailed make-up of the work's accountability » (Lynch, 1985a, p.7). En d'autres termes, nous souhaitons trouver un moyen d'obtenir des enregistrements qui ne constituent pas simplement des « données descriptives » (traduit de *Ibid.*) mais « comprennent les conditions scéniques pour l'analysabilité du travail dans ses paramètres organisationnels » (*Ibid.*).

D'autre part, afin d'accéder aux *émotions, perceptions* et *sensations* des scientifiques, nous devons trouver un moyen d'atteindre le *vécu expérientiel* (Cahour et al., 2007) de l'activité par le scientifique en dépassant le comportement observable pour saisir ce qui se joue *dans l'action*.

Concernant les formats visuels manipulés, puisque nous nous intéressons au rôle joué par leur *matérialité*, qui concerne la relation entre leurs éléments matériels (forme et substance) et leur dispositif, il nous faut trouver un moyen d'enregistrer et de transcrire les manipulations matérielles qui intègre à la fois leur nature dynamique (émergente et évolutive dans le temps), et les différents états morphologiques qu'elles produisent du côté de l'image.

Enfin, nous devons trouver un moyen permettant d'articuler les différents points de vue et niveaux observationnels récoltés : la perspective d'observateur extérieur, la perspective et le vécu expérientiel du chercheur, les opérations réalisées au travers de l'interaction avec des formats visuels ainsi que l'évolution

de la morphologie de ces visuels *au cours* de l'activité. Il s'agit donc de pouvoir rendre observable un déroulé non seulement synchronique, comme l'état à un moment T d'un format visuel, mais aussi diachronique, comme l'enchaînement de diverses opérations croisées avec leurs effets sur le format visuel et les états émotionnels du scientifique en activité.

Ces différents points ne sont pas sans rencontrer des difficultés d'ordre méthodologique que nous abordons ici au travers de pistes tirées de la littérature en ethnométhodologie et en étude de l'activité, avant de présenter comment notre méthodologie entend répondre à nos problématiques en se saisissant des directions ainsi suggérées.

4. Questions méthodologiques

CONTENU

L'objet de ce chapitre est de présenter les enjeux méthodologiques posés par notre objet de recherche, le phénomène de médiation des données en informations tel qu'il s'articule au travers de pratiques visuelles, que l'on considère fondé dans la relation phénoménologique qui s'organise entre scientifiques et formats visuels.

Dans un premier temps nous abordons le problème de l'*observabilité* de notre objet d'étude mais aussi le problème posé par la *restitution* de son observation pour analyse. Nous explorons ce point problématique au travers des apports de l'ethnométhodologie. Nous exposons ensuite notre hypothèse méthodologique (point méthodologique 1).

Dans un second temps, nous abordons le problème posé par, d'une part, l'obtention de données relatives à des qualités non observables de l'activité saisie dans sa dimension phénoménologique et, d'autre part, les enjeux posés par l'articulation de données de différentes natures : celles qui concernent l'*expérience vécue* du scientifique, celles qui concernent le déroulé temporel et dynamique de l'activité concrète et celles qui concernent les opérations matérielles réalisées en activité. Le domaine des études de l'activité nous fournissent quelques pistes de réflexion à ce sujet, qui nous permettent de poser des requis méthodologiques (point méthodologique 2).

Dans un troisième temps, ayant exposés les points d'attention à retenir pour la mise en place de notre méthodologie, nous explorons au travers de la littérature des pistes méthodologiques pour *explicit*er les dimensions *vécues* et *concrètes* de l'activité.

Dans un quatrième temps, nous explorons au travers de la littérature des pistes méthodologiques pour récolter des données concernant les *manipulations matérielles* des scientifiques et articuler ces dernières à la dimension vécue et concrète de l'activité.

Enfin, sur la base de ces différents moments, nous exposons les différents requis méthodologiques que nous retenons pour notre thèse.

4.1 Point problématique #1 : Accéder aux dimensions phénoménologiques vécues de l'activité

Nous l'avons évoqué : étudier les formats visuels dans leur dimension dynamique *en pratique* n'est pas sans poser certains problèmes : « rapporter » (Latour, 1993, p.179) avec soi le monde observé –ici les performances interactives du terrain telles qu'elles se sont déroulées– et pouvoir les analyser dans leur dimension à la fois « praxéologique, située, incarnée et matérialisée » (Mondada, 2008a, p.220) s'avère riche en exigences (Mondada 2017b, Mondada 2017c).

D'une part, la question de l'observabilité du phénomène interactif se pose : *en quoi* une pratique *se faisant* est-elle observable *en tant que* pratique *se faisant*, justement ? *Comment* pouvons-nous *approcher* et *transcrire* l'activité d'une façon qui conserve sa nature émergente, dynamique et multimodale, autrement dit la *décrire* dans son articulation *praxéologique* ?

4.1.1. L'ethnométhodologie et le problème de la « descriptibilité »

Nous avons vu au chapitre 1 (1.2.2.1) que l'ethnométhodologie, qui se consacre à étudier les « actions pratiques et les raisonnements pratiques in situ » (traduit de Bjelic & Lynch, 1994, p. 705), a exploré cette problématique de *l'observabilité* et de la *descriptibilité* des pratiques par le concept d'*accountability*[#] (Lynch, 1993).

Pour rappel, l'enjeu de l'ethnométhodologie est de comprendre comment les acteurs procèdent en situation pour mener à bien leurs activités en étudiant les « méthodes de raisonnement pratique » qu'ils mobilisent (traduit de Lynch, 1993, p.5). Autrement dit, il s'agit de saisir *les méthodes*, les *modes de faire*, tels qu'ils sont adoptés pragmatiquement par les acteurs en train de réaliser des actions pour mener à bien le déroulé pratique de leur activité. Le phénomène d'intérêt de l'ethnométhodologie, c'est donc ce *déroulé pratique en acte*, autrement dit, il s'agit de pouvoir saisir *comment* la pratique s'organise *pragmatiquement* entre les différentes parties prenantes d'une activité. En cela l'approche ethnométhodologique est nécessairement située : les façons dont les membres d'une activité étudiée agissent, réagissent et inter-agissent au cours de l'activité est précisément l'unité étudiée par l'ethnométhodologue.

Néanmoins, le principe selon lequel il est possible d'étudier les façons (les méthodes) par lesquelles ces pratiques s'organisent n'est pas sans poser des difficultés méthodologiques. La restitution de l'activité observée *comme* une manifestation des méthodes pratiques des membres de l'activité n'est pas évidente (Lynch, 1993, 1985a). L'un des problèmes qui se pose aux ethnométhodologues est donc de s'assurer que leur phénomène d'intérêt, cet *achèvement pratique de la pratique*, est observable et descriptible –*accountable*–, afin de pouvoir être analysé. Sinon, la pratique ne peut pas être étudiée dans une approche ethnométhodologique.

Or l'ethnométhodologie défend l'idée que, durant une activité collaborative, les différentes personnes en activité rendent leurs actions *observables et descriptibles* aux autres participants de cette même activité, de sorte à ce que ces derniers puissent se situer vis-à-vis de ces actions, en faire sens, y réagir...et ainsi permettre à la pratique de suivre son cours. En d'autres termes, l'*accountability* désigne le résultat du processus par lequel, dans l'activité, les acteurs agissent et, dans un même temps, rendent leur action intelligible aux parties prenantes de cette même activité, permettant à cette dernière d'être accomplie collectivement. Cette *accountability* implique donc que les activités ont la capacité, du moins pour leurs membres, de se décrire elles-mêmes au cours de leur accomplissement, du fait de ces agissements qui se rendent eux-mêmes *observables et descriptibles* : c'est le principe de *réflexivité ethnométhodologique*. C'est cette réflexivité qui permettrait à l'ethnométhodologue de « repérer et examiner » (Theureau, 2004, p.15) l'occurrence des actions pratiques dans leurs circonstances pratiques.

Mais, d'une part, si les membres de l'activité rendent bien leurs méthodes observables et descriptibles pour les membres de cette même activité, *comment* un acteur extérieur, qui n'est pas membre –l'ethnométhodologue– peut-il obtenir l'accès à cette *observabilité-et-descriptibilité* ? Bien que les méthodes soient dites *ordinaires*, elles mobilisent des savoirs spécialisés, pratiques, propres à une communauté, qui engagent parfois l'utilisation de termes abscons pour le profane et, dans le cas du domaine scientifique, des appareillages techniques qui sont « souvent d'une redoutable complexité aux yeux du non initié » (Allamel-Raffin, 2009a, p.5). En outre, des relations d'intérêts dans l'action, qui sont évidentes pour les membres de la communauté, peuvent être indiscernables de prime abord par l'observateur extérieur (Lynch, 1985a). Pour ces raisons, il faut veiller à obtenir un certain rapport de familiarité avec le milieu étudié.

4.1.2. La réflexivité ethnométhodologique appliquée aux questions méthodologiques

Nous avons explicité ce qu'était l'*accountability* des pratiques ordinaires étudiées par les ethnométhodologues et montré en quoi elle constitue la *condition* sur laquelle se fonde la possibilité d'étudier les ethno-méthodologies.

Mais, d'autre part, *comment* faire en sorte de *conserver* cette *observabilité-et-descriptibilité* dans la restitution du terrain ? Pour veiller à l'*observabilité-et-descriptibilité* de leur propre phénomène d'intérêt¹⁷⁷, un processus de réflexivité supplémentaire est nécessaire aux ethnométhodologues. Il s'agit de déterminer *ce qui constitue l'observabilité-et-la-descriptibilité* de ces méthodes du point de vue des *données récoltables* par l'ethnométhodologue. Ainsi, un *dispositif* de récolte de données et de leur *transcription* est nécessaire, qui permette d'en retenir la dimension située.

4.1.3. Synthèse des points d'attention

En nous basant sur ces approches ethnométhodologiques, nous retenons que si l'on souhaite observer le travail des scientifiques comme un ensemble de pratiques incarnées dans des conditions particulières –locales– de conduites, il faut :

se familiariser avec le milieu *spécialisé* que l'on souhaite étudier de sorte à pouvoir identifier des traits *pertinents* de la pratique tels qu'ils sont *pertinents* pour les membres de cette pratique.

considérer *comment* les matériaux collectés, et nos modes de restitutions, peuvent *retenir* et *montrer* les caractéristiques de la pratique étudiée *comme* un *achèvement pratique*.

177 Les méthodes pratiques d'action et de raisonnement ordinaires des membres d'une activité, qui produisent elles-mêmes une observabilité-et-reportabilité de ces méthodes entre participants d'une même activité.

Nous devons donc chercher dans quelle mesure la pratique de nos acteurs, dans le cadre d'une activité individuelle sur ordinateur, peut quand même participer d'une *accountability* jusqu'alors adressée dans le cadre de pratiques collectives¹⁷⁸.

[POINT METHODOLOGIQUE #1] Notre première point méthodologique est une hypothèse : nous proposons, d'une part, qu'il est nécessaire de mettre en place un dispositif méthodologique permettant d'accéder à des dimensions implicites et subjectives de l'action et que, d'autre part, il faut pouvoir accéder finement aux *détails* de l'action réalisée sur ordinateur.

4.2 Point problématique #2 : Relier la pratique matérielle à l'expérience vécue

Relier l'expérience vécue d'un acteur à ses pratiques matérielles implique qu'on dépasse les *observables*, ce qui peut être perçu par un observateur extérieur (Cahour, *et al.*, 2018), pour atteindre ce qui se joue dans l'action vécue. Des études récentes organisées autour d'un intérêt grandissant pour l'expérience vécue des interactions matérielles proposent d'articuler une approche « micro-phénoménologique » (Prpa & al. 2020, p.1). L'idée est d'éliciter « des descriptions fines et de déployer les structures d'expérience » (Ibid).

Nous l'avons explicité plus tôt : afin d'étudier la relation phénoménologique entre les scientifiques et leurs visualisations graphiques permettant de transformer leurs données en informations, nous devons récolter des données avec une forte granularité concernant les composants non-observables de l'activité relatifs à l'expérience individuelle du scientifique (Hogan *et al.*, 2016).

Néanmoins, pour accéder à la dimension phénoménologique des pratiques matérielles et présenter leur dimension interactive nécessite aussi d'articuler une variété de matériaux de différentes natures : des données relatives à l'évolution des détails morphologiques des formats d'inscription en rapport aux actions ef-

178 A noter que Lynch (1991a, 1985a) évoque déjà le problème de l'observabilité des pratiques qui nous intéressent, où un acteur individuel mobilise un ordinateur sans nécessairement déployer d'interactions inter-humaines directement observables. Lynch l'évoque par exemple lorsqu'il explique que « Pour de longues périodes de temps, un ou quelques individus allaient s'asseoir silencieusement, tapant au clavier de leur ordinateur, ou gribouillant des notes en regardant des dispositifs de visualisation des données » (Lynch, 1991a, p.53). En revanche à notre connaissance, le problème est évoqué mais ne fait pas l'objet d'élaborations théoriques ou méthodologiques.

fectuées par le scientifique (Alač, 2011 ; Mondada, 2008b), des données renseignant les pensées, émotions et perceptions du praticien (Cahour *et al.*, 2016), mais aussi des données permettant d'obtenir un détail fin du déroulé concret des opérations réalisées.

La littérature souligne que pour articuler des matériaux de différentes natures, il faut pouvoir les *temporaliser*, c'est-à-dire les rendre commensurables à la temporalité de l'action dans laquelle ils s'inscrivent et qui est elle-même émergente (Cahour, *et al.*, 2018 ; Mondada, 2017b, 2008b, 2008a), en d'autres termes, l'articulation de la dimension matérielle à la dimension effective et vécue de l'action se fait à la condition d'une similarité temporelle forte entre les données récoltées.

[POINT METHODOLOGIQUE #2] Notre second point méthodologique est que pour articuler des données concernant le vécu du scientifique à des données concernant les opérations matérielles et le déroulé concret de l'activité, il faut veiller à collecter des types de matériaux qui aient un grain temporel similaire.

4.3 Pistes méthodologiques #1 : Accéder à l'expérience individuelle : l'entretien d'explicitation

Pour accéder à l'expérience individuelle vécue d'une activité, des méthodes ont été proposées dans les années 1990 par le psychophénoménologue Pierre Vermersch souhaitant « dépasser l'implicite, exprimer ce qui spontanément reste tacite dans la réalisation d'une action » (Kéradec *et al.*, 2018, p.64) et, d'autre part, par les ergonomes Leonardo Pinsky et Jacques Theureau dans leurs travaux sur la *cours d'action* (Theureau, 2010). Les apports méthodologiques des entretiens d'explicitation répondent à l'ambition, pour l'enquêteur, d'être capable de saisir les dimensions implicites et subjectives de l'action vécue d'un sujet actant. Ces apports s'inscrivent, malgré certaines différences théoriques, dans le paradigme de la cognition incarnée et située¹⁷⁹ (Vermersch, 2019 ; Theureau, 2004 ; Varela,

¹⁷⁹ Nous différencions bien incarnée et située. La cognition (comprise dans un sens très large de capacité à penser, faire sens) est incarnée car le corps dans son intégralité y joue un rôle essentiel. Comme Vermersch (2019) le souligne le terme incarné, qu'il emprunte à la théorie de la cognition incarnée de Varela (Varela *et al.* 1991), désigne « un point de vue qui prend en compte la relation vivante à l'expérience, qui regarde la cognition comme reliée au corps, à la tonalité émotionnelle dans une interaction vivante. » (s.p.). Nous parlons de cognition située car l'interaction de ce corps expérientiel est aussi le fruit d'une interaction avec son environnement et cet environnement lui-même, en dehors de sa saisie par ce corps expérientiel, influence les modalités de penser et d'agir de l'acteur en situation.

et al., 1991). Il s'agit dans le cadre de ces entretiens de viser la verbalisation descriptive des aspects du vécu. Comme la méthodologie de Vermersch a déjà été utilisée pour étudier le vécu expérientiel de personnes dans des activités centrées sur l'interprétation de visualisations (Hogan *et al.*, 2016), nous nous sommes concentré sur elle.

4.3.1. Ce qui est visé : la dimension procédurale de l'activité.

La méthode d'entretien proposée par Vermersch se concentre en fait sur la « dimension procédurale » (Vermersch, 2019, s.p.) de l'activité : il s'agit du déroulé *effectif* de l'action. Autrement dit, des actions effectivement réalisées par un acteur au cours de son activité et leur déroulement tel qu'il est réellement ordonné. La dimension procédurale concerne donc « le déroulement détaillé d'une action » (Nicolas, 2015, p.5) et son exploration permet de recouvrir finement l'organisation du flux temporel de l'action et la façon dont les actions sont *effectivement* réalisées au cœur de l'activité.

La dimension procédurale se différencie des autres dimensions de l'action (Vermersch, 2019) qui se rapportent à l'activité et « qui renseignent sur le 'non-vu' de l'action, sur ce qui entoure l'action. » (Nicolas, 2015, p.4). Elles sont de l'ordre :

- de l'intentionnalité (les objectifs/buts, les intentions)
- du déclaratif (savoir théorique, formalisé et normatif à propos de l'activité),
- de la contextualité (l'environnement, les circonstances)
- de l'évaluation (les opinions, les croyances, les évaluations subjectives).

4.3.2. Ce qui peut être obtenu : des informations concernant l'expérience vécue de l'activité au-delà de la dimension procédurale.

La méthode de Vermersch se concentre particulièrement sur la dimension procédurale, autrement dit sur « (...) la succession des actions élémentaires que le sujet met en œuvre pour atteindre un but. ». Ainsi, comme il l'indique (Vermersch, 2019) :

« La mise en mots de l'action ne se confond pas avec la verbalisation de l'émotion qui a pu être présente au moment de l'action, et qui peut

réapparaître avec le rappel de l'action. Elle ne s'identifie pas avec le vécu sensoriel, ni avec le vécu de l'aperception, même si elle est en relation avec ces aspects, par le fait que ces domaines relèvent aussi du vécu épistémique (au sens d'activité de connaître). » (s.p.)

Autrement dit, le *vécu de l'action* est une composante de la globalité de ce qui est vécu par l'acteur, un *domaine* de vécu spécifique (Vermersch, 2019, *La verbalisation du vécu de l'action*, s.p.). Pour autant, la méthodologie d'entretien mise au point par Vermersch permet aussi de recouvrir des dimensions subjectives de l'action telle qu'expérimentée par les acteurs, puisqu'elle engage tout de même la verbalisation du domaine de l'émotion, du vécu sensoriel et du vécu de l'aperception, qui émergent durant le ressouvenir de l'action sollicité par la méthode d'explicitation. C'est d'ailleurs pour ces raisons qu'il a été proposé d'utiliser cette méthodologie pour étudier justement l'expérience vécue de personnes avec des représentations de données (Hogan & al., 2016). Comme l'explique Vermersch, l'entretien d'explicitation mobilise une « *position de parole incarnée* » (Vermersch, 2019, s.p.) :

« De ce fait, les dimensions sensorielles et affectives sont présentes. Ce caractère d'une pensée reliée à l'expérience me conduira à utiliser le terme de pensée « incarnée » et de position de parole incarnée (...) » (Vermersch, 2019, s.p.).

Or nous avons proposé que les *émotions* du sujet actant pouvaient avoir une importance pour mieux comprendre la *relation phénoménologique* entre scientifiques, données et formats visuels en tant qu'elle *participe* du *phénomène de médiation* des données expérimentales en informations pertinentes pour une recherche entreprise. En ce sens, l'obtention d'informations concernant ces autres *domaines* du vécu nous est précieuse.

4.3.3. Comment ce qui est visé est atteint : questions vides et marqueurs d'évocation

Pour atteindre la dimension procédurale, l'entretien d'explicitation repose sur des techniques de verbalisation particulières. D'une part, il s'agit de poser des questions vides de contenu qui permettent de se concentrer sur ce qui est arrivé et de *quelles façons*. On demande par exemple « Comment te sens-tu à ce moment-là ? », « Que fais-tu ? » Afin de focaliser le sujet sur le ressouvenir du vécu de la situation réelle. Ainsi ces questions permettent-elles dans ce même temps

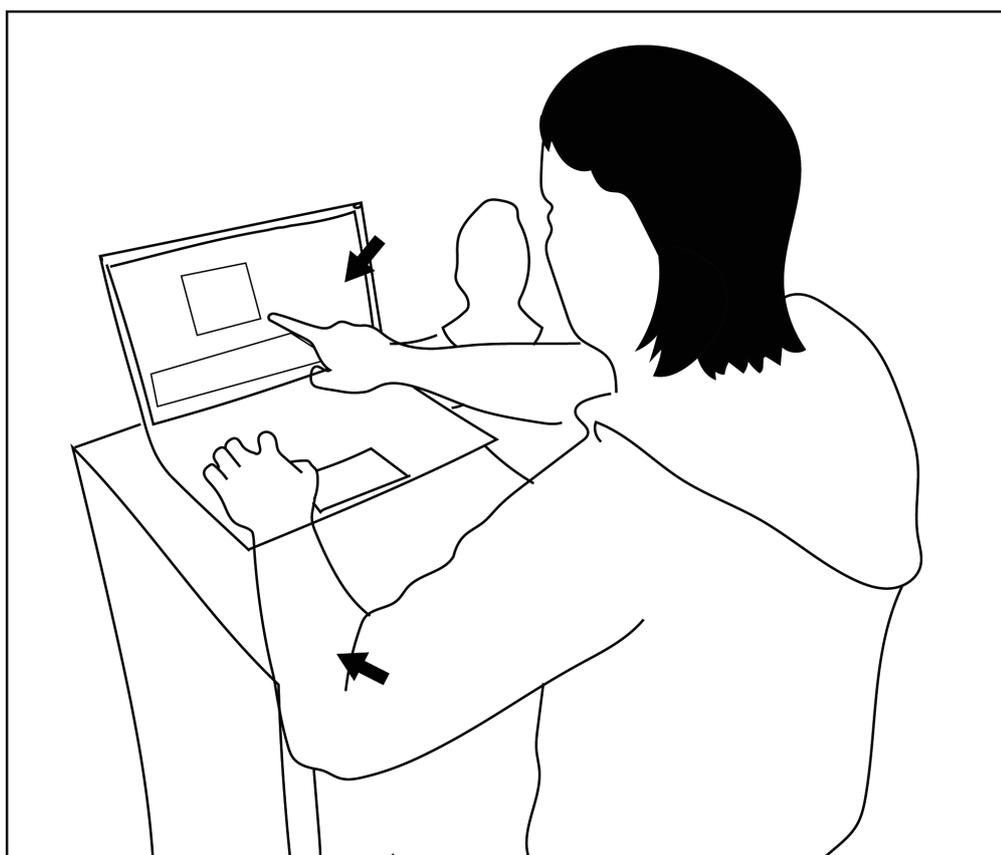
d'exploration de la dimension procédurale de verbaliser une autre dimension que celle de l'action proprement dite : par exemple, on sollicite l'expression du *vécu sensoriel* de l'acteur, e.g. « Comment est-ce que tu respires à ce moment-là ? » qui peut aussi ramener l'acteur à son *vécu émotionnel*, comme par exemple « Comment est-ce que tu te sens à ce moment-là ? », question à laquelle l'acteur peut répondre du point de vue de ses *sensations* (e.g. : j'ai froid à ce moment-là) ou du point de vue de ses *émotions* (e.g. : je me sens stressé à ce moment-là).

Un des apports méthodologiques de la technique proposée par Vermersch est de donner des marqueurs permettant d'attester de la validité de la méthode d'entretien se faisant, c'est-à-dire, de pouvoir, durant l'entretien, avérer de l'état d'évocation de son interlocuteur, de sa position de parole *incarnée* et donc de la nature *vécue* de ses verbalisations (Vermersch, 2019). Ces marqueurs sont *incarnés* : tendance du sujet à regarder dans le vide lors de l'état d'évocation, gestes métaphoriques, ou, par exemple, emploi de la première personne et du présent. Il faut donc veiller durant l'entretien à repérer ces différents marqueurs pour évaluer la position de parole adoptée par l'entretenu et l'articuler à l'analyse.

Il faut cependant aussi noter que la dimension intentionnelle (les objectifs, les intentions) et la dimension contextuelle (l'environnement, les circonstances) qui ne sont pas de l'ordre du *vécu expérientiel* sont complémentaires pour éclairer l'action : même si leur verbalisation au sein de l'entretien d'explicitation signifie que l'interlocuteur est sorti de son état d'évocation et peut ainsi être sujet à davantage de biais de post-rationalisation, ces dimensions devraient nous permettre de mieux saisir *comment* les formats visuels accompagnent les pratiques d'analyse des scientifiques.

4.4 Pistes méthodologiques #2 : Etudier les pratiques matérielles, interactives et multimodales : enregistrer et restituer l'activité *se faisant*

Néanmoins, puisque nous souhaitons mettre en dialogue le vécu des scientifiques à l'évolution morphologique des formats visuels, notre intérêt ne peut se limiter au ressouvenir de l'action. Nous avons tiré de la littérature quelques



[FIG.1] Schéma réalisé à partir du principe mobilisé par Alač (2011, p.75) : ici nous schématisons une personne devant son ordinateur qui pointe quelque chose affiché à l'écran.

pistes permettant de récolter et transcrire des informations relatives aux manipulations matérielles effectuées par les scientifiques durant leur travail et plus particulièrement des pistes qui permettent de *coordonner* ces manipulations matérielles avec d'autres modalités comme la parole ou les gestes.

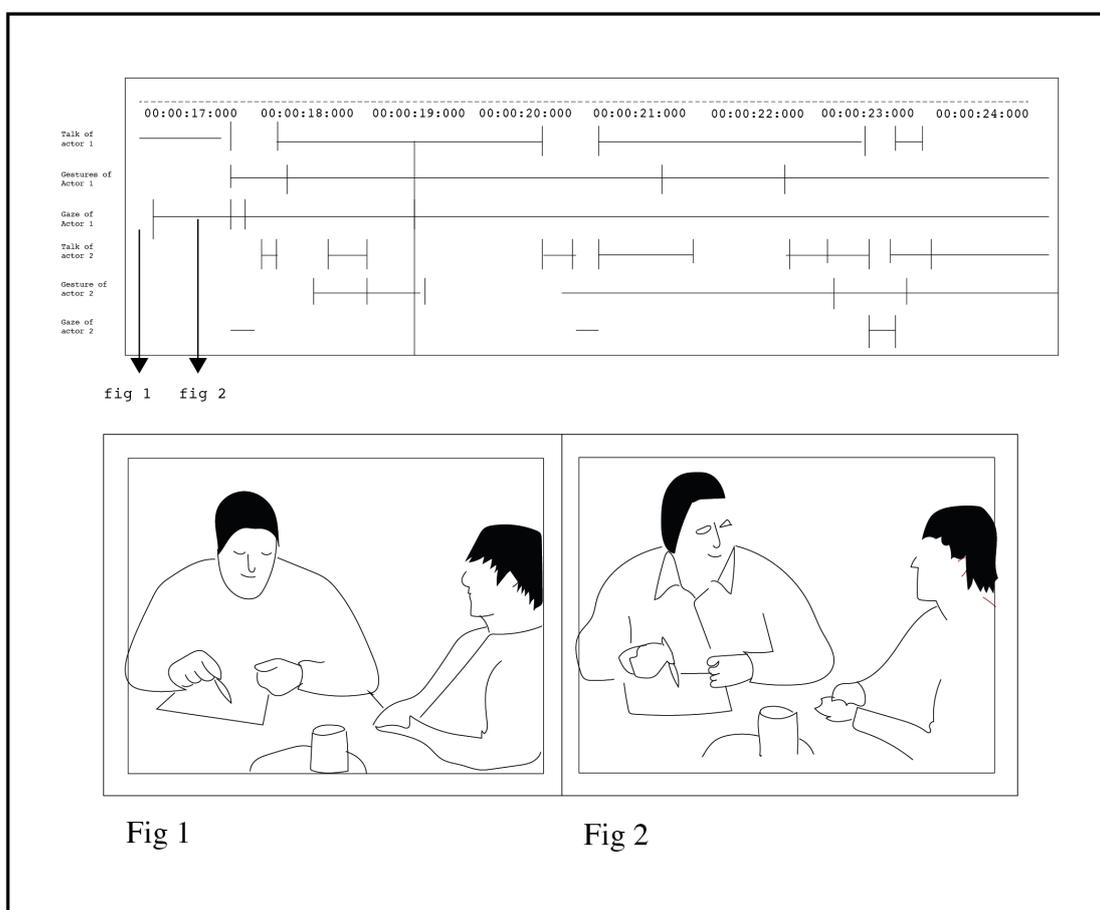
4.4.1. Articuler des multimodalités sémiotiques

Pour étudier les pratiques multimodales d'analyse d'imagerie du cerveau par des neuroscientifiques, Morana Alač a notamment proposé de suivre les recommandations du sociologue Charles Goodwin concernant l'implémentation des éléments visuels à l'analyse conversationnelle (Alač, 2011, 2014). Pour rappel, les études de cas de Alač montrent comment les scientifiques inter-agissent autour et *au travers* de l'écran d'ordinateur mobilisé durant leur activité pour faire sens des scans affichés graphiquement sur ce dernier. Elles sont donc particulièrement intéressantes pour ouvrir une piste à l'étude des activités sur ordinateur.

Afin de restituer son observation *in situ* dans sa corporéité, c'est-à-dire, l'*incarnation* de l'activité dans le corps des chercheurs, Alač réalise des dessins à la ligne claire des scènes qui l'intéressent et les annote de symboles déictiques pour désigner la direction des gestes effectués par les scientifiques [FIG.1]. Ces symboles déictiques mettent en avant, dans un même temps, à la fois la présence et l'efficacité du geste, et les articule au contexte local dans lequel ils adviennent, comme par exemple un geste qui pointe vers l'écran d'ordinateur (Alač, *Ibid*).

Alač met aussi en forme des figures qui cherchent à *montrer* à son lecteur les différences entre deux affichages successifs sur écran d'ordinateur. Pour ce faire, elle croise un montage composite qui met côte à côte deux visuels qui ont été affichés successivement dans le cours de l'activité, à une vue plus globale de l'interface logiciel où sont disposés les visuels et à une description textuelle – dans le corps de texte – qui explique les modalités de cet affichage (Alač, 2014, pp.67-68).

Même si, comme nous l'avons amplement décrit, le travail de Alač ne se concentre pas uniquement sur le champ graphique des images, il constitue une base très intéressante pour l'étude coordonnée de plusieurs modalités sémiotiques.



[FIG.2] Schéma basé sur une figure de Mondada (2008b, p.145) : les flèches qui partent de la partition permettent d'indiquer leur correspondance à des extraits vidéos et ainsi de montrer le déploiement de la gestuelle au cours du temps..

4.4.2. Articuler différents niveaux d'expériences

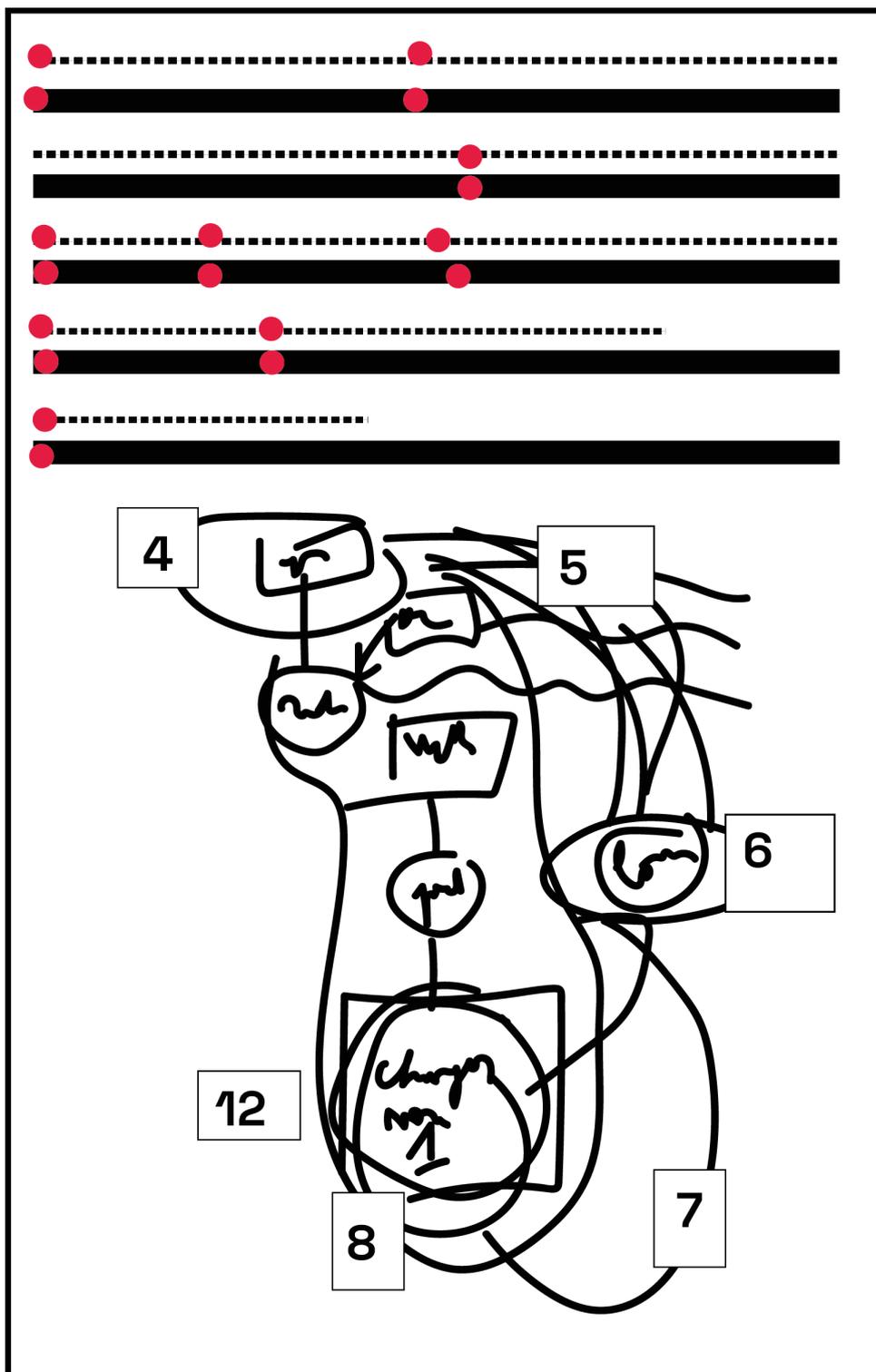
Dans notre cas néanmoins il s'agira plutôt d'articuler différents *niveaux* d'expérience (*procédural, émotionnel*) et *types* de données (*discours expérientiel* et *transformations visuelles*).

Dans cette idée, le travail de [Lorenza Mondada \(2008a\)](#) constitue une seconde piste féconde. Linguiste versée en ethnométhodologie et analyse conversationnelle, Mondada va étudier les modalités de collaboration entre des agronomes et des informaticiens qui tentent d'élaborer un langage spatial afin de modéliser collectivement des tenues agricoles (les diverses dispositions et organisations des installations et infrastructures agricoles). Pour ce faire, la linguiste développe une méthodologie à la fois de transcription des données, mais aussi de récolte des données en soi –comment s'y prendre par exemple pour enregistrer en vidéo les interactions autour d'une carte en papier– pour articuler « *différentes matérialités signifiantes* » (Mondada, 2008a, p.220), articuler texte et images en les articulant « *au temps de l'action* afin d'en reconnaître la dimension émergente, dynamique, transformée par et dans l'interaction. » (*Ibid.*).

Pour la récolte de données multimodales, Mondada mobilise ainsi un dispositif d'enregistrement des séances d'échanges entre agronomes et informaticiens qui est multi-sourcé : plusieurs caméras sont positionnées selon des angles différents. Une première caméra permet d'enregistrer les acteurs en cadrant l'ensemble de leur corps et leur disposition dans une pièce tandis qu'une seconde caméra est placée au-dessus de la table autour de laquelle prennent place les échanges, elle permet ainsi d'obtenir une vue en plongée en ayant sa lentille perpendiculaire au plan de travail. Quand cela est nécessaire, une troisième caméra est utilisée pour spécifiquement cadrer les tableaux blancs de la salle de réunion où les acteurs vont parfois inscrire des choses et/ou les commenter.

Pour la transcription des données ainsi acquises, Mondada développe une méthode de transcription qui permet d'articuler les différentes modalités d'action telles qu'elles sont *coordonnées* au cours de leur déroulé concret.

D'une part, elle mobilise une partition générée par un logiciel d'alignement multimodale (ELAN), qui permet d'aligner autant de niveaux multimodaux que souhaité ([Rioufreyt, 2018, p.111-113](#)) [FIG. 2] : ainsi une première ligne peut correspondre à la parole d'un acteur, la seconde à sa gestuelle, la troisième à son regard, la quatrième à la parole d'un second acteur, la cinquième à sa gestuelle... Mais cela permet aussi de visionner le fichier de l'enregistrement vidéo



[FIG.3] Schéma basé sur une figure de Mondada (2008b, p.148). Les lignes en pointillé sont les transcriptions de parole, les lignes noires transcrivent les gestes réalisés en précisant la localisation dans le champ de l'image par numéro. Les points rouges indiquent les astérisques qui permettent à Mondada d'indiquer précisément dans le flot de parole le moment où le geste matériel débute.

de l'activité et d'extraire des captures précises qui *déplient* pour ainsi dire les articulations en permettant de « voir donc comment sur un fragment d'environ 3 secondes une coordination très fine se fait » (Mondada, 2008b, p.139). Ce découpage méticuleux des enregistrements vidéos *alignés* aux transcriptions verbales ou descriptives permet d'observer des effets de croisements et de coordination avec une granularité très fine.

D'autre part, elle développe un système qui permet d'indexer les actions réalisées *autour* d'un artefact matériel, par exemple une carte, à l'artefact matériel conservé. Il s'agit de considérer que *durant* l'activité, l'artefact d'inscription est un artefact *dynamique*, un « 'objet temporalisé' qui n'est pas réduit à un objet inscrit, déjà là, figé, mais à un objet qui est produit dans le temps (...) et qui est mobilisé dans le temps aussi (dans les gestes-de-lecture) » (Mondada, 2008b, p.149). Sa méthode consiste à *temporaliser* l'artefact final, figé, en inscrivant des repères sur sa surface. Ces repères peuvent être utilisés pour indiquer la *spatialisation* des gestes réalisés autour et sur l'inscription. Ces repères, sous forme de numéros, sont inscrits dans la transcription des paroles et des gestes [FIG.3].

Ainsi, une première ligne transcrit les paroles échangées entre les participants, tandis qu'une seconde ligne note les opérations spatiales et de dessin réalisées par les participants sur les artefacts matériels mobilisés. Autrement dit, la transcription des paroles alterne (ligne par ligne) avec la description des gestes, des regards. Les deux niveaux sont liés par l'utilisation du symbole astérisque, qui permet de situer dans le flot de parole le *moment* où le geste est réalisé.

4.5 Requis méthodologiques pour étudier le phénomène de la médiation comme interaction pratique entre les dimensions matérielles et vécues d'une activité

Afin d'étudier la médiation comme un phénomène pratique d'interaction entre les dimensions matérielles, affectives, sensorielles, perceptuelles et procédurales d'une activité, nous avons besoin d'obtenir et d'articuler des données qui présentent une forte granularité concernant :

le vécu affectif, sensoriel et perceptuel des scientifiques

la dimension procédurale de l'action

les caractéristiques matérielles des visuels, dans leur temporalité synchrone et diachronique

D'une part, afin d'obtenir des données concernant le vécu affectif, sensoriel et perceptuel des scientifiques, mais aussi la dimension *procédurale* de l'action, nous avons besoin d'accéder aux dimensions implicites et subjectives de l'action du côté des acteurs. Pour ce faire, nous nous reposerons sur les méthodes d'explicitations présentées juste avant.

Néanmoins, d'autre part, pour articuler nos différents types de données afin d'étudier ce qui se joue dans leur intrication justement, il ne nous semble pas suffisant de privilégier la récolte de données ayant un grain temporel similaire (Cahour *et al.*, 2018). Certes, nous l'avons abordé, des logiciels de transcription multimodaux proposent déjà des moyens pour naviguer entre contenu vidéo et les enregistrements audio d'une même séquence d'activité, les modalités verbales, orales et visuelles pouvant ainsi être mises en corrélation. Par exemple, l'usage de marqueurs de temps consiste à indiquer à l'intérieur d'une transcription textuelle le minutage d'une vidéo ou d'une bande audio et permet ensuite en cliquant sur ledit marqueur de temps –qui est en fait un lien– d'accéder au moment précis de l'enregistrement (Rioufreyt, 2018, p.112). Durant un visionnage vidéo dans un logiciel de transcription multimodale, le transcripteur et analyste peut aussi entrer des annotations, qui sont situées sur la partition temporelle de la vidéo (Ibid, p.111-112). Dans les deux cas de figure, l'analyste peut

naviguer aisément du fichier vidéo à la transcription écrite et progressivement structurer l'entremêlement de ses données. Ce type de logiciel multimodaux est celui utilisé par Mondada pour obtenir une transcription sous format partition [FIG.2] (Mondada, 2008b).

Néanmoins, notre enjeu est que nous voulons coordonner non pas une transcription textuelle de l'activité elle-même, par exemple des paroles y étant prononcées, à son enregistrement vidéo, mais une transcription d'entretien d'explicitation – au contenu procédural mais aussi *matériel* de l'activité. Nous avons donc besoin de trouver une façon de *médier* entre ces différentes données, de sorte à recouvrir une correspondance entre les faits *tels que verbalisés* par nos acteurs et les faits *tels que montrés* par un enregistrement vidéo de l'activité se faisant qui lui-même doit permettre de recouvrir des détails fins du déroulé observable à l'écran.

Pour ce faire, nous avons d'abord besoin de rendre *observable et reportable* (*accountable*) notre phénomène d'intérêt qui est *phénoménologique*. Il nous faut obtenir une représentation sensible de la dimension procédurale et de sa dynamique d'émergence ainsi que de la *dimension* affective et sensorielle en *tant qu'elles se rapportent* aux modifications morphologiques des formats visuels *durant* l'activité.

Comme nous nous intéressons à une activité réalisée par un chercheur *individuel, isolé*, les représentations schématiques proposées par Alač [FIG.3] pourraient être adaptées : il s'agirait non pas de représenter l'interaction gestuelles entre des humains autour d'un format visuel, mais de représenter l'interaction entre un acteur assis face à son ordinateur et les formats visuels affichés sur son écran. La difficulté qui se pose à nous ici est de pouvoir présenter des détails fins et complexes de ce qui est *en train d'arriver visuellement* à l'intérieur de l'écran et de pouvoir articuler ces événements aux *actions et opérations* réalisées par notre acteur. Par exemple, si notre acteur clique sur le bouton de leur souris d'ordinateur, l'objectif est de pouvoir représenter le clic de souris *en train d'arriver sur l'écran*, plutôt qu'*en train d'arriver comme une gestuelle incarnée*. Nous voudrions aussi articuler l'*effet* de cette action au niveau des formats visuels.

Dans ce cadre, le dispositif textuel-visuel que propose Alač (2014, pp.67-68) est une piste mais qui nécessite d'être adaptée. D'une part, la dimension émergente du format visuel, évoquée par le texte de Alač, est peu sensible –le *rendu* visuel de la figure nous semble produire un effet encore trop *statique* et, d'autre

part, le dispositif reste encore assez en surface au niveau des transformations visuelles¹⁸⁰ (qui ne sont pas l'un des objets principaux de son étude) qui peuvent se révéler très fines.

[PROPOSITION 1] Nous avons besoin, d'une part, de récolter des données qui intègrent le flot des actions performées durant l'activité à la fois au niveau de l'acteur et au niveau de l'écran d'ordinateur. D'autre part, nous avons besoin d'un type de visualisation qui permet d'obtenir une idée intuitive de la structure rythmique de l'activité : le nombre, l'ordre et la variété des actions réalisées tout en les articulant à leurs effets matériels.

Concernant la récolte de données, il va s'agir de mettre au point une méthode qui permette de récolter des données d'un grain temporel similaire mais situé à un niveau d'attention différent (acteur – écran d'ordinateur).

Concernant le type de visualisation, la méthode de Mondada (2008a, 2008b) est un bon point de départ, mais comme elle est centrée sur la parole en interaction entre de multiples participants autour d'artefacts matériels, le format de transcription rend les unités d'actions distinctes réalisées durant l'activité difficiles à lire du point de vue des effets que les manipulations matérielles auraient sur la morphologie des formats visuels.

[PROPOSITION 2] Ainsi, nous avons besoin d'un format de transcription qui puisse être lu comme une vue diachronique et synchronique de l'activité centrée sur l'interaction visuelle.

Pour ce faire, nous avons développé une méthodologie de transcription qui mobilise les propriétés de la linéarité du texte mais aussi les propriétés diagrammatiques des symboles pictoriaux (Dondero, 2011b ; Gooding, 2010 ; Larkin & Simon, 1987). Cette méthode permet de lire les unités d'action de l'activité comme un flux continu et, en même temps, d'extraire des unités discrètes d'action quand cela est nécessaire pour l'analyse, afin de les rapporter à un autre type de données, comme la capture d'écran d'un format visuel ou un verbatim issu d'un entretien d'explicitation. Nous la décrirons au chapitre suivant.

180 Alač (2014) indique que « (...) pour identifier les visuels non alignés, les praticiens n'inspectent pas les visuels un à un mais utilise les commandes de la souris pour alterner les différentes vues des scans individuel sur l'écran d'ordinateur » (traduit, p.69) et indique que cela produit un effet de « mouvement apparent » que nous avons évoqué au chapitre 2 de la thèse : « La spécificité de l'apparence du mouvement dans le laboratoire d'IRMf concerne l'engagement des mains de l'observateur ; en engageant les dispositifs d'interfaces des ordinateurs, les praticiens dictent le rythme de la succession des visuels qui produisent l'illusion de mouvement » (*Ibid.*).

5. Méthode de la thèse

CONTENU

L'enjeu de ce chapitre est de présenter la méthodologie adoptée pour mener notre enquête de terrain.

Dans un premier temps nous présentons une vue d'ensemble de la méthode générale de la thèse, en détaillant le déroulé global de l'observation terrain et les types de matériaux qui constituent les données de notre thèse puis nous revenons plus en détail sur les modes de récolte de ces matériaux, en abordant pour chacun d'entre eux l'*objet* de leur récolte et le *moyen* employé pour ce faire.

Dans un second temps, nous présentons la méthode d'analyse des matériaux ainsi récoltés, en rappelant les enjeux de l'analyse, en présentant les méthodes de transcription des différents types de matériaux ainsi que les méthodes d'analyse employées.

Dans un dernier temps, nous revenons sur les intérêts auxquels répondent certains de nos choix méthodologiques vis-à-vis de notre objet d'étude ainsi que sur les difficultés que nous avons pu rencontrer pour les mobiliser ou pour mener notre analyse.

5.1 Méthode générale adoptée

Afin d'étudier les pratiques visuelles des scientifiques comme productrices d'un phénomène de médiation, nous avons séjourné dans un laboratoire de virologie pour mener une enquête de terrain.

Notre enquête a pris la forme d'une série d'observations directes, enregistrées à l'aide d'un appareil photo compact : nous avons ainsi composé un corpus d'études de cas portant sur des sessions d'analyse de données expérimentales acquises par les scientifiques (acteurs du terrain). Nous avons défini l'activité d'analyse comme l'analyse de données acquises à l'issue d'une expérimentation via une technique d'imagerie où les scientifiques visent la transformation de leurs données en informations pertinentes pour leur recherche.

Or, l'activité d'analyse peut prendre des formes variées selon le projet de re-

cherche dans lequel elle s'inscrit : nous avons identifié *avec* nos acteurs des séquences d'activités où des formats visuels seraient manipulés et où des données seraient transformées en information, autrement dit une activité ou un *contenu* signifiant allait être élaboré au travers de pratiques visuelles.

Les séquences de travail d'analyse que nous avons observées et analysées auraient entre une demi-heure et une heure. Nous avons étudié trois types d'analyses¹⁸¹, chacun des types correspondant à une étude de cas :

- L'analyse Western Blot, où nous avons observé une session avec un scientifique.
- L'analyse dite FACS, qui mobilise un procédé appelé « Cytométrie en Flux », où nous avons observé une session avec une scientifique.
- L'analyse d'images biologiques issues d'une microscopie confocale en fluorescence GFP, où nous avons observé une session avec un scientifique.

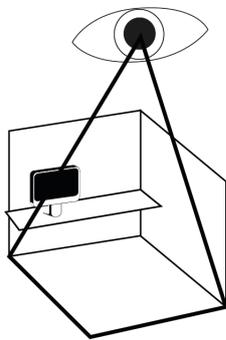
À la suite de chaque observation, nous avons mené un entretien d'explicitation avec chacun de nos interlocuteurs, *a posteriori* de l'activité observée.

Tout au long de notre observation de terrain, nous avons également récolté un certain nombre de traces de l'activité de recherche des biologistes chercheurs, enregistrées par le biais d'une prise de vue photographique. Ces dernières nous ont aidé à nous familiariser avec le travail quotidien et à inférer des hypothèses sur la place des formats visuels dans le travail de recherche des biologistes. Nous avons aussi pris des notes dans un journal de terrain et sur ordinateur.

Nous précisons qu'à l'instar d'autres recherches, notre méthodologie s'est construite « au fur et à mesure de notre enquête, en relation étroite avec notre terrain » (Catoir-Brisson, 2014, §7), de ses contraintes et de ses contingences. La méthode d'analyse des matériaux récoltés a d'ailleurs suivi le même chemin, nous y reviendrons.

Nous allons à présent détailler les modalités de récolte des différents types de matériaux récoltés pour obtenir des données sur notre terrain [FIG.4].

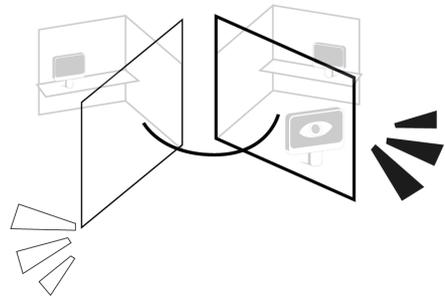
181 Ces trois types d'analyses seront présentés au dernier chapitre de cette partie (Chapitre 7).



OBSERVATION ACTIVITÉ
+ ENREGISTREMENT ACTIVITÉ



ENREGISTREMENT OUTILS



ENTRETIENS D'EXPLICITATION



ENTRETIENS SEMI-DIRECTIFS



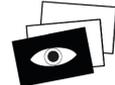
PRISE DE NOTES QUOTIDIENNE



CONVERSATIONS INFORMELLES

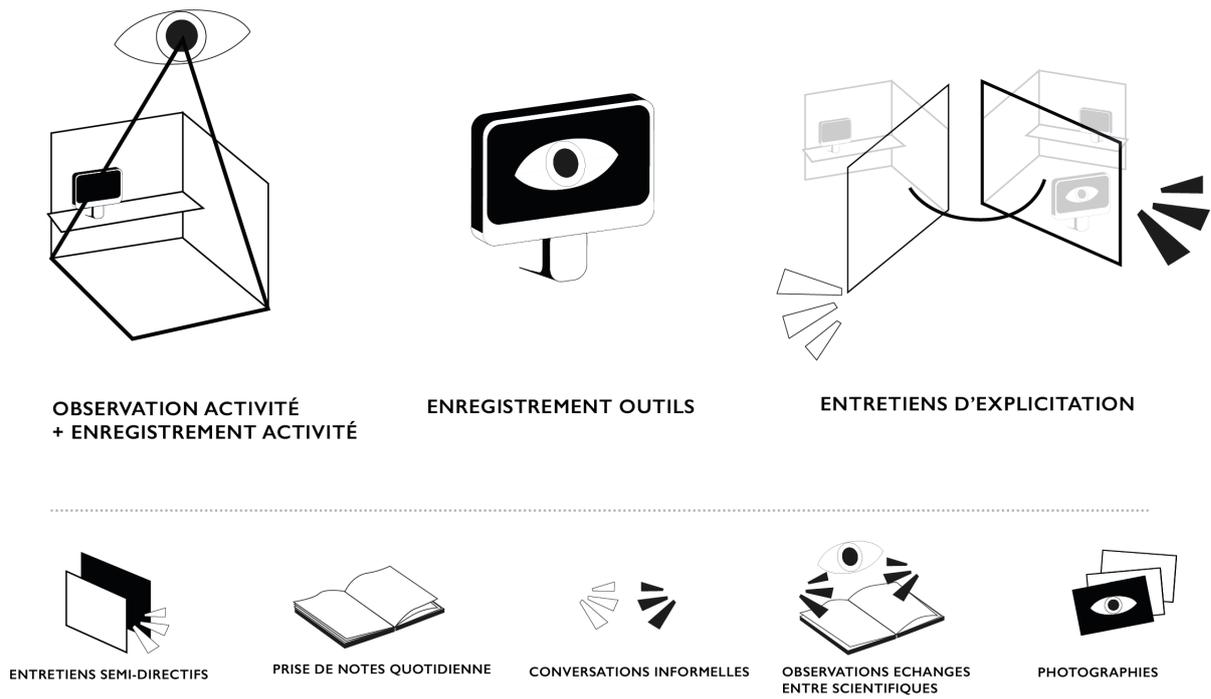


OBSERVATIONS ECHANGES
ENTRE SCIENTIFIQUES

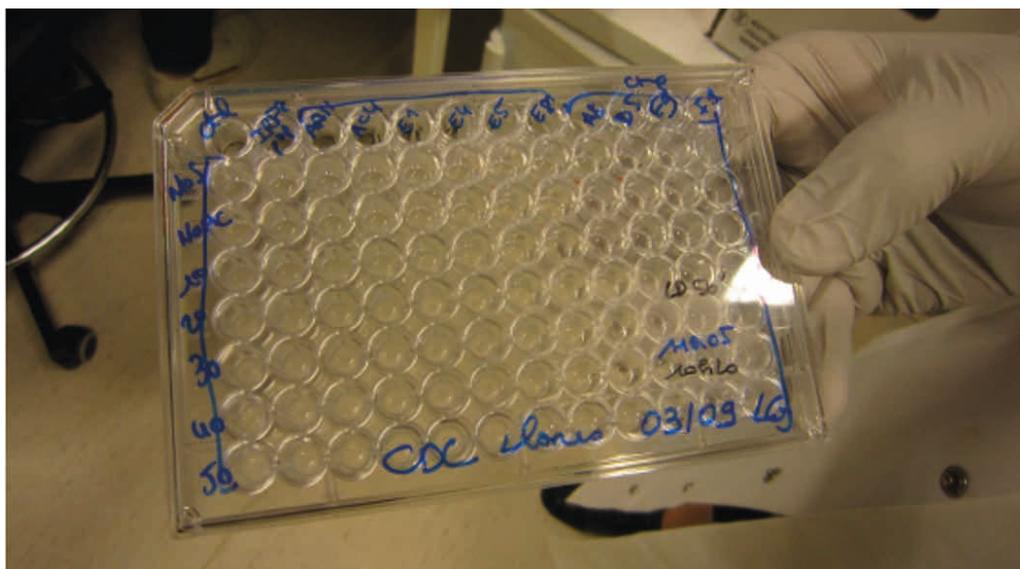


PHOTOGRAPHIES

[FIG.4] Schéma qui représente les différents types de matériaux que nous avons récoltés.



[FIG.4] Schéma qui représente les différents types de matériaux que nous avons récoltés.



[FIG.5] Photographie d'un plan de plaque tracé sur le couvercle de la plaque qui sert à accueillir des échantillons biologiques.

5.1.1. Ensemble des matériaux récoltés et modes de récolte des données

Nous avons mobilisé trois modes principaux de récoltes des matériaux pour nos études de cas, consacrés à l'activité se faisant. L'objectif était de couvrir les dimensions procédurales (concrètes), affectives et matérielles de l'activité d'analyse et veiller à obtenir des matériaux avec un grain temporel proche.

Nous avons récolté :

1. Des enregistrements vidéo et audio des séquences d'activités que les scientifiques qualifiaient « d'analyse »

Type de données obtenues : Situées + Temporalité

2. Des enregistrements d'écran des ordinateurs mobilisés durant ces activités

Type de données obtenues : Opérations + Temporalité + Caractéristiques matérielles des formats visuels (synchroniques et diachronique)

3. Des entretiens d'explicitation revenant sur ces activités et leur déroulé

Type de discours produit : Incarné + Temporalité + Procédural + Emotionnel + Sensible

Ces quatre modes se sont enrichis d'une prise de notes quotidienne consignée soit dans notre carnet de terrain, soit dans divers fichiers textes tapés sur ordinateur et d'entretiens semi-directifs sur la notion d'analyse avec trois de nos acteurs. S'y rajoutent les conversations informelles (dites conversations de terrain) que nous avons eu nous-mêmes avec les scientifiques, ainsi que des observations d'échanges entre scientifiques dans le cadre de leurs journées de travail. Ces dernières observations, nous les avons conservées quand elles nous semblaient pertinentes pour notre thème de recherche, en prenant des notes dans notre carnet de terrain ou en rédigeant sur ordinateur –le choix dépendant majoritairement de la rapidité avec laquelle l'un ou l'autre support pouvait être mobilisé afin de faire face le mieux possible à l'oubli et aux inexactitudes. Enfin, comme nous le mentionnions plus haut, nous avons pris des photographies d'éléments observés au laboratoire, et qui nous semblaient intéressants pour porter des réflexions sur la place des formats visuels dans le travail des chercheurs, comme par exemple l'inscription d'un *plan de plaque*^{182‡} sur le couvercle de cette « plaque » [FIG.5], l'organisation d'un plan de travail, etc.

182 ‡ Plan de plaque : notation de l'organisation des conditions (échantillons) d'une expérience permettant d'identifier les puits d'une plaque à leur condition respective.

Nous allons à présent revenir sur ces différents modes de récolte des données pour préciser leurs modalités et leurs motifs.

5.1.2. Détails des modes de récolte des données

5.1.2.1. Enregistrements filmés de l'activité

5.1.2.1.1. *Objet*

Nous avons souhaité enregistrer les séances d'activité afin de pouvoir garder des traces de ces dernières en vue d'une analyse fine, en association avec deux autres types de matériaux : les enregistrements écrans et les entretiens d'explicitation.

Nous avons travaillé dans l'idée d'une cognition située (Suchman, 2006/1987), c'est-à-dire en considérant que la cognition ne se déroule pas uniquement dans la tête de l'acteur humain mais « dans un entre-deux, entre l'acteur et la situation, dont font partie les autres acteurs. » (Theureau, 2004, p.14). Dans notre cadre « les autres acteurs » (*Ibid.*) peuvent aussi référer aux non-humains, donc aux formats visuels eux-mêmes. Nous inscrivant dans cette idée qui fait de l'interaction et de la situation de travail elle-même le lieu privilégié de l'étude des interactions entre pensée et artefacts matériels, il nous a semblé essentiel de garder trace du contexte et de l'environnement dans lequel les activités prenaient place et que l'enregistrement d'un entretien ou d'un écran ne suffisent pas à restituer.

Nous inspirant de Cahour, Licoppe et Créno (2018), cet enregistrement de l'activité devait aussi permettre à nos interlocuteurs d'avoir un support mnésique pour les aider à se remémorer la situation de travail particulière sur laquelle nous leur demanderions de revenir lors des entretiens d'explicitation.

5.1.2.1.2. *Ethique et sélection*

Afin de filmer ces séquences d'activité dans un cadre éthique, nous avons explicité l'objet de notre entreprise aux scientifiques, c'est-à-dire le motif de notre volonté de les enregistrer. Avant de suivre chacun de nos acteurs, nous avons présenté et fait signer à nos acteurs un contrat [ANNEXE #1] qui mentionnait notre intérêt pour les formats visuels :

« Nous étudions comment les biologistes chercheurs font sens des données issues de leurs expériences dans le cadre de leurs recherches en laboratoire. Dans

ce contexte, nous nous intéressons plus particulièrement à la mobilisation des formats de l'image visuelle. Par « formats de l'image visuelle » nous entendons toute forme de représentation visuelle qui ne soit pas littéraire (texte rédigé) ou mathématique (formalisme mathématique). »¹⁸³ [ANNEXE #1]

Afin de les orienter sur les activités à choisir, nous précisons à l'oral être intéressée par tout ce qui comprend selon eux un « moment d'analyse » et par les types de mobilisation des formats visuels qui s'y jouent.

Nous avons ensuite suivi chacun de nos acteurs avec une caméra (un appareil photo compact) et un enregistreur (microphone de notre smartphone).

5.1.2.1.3. *Moyen technique*

Les enregistrements vidéo ont été réalisés au moyen d'un appareil photo compact CANON Digital IXUS 200 IS équipé d'une carte SD de 32giga-octets, lui-même posé sur un trépied SLIK 500G Deluxe 4202.

Ce moyen technique nous a imposé quelques contraintes :

Une perte d'information : la coupure de l'enregistrement toutes les 10mn, dûe à la capacité d'écriture continue de l'appareil, qui laissait ainsi des « creux » de quelques secondes entre chaque prise de vue involontairement découpées.

Un manque de fiabilité dû à une autonomie de batterie limitée. Quelques prises ont ainsi dû être filmées au téléphone portable lorsque la batterie de secours de l'appareil ne suffisait pas à en assurer l'autonomie.

Une difficulté de cadrage, dûe à la taille réduite de l'écran de l'appareil photo, qui lors de l'analyse a révélé des cadrages qui excluaient à des moments des éléments importants pour notre étude (comme les mains).

5.1.2.1.4. *Cadrage*

Concernant le cadrage de ces séquences vidéo, ne possédant pas de seconde caméra stable permettant un double cadrage, nous avons décidé de varier au cours de chaque séquence les types de cadrage avec pour objectif d'intégrer le plus possible les éléments engagés dans l'activité d'un point de vue corporel et situationnel. Pour ce faire, nous nous sommes concentrée sur les éléments que nous

183 Ces explications données à nos acteurs ne reflètent pas vraiment les « images scientifiques » telles que nous les aborderons au chapitre suivant. Cela est dû d'une part, à l'évolution de notre compréhension du domaine au fur et à mesure du travail de thèse et, d'autre part, à la nécessité d'éviter tout questionnement superflu à nos acteurs. Nous avons éventuellement expliqué à nos acteurs que les formats visuels pouvaient être composites : c'est-à-dire, ici, intégrer du formalisme littéraire ou mathématique.

considérations comme des marqueurs « clés » dans l'activité : le corps en action du chercheur, les artefacts mobilisés, et quand le champ le permettait, l'inclusion des éléments périphériques à la vision du chercheur. Notre élément central était toujours le chercheur et les artefacts avec lesquels il travaillait, principalement l'écran d'ordinateur. Par exemple, nous avons décidé de nous rapprocher (en plan rapproché taille ou en plan américain) lorsque le scientifique exerçait son activité sur écran, afin d'essayer de garder observable le visage du scientifique (parfois uniquement de profil), ses mains et son écran d'ordinateur. Lorsque le scientifique se déplaçait, nous passions en caméra portée pour le suivre.

5.1.2.1.5. Montage

Nous avons ensuite monté chaque séquence d'activité à l'aide du logiciel Adobe Première ou QuickTime, en mettant chaque plan pris d'une même séquence à la suite l'un de l'autre. Nous avons coupé certains métrages quand nous l'estimions nécessaire, avant tout pour protéger la vie privée des acteurs n'ayant pas consenti aux enregistrements : il arrivait en effet qu'un collègue entre dans le laboratoire ou le bureau où une séquence d'enregistrement avait lieu. Si ces moments font partie intégrante du déroulé de l'activité telle qu'elle se déroule réellement, nous les avons rognés quand les échanges concernaient un tout autre sujet que l'activité d'analyse spécifique menée par notre interlocuteur dans le cadre de notre étude, comme par exemple, la sollicitation de ce dernier pour une communication institutionnelle, ou sa consultation sur un autre projet en cours. Nous avons noté ces coupures durant notre analyse.

5.1.2.2. Enregistrements des écrans d'ordinateur

5.1.2.2.1. Objet

Les séquences désignées par nos interlocuteurs comme étant des « activités d'analyse » ont toutes mobilisé comme outil principal de travail un ordinateur. Ainsi, chaque séquence d'observation a majoritairement consisté à observer un scientifique face à son écran d'ordinateur. La majorité des « formats visuels » mobilisés dans ce cadre étaient donc affichés graphiquement sur l'écran, à l'exception de quelques éléments imprimés ou présents dans l'espace du lieu d'analyse (comme par exemple sur les murs d'une salle de bureau). Pour ces raisons, il nous est apparu que le lieu principal d'incarnation et de mobilisation des formats visuels qui soit observable était l'écran d'ordinateur mobilisé durant chaque séquence d'analyse. Si nous souhaitions observer finement l'évolution

dynamique des formats visuels au cours de l'activité et pouvoir articuler celle-ci au déroulé global de l'activité d'analyse et au vécu du scientifique, il semblait essentiel de pouvoir observer l'écran en détail.

Or l'enregistrement par caméra d'un écran d'ordinateur pose des difficultés techniques : que ce soit en termes de cadrage (déformation du plan de l'écran par un effet optique selon le placement de l'appareil enregistreur optique), ou en termes de qualité (aberrations chromatiques de l'appareil d'enregistrement, effets de clignotement...). Pour ces raisons, nous avons demandé à nos interlocuteurs si nous pouvions enregistrer directement via leur ordinateur l'écran de ce dernier. Tous nos interlocuteurs ont accepté. Néanmoins, une partie de l'activité d'analyse de notre étude de cas de la microscopie en fluorescence se déroulait sur l'ordinateur de la salle de microscopie : dans ce cas, il n'était pas possible d'enregistrer l'écran car aucun logiciel nécessaire à ce faire n'était installé ni ne pouvait être installé, nous avons dû recourir uniquement à notre appareil photo et éventuellement à notre caméra de téléphone¹⁸⁴.

5.1.2.2.2. *Moyen technique*

Pour enregistrer les écrans d'ordinateur, nous avons utilisé soit la fonction d'enregistrement écran déjà disponible dans l'ordinateur, soit le logiciel Quick-Time lorsque la fonction n'était pas présente.

5.1.2.3. Entretiens d'explicitation

5.1.2.3.1. *Objet*

Dans le cadre de notre recherche, nous souhaitons articuler le *déroulé concret* et *temporel* des activités au *vécu individuel* du scientifique. Pour ce faire, nous avons mobilisé des entretiens d'explicitation afin d'obtenir des verbalisations de l'expérience vécue par le scientifique durant son activité d'analyse, en sollicitant une posture de *parole incarnée* (Vermersch, 2019 ; Cahour, *et al.*, 2018). Nous nous sommes inspirée non seulement de la méthode de Vermersch (2019) que nous avons abordée, mais aussi de la méthode *hybride* proposée par Cahour, Licoppe et Créno (2018) qui opère une synthèse de la méthode proposée par Vermersch (2019), avec certaines des dispositions proposées par la méthode de Theureau (2010). Nous avons retenu la mobilisation d'un *support mnésique* favorisant le resouvenir de l'activité –dans notre cas, un enregistrement vidéo.

184 Cela a posé quelques difficultés supplémentaires à l'analyse pour la mise en synchronisation des différents enregistrements vidéos, voir [ANNEXE #2].

5.1.2.3.2. *Déroulé de l'entretien*

En démarrant la séance, nous faisons signer un formulaire de consentement à notre acteur. Ensuite, nous montrons, en accéléré, l'enregistrement vidéo de l'activité à notre acteur, afin de favoriser chez lui le resouvenir de l'activité. Après ce premier visionnage en accéléré, nous démarrons l'entretien. Si l'entretenu le souhaitait, il pouvait re-consulter la vidéo au cours de l'entretien, mais cela est rarement arrivé. Nous n'avons donc pas, contrairement à Cahour, Licoppe et Créno (2018), mobilisé activement tout au long des entretiens l'enregistrement vidéo comme une base pour explorer davantage des moments saillants évoqués par l'acteur.

5.1.2.3.3. *Moyen Technique*

Pour réaliser les entretiens nous avons mobilisé le même appareil photo que celui utilisé pour les prises vidéo de l'activité. Nous avons enregistré par vidéo les entretiens afin de pouvoir veiller aux indices de la position de parole incarnée, témoins de l'état d'évocation tels que décrits par Vermersch (2019). Nous avons enregistré par téléphone l'audio des entretiens afin de palier à tout problème technique du côté de l'appareil photo, mais aussi obtenir un fichier audio de meilleure qualité.

La séance d'entretien s'est toujours déroulée dans la salle de réunion du bâtiment où se situe le laboratoire, où avait lieu les réunions de laboratoire.

Nous nous placions de sorte à être en face de notre acteur et l'ordinateur portable servant à montrer la vidéo de l'activité pour servir de support mnésique était placé de profil entre nous deux.

5.2 Analyse des matériaux récoltés

5.2.1. Enjeu : une articulation fine

Afin de regarder finement les relations entre les opérations concrètement réalisées par les scientifiques dans la mobilisation de formats visuels, leur expérience *vécue* ainsi que l'état morphologique des formats visuels à chaque instant, nous avons mis en place une analyse à plusieurs niveaux nous permettant d'obtenir une vision dense des trois séquences d'activité observées et enregistrées et d'en extraire des données pertinentes pour nos questions de recherche.

5.2.2. Méthodes de transcription et d'analyse

5.2.2.1. Transcription et retranscription des entretiens d'explicitation

Dans un premier temps, nous avons transcrit manuellement les entretiens sur le logiciel WORD, en alternant entre l'écoute des fichiers audios des entretiens –via VLC ou iTunes– et le visionnage –via QuickTime– des vidéos d'enregistrement des entretiens, qui intégraient leur propre piste son.

Cette alternance entre enregistrements audio et enregistrements vidéo pour transcrire les entretiens visait, d'une part, à nous assurer de la bonne audition des paroles, la qualité de prise de son variant entre les deux appareils d'enregistrement et, d'autre part, à prendre une première mesure de l'attitude de nos acteurs durant l'entretien en veillant aux indices incarnés de l'état d'évocation tels qu'expliqués par [Vermersch \(2019\)](#).

Ainsi, après une première transcription, nous avons ensuite veillé lors de plusieurs séquences de relecture des entretiens, à identifier les moments d'évocation du vécu et ceux de généralisation et de post-rationalisation, en observant les marqueurs non-verbaux (gestuelle, mimiques, postures, regards...) ([Lefebvre, 2008](#)) et paraverbaux (intensité articulatoire, débit, ton...) ([Mondada, 2017](#)) de notre interlocuteur, ainsi que la syntaxe particulière employée selon les moments de l'entretien. Il s'agissait à ce stade d'attester de la présence, ou de l'absence, des marqueurs d'une position de *parole incarnée*, nous permettant d'évaluer l'authenticité du discours produit vis-à-vis de l'activité vécue ([Vermersch, 2019](#)).

5.2.2.1.1. Experimentations de transcription

Pour ce faire, au cours de notre analyse, nous avons démarré une transcription des marqueurs d'évocations et élaboré un premier système de notation écrite qui devait permettre ensuite à la transcription d'être mise en page de façon automatisée sous InDesign en mobilisant une mise en forme particulière du texte qui *donnerait à voir* l'émergence de ces marqueurs d'évocation au cœur du déroulé de l'entretien [FIG.6]. Cela devait nous permettre d'articuler le *contenu verbalisé* de l'entretien au *contenu incarné* de l'entretien.

Néanmoins, nous avons abandonné ces tentatives du fait de leur chronophagie et de leur intérêt *périphérique* à notre objet d'étude réel (pour lequel, nous y re-

a)

JU: Donc je suis devant l'ordinateur. [me regarde, repart dans le vague] Heumm...
 J'passe sur la... Non là en plus je suis même pas sur la session d'analyse d'image
 [lève les yeux vers le plafond, rapidement, et les re-baisse], là je suis vraiment sur la
 partie d'acquisition. Eeet jeee vais sélectionner [sa main, à plat, décrit un arc de
 cercle sur la table] la totalité deee... De mes puiss, [appuie son index sur la table]
 donc dans le logiciel [me regarde] donc la totalité de la plaque. [regarde dans le
 vague] Eeet... Heuummm... Demander au logiciel de faire une représentation...
 heuuu [pointe son index et le fait tourner] de la totalité de la plaque. [me regarde],
 puis repart dans le vague] Donc en fait faire juste heu... Faire une Reconstitution de

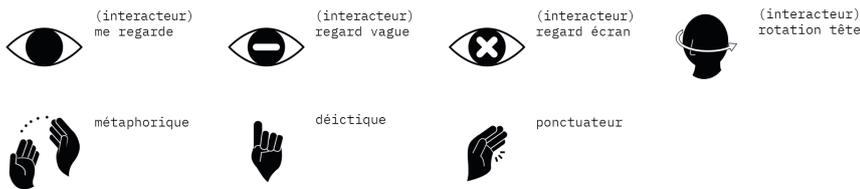
b)

(!) Il faut impérativement respecter les espaces et la casse
 (!) On saute une ligne à chaque intervention, même lors de chevauchement.

- E:] > locuteur
- (.) > **Bref silence (<2 secs) (inférieur à 2sec)**
- (2,5) > **Silence de 2,5 secondes**
- [rire] [souffle] [aspire] [pouffe] > rire ou souffle
- == > sur deux lignes successives, l'une dans la phrase, l'autre devant le signe locuteur marquent le chevauchement à l'endroit du premier symbole ==
 (ex : Ju:] Mais ce que ==je fais avant ça
 ==E:] A ce moment ?
 Ju:] c'est que... Oui, à ce moment
 ==> Le chevauchement est sur « je fais », dit par Ju:] et chevauché par E:]
- *ah* > Paroles prononcées plus bas
- AH > Les capitales indiquent des paroles prononcées plus fortement, l'usage d'une capitale en début de mot en cours de phrase indique un mot appuyé
- <arrêt de la vidéo> > Les < > indiquent un commentaire du transcripateur
- *regarde à gauche* > les asterisks indiquent une action non verbale
- ** > **une asterisk entre ** indique le placement de l'action non verbale**
- f. > coupure d'un mot (ex : néanmj-) ou interruption prosodique
- {(inaudible)} > indique que le transcripateur n'est pas certains des mots.
- {EV : 13:04} > marqueur/repère temporel. EV : Enregistrement Vidéo de l'entretien
- {EA : 14:58} > EA : Enregistrement Audio de l'entretien
- Maiiis > allongement syllabique/phonétique transcrits littéralement. Plus les lettres sont nombreuses, plus l'allongement est long/marqué.
- > En fin de tour et en début de tour suivant, indique des tours qui s'enchaînent très rapidement, sans pause (alt + i)
- ~ verbatim ~ > indique une verbalisation hors du domaine procédural
- [IMAGE] > indique une image à insérer lors de la mise en page des entretiens

- - - < texte > - - - indication pour la lecture du document de transcription

c)



d)

je n'en fait, j'essaie tout ce qu'il faut pour bien...	... Ouais
pour analyser...	...
... Christiane bien...	F-1 ... fait face à l'
... [E:] ... les bien...	... ton ordinateur et l'écran aussi...
J-1 ... Donc le ... le ...	J-1 ...
... Ouais	... Ouais
... Avant dans un autre cas c'est ...	J-1 ... Ouais, j'avais, j'avais le fichier, le dossier où il y a
... les résultats que j'avais transféré la veille...	...
... [E:] ...	F-1 ... [E:] ...
... [E:] ...	J-1 ... Hier je l'avais transféré depuis une clé USB, c'est ça
F-1 ... Mais donc toi là...	... sur mon bureau, j'avais le fichier bien... dans mes
J-1 ... Ouais	... dans, où j'y mets, les données d'écran, tout. Donc je
F-1 ... Si t'as dit me raconter...	... les autres "après ça va mieux", ça va mieux...
... la chose...	... [E:] ...
J-1 [E:] ...
... Ouais Ouais Ouais...	... [E:] ...
F-1 [E:] ...
... Comme il t'a dit à l'instant...	... [E:] ...
J-1 [E:] ...

[FIG.6] Extraits des tentatives d'élaboration d'une méthode de transcription des entretiens d'explicitation permettant d'articuler leur contenu à leur déroulé. a) : une tentative de notation par description textuelle des marqueurs non verbaux ; b) : une tentative d'élaboration d'une grille d'annotations de la transcription pour permettre la mise en page colorée et typographique des entretiens automatiquement sous InDesign ; c) une tentative d'élaboration de pictogrammes pour représenter les différents types de gestes réalisés en nous basant sur la classification DAMPI de Lefebvre (2008) ; d) Une grille textuelle permettant une ligne sur deux d'insérer les pictogrammes.

viendrons, nous avons justement développé un système de notation).

Il demeure que l'*expérience* de ces tentatives de transcription a engagé de nombreux re-visionnage et re-lecture de nos entretiens avec une attention fine portée à l'*attitude* de nos entretenus (marqueurs non verbaux notamment), qui à notre sens ont nécessairement *nourri* l'analyse.

5.2.2.2. Analyse thématique

Sur la base de la transcription textuelle, nous avons procédé à une première analyse thématique visant à produire des inférences pour notre recherche : ce premier niveau très inductif devait nous permettre d'obtenir une idée globale du déroulé de l'activité et du *vécu* de nos acteurs. En réalité, l'analyse thématique ouverte s'est vite transformée en une analyse thématique de la dimension procédurale : nous notions à la fois les thèmes que nous identifions sur la base des verbatims de nos entretenus, mais aussi les tâches à accomplir, les outils mobilisés lors de la séquence d'activité racontée par l'interlocuteur, ainsi que les objectifs sous-jacents aux tâches, les opérations, les actions...

Ainsi, à l'issue de l'analyse thématique nous avons obtenu, d'une part, une grille d'analyse thématique [ANNEXE #3] et, d'autre part, une ébauche d'un premier « récit procédural » du déroulé de l'activité telle que décrite par nos acteurs [ANNEXE #4] que nous avons re-adaptée au fur et à mesure de notre analyse croisée pour faire sens du déroulé procédural de l'activité *réelle* [ANNEXE #5]. En somme, cette analyse thématique s'est augmentée et précisée au fur et à mesure de différentes itérations de lecture et croisement de nos données.

5.2.2.3. Analyse procédurale des enregistrements filmés de l'activité et des enregistrements des écrans d'ordinateur

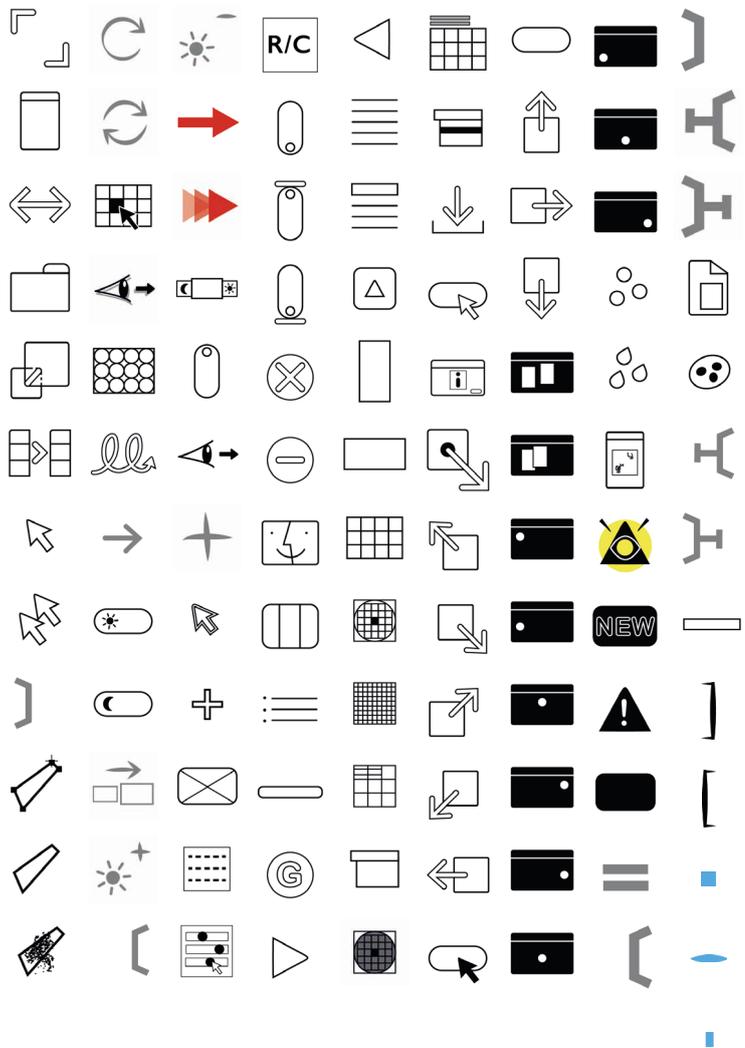
Nous avons aussi procédé en parallèle à une analyse de la dimension procédurale de l'activité en nous basant non plus sur la lecture des entretiens d'explicitation, mais sur le visionnage des enregistrements écran croisés aux enregistrements vidéo de l'activité¹⁸⁵. Nous visions l'identification exhaustive des différentes opérations et actions *réellement* réalisées par notre acteur durant son activité sur ordinateur. Nous voulions obtenir une description du déroulé

185 Ce croisement a notamment été réalisé pour nous assurer de situer les actions réalisées sur ordinateur dans l'activité concrète : certains arrêts de souris, par exemple, étaient dû à une interruption de l'attention de l'acteur vis-à-vis de son ordinateur, comme un échange avec un collègue, ou une précision adressée à notre rencontre.

[FIG.7] Photographie des feuilles de transcriptions de la dimension procédurale réalisées à la main. a) Transcription de la séquence de Lu. b) Elaboration d'un système de pictogrammes au fur et à mesure de la transcription.



[FIG.8] Aperçu global des glyphes de la typographie PROCESS-ing. Elle est composée au 17/12/2023 de 109 glyphes.



de l'activité en terme d'actions réalisées par nos acteurs sur ordinateur et leurs *effets* sur les visuels. Nous avons l'intuition que même un clic de souris d'ordinateur pouvait initier un changement de la morphologie des formats visuels et avoir un impact sur l'activité comme expérience vécue par nos acteurs, du point de perceptif et cognitif (en terme de *sens* perçu des données) mais aussi émotionnel.

Pour ce faire, nous avons regardé attentivement les enregistrements écran et avons commencer à noter à la main chaque action réalisée en interaction avec l'ordinateur : clic de souris, déplacement d'une fenêtre... [FIG.7] Comme nous souhaitions obtenir une description fine des actions en rapport à leurs effets visuels, nous n'avons pas inclus les marqueurs non verbaux car nous souhaitions dans ce cadre obtenir une représentation globale de la dimension procédurale du côté des opérations telles que *se réalisant sur l'écran d'ordinateur* et non pas du point de vue de leur incarnation corporelle.

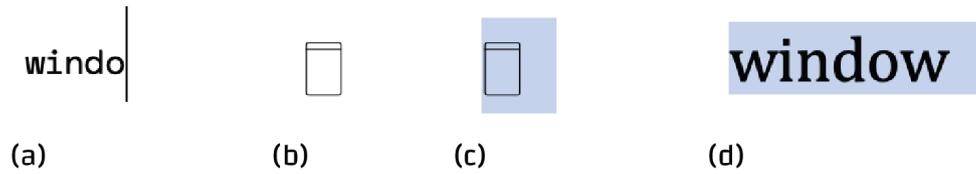
L'entreprise s'est avérée extrêmement chronophage et fastidieuse. Ce constat nous a enjoint à progressivement mettre en place un système de notation pictographique, identifiant par symbole des actions courantes sur ordinateur comme le clic, le drag (glissé) ou l'utilisation dans un logiciel particulier d'un bouton spécifique. L'idée première était de nous permettre de réduire le temps de transcription. En revanche, sans doute du fait de notre formation de designer graphique, nous nous sommes rapidement questionnée sur les propriétés potentielles du système de transcription pictographique du point de vue de ses usages pour l'analyse dans l'articulation des *effets*, des *réactions*, aux *actions* et *opérations* réalisées comme l'ouverture d'une fenêtre. Ces réflexions nous ont finalement amenée à développer un *langage pictographique*, que nous avons adapté en typographie informatique et que nous présenterons juste après.

Au fur et à mesure de notre analyse, nous avons choisi de nous concentrer plus spécifiquement sur des moments qui nous semblaient pertinents à explorer en détail et donc de réserver la transcription procédurale pictographique à des séquences que nous sélectionnions pour leur intérêt vis-à-vis de notre problématique de recherche.

5.2.2.4. Système pictographique de transcription

5.2.2.4.1. *Symboles de transcription et crédits*

Afin de transcrire action par action le déroulé concret de l'activité sur ordina-



[FIG.9] Exemple de ligature. a) texte de la transcription affiché en *PROCESS-ing*. Le mot « window » est en train d'être écrit. ; b) le mot « window » a été écrit. Il correspond à un symbole ligature de *PROCESS-ing*, qui est affiché chaque fois que la suite de lettre (w+i+n+d+o+w) est écrite. Le symbole est donc affiché. ; c) La ligature (symbole) a été sélectionnée. L'aire de sélection semble plus large que le symbole : cela est dû notamment au fait que pour les logiciels de traitement de texte, cette ligature est toujours une ligne de six lettres. Le symbole affiché occupe ainsi l'espace nécessaire à ces six lettres, qui sont comprimées. ; d) Le mot « window » affiché en typographie *Cambria*.

teur, nous avons conçu une typographie pictorielle, composée de *pictogrammes*[‡], que nous avons intitulé PROCESS-ing [FIG.8]. C'est une typographie pictorielle car au lieu des *lettres* de l'alphabet latin moderne, la typographie propose un ensemble de *glyphes*[‡] symboliques qui sont des pictogrammes.

Ces glyphes fonctionnent comme des *ligatures*[‡] : des symboles affichées sur l'écran d'ordinateur par tout logiciel permettant un traitement de texte, lorsqu'une chaîne particulière de caractère est écrite [FIG.9]. Chaque symbole a été conçu au fur et à mesure de notre visionnage des enregistrements vidéo de l'activité et des enregistrements d'écran des ordinateurs, selon les besoins de notre analyse.

Cette typographie pictorielle s'accompagne de glyphes classiques : les 26 lettres l'alphabet latin moderne mais aussi des symboles typographiques comme le «] » ou le « / ». Les dessins de ces caractères sont ceux de la typographie Space Mono Regular, une typographie Google licenciée en Open Font License. Ils n'ont donc pas été dessinés par nous.

La typographie PROCESS-ing se constitue de plusieurs *types* de glyphes selon le type d'entité qu'elles symbolisent. Nous les décrivons à présent.

5.2.2.4.2. *Glyphes génériques procédurales*

Les *glyphes génériques procédurales* permettent d'écrire le *déroulé procédural*[#] de l'activité à un niveau de granularité fin (actions et objets vers lesquels l'action est dirigée). Elles sont de deux types : des glyphes qui symbolisent des actions génériques sur ordinateur, comme par exemple le « clic de souris » ou le « clic de souris sur un bouton » et des glyphes qui identifient des objets à l'intérieur du champ de l'écran d'ordinateur, comme un « onglet » ou une « fenêtre » [FIG.10].

Sur le même principe, des glyphes secondaires appelées *glyphes spécifiques* reflètent les caractéristiques génériques de logiciels spécifiques [FIG.11].

5.2.2.4.3. *II.III.5.4.c Glyphes meta*

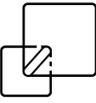
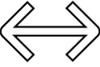
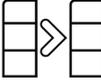
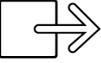
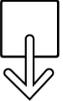
Nous avons mis en place des glyphes « meta » : ces glyphes sont des *annotations* des glyphes procédurales, en quelque sorte la *ponctuation* du système pictographique.

Les *glyphes de spatialisation* [FIG.12] permettent de préciser l'état de disposition d'un objet dans l'écran d'ordinateur. Par exemple, le fait qu'un objet soit superposé à un autre, ou le fait qu'un objet soit plutôt à droite de l'écran.

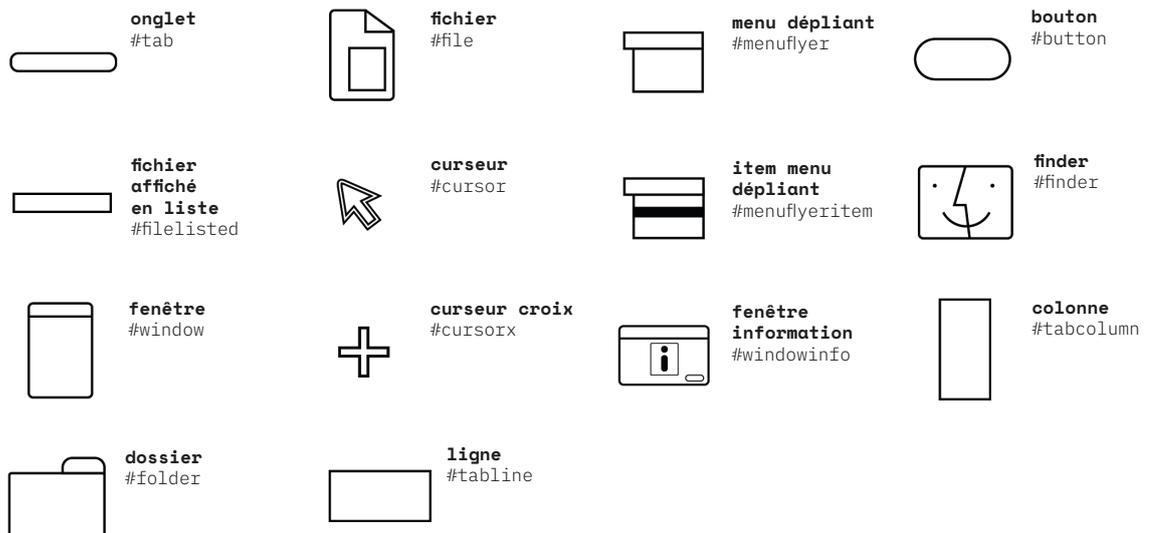
GLYPHES DE TRANSCRIPTION D'ANALYSE FONCTIONNELLE / PROCÉDURALE

GLYPHES GÉNÉRIQUES PROCÉDURALES

actions sur ordinateur

	sélectionne #select		souris se déplace #movemouse		scroll vers le haut #scrollup		ferme fenêtre #close
	click & drag #drag		ouvre nouvelle fenêtre #openwindow		scroll vers le bas #scrolldown		réduit fenêtre #reduce
	re-dimensionne #dimension		ouvre dans même fenêtre #openin-samewindow		scroll jusqu'en haut #scrollupmax		affiche fichiers en colonne #displaycolumn
	sauvegarde #save		double-click souris #doubleclick		scroll jusqu'en bas #scrolldown-max		affiche fichiers en liste #displaylist
	click souris #click		survole bouton #overbutton		click bouton #clickbutton		
	déplace vers le haut gauche #displaceupleft		déplace vers la droite #displaceup		déplace vers le haut droit #displaceupright		
	déplace vers la droite #displaceleft				déplace vers la droite #displacebottomright		
	déplace vers le bas droit #displacebottomleft		déplace vers la droite #displacebottom		déplace vers le bas droit #displacebottomright		

objets



[FIG.10] Inventaire des glyphes génériques procédurales : les (actions sur ordinateur) symbolisent les action génériques réalisées durant une activité sur ordinateur. Les (objets) : symbolisent les objets génériques du champ d'un écran d'ordinateur.

GLYPHES SPÉCIFIQUES

glyphes FIJI



réglage
contraste
#fjicontrast-
setting



fenêtre
contraste
#fji-
contrastwin-
dow



fenêtre img
Western Blot
#fjiacquisi-
tion

glyphes Image Studio Lite



contrastes +
clairs
#islbrighter



réglage
contraste
#islcontrast



contraste +
foncés
#isldimmer

glyphes FlowJo



groupe
#fjgroup



bouton pour ordonner
la liste d'échantil-
lon
#fjsamplelistordoned



échantillon
suivant
#fjnext



échantillons empty
#fjemptycells



échantillon
précédent
#fjback



échantillons
spike
#fjspikecells



liste
échantillon
#fjsamplelist



catégorie
d'échantillon
#fjsamplecat



gate non sé-
lectionnée
#fjgateempty



sélectionné dans
liste échantillon
#fjsamplelistsel



dotplot
#fjdotplot



gate
#fjgate



gate sélec-
tionnée
#fjgateanchor

glyphes Opera Phenix



UI plan de
plaque
#opplateplan



UI plan de
plaque sélec-
tion d'un puits
#opplateplanse-
lect



MENU
UI plan de
plaque
#opplateplanmenu



puits
image centrale
#opwellcentralimg2



puits
toutes images
sélectionnées
#opwellfullselect



OVERVIEW en cours
d'affichage
#opoverviewproces-
sing



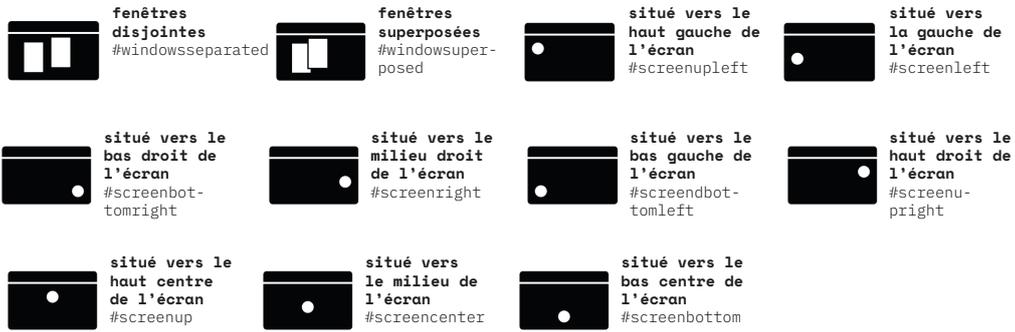
OVERVIEW affichée
#opoverview



plaque
#plate

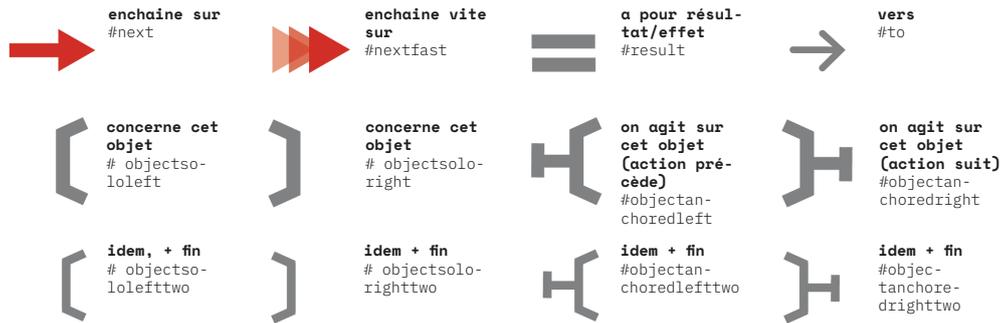
[FIG.11] Inventaire des glyphes spécifiques : elles symbolisent des actions et des objets propres à des logiciels spécifiques.

glyphes de spatialisation



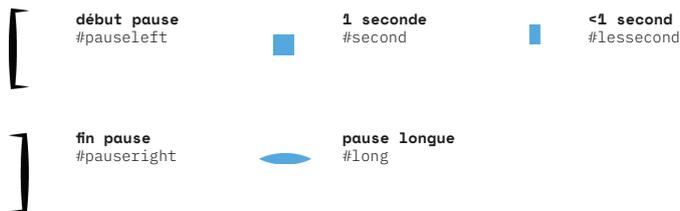
[FIG.12] Inventaire des glyphes de spatialisation

glyphes relationnelles



[FIG.13] Inventaire des glyphes relationnelles

glyphes rythmiques



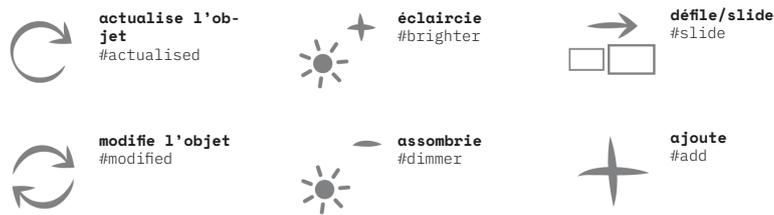
[FIG.14] Inventaire des glyphes rythmiques

glyphes déictiques



[FIG.15] Inventaire des glyphes déictiques.

glyphes d'effets



[FIG.16] Inventaire des glyphes d'effets.

glyphes d'évènement image



[FIG.17] Inventaire des glyphes d'évènement image.

glyphes de commentaires



[FIG.18] Inventaire des glyphes de notes.

Les *glyphes relationnelles* [FIG.13] sont des meta-marqueurs qui articulent le flux des actions aux effets qu'elles permettent de produire : par exemple « #next » souligne qu'une situation, disons « fenêtre X est superposée avec fenêtre Y », est transformée par une série d'actions, qui suit la glyphe d'effet.

Les *glyphes rythmiques* [FIG.14] permettent de symboliser les moments de pause entre différentes actions.

Les *glyphes déictiques* [FIG.15] permettent de symboliser la direction du regard du scientifique vis-à-vis des éléments de l'écran d'ordinateur. Nous les avons peu mobilisées car elles nécessiteraient un travail supplémentaire de réflexion quant à leur articulation avec le fil de la transcription procédurale. Éventuellement elles devraient s'accompagner d'autres glyphes qui représentent différents marqueurs non-verbaux comme les hochements de tête, les gestes...

Les *glyphes d'effets* [FIG.16] correspondent aux annotations qui marquent l'effet d'une action sur un objet.

Les *glyphes d'évènement image* [FIG.17] correspondent aux annotations qui marquent une modification ou l'apparition d'une nouvelle image.

Les *glyphes de commentaires* [FIG.18] correspondent aux annotations de transcription, pour relever des moments qui semblent intéressants pour leur analyse ou signifier un problème technique ayant impacté le contenu de la transcription.

5.2.2.4.4. *Tutoriel d'utilisation de PROCESS-ing*

PROCESS-ing peut être utilisé par le biais de n'importe quel éditeur de texte du moment que la typographie a été installée et les ligatures autorisées.

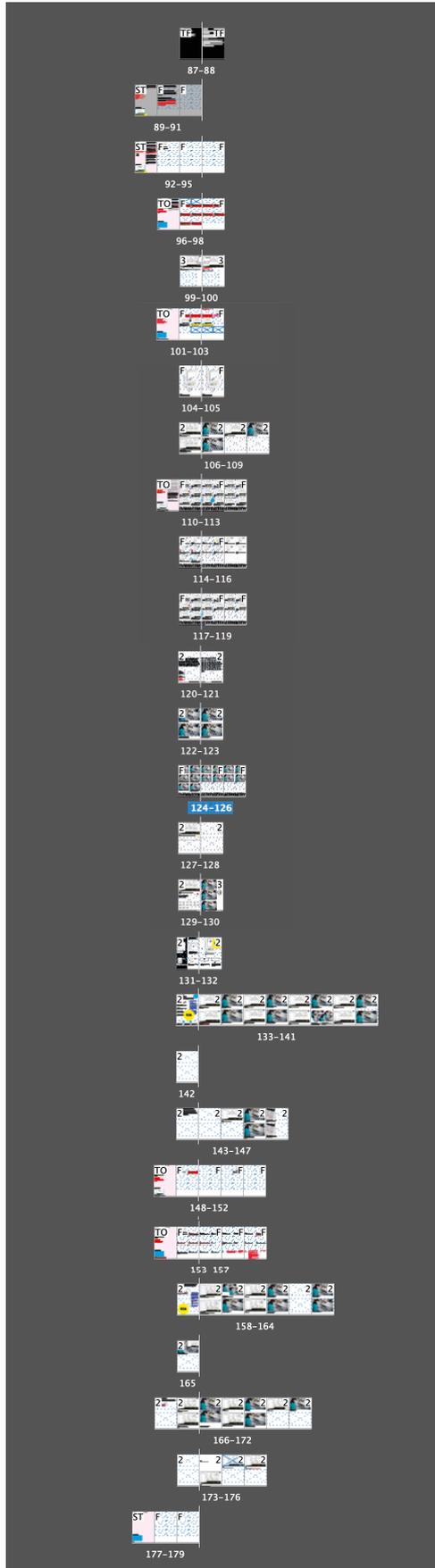
Afin de permettre une transcription aussi fluide que possible, nous avons choisi de concevoir chaque symbole/glyphe comme une ligature [FIG.9]. Cela signifie que si vous tapez le mot « select » et le mot « window » attaché, PROCESS-ing affichera une glyphe (représentation graphique d'un signe typographique) qui représente l'action d'ouvrir une nouvelle fenêtre.

5.2.2.5. **Un format éditorial de mise en commun**

Pour approfondir notre analyse, nous avons conçu un *format éditorial* de mise en commun de nos différents matériaux, qui nous a permis d'observer des liens entre nos différentes données [FIG.19].

Dans le cadre de ce format, nous avons considéré comme « tâche » le but que

a)



b)

ACTEUR :
Pseudo de l'acteur

ACTIVITÉ :
Titre descriptif de l'activité

DATE ACTIVITÉ :
Date à laquelle l'activité enregistrée a eu lieu

FICHER VIDEO :
Référence du nom de fichier de l'enregistrement vidéo de l'activité

FICHERS ENREGISTREMENT ÉCRAN :
Référence du nom de fichier de l'enregistrement de l'écran d'ordinateur mobilisé durant l'activité.

TÂCHE N°?
[marqueurs temporels des EE]

Titre de la tâche

SOUS-TÂCHES :
[marqueurs temporels des EE]

1) nom de la sous-tâche
2)

c)

TÂCHE N°6 [] Lorem ipsum Dolorum
Lorem

SOUS-TÂCHE
[??:??-] Lorem

Action précédente

Lorem
Dolorum

d)

TÂCHE N°?? [] Lorem ipsum Dolorum
Lorem

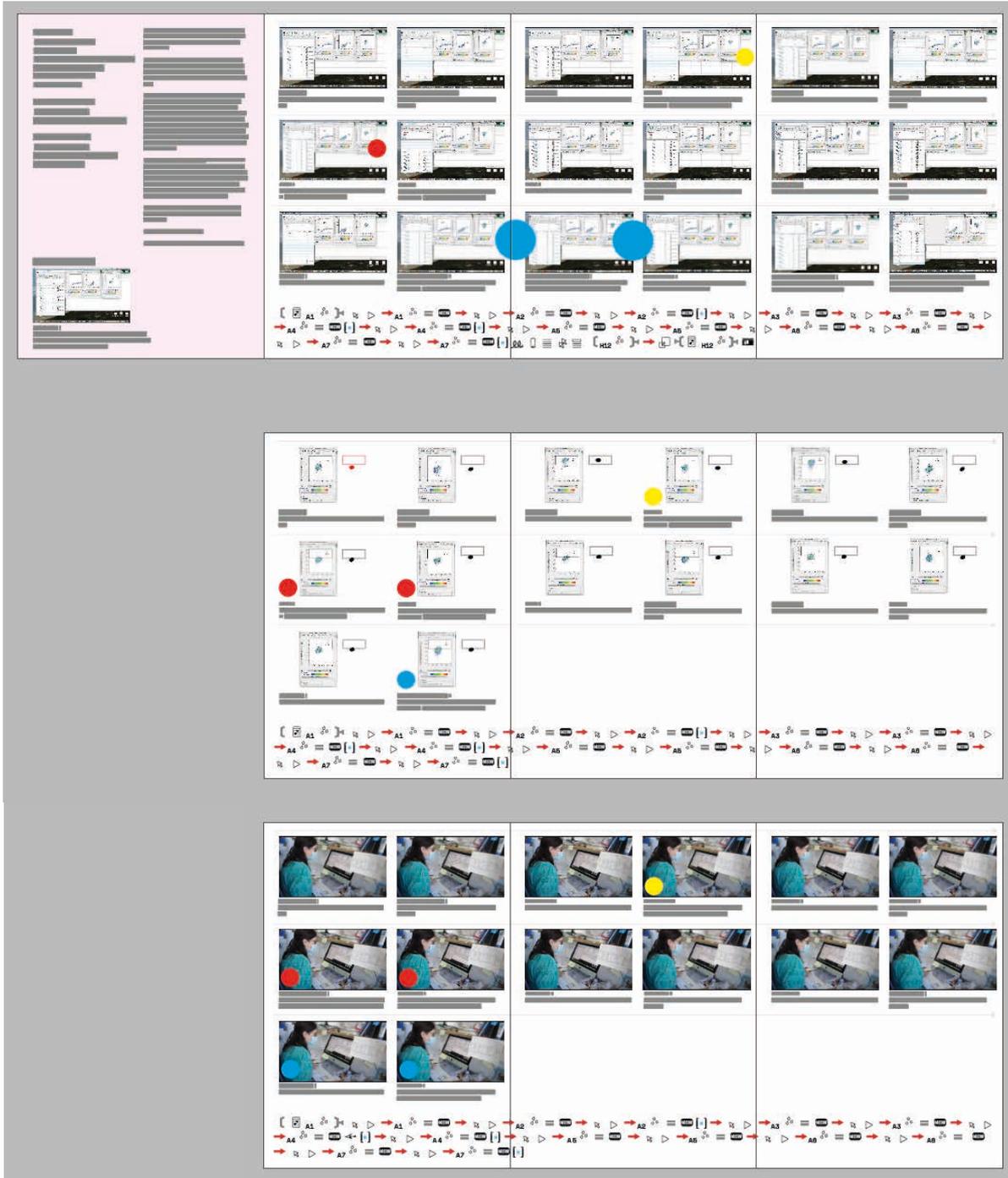
SOUS-TÂCHE
[??:??-] Lorem

OPÉRATION
[!?:!?-] Lorem

Action précédente

Lorem
Dolorum

e)



[FIG.19] Schéma du format éditorial sous Adobe InDesign où nous avons rassemblé différents extraits de matériaux. Pour conserver les indentations entre les différents types de planches (a), les planches ST (Sous-Tâche) (c) et TO (Opération) (d) nécessitent d'avoir un nombre de pages minimum placé au niveau de la « reliure » (trait gris qui dépasse des différentes planches). a) Aperçu de l'interface utilisateur de navigation dans InDesign (reconstruction à partir de captures) ; b) Gabarit de la planche de présentation d'une tâche ; c) Gabarit de la planche de présentation d'une sous-tâche (ST) ; d) Gabarit de la planche de présentation d'une opération (TO) ; e) Aperçu de certaines planches avec des marqueurs visuels permettant de relier différentes explorations du contenu (extrait d'images, extraits de l'enregistrement vidéo de l'activité, etc.) : dans ces planches, différents gabarits permettent d'organiser des captures des enregistrements vidéos pour détailler l'activité seconde par seconde.

des ensembles de sous-tâches, composées d'opérations réalisées par une suite d'actions (ex : déplacement de souris, clic, drag...) devaient permettre d'accomplir.

Ce format nous a permis de mettre en commun, en même temps que nous menions nos diverses transcriptions, des *verbatim* des entretiens transcrits, une sorte de « récit procédural » que nous avons produit au travers de l'analyse de ces entretiens (en notant les tâches, les opérations, etc.) [ANNEXE #4] et les différents enregistrements vidéos (activité et écran).

Cette mise en commun nous a notamment permis d'observer attentivement les différences éventuelles entre le récit d'explicitation des acteurs et le déroulé observé dans les enregistrements.

Nous avons aussi pu expérimenter graphiquement pour *faire sens* de nos propres données, en réalisant des planches composites mêlant découpage de l'activité moment-par-moment, par l'extraction image par image des enregistrements vidéos, transcription procédurale lorsque cela nous semblait pertinent, mais aussi diverses annotations graphiques comme la superposition de *marqueurs graphiques* pour *focaliser* le regard dans l'observation des matériaux récoltés.

5.3 Intérêt et difficultés de la méthode globale pour notre étude

Nous revenons à présent courtement sur certains de nos choix méthodologiques pour développer plus en détail les intérêts auxquels ils répondent vis-à-vis de notre objet d'étude.

Pour rappel, notre travail s'intéresse à ce qui se joue dans la manipulation de formats visuels par un biologiste lorsqu'il analyse des données expérimentales afin de les transformer en informations pertinentes pour la recherche. Notre point de vue est *phénoménologique* : nous souhaitons explorer *comment* le scientifique réalise des opérations qui ont une valeur cognitive au sens où elles lui permettent de penser et comprendre, tout en considérant que ces opérations articulent aussi une dimension *vécue, affective, émotionnelle, sensible* qui est ainsi *mobilisée* au travers d'une *interaction matérielle*.

5.3.1. Intérêts des entretiens d'explicitation

Afin d'accéder à la dimension *vécue* de l'activité, nous nous sommes inspirée de la méthode d'explicitation hybride proposée par Cahour, Licoppe et Créno (2018), qui rapproche deux types d'entretiens explicitants proposés d'une part, par Vermersch (2019) et, d'autre part, par Theureau (2010).

5.3.1.1. Favoriser le ressouvenir par une aide mnémotechnique

En nous inspirant de la méthode hybride proposée par Cahour, Licoppe et Créno (2018) nous avons mobilisé durant nos entretiens des enregistrements vidéo de l'activité. La méthode de Vermersch (2019) recommande de ne pas mobiliser des traces de l'activité pour la conduite des entretiens, du fait qu'il « estime que ce support constitue une contrainte pour l'accès à l'expérience subjective » (Cahour *et al.*, 2018). Néanmoins, il nous semblait essentiel de conserver les enregistrements vidéo et de les mobiliser en entretien, afin de palier, au niveau de notre interlocuteur, à des biais de post-rationalisation dû au rythme soutenu de leur pratique. Notre hypothèse était que l'accumulation des tâches qu'effectuent les scientifiques chaque jour aurait tendance à *confondre* une analyse donnée en particulier dans la masse de celles qu'ils effectuent quotidiennement. De notre observation, les analyses de données biologiques mobilisent des procédures et outils similaires et suivent *en principe* des protocoles fermés. Ces procédures relèvent, dans leur format protocolaire, de la fameuse Science *in abstracto* (Collard, 2010), qui correspond à l'activité dite prescrite (Pinsky, 1992) : c'est une certaine vision idéalisée de l'activité telle qu'elle se déroulerait de façon méthodique et linéaire ; nous avons évoqué cette idée de la science dans le chapitre 1 de la thèse. Or, nous avons en tête que le scientifique, qui ne conscientise pas nécessairement la singularité de chaque situation lorsqu'il travaille, risquerait d'articuler un biais de post-rationalisation en restituant en entretien « le discours des épistémologues » (Allamel-Raffin, 2004a, p.17)¹⁸⁶. La mobilisation du support mnésique devait *aider* le *ressouvenir* du particulier du côté de nos acteurs en entretien.

¹⁸⁶ Concernant ce discours, sa présence peut constituer en elle-même un matériau pour explorer ce qui guide la pratique et la façon dont elle s'articule : nous l'avons abordé au Chapitre 1 de la thèse (pp.42-43). Nous avons en quelque sorte articulé cette approche en considérant que les dimensions de l'activité périphériques à la dimension procédurale pouvaient nous aider à comprendre comment concrètement les scientifiques mènent à bien leurs activités d'analyse. Néanmoins, il fallait tout de même s'assurer que le contenu principal de nos entretiens concerne leur déroulé effectif.

5.3.1.2. Authenticité de la restitution : la position de parole incarnée

Dans cette idée, la mobilisation du type d'entretien d'explicitation pour notre étude répond aussi à un souci d'authenticité concernant la restitution, *a posteriori* et par les acteurs eux-mêmes, du déroulé de l'action. Mener des entretiens classiques n'aurait pas permis d'obtenir une position de parole incarnée.

5.3.1.3. S'émanciper du terrain pour l'analyse de nos données

De plus, le déroulé de l'activité impliquant la réalisation par nos acteurs d'un certain nombre de micro-opérations réalisées sans démarcations évidentes les unes des autres, se posait le problème d'analyser les verbatims de ces entretiens en isolement du terrain. Revenir finement avec nos acteurs sur ce déroulé au moyen des entretiens d'explicitation devait aussi nous donner l'avantage de pouvoir mieux cerner ces différentes strates une fois revenue à nos données pour les analyser, sans avoir nécessairement à travailler l'analyse aux côtés de nos interlocuteurs.

5.3.1.4. Articulation fine des données issues des différentes méthodes de récolte

Enfin, la méthode proposée par Cahour, Licoppe et Créno (2018), qui mobilise à la fois des entretiens d'explicitation mais aussi des enregistrements vidéos de l'activité étudiée¹⁸⁷, permet une « articulation fine des données issues de différentes méthodes » or nous entendions étudier trois types de données possédant un grain temporel similaire : l'activité en soi (enregistrement vidéo), le déroulé sur l'écran-outil (enregistrement d'écran) et le vécu (ou revécu) restitué *a posteriori* (l'entretien d'explicitation). En ce sens, les entretiens d'explicitation constituaient un type de verbalisation à privilégier.

187 Bien que dans le cas de Cahour, Licoppe et Créno (2018) l'enregistrement filmé des activités mobilise un dispositif plus élaboré permettant d'obtenir une vue en première personne.

5.3.2. Difficultés posées par les entretiens d'explicitation

Nous avons rencontré quelques difficultés lors de la tenue des entretiens d'explicitation sur lesquelles nous revenons à présent.

5.3.2.1. Difficulté de la technique en pratique pour le non-initié

Les entretiens d'explicitation nécessitent un certain savoir-faire de la part de celui qui mène l'entretien. Notre première difficulté a ainsi concerné notre capacité à respecter, dans le flot des échanges, le type de questions à poser dans le cadre de l'entretien. Nous avons veillé durant l'analyse des entretiens à noter les passages où nos questions avaient pu sortir nos acteurs de leur état d'évocation, ou orienter ce ressouvenir.

5.3.2.2. Retour à la post-rationalisation et aux dimensions périphériques de l'action

D'autre part, nous avons observé que la posture adoptée par les chercheurs en entretien semble favoriser des biais de post-rationalisation car l'apprentissage du métier de chercheur passe par l'intégration de règles et de protocoles standardisés. Notre hypothèse est que, durant l'entretien, le scientifique gardait en tête l'idée qu'il fallait transmettre une idée précise et protocolaire de la méthode d'analyse employée. Selon nos acteurs, ce biais s'est plus ou moins présenté.

Nous associons aussi ces biais à la disposition du parcours des jeunes chercheurs à l'enseignement. Malgré nos précautions, nos entretenus avaient donc tendance à présenter leurs activités depuis « le discours des épistémologues » (Allamel-Raffin, 2004a, p.17) en retournant à une *dimension déclarative*[‡] de l'action (savoir théorique, formalisé et normatif à propos de l'activité).

Un autre point notable était leur position parfois didactique, qui rentrait là aussi dans la dimension déclarative, mais aussi dans la *dimension intentionnelle*[‡] de l'action (les objectifs/buts, les intentions). Nous évoquerons dans le chapitre suivant le rapport que nous établissons entre cette position adoptée par les scientifiques durant les entretiens et notre statut au cœur du terrain.

5.3.2.3. Exigence temporelle de l'entretien d'explicitation et réalité pratique des acteurs

Enfin, le rythme soutenu que nous citions plus haut posait des difficultés pour mener les entretiens à une période la plus rapprochée possible de l'activité enregistrée, afin d'éviter tout oubli ou prise de distance supplémentaire avec l'activité telle qu'elle avait été vécue. Nous avons essayé au mieux de réduire cette distance à moins de sept jours.

L'entretien de J. a été réalisé deux jours après son activité, le 21/02/2020 (entretien 17h-18h30), durant la première période d'observation. Son activité avait eu lieu le 19/02/2020.

L'entretien de Ju. a été réalisé le jour même de son activité, le 25/02/2020 (entretien 16h-17h30), durant la première période d'observation.

L'entretien de Lu. a été réalisé sept jours après son activité, le 24/09/2020 (entretien 11h00-12h30), durant la seconde période d'observation. Son activité avait eu lieu le 17/09/2020.

5.3.3. Intérêts de la méthode de transcription procédurale

Nous résumons à présent les intérêts qui nous sont apparus d'avoir mobilisé une notation pictographique pour transcrire la dimension procédurale de l'activité telle qu'*observée* au travers des enregistrements vidéo des écrans et de l'activité.

5.3.3.1. Accéder à la dimension rythmique et matérielle de l'activité

Notre méthodologie de transcription pictographique nous a permis de lier les thèmes extraits des entretiens et leurs verbatims à des moments spécifiques de l'action, en rendant *visible* la dimension rythmique de l'action (répétitions, motifs) et de lier les propriétés matérielles des visuels à cet ensemble en indexant les moments de modifications morphologiques par l'usage des *glyphes d'évènement image*.

5.3.3.2. Favoriser une fluidité d’articulation de la transcription à l’analyse

Les *glyphes meta* nous ont permis d’intégrer facilement à la transcription des moments qui, à la volée, durant la transcription de ce que nous observions dans les enregistrements écran, nous semblaient intrigants. Il nous semble que cela nous a permis, à certains moments, de rester *ancrée* dans le terrain au travers des matériaux que nous avons récoltés, en nous permettant de *rester immergée* dans notre matériau *tout en l’analysant*. En d’autres termes, il nous semble que cela nous a permis de *favoriser* la dimension analytique de l’activité de transcription.

5.3.3.3. Articuler une analyse sur le long court

En retour, le formalisme particulier de la *glyphe meta de commentaire* « #check2 », auquel nous avons intégré une couleur, nous a permis durant les relectures d’identifier rapidement les moments saillants que nous souhaitions étudier plus en détail : cela a facilité les allers-retours étendus dans le temps.

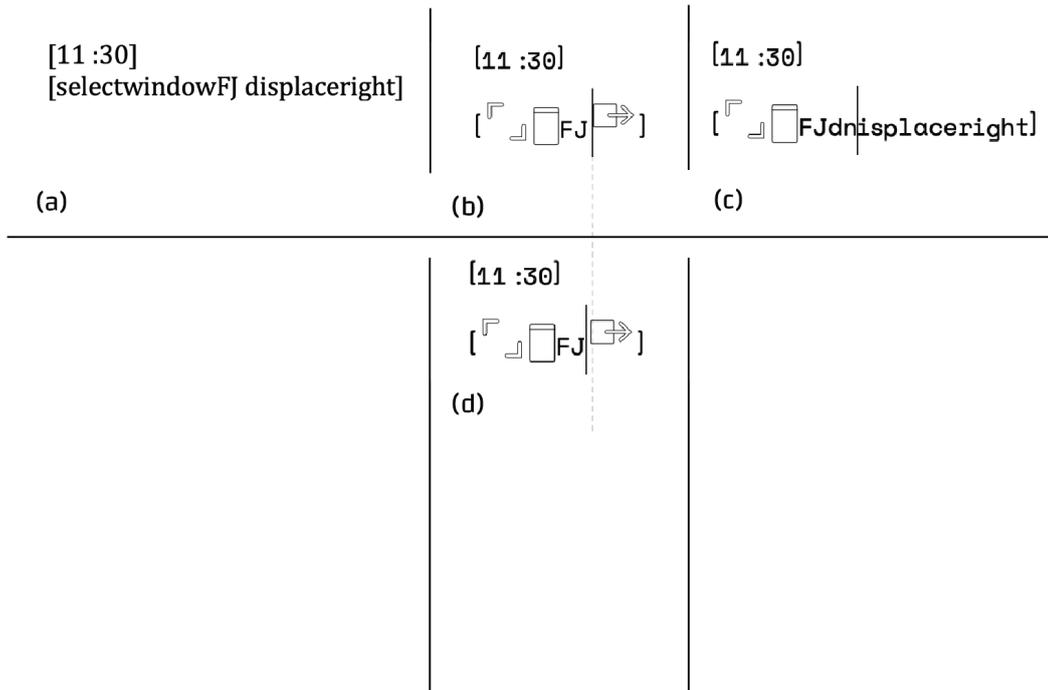
Par ailleurs, cette dimension visuelle, symbolique, nous a permis d’itérer plusieurs fois notre transcription du même contenu et d’identifier des changements dans notre regard d’analyste de par la présence facilement identifiable du symbole « à regarder » (to check) et par le fait que chaque symbole étant discrétisé, individuel, nous pouvions en un coup d’œil estimer si notre regard d’analyste s’était *déplacé* (puisque nous placions alors le symbole #check2 à un autre endroit que lors de notre première phase de transcription).

5.3.4. Limites de la méthode de transcription procédurale

En l’état, l’outil de transcription que constitue la typographie PROCESS-ing reste encore très limité.

5.3.4.1. Cohérence du niveau de granularité de la transcription

Il est difficile d’identifier quel niveau de granularité favoriser et donc quels symboles incorporer à PROCESS-ing. Par exemple, une opération de copie d’un fichier pourrait être symbolisée par une glyphe « copie-fichier » au lieu d’une série de glyphes « clic », « fichier », « clic-droit », « copie », « fichier ». Nous avons par exemple réalisé des glyphes qui « joignent » deux glyphes : par exemple « ouvre une nouvelle fenêtre » est une glyphe individuelle « openwindow », mais les glyphes « open » et « window » existent aussi individuellement dans PROCESS-ing.



[FIG.20] Figure détaillant le fonctionnement des ligatures et la difficulté d'ajout de symboles dans une transcription déjà réalisée. a) texte de la transcription affiché en typographie Cambria ; b) texte de la transcription affiché en typographie PROCESS-ing. La ligne verticale grise marque l'endroit où l'on souhaite insérer un contenu dans notre transcription, entre deux symboles. c) Comme la ligature produite à l'écran est moins large que son équivalent textuel, nous effaçons par erreur une lettre au milieu de la ligature d'un des deux symboles. La ligature est brisée, le symbole disparaît et laisse place à des lettres. d) La place indiquée par la ligne grise est le début exact de la ligature.

5.3.4.2. Articulation à la dimension incarnée de l'action

Notre outil de transcription est dédié à ce qui se passe à *l'intérieur de l'écran*. Chaque pictogramme est une traduction d'une action spécifique affichée *sur l'écran* mais ce qui se déroule sur l'écran se déroule aussi *en dehors* de l'écran. Quand un scientifique clique sur sa souris, il a l'objet de la souris en main, sur lequel il appuie, qui lui-même est relié à l'ordinateur. Les actions incarnées ne sont pas intégrées par PROCESS-ing à ce stade, à l'exception des *regards* qui ont été implémentés très tardivement et que nous avons préféré éviter d'utiliser pour conserver une forme d'homogénéité dans nos transcriptions. Si l'on souhaite *autonomiser* la lecture de PROCESS-ing, permettre à un tiers de consulter la transcription tout en ayant une idée fine du déroulé de l'activité, ce point reste à explorer.

5.3.4.3. Figuration de la rythmique de l'activité

Dans la même idée, certaines chaînes d'actions sont réalisées extrêmement rapidement, en quelques secondes et d'autres se déroulent plus longuement (comme l'observation d'un affichage à l'écran). Or, la *longueur* des chaînes pictographiques pouvait avoir tendance à *suggérer* la *longueur* du passage transcrit en terme de temps dans l'activité. Ce n'était pourtant pas toujours le cas : certaines transcriptions étaient plus longues car un nombre plus important d'*actions* était réalisé, mais le *temps* de leur réalisation n'était pas nécessairement plus long.

Seul le croisement de la transcription aux enregistrements vidéo permet de palier cette faiblesse du pouvoir *évocateur* des symboles tels qu'ils se présentent.

Pour le moment, nous avons cherché à représenter ce *déroulé rythmique* à l'aide des glyphes de rythmes, ce qui constitue une première piste.

5.3.4.4. Difficultés d'utilisation

D'un point de vue *technique*, l'usage des glyphes comme *ligatures* peut poser des problèmes en termes de composition typographique. Selon les règles d'enchaînement des caractères, des mots, des paragraphes, certains pictogrammes peuvent passer d'une ligne à l'autre. La mise en forme de la transcription peut donc être un problème en terme de *restitution du terrain*.

D'un point de vue *pratique*, le fonctionnement de PROCESS-ing par ligature pose des difficultés en termes de correction : en effet, la glyphe affichée correspond à un ensemble de lettres qui peut parfois être long (plus de 10 lettres), tan-

dis qu'à l'écran elle semble prendre l'espace de quelques caractères seulement : il ne suffit pas de positionner sa souris à l'extrémité du symbole pour l'effacer, il faut trouver, dans la chaîne de transcription, *l'endroit* où celui-ci commence réellement [FIG.20], ce qui peut s'avérer difficile.

5.3.5. Niveaux de granularité de la description et difficultés du découpage des activités étudiées

Au fur et à mesure de l'analyse, la difficulté de *découpage* de l'activité d'analyse des scientifiques sous forme de tâches et d'opérations s'est avérée poser problème. Par exemple, l'ouverture d'un fichier dans un logiciel pouvait tout autant correspondre à une tâche (but final : fichier ouvert), qu'à une opération (le double-clic qui lance l'ouverture) voir une action (double clic sur le fichier). Chez Vermersch (2019), quatre niveaux sont identifiés pour découper l'activité en unités d'analyse : l'organisation d'ensemble (niveau 1), la tâche (niveau 2), l'opération (niveau 3) et le niveau 4, infra-comportemental, que nous n'étudions pas car situé au niveau anatomique/neurologique de l'être humain.

L'organisation d'ensemble est composée de tâches et est une succession de buts.

La tâche est définie par le but final et composée d'étapes, ainsi que des actions élémentaires de ces étapes, qui sont des sous-buts. Ces actions élémentaires elles-mêmes intègrent des opérations d'exécution et d'identification.

Le niveau 3 est celui des opérations d'exécution et d'identification : étapes de réalisation d'une opération, unité élémentaire de réalisation d'une étape d'une opération, décomposition d'une unité élémentaire.

Nous nous sommes tenus à sa recommandation de viser « le degré de fragmentation qui est pertinent pour l'élucidation de ce qui constitue la spécificité de la manière de réaliser la tâche » (Vermersch, 2019, sp.), en comprenant, dans le cadre de cette phrase, comme l'activité globale d'analyse de données expérimentales.

Pour cette raison, au fil de notre analyse, nous nous sommes autorisée à mettre au niveau de la « tâche » de l'activité des ensembles d'actions élémentaires qui, ailleurs, auraient pû être considérés autrement, comme une opération d'exécution par exemple. Nous avons d'ailleurs considéré les *actions élémentaires* comme des *opérations* le terme nous étant plus naturel.

C'est donc le *niveau de détail souhaité* qui a déterminé notre découpage, selon ce qu'en analyse, nous identifions comme signifiant vis-à-vis de nos questions de recherche. Il nous semble que l'essentiel est d'avoir obtenu un matériau de travail nous permettant d'articuler comme nous le souhaitons des temporalités très fines de l'activité aux intentions et émotions de nos acteurs. Comme le dit Vermersch (2019) à propos du découpage de l'activité :

« Dans la pratique quotidienne, en revanche, il n'est ni possible ni souhaitable de procéder ainsi. La granularité de la description doit être un paramètre variable qui s'adapte à la recherche d'intelligibilité et à la précision de l'information recherchée. » (sp.).

De fait, le découpage que nous avons effectué pour faire sens du déroulé des activités s'est basé sur les multiples relectures des entretiens d'explicitation, sur des itérations de leur analyse thématique et sur le croisement de la structure d'activité extraite sur la base des entretiens à la structure *réelle* observée par l'analyse des enregistrements vidéos (écran et activité) via notation pictographique et croisements au moyen de notre espace de travail [FIG.19]. Nos découpages de l'activité se sont donc reconfigurés à de multiples reprises, notamment aussi parce que le *rôle* de certaines actions (la plus petites unités d'analyse que nous avons déployé) ne s'est éclairci qu'à force d'analyse¹⁸⁸. Dans d'autres cas, certains découpages se sont avérés inopérants, certaines tâches surgissant dans d'autres.

Par exemple, dans son activité d'analyse de Cytométrie en Flux, Lu. doit détecter, identifier et isoler les cellules qui émettent de la fluorescence. Nous donnons un exemple de découpage :

- **Activité : correspond à l'organisation d'ensemble. C'est l'activité d'analyse dont le but est la constitution d'informations pertinentes pour sa recherche.**
- **Tâche : (ex) Détection/Identification/Isolation des cellules qui émettent de la fluorescence**
- **Sous-Tâches : Les étapes pour réaliser la tâche.**
 - 1) **Ouverture fenêtre DotPlot Cells**
 - 2) **Tracer une troisième *gate* (S) [non présent dans la séquence étudiée]**
 - 3) **Verifications des *gates***

188 Par exemple, le lien entre l'organisation des fenêtres logiciel dans l'espace de l'écran d'ordinateur, soit une sous-tâche, à d'autres tâches n'était pas forcément évident aux premières lectures.

4) Ajustement gating (S) ?

- **Opération : (exemple pour 3) vérification des *gates*)**
 - ☒ a) Contrôler pertinence des *gates Cells & Singlets + Harmonisation gates Cells échantillon spike échantillon empty*
 - ☒ b) Observer qualité du marquage (1)
 - ☒ c) Observer qualité du marquage (2)
 - ☒ Etc.
- **Action : (exemple pour b) Observer qualité du marquage (1) :**
 - **Lu. clique sur le bouton pour aller à l'échantillon suivant.**
- **Effet : résultat d'une action**
 - **Le Dotplot change, c'est à présent le Dotplot de l'échantillon X.**

Ce découpage reste insatisfaisant, il est l'affaire d'un compromis et ne peut constituer à ce stade une grille de découpage standard, qui n'est de toute façon *a priori* pas souhaitable. En effet, si la Vérification des *gates* pourrait être une Tâche, alors la Détection/Identification/Isolation des cellules qui émettent de la fluorescence serait une activité, l'analyse de données serait une « Super-Activité », on prendrait le risque de multiplier les niveaux à l'infini. Nous pensons que cette difficulté, déjà discutée par la littérature (e.g. Vermersch, 2019, s.p.), est exacerbée, d'une part, relativement au niveau de granularité de la description auquel on cherche à accéder, mais, d'autre part, davantage si l'on conserve la volonté de faire dialoguer ce niveau *directement* avec les niveaux supérieurs. La cohérence de la discrétisation des niveaux de l'activité pose alors problème. De plus, l'activité est un flux plus ou moins continu : certaines opérations/actions visent à préparer la suite de l'activité, mais ont aussi une implication *durant* cette suite. Par exemple, à l'ouverture des fichiers dans son logiciel d'analyse FIIJ, J. procède directement, durant l'ouverture des fichiers, à l'organisation de ses fenêtres lui permettant de choisir, par comparaison, l'image d'acquisition qu'il souhaite conserver pour réaliser sa figure. D'une part, il y a un entremêlement des sous-tâches « ouverture fichier » et « organisation du plan de travail », d'autre part, la décision de considérer si, oui ou non, ce sont des sous-tâches (des étapes d'une tâche) ou bien une tâche, dépend bien, à notre sens, du niveau de détail que l'on souhaite obtenir du *déroulé procédural*[‡].

6. Pré-Terrain et Terrain

CONTENU

L'enjeu de ce chapitre est double : d'une part, présenter les terrains que nous avons observés en amont de la thèse et, d'autre part, présenter le terrain spécifique de la thèse.

Dans un premier temps, nous revenons sur ce que nous appelons le « pré-terrain », des observations réalisées en amont de la thèse qui ont participé à développer notre intérêt pour les formats visuels de science mais qui d'un point de vue de recherche nous ont aussi permis d'acquérir une certaine connaissance du domaine de la biologie dans lequel s'inscrit le terrain de la thèse.

Dans un second temps, nous présentons le terrain spécifique de la thèse en détaillant les modalités de notre entrée sur le terrain, la posture que nous y avons adoptée, les contraintes que nous avons pu rencontrer pour mener nos observations, les conséquences que notre statut de designer en recherche ont pu avoir sur notre relation au terrain, une mise en perspective de la préparation préliminaire au terrain par notre pré-terrain et enfin le rythme endogène au travail observé dans son influence sur notre relation au terrain.

6.1 Pré-Terrain

En amont de notre terrain de thèse, nous avons mené plusieurs expériences d'observations et de documentations dans le domaine de la biologie. Ces expériences ont été précieuses pour garantir la pertinence de notre regard, c'est-à-dire notre capacité à *identifier* ce qui relevait de notre objet d'intérêt et nous permettre d'échanger plus facilement avec nos interlocuteurs. Il nous semble aussi que ces pré-terrains ont participé à renforcer notre légitimité en tant qu'observatrice participante, et à faciliter des contacts privilégiés avec les scientifiques du terrain.

6.1.1. Mémoire de DSAA : Culture Théorique et Historique + Travaux Pratiques

Tout d’abord, nous avons rédigé à l’occasion de notre Diplôme Supérieur d’Arts Appliqués (DSAA)¹⁸⁹ un mémoire consacré à l’implication des dimensions culturelles, sociales et politiques dans les modes de représentation graphique employés pour produire les visuels scientifiques au travers d’une étude de corpus iconographique diachronique, allant des représentations graphiques du 14^{ème} siècle à nos jours. À l’époque, nous n’étions pas familière de la recherche. Notre intuition était que les choix de formalisation graphique pour la mise en forme des figures scientifiques puisse procéder d’autre chose que d’une sorte de capture neutre, obligatoire, d’une réalité « déjà là ». En nos termes actuels, notre idée était, d’une part, que les choix formels de représentation, l’utilisation d’une certaine couleur, d’un certain médium, l’incorporation de certains éléments plutôt que d’autres dans les images scientifiques, pouvaient être guidés par une forme de posture esthétique. D’autre part, nous pensions que le choix de différents médiums pouvait jouer un rôle dans la structuration des connaissances par les scientifiques, comme par exemple une certaine forme de contrainte de la pensée ou au contraire une certaine forme de milieu exploratoire pour la formulation d’inférences par les scientifiques au sujet de leurs objets de recherches. Notre intérêt s’est notamment nourri de notre lecture de l’ouvrage *FlatLand* (Abbott, 2013/1884) qui montre bien, entre autres, comment nos perceptions sont contraintes par le médium dans lequel leurs objets s’incarnent.

Afin d’étudier l’entrelacement de ces dimensions, nous avons, d’une part, constitué un corpus visuel que nous avons analysé formellement, inspirée par les méthodes d’analyse stylistique de l’histoire de l’art et, d’autre part, nous avons constitué un corpus bibliographique composé de quelques articles scientifiques, d’ouvrages de vulgarisation, et de contenus documentaires comme des vidéos proposées par ARTE. Nous avons aussi consulté des archives de sources primaires et secondaires, comme l’ouvrage du *Sidereus Nuncius* par Galilée (Galilei, 1610).

Ce travail s’est ainsi articulé autour d’un large corpus iconographique (plus de 80 figures) composé de visuels issus de l’époque médiévale jusqu’à l’époque contemporaine. Ces dernières ont été extraites de sources diverses : de banques

¹⁸⁹ Nous appellerons ce diplôme DSAA : il correspond, en France en 2014, à l’équivalent d’un master 1 en faculté.

de données d'images (comme la plateforme *Gallica*¹⁹⁰), de publications de vulgarisation, ou des archives numérisées d'ouvrages d'époque.

Nous avons réalisé des analyses formelles des images récoltées, que nous avons à chaque fois mises en rapport avec le contexte sociétal au sein duquel elles avaient été produites et diffusées. À titre d'exemple, nous avons proposé d'analyser formellement deux représentations figuratives du système solaire, l'une présentant le modèle copernicien, l'autre présentant le modèle ptoléméen. Nous avons analysé la composition en croisant les choix picturaux d'une part avec les conceptions théoriques sous-jacentes et, d'autre part, avec les us et coutumes de l'époque notamment en matière de religion et de symbolisme. Cela nous a permis de mettre en exergue la qualité rhétorique et la dimension culturelle des images mobilisées dans certains ouvrages scientifiques. À la première partie du mémoire ainsi réalisée succédait ensuite une étude de cas plus spécifique sur le cas de la bactériologie.

De ce premier travail théorique, nous avons retenu plusieurs choses que cette thèse nous a permis d'explorer et de resituer :

- Les images scientifiques ont une dimension culturelle : les visuels de connaissance témoignent du paradigme dans lequel ils sont ancrés, et influent ce dernier, que ce soit en venant le renforcer, ou en le métamorphosant à leur tour (Daston & Gallison, 2012). Elles entretiennent un rapport dialectique entre les enjeux soutenus par La Science comme institution (Jeanneret, 1994), les intérêts politiques de la société contemporaine, et les moyens de productions disponibles ou développés au service du paradigme favorisé.

- Le caractère pragmatique et téléologique des visuels produits : les propriétés formelles des visuels répondent à des besoins d'agir et sont produits de sorte à réaliser certains buts. Par exemple, la nécessité d'attester de la présence d'une molécule (but) qui permet ensuite de poursuivre une expérimentation (pragmatique), ou encore la fixation d'un système de notation chimique (but) pour permettre aux scientifiques de travailler sur des bases communes à visée « universelle » (pragmatique) (Laugier & Dumon, 2001).

- L'existence d'une riche histoire technique des méthodes de « visualisation » scientifique, et de leur impact sur le développement des disciplines. Par exemple, l'histoire du microscope de Leeuwenhoek lui ayant permis d'observer les « ani-

190 Gallica est la bibliothèque numérique en ligne de la Bibliothèque nationale de France (BnF), qui permet de consulter de nombreux ouvrages d'archives.

malcules », et l'essor de la microbiologie (Boutibonnes, 1999 ; Leeweunhoek & Hoole, 1800/1687 ; Ratcliff, 2016).

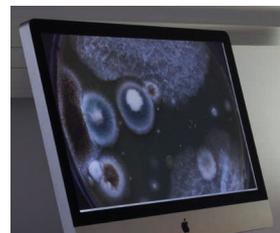
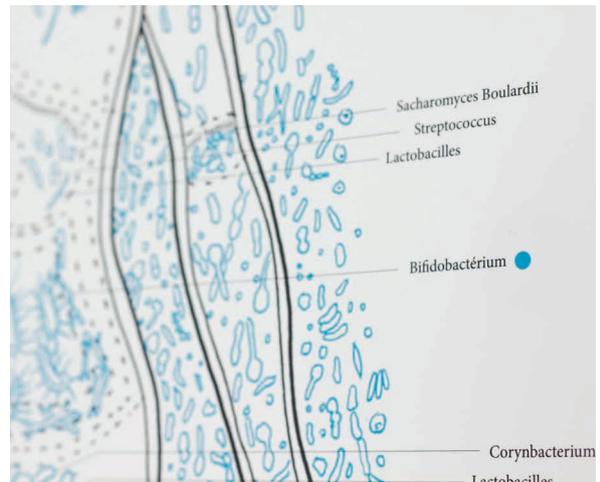
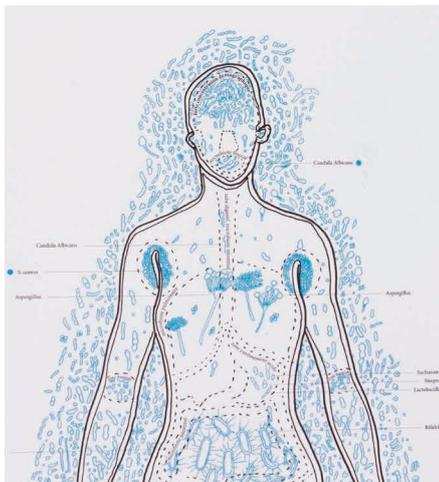
- L'importance des outils de représentation dans la construction des connaissances scientifiques. Par exemple, la relation entre l'invention de la photographie, sa mise au service pour les travaux des scientifiques et une certaine façon d'envisager la méthode scientifique (Marey, 1878 ; Sicard, 1999 ; Daston & Galison, 2012).

Dans le cadre de ce mémoire, notre étude de cas portait sur la bactériologie et le microbiote humain : nous avons dans ce cadre rassemblé un lot de références, incluant des ouvrages de vulgarisation, et sommes allés visiter le premier musée consacré aux micro-organismes, MICROPIA, situé à Amsterdam. De là, nous avons acquis nos premières clés lexicales en biologie, et une compréhension générale du rôle des micro-organismes et de leur classification, ainsi qu'une sorte de *culture visuelle*[‡] de l'univers microbiologique, reflété dans les décisions muséographiques de MICROPIA. La littérature consultée nous a aussi permis d'acquérir une base de connaissances sur les conditions de la découverte des micro-organismes et l'évolution de leurs formats de représentation, depuis une époque où les appareils d'imagerie de l'infiniment petit se limitaient à la mobilisation de microscopes optiques et où les techniques de reproduction des observations étaient celles de l'imprimerie par gravure (Leeweunhoek & Hoole, 1816/1687).

Ce projet nous a aussi conduite à contacter des scientifiques afin de mener des entretiens, très libres, autour de leur travail et de la place des images. Nous avons ainsi pu attester de notre capacité à instaurer un dialogue avec des professionnels en tant que designeuse, c'est-à-dire, notre capacité à intégrer leur vocabulaire technique de sorte à mener une conversation sur leurs objets d'étude qui ne nécessite pas de devenir à notre tour experte, mais nous permette de mettre en rapport leurs récits avec notre propre domaine d'expertise. Par exemple, les contraintes imposées par l'acquisition technique d'imagerie en microscopie, notamment du point de vue de la résistance des micro-organismes à certaines conditions (ou plutôt, à leur non-résistance), et la nécessité, pour obtenir un certain type d'information, de mêler à la préparation des échantillons certains colorants pour mettre en valeur certaines parties d'un organisme, nous ont très rapidement posé question quant à la façon dont certains choix arbitraires, comme la couleur d'un colorant, pouvaient influencer sur la perception des objets d'études, mais aussi, en retour, comment, dans notre propre métier de designer,



[FIG.21] Photographies personnelles de nos expérimentations sur boîte de Petri pour la culture de bactéries, 2016.



[FIG.22] Photographies personnelles de notre projet de diplôme de DSAA intitulé « MICROBIOTA », partie d'une exposition fictive sur le microbiote humain, 2016.

certaines contraintes incompressibles pouvaient constituer un levier créatif et exploratoire.

Cette année de mémoire a aussi été l'occasion de nous familiariser avec la « matière biologique », en cultivant par nous-même des bactéries (issues de nos mains) dans le laboratoire de SVT de notre structure d'étude, le lycée Jacques Prévert. Loin de consister en une introduction technique « traditionnelle » correspondant à l'apprentissage de microbiologistes en formation, cette expérimentation nous a cependant permis de dialoguer avec la technicienne du laboratoire et de consulter des protocoles pour la fabrication des milieux de culture. Sur la base du « milieu de culture » préparé par la technicienne du laboratoire, nous avons expérimenté avec la matière pour explorer la *texture* des bactéries [FIG.21].

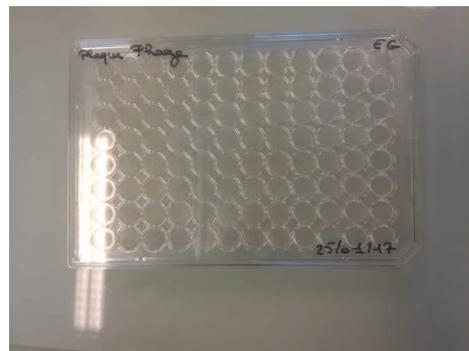
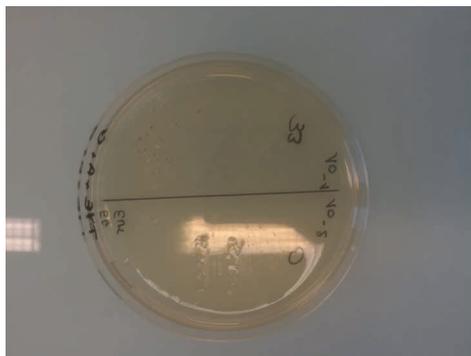
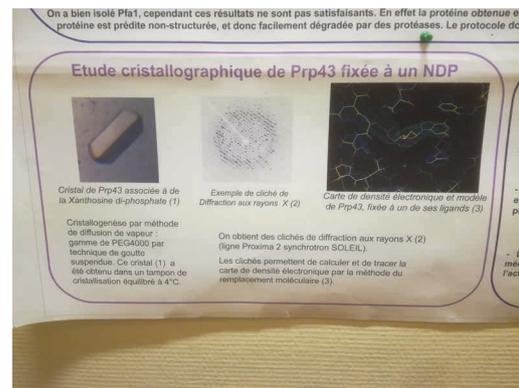
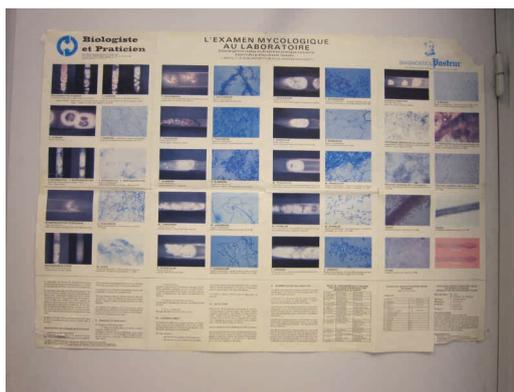
Nourri par les réflexions évoquées plus haut, notre projet de design, constituant la dernière étape diplômante de notre DSAA suite au mémoire, a justement consisté à interroger différentes modalités de représentation de la matière biologique microscopique, en proposant un projet d'exposition de vulgarisation sur le microbiote humain (l'ensemble des organismes microscopiques présents sur et dans notre corps) [FIG.22].

6.1.2. M2 de Recherche en Design : Observation d'enseignements niveau L1 en biologie

Un second pré-terrain a été réalisé à l'occasion de notre Master 2 de Recherche en Design (M2R) à l'ENS Paris-Saclay, où nous avons pu assister à deux semaines d'enseignement Virus et Génie Génétique¹⁹¹.

Bien que nous y assistions uniquement en qualité d'observatrice, nous avons reçu de la même façon que les étudiants les polycopiés relatifs au cours et avons pu assister à l'ensemble des activités à l'exception de celles se déroulant dans un laboratoire sécurisé. Les cours théoriques portaient sur les rétrovirus, une famille de virus, et les phages, des virus de bactérie, ainsi que sur la thérapie génique, les adénovirus, et les vaccins. Lors de la première semaine, la matinée était consacrée aux cours théoriques, et l'après-midi aux travaux pratiques de rétrovirologie. La seconde semaine était davantage centrée sur les travaux pratiques, avec une dernière journée complète de TP rétrovirologie et le reste

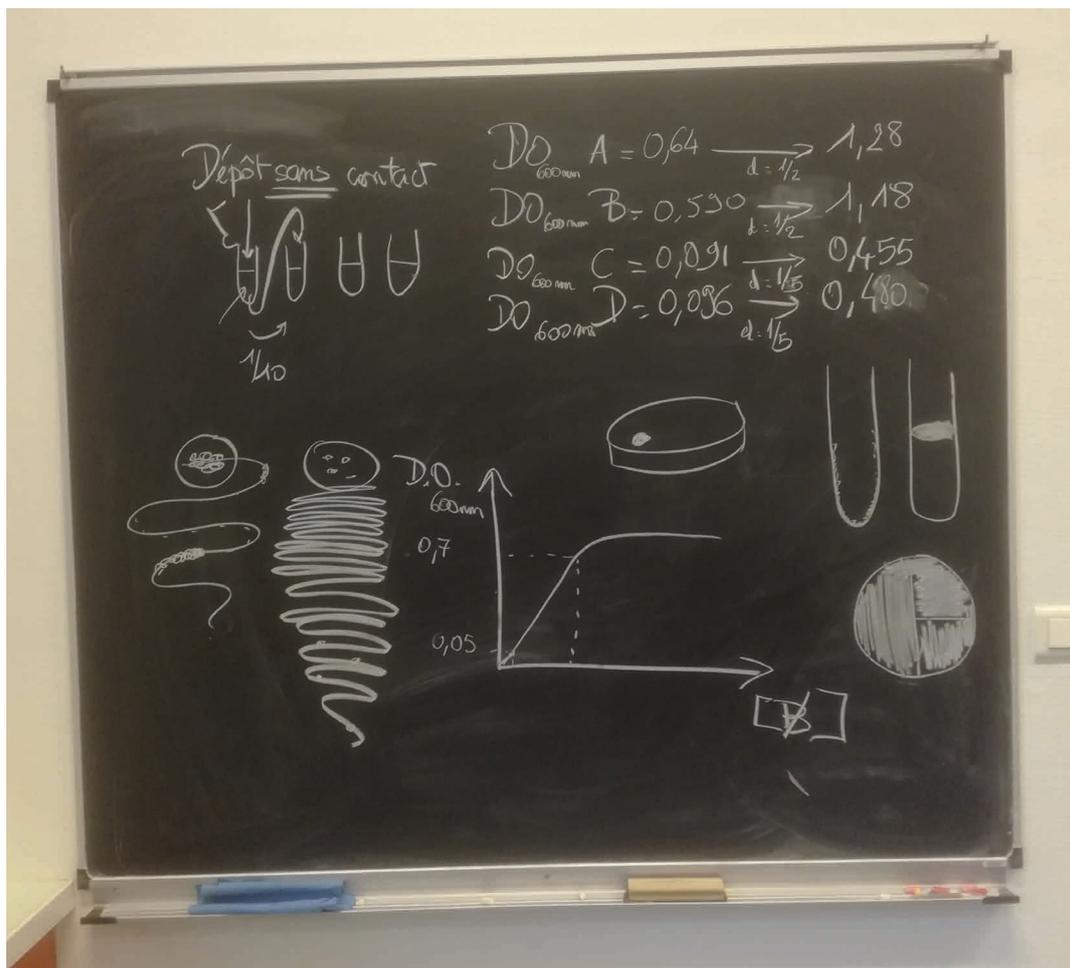
191 du 16 janvier 2017 au 20 janvier 2017, et du 23 janvier 2017 au 27 janvier 2017.



[FIG.23] Photographies personnelles du département de biologie (DER) de l'ENS Paris-Saclay, où l'on peut voir une diversité de formats visuels : affichages sur les murs, inscription sur les ustensiles de la recherche (2017).



[FIG.24] Photographies personnelles des étudiants du département de biologie (DER) de l'ENS Paris-Saclay, manipulant des pipettes. ENS Paris-Saclay (2017).



[FIG.25] Photographies personnelles du tableau de la salle de travaux pratiques où l'on voit des représentations schématiques tracées au tableau. ENS Paris-Saclay (2017).

consacré au procédé de *phage display*¹⁹², avec un seul cours théorique, et une analyse d'articles sur toute une journée.

Ces deux semaines ont été l'occasion de nous familiariser avec les modalités d'apprentissage des futurs scientifiques chercheurs, avec toujours une attention portée aux formats visuels de la recherche. Nous avons ainsi observé les types de formats visuels mobilisés [FIG.23] et la fréquence de leur apparition, en nous posant notamment la question de l'importance des conventions et « réflexes » de représentation dans l'univers visuel des microbiologistes : est-ce qu'un type de représentation apparaissait plus souvent qu'un autre ? Est-ce que des coloris semblaient être favorisés pour la représentation de tel ou tel objet biologique ? À quelles fins un schéma ou une photographie étaient-ils privilégiés ?

Nous avons aussi pu mettre à nouveau à l'épreuve notre base « lexicale » en biologie, pour dialoguer avec les étudiants que nous étions autorisée à photographier lors de leurs travaux pratiques. Nous avons ainsi découvert *in situ* les gestuelles et attitudes mobilisées lors des expérimentations et de l'apprentissage des biologistes [FIG.24].

En outre, nous avons aussi pu assister à une période de préparation à l'agrégation des étudiants en biologie, du 31 janvier 2017 au 2 février 2017.

De ces deux périodes, nous avons ainsi fait le constat du large foisonnement de formats visuels mobilisés dans l'éducation des jeunes chercheurs, et la *mobilité* de ces formats en termes de rôle assigné : certains visuels pouvaient en effet se retrouver dans un manuel scolaire, tout en étant extrait d'une revue de publication. De même, nous avons constaté l'importance des schémas dans la communication entre scientifiques, et leur mobilisation pour la planification des expérimentations [FIG.25].

Ces périodes d'observations, d'échanges, d'expérimentations et d'apprentissage nous ont finalement aussi permis de préparer nos séjours de recherche en laboratoire, en renforçant notre familiarisation avec la culture de la recherche en biologie.

192 Le phage display ou exposition sur phage est « une technique *in vitro* permettant d'étudier les interactions entre protéines, peptides et ADN grâce à des bactériophages. » (Wikipédia, phage display, 2023)

6.1.3. M2 de Recherche en Design : Observations Exploratoire Terrain : Praticiens

Enfin, un dernier pré-terrain a consisté en un stage *in situ* dans un laboratoire de recherche parisien. Les hypothèses préliminaires à ce travail de thèse ont été largement induites par cette première observation de terrain exploratoire, réalisée dans le même Institut de recherche parisien que celui du terrain de thèse, que nous présenterons plus longuement juste après.

Cette première observation s'est déroulée de février à mars 2017 sur une période de sept semaines. Grâce à un contact privilégié avec la directrice du laboratoire de recherche où nous avons séjourné, nous avons pu intégrer une unité de recherche en bactériologie, consacrée à l'étude de la bactérie *Chlamydiae*.

Durant un mois, nous avons observé quotidiennement les biologistes-chercheurs dans le cadre de leur travail en laboratoire. Pour ainsi dire, nous avons réalisé notre première observation exploratoire dans l'espace des sciences *en train de se faire*.

Il s'agissait d'observer les activités quotidiennes des chercheurs en essayant de saisir à quels moments (quand) et pour quelles raisons (pourquoi), mais aussi de quelles façons (comment), les visuels sont mobilisés au cours de leur travail. Nous avons ainsi pu :

Nous familiariser avec l'Institut de recherche : son architecture, son organisation, ses différents accès et départements.

Echanger quotidiennement avec les chercheurs autour de leurs objets de recherche mais aussi plus largement des théories en biologie et des outils disponibles.

Nous familiariser avec leurs outils techniques, en observant notamment une séance d'analyse de microscopie en fluorescence, et les procédés du Western Blot et de la migration ADN.

Expérimenter avec certains des logiciels mobilisés par les scientifiques : un logiciel de modélisation 3D des molécules de virus et de bactérie (Chimera¹⁹³), un logiciel de traitement des microscopies en fluorescence (ICY¹⁹⁴), un logiciel

193 UCSF Chimera (n.d.). Accueil. Consulté le 16 décembre 2023, sur <https://www.cgl.ucsf.edu/chimera/>

194 ICY (n.d.). Accueil. Consulté le 16 décembre 2023, sur <https://icy.bioimageanalysis.org/>

d'assistance pour le clonage d'ADN (Serial Cloner¹⁹⁵)

Découvrir le fonctionnement d'un *laboratoire P2[‡]*, et les différences entre les niveaux de sécurité. (*laboratoire P1, P2, P2+, P3, P4[#]*)¹⁹⁶.

- Rencontrer les ingénieurs du département d'analyse des images biologiques, et assister à une séance d'échange hebdomadaire avec les scientifiques chercheurs nécessitant le développement d'outils spécifiques pour l'analyse de leurs images.

- Collaborer avec une doctorante pour la réalisation d'un teaser pour un MOOC de l'Institut, consistant en l'enregistrement d'une introduction filmée, et la production d'une courte animation vectorielle.

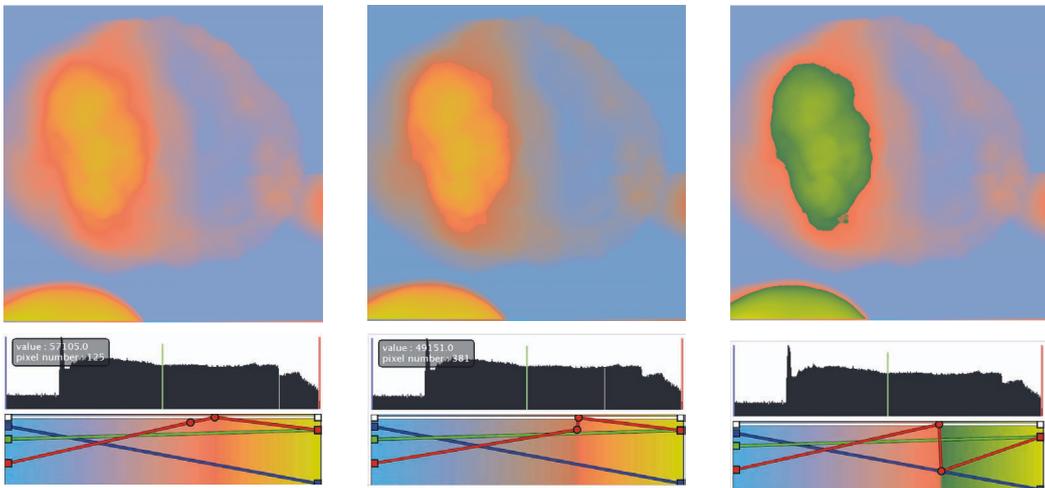
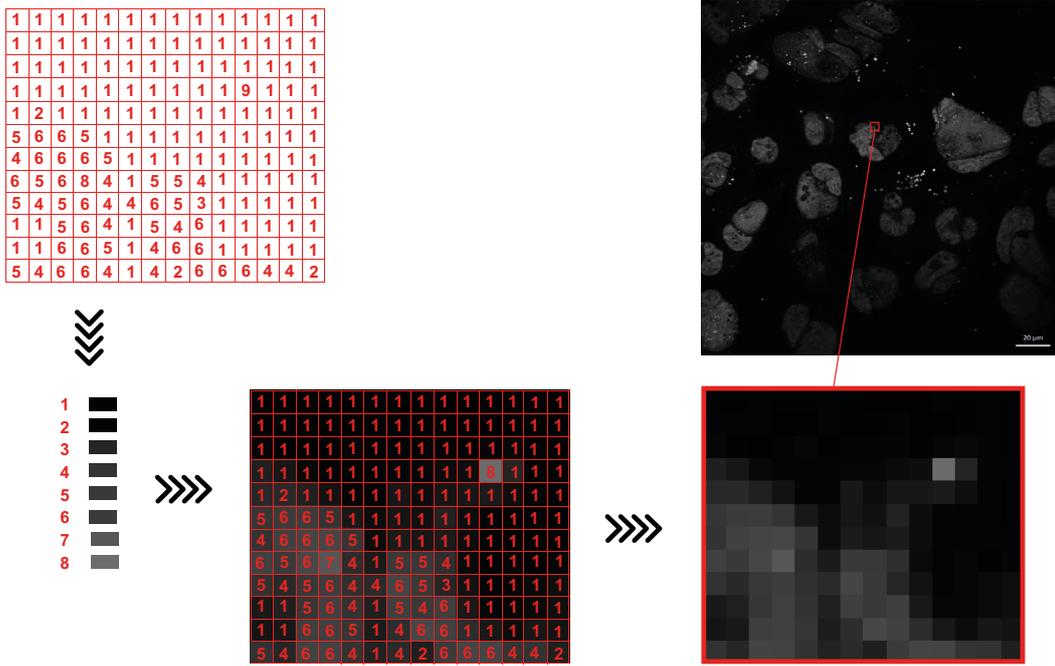
- Dialoguer avec le département de communication, qui s'occupe de la mise en valeur de certains visuels pour la communication de l'Institut, souvent dans le cadre de la vulgarisation scientifique. Néanmoins, certains de leurs travaux consistent aussi à traiter des images scientifiques pour leurs publications futures, ce que nous avons observé avec beaucoup d'intérêt.

- Présenter le résultat de notre période d'observation aux scientifiques du laboratoire, et échanger avec eux à ce propos.

Durant cette période, nous avons accumulé un grand nombre de matériaux, via une prise de vue par appareil photographique, et la prise de note quotidienne de nos échanges avec les scientifiques. Ces matériaux ne seront pas remobilisés ici mais nous soulignons l'importance de leur influence sur nos réflexions. C'est notamment l'observation d'un traitement d'image au département de communication de l'Institut qui a soulevé chez nous des questionnements quant à l'importance de *traiter* un visuel pour permettre à différents scientifiques de *voir*

195 Serial Cloner (n.d). Accueil. Consulté le 16 décembre 2023, sur http://serialbasics.free.fr/Serial_Cloner.html

196 ‡ Laboratoire P1, P2, P3, P4 : Une unité de recherche en biologie a généralement accès à un laboratoire dit *laboratoire P1* ou *P2, P3, P4...* Dans ce cadre, « laboratoire » désigne spécifiquement un espace physique dédié aux expérimentations biologiques. Ces expérimentations peuvent présenter des risques pour la santé humaine, et d'autre part, les agents biologiques peuvent nécessiter d'être manipulés dans des conditions évitant leur propre contamination. Pour ces raisons, selon le type d'agent biologique manipulé, différents niveaux dits de « confinement » sont nécessaires. Ces différents types de laboratoires sont régulés par des normes architecturales : organisation de l'espace, procédure d'entrée et de sortie dans l'espace, instruments à disposition... Un laboratoire P1 sert à manipuler des substances biologiques qui ne présentent aucun danger pour l'homme, les plantes, ou les animaux, et ne présente généralement pas d'organisation architecturale particulière à l'exception d'un vestiaire avant son entrée. A contrario, un laboratoire P4, qui sert à manipuler des agents biologiques présentant un taux très élevé de risque pour la santé humaine est précédé d'un vestiaire et d'un SAS avec une douche.



[FIG.26] Schéma représentant la logique d’affichage d’une image numérique, pixels par pixels et expérimentation visuelles sous le logiciel ICY. Haut : Image originale de Juliette Hugueny, Institut Pasteur, Laboratoire de Biologie Cellulaire de l’Infection Microbienne, 2017. Bas : Image originale de Fabrice Dechaumont, Institut Pasteur Paris, Institut Pasteur de Lille, 2017.

quelque chose dans l'image. C'est aussi l'expérimentation du logiciel ICY qui nous a posé plus concrètement la question des modalités des outils mobilisés par les scientifiques, et du rapprochement de leur pratique avec celle du design graphique et du rapport entre mise en forme et degré d'inférence informationnelle [FIG.26].

6.2 Terrain d'Observation

Dans le cadre de cette thèse, nous avons réalisé deux périodes d'observation de terrain d'inspiration ethnographique, dans un même laboratoire de recherche consacré à l'étude virologique. Les objets de travail du laboratoire comprenaient les virus ZIKA, VIH et SARS-CoV-2.

Les deux périodes d'observation, d'approximativement un mois chacune, se sont déroulées respectivement du 10 Février 2020 au 13 Mars 2020 et du 1er Septembre 2020 au 30 Septembre 2020. Au total, nous avons séjourné 47 jours au laboratoire : 25 jours pour la première période et 22 jours pour la seconde.

Ce laboratoire de virologie, reconnu pour la qualité de ses travaux et souvent médiatisé, est situé dans un Institut de recherche biologique parisien comportant plusieurs départements. On y trouve des départements de recherche biologique, mais aussi des sections consacrées au développement technologique, comme un département d'analyse des données biologiques intégrant des ingénieurs informaticiens et mathématiciens ainsi que des physiciens. Il y a aussi un département consacré au traitement de la communication scientifique de l'Institut, et un fablab dirigé par une designer.

Cet Institut a la particularité d'être organisé comme un campus où la possession d'un badge d'accès permet de naviguer assez facilement entre les différents bâtiments et favorise ainsi l'échange entre les disciplines. Le badge peut néanmoins être limité et ne pas inclure l'accès à certaines sections, comme par exemple des plateformes techniques où se trouvent des appareils d'imagerie et d'acquisition de données spécifiques, ou encore l'animalerie, ou bien encore des laboratoires P2 ou P3 où des normes de sécurité particulières s'appliquent. Il faut noter que les limitations de notre badge étaient sans doute dues à notre statut de stagiaire en observation et qu'un scientifique-chercheur est généralement plutôt libre de ses mouvements et donc dans ses possibilités d'échanges et de collaborations. Nous souhaitons noter ici qu'un entretien mené en début

de thèse avec une scientifique travaillant à Grenoble et ayant séjourné dans cet Institut Parisien avait souligné cette accessibilité entre départements comme une particularité de ce dernier en termes d'organisation.

L'Institut comporte aussi un certain nombre de salles pouvant être mobilisées pour organiser des conférences, qu'elles soient conduites par des membres d'un laboratoire interne à l'Institut, ou par des invités extérieurs. De nombreux événements sont proposés aux membres de l'Institut comme des présentations de technologies de pointe et des workshops d'apprentissage de ces dernières. En outre, le département d'analyse des données biologiques de l'Institut, qui développe des logiciels et des plug-in pour le traitement des travaux de recherche, organise des réunions hebdomadaires pour accompagner les scientifiques dans les besoins de leur recherche. Un fablab interne permet à l'ensemble des scientifiques-chercheurs de développer, en collaboration avec une designer, des outils au service de leur recherche.

6.2.1. Rencontre et accès au terrain

Notre accès au terrain s'est réalisé par le biais d'un contact privilégié avec le directeur de l'unité de recherche que nous souhaitions intégrer. Après un court échange par mail, nous nous sommes rencontrés une première fois à son bureau, rendez-vous suivi d'une visite guidée du laboratoire nous permettant ainsi de nous familiariser une première fois avec l'organisation du lieu d'observation et quelques-uns des visages des membres de l'unité.

À l'issue de ce premier échange, nous avons convenu de rencontrer une majeure partie de l'équipe du laboratoire à l'occasion d'un lab-meeting auquel nous serions conviée en vue de notre possible intégration.

Nous y avons présenté notre projet de recherche de thèse et explicité ce que nous souhaitions observer, à savoir des activités de recherches où sont mobilisés des formats visuels. Cette séance nous a permis de jauger des premières réactions concernant notre venue mais aussi à l'égard de notre objet de recherche. Nous avons pris le soin d'observer, notre présentation orale et visuelle se faisant, les expressions parfois circonspectes des membres de l'unité concernant l'articulation de notre regard de designer-chercheuse en sciences humaines à la thématique des images de sciences. Nous avons aussi pu, ce jour-là, assister à une présentation de recherche d'un des membres du laboratoire, le lab-meeting du lundi matin consistant, la majorité du temps, en une mise au point sur l'avancée

d'un projet de l'unité. Cela a eu pour effet de nous projeter une première fois « dans le bain » de ce qui deviendrait notre quotidien un mois et demi plus tard, mais aussi de constater, déjà, la présence généreuse de formats graphiques accompagnant le power-point de présentation mobilisé durant cette présentation. Ce passage nous a donné quelques premières clés concernant l'organisation du laboratoire et le déroulé d'une réunion de laboratoire classique au sein de cette unité.

Nous avons ensuite dû effectuer des négociations administratives (Lapassade, 2002) pour obtenir la permission de réaliser nos observations.

Pour le second temps d'observation, nous avons pris contact par email avec le même directeur de l'unité de recherche et l'ensemble des démarches s'est réalisé à distance. Ce déroulé était notamment dû à la situation de pandémie mondiale causée par le SARS-CoV-2.

Les modalités de notre rencontre avec l'équipe nous semblent avoir favorisé la légitimation de notre intégration et l'obtention rapide d'informations plus générales sur le travail réalisé dans le laboratoire. En effet, le soutien du directeur de l'unité, ayant demandé à certains membres de nous prendre sous leur aile lors de la première journée ou pour une après-midi, nous semble avoir facilité les premiers contacts et nous avoir épargné les écueils d'un *évitement* volontaire de la part des scientifiques au travail (Lynch, 1985a). D'autre part, comme nous le verrons ci-dessous, l'attribution d'une place dédiée dans un bureau de l'unité nous a permis d'échanger plus spontanément avec certains membres autour de leurs sujets de recherche propres.

6.2.2. Appartenance au terrain (Rôle/Statut)

Lors du lab-meeting précédant notre intégration officielle au laboratoire, nous nous sommes présentées auprès de l'équipe en tant que « designer graphique de formation » actuellement « doctorante en design ».

Notre appartenance au terrain fut celle d'une observatrice participante externe et périphérique (Adler & Adler, 1987) : nous n'avons jamais assumé de rôle actif dans les activités de laboratoire à proprement parler, tout en étant présente dans les locaux du laboratoire quotidiennement. Ce choix a plusieurs raisons :

- Une contrainte limitante d'expertise : nous ne possédions pas les capacités requises pour manipuler le matériel de laboratoire.



[FIG.27] Photographie du bureau (rond vert) où nous étions installée lors de notre première période d'observation terrain.



[FIG.28] Photographie du bureau (rond vert) où nous étions installée lors de notre seconde période d'observation terrain.

- Une contrainte limitante épistémologique : nous souhaitions observer ce qui se fait *en pratique*. Notre posture de designer graphique risquait, en intervenant aux côtés des scientifiques, de modifier les pratiques quotidiennes des chercheurs dans leur relation aux visuels. À deux reprises, nous avons participé à des tâches périphériques à l'activité des chercheurs du laboratoire : nous avons aidé à implémenter un article sur le site web de l'unité de recherche et nous avons discuté et projeté un travail d'illustration pour un article à paraître, qui ne fut cependant pas réalisé. Ces deux collaborations sont restées discrètes, c'est-à-dire qu'elles n'ont pas été annoncées particulièrement aux membres de l'équipe et n'ont sans doute pas été consciencisées par l'ensemble de ces derniers. Il nous semble donc qu'elles n'ont pas eu particulièrement d'impact sur la perception de notre présence au laboratoire, c'est-à-dire sur notre degré d'appartenance à l'équipe et au terrain par la mise en place d'un échange réciproque entre l'équipe –qui nous accueillait et nous permettait donc de réaliser nos recherches– et nous-même, qui présentions des compétences diverses susceptibles de leur être utiles (Adler & Adler, 1987).

Concernant notre inscription sur les lieux en eux-mêmes, comme nous l'évoquons plus haut, le directeur du laboratoire nous a attribué un bureau durant chaque période d'observation. Pour la première période, notre bureau était situé dans la première partie d'une pièce menant aux bureaux de deux doctorants [FIG.27].

Pour la seconde période, le bureau était situé dans la première partie d'une pièce menant à deux bureaux : celui d'un doctorant et celui d'un post-doc. Néanmoins, cette fois-ci, dans la première pièce où nous résidions se trouvaient d'autres bureaux utilisés par des post-docs du laboratoire et par des doctorants membres d'un autre laboratoire se situant au même étage du bâtiment [FIG.28].

Ces deux lieux d'inscription ont facilité l'échange avec les membres du laboratoire dont les bureaux étaient situés à proximité, de même que l'observation discrète de certaines de leurs activités. Dans la première période, un certain nombre d'allers et venues prenait place dans l'entre-deux où nous nous situions, car derrière nous se trouvait une paillasse de travail et d'autre part, les doctorants installés après notre bureau recevaient pas mal de visites de leurs collègues donnant lieu à divers échanges plus ou moins orientés autour des recherches. Durant la seconde période d'observation, nous étions assise à côté d'une neurobiologiste et à proximité d'un des scientifiques chercheurs de l'équipe : nous échangeions volontiers avec eux sur ce qu'ils étaient en train de faire lorsqu'un visuel attirait

notre œil sur leur écran d'ordinateur et nous prêtions l'oreille attentivement à chaque fois qu'un échange prenait place, particulièrement lorsque celui concernait la lecture de formats visuels acquis/produits durant leurs recherches. Le fait d'avoir une place attitrée nous a aussi permis de nous sentir plus à l'aise dans nos déplacements : nous pouvions entreposer un certain nombre d'objets, laisser trainer discrètement nos carnets de recherche pour « donner à voir » ce sur quoi nous travaillions et témoigner de notre implication, ce qui nous semblait important pour bien asseoir l'idée que notre présence n'était pas « gratuite » et palier à l'image peut être ambiguë de notre posture de designer graphique-chercheur.

D'autre part, nous déjeunions quotidiennement avec des membres de l'équipe au self de l'établissement. Ces moments de pause étaient l'occasion là aussi de prêter une oreille attentive aux échanges à table –lesquels portaient souvent sur des projets en cours et les activités à venir de l'après-midi– et de discuter activement de certains sujets gravitant autour des recherches observées, et d'étayer nos observations en posant quelques questions, notamment techniques lorsque nous n'étions pas sûre d'avoir bien compris ce qui avait été réalisé.

Nous précisons que notre observation était déclarée (Adler & Adler, 1987) : nous avons expliqué à plusieurs occasions à divers membres du laboratoire en quoi consistait notre parcours, notre recherche, et ce que nous souhaitions étudier en observant leur quotidien au travail. Nous avons aussi pris la liberté de prendre discrètement des notes sur des échanges spontanés entre scientifiques.

6.2.3. Contraintes du Terrain

Dans cette rubrique consacrée aux contraintes se rapportant au terrain, du point de vue de l'enquêteur et de l'enquête elle-même, il nous semble utile de revenir brièvement sur notre position en tant qu'observateur *externe* à l'unité de travail. D'une part, cela doit nous permettre de suggérer les endroits où nous avons pu « influencer » de manière spécifique le terrain et le comportement des acteurs à notre égard et, d'autre part, de contribuer aux nombreux comptes-rendus de terrain qui dessinent les différentes barrières que l'ethnographe peut rencontrer lors de ses observations et d'en proposer ici quelques-unes qui seraient propres au designer en recherche.

Latour et Woolgar discutent dans leur ouvrage *Laboratory Life* (1986/1979) des connotations que transportent la profession d'anthropologue et de sociologue :

c'est-à-dire de la perception de ces professions par les acteurs, en contraste à des catégories de profession déjà établies, à l'époque, d'un point de vue de l'enquête universitaire, comme celles des historiens et des philosophes. De la même façon, nous avons noté que notre présentation d'observateur externe en tant que « doctorante en design », « s'intéressant aux images scientifiques », plus globalement « aux images » que les acteurs « utilisent dans leurs recherches » pouvait former certaines préconceptions dans l'esprit des acteurs du terrain observé. Nous nous en sommes rendue compte plus clairement une fois extraite du terrain, durant la phase d'analyse des données récoltées : nous avons alors pu revenir sur les formulations employées dans certains entretiens et corrélérer ces dernières avec les souvenirs de nos moments passés sur place.

6.2.3.1. Connotation du statut perçu et adopté auprès des acteurs de notre terrain

6.2.3.1.1. Statut de designer graphique (en recherche)

Notre intérêt pour l'aspect de la mise en forme des visuels

Des membres du laboratoire m'indiquaient assez régulièrement que « telle image devrait (t') m'intéresser », ou au contraire que « ah ça, ça doit pas trop t'intéresser », marquant une certaine appréhension de leur part quant à mon domaine d'intérêt. Les membres du laboratoire non seulement reconnaissaient qu'en tant que designeuse, nous avions une pratique des images, un savoir-faire relatif à leur production et mobilisation, mais ils faisaient aussi des hypothèses sur les « images » que nous allions apprécier. Il semblait aussi toujours y avoir une hésitation sur l'inclusion ou non des graphes à la catégorie des « images ». C'est ce qui nous a poussé très vite à parler de « formats visuels » et à en expliciter notre définition autant que nécessaire auprès de nos interlocuteurs.

- Notre position « d'expert » concernant la formalisation graphique des supports visuels.

Certains membres du laboratoire considéraient aussi qu'en tant que designeuse graphique nous avions une compétence sur les formats des présentations. Ils exprimaient ainsi parfois une « gêne » vis-à-vis des typographies utilisées sur des slides de présentation ou d'archive, et faisaient régulièrement des remarques concernant les couleurs, la composition de leurs présentations...

6.2.3.1.2. *Statut de profane*

A *contrario* de cette posture attribuée d'« experte » dans le domaine de la « mise en forme », notre inscription comme doctorante « en design » a spécifié à nos acteurs notre statut profane vis-à-vis de la biologie.

Bien que nous eussions déjà réalisé plusieurs observations d'activité de recherche ou d'enseignement en biologie au cours de notre formation en design, à l'occasion du diplôme de master 1 (DSAA) et de notre formation en master 2 de recherche en design à l'ENS Paris-Saclay comme nous l'avons évoqué et étions donc familières de certaines notions, nous possédions le strict minimum pour mener à bien une conversation technique. Notre manque de connaissance en biologie semble avoir été intégré directement par nos acteurs, comme une évidence, ce qui a parfois eu pour conséquences de diminuer la fluidité des échanges, mais aussi de pousser nos interlocuteurs à vulgariser ou réaliser des ellipses « didactiques » lorsque leurs discours concernaient des expériences pratiques. Nous l'avons constaté notamment lors de la transcription et relecture des entretiens, où le récit « en première personne » d'une activité passée s'interrompait parfois pour expliciter un terme technique, revenir sur les raisons d'un choix méthodologique... Nous pouvons résumer ainsi les quelques limites posées par notre statut de profane :

L'adoption d'une posture didactique et pédagogique de certains de nos interlocuteurs en entretien, alors même que l'entretien nécessitait une re-immersion dans leur vécu d'action (posture d'évocation) sans explications des motifs (posture détachée).

L'appréhension de notre présence à leur côté : l'idée de devoir « tout expliquer » ou « tout commenter » semblait inquiéter nos interlocuteurs. Cela nous semble dû en partie au rythme de travail extrêmement soutenu du laboratoire et à l'exigence de précision et de concentration du travail réalisé. Afin de remédier autant que faire ce peu à ce ressenti qui nous faisait apparaître comme une contrainte supplémentaire, nous avons trouvé des compromis pour leur éviter d'avoir à commenter se faisant leurs activités de recherche. Comme nous filmions les activités d'intérêt, nous avons convenu qu'il n'était pas nécessaire qu'ils les commentent sur le champ mais que nous pourrions revenir plus tard, lors d'un temps consacré, sur le déroulé de l'activité (les entretiens d'explicitation, ou éventuellement des échanges informels). Nous leur avons cependant laissé le choix, en leur indiquant que s'il le souhaitait ou estimait que c'était nécessaire, ils pouvaient bien entendu commenter leurs actions. Si cette posture

peut aussi risquer une perte d'information précieuse, il nous a cependant semblé que c'était le compromis nécessaire pour assurer une relation fonctionnelle entre nos interlocuteurs, notre enquête, et nous-même, c'est-à-dire ici une relation « fluide » qui ne viendrait pas trop chambouler le mode opérationnel quotidien des scientifiques. D'autre part, ce choix correspond aussi aux pré-requis des entretiens d'explicitation, destinés à revenir sur les séquences d'activité enregistrées. Cependant, nous n'hésitions pas à poser des questions quand nous le jugions nécessaire, pour éviter d'avoir à revenir trop longtemps avec eux sur les détails techniques de leur activité, en raison justement de l'indisponibilité de nos acteurs dû à leur rythme de travail effréné.

Ce statut présentait aussi quelques avantages, en particulier la possibilité d'obtenir des explications sans nécessairement toujours avoir à demander (et risquer là encore une forme de malaise ou d'évitement (Lynch, 1985a)). Ainsi, bien que considérée « experte » pour la mise en forme de formats visuels, nous étions perçue comme profane dans l'organisation sémantique de certains visuels (ex : graphiques/dotplot issus des logiciels...). Les explications concernant la lecture de ces formats venaient généralement assez naturellement et si nous avions besoin de poser des questions, cela ne semblait pas trop troubler nos acteurs. Peut-être aussi car nous avons déclaré ouvertement que notre objet d'intérêt était spécifiquement les formats visuels, engageant alors une forme de solidarité entre chercheurs, cela n'est à ce jour qu'une hypothèse.

6.2.4. Préparation au terrain

Cette position de profane enjoint à revenir sur les prérequis nécessaires à un travail de terrain ethnographique dans le domaine des sciences, que nous avons évoqué en présentant notre pré-terrain. Ce point a déjà été évoqué par les premiers ethnométhodologues de laboratoire comme Lynch (1985a) et Latour & Woolgar (1986/1979). Il concerne en fait la capacité de l'ethnographe à construire des observations « ordonnées » et « sensées » (Latour & Woolgar, 1986/1979, pp.43-44), autrement dit à faire sens de ce qu'il observe et à le rapporter à leur objet d'intérêt. Dans le contexte de notre recherche, ces prérequis concernent particulièrement le degré de familiarité de l'enquêteur avec la « culture scientifique » du terrain étudié.

La pratique scientifique intègre un savoir complexe dit « expert » qui mobilise notamment des vocabulaires spécifiques qu'il est préférable de connaître en

amont : cela permet d'assurer des échanges plus fluides auprès des acteurs du terrain, mais aussi de pouvoir faire sens du déroulé des activités observées de façon « flottante ».

Par exemple, nous avons pu observer une séquence « opportune » d'échanges entre deux scientifiques installés au bureau juste à côté du notre : une scientifique montrait à un collègue des formats visuels acquis et lui expliquait comment « lire » l'image : nous savions d'ores et déjà que d'une part les formats avaient été acquis dans un temps distinct de leur monstration, du fait des conditions de production technique des images microscopiques et, d'autre part qu'aux termes employés et à la façon de désigner sur différentes parties de l'écran des éléments, que la scientifique montrant les images à son collègue devait les avoir acquis en l'absence du collègue et mobiliser une technique susceptible de l'intéresser qu'il ne semblait pas bien connaître.

Si nous n'avions eu ni connaissance des interfaces graphiques des logiciels de traitement d'images scientifiques, ni de la chaîne générale de production d'une image, nous n'aurions peut-être pas identifié ce moment comme étant pertinent pour notre recherche, ou encore, nous aurions manqué des détails de cette observation à la volée, détails que nous avons consignés dans notre journal de laboratoire.

De la même façon, avoir une connaissance préalable du fonctionnement des objets d'intérêts des scientifiques et des modalités de leur étude permet d'une part de renforcer la sensation d'appartenance au terrain, de renforcer notre légitimité et de libérer notre sens de l'initiative, mais aussi, plus essentiellement sans doute, de pouvoir apprécier la qualité routinière ou exceptionnelle de certaines activités, comme la sélection d'une technique spécifique ou l'annotation d'un objet au marqueur et de leur donner un sens sur lequel nous pouvons ensuite revenir avec les acteurs du terrain.

En somme, nous avons expérimenté à notre niveau à quel point ces pré-connaissances sont nécessaires et profitables afin de pouvoir « voir » concrètement ce qui manifeste le phénomène que l'on souhaite étudier. Dans notre cas, à l'échelle profane, ce degré de familiarisation était assez important du fait de nos pré-terrains.

D'autre part, nous étions aussi familière du lieu à proprement dit de notre enquête terrain, ayant déjà séjourné plusieurs semaines à l'Institut l'année précédente notre entrée en thèse, ce qui nous a permis d'identifier plus rapidement

les relations entre certaines procédures et certains objets de recherche, de comprendre sans qu'on ait besoin de me l'expliquer en détail l'organisation spatiale mais aussi hiérarchique du laboratoire.

6.2.5. Rythme endogène au terrain et relation au travail d'enquête

Comme nous l'avons déjà évoqué, le rythme de travail du laboratoire observé était extrêmement soutenu, en plus d'être fortement contraint par la nature des objets de recherche. La biologie travaillant avec le *vivant*, elle est guidée par des rythmes de production des expérimentations qui engagent des pauses parfois longues, au cours duquel le scientifique va passer d'un projet de recherche à un autre. Il fallait veiller à rester attentif pour suivre « le fil » du projet dans lequel s'inscrivaient les séquences d'activité étudiées.

Il faut noter que l'apparition de la COVID-19 a sans doute aussi joué un rôle dans l'ambiance générale du terrain en termes de disponibilité de nos interlocuteurs, d'un point de vue temporel et attentionnel : nous sommes arrivées pour notre première période d'observation à un instant de transition déterminant, juste avant le premier confinement français, où le laboratoire a mis en place les moyens nécessaires pour se mettre à travailler sur le SARS-CoV-2. Le début de la pandémie occasionna donc des changements de priorités du laboratoire, entraînant un certain nombre d'acteurs à prioriser des tâches qui étaient inexistantes au premier jour de notre arrivée et jouant sans doute un rôle sur le stress vécu par les impératifs imposés aux acteurs du terrain.

7. Présentation des différents types d'activités étudiées

CONTENU

Ce chapitre se consacre à présenter les trois études de cas tirées du terrain que nous avons analysée en détail. Il s'agit d'une analyse de Western Blot, d'une analyse de microscopie en fluorescence par GFP et d'une analyse de Cytométrie en Flux. Nous en détaillons les procédés techniques avant d'expliquer le cadre des études de chacun de nos scientifiques.

7.1 Entretien avec J. : le Western Blot

L'entretien d'explicitation mené avec J. concerne une séquence d'analyse des résultats d'un Western Blot.

7.1.1. Technique du Western Blot

Le Western Blot est une méthode et une technique de biologie moléculaire qui permet de détecter la présence de protéines spécifiques à l'intérieur d'une solution complexe (issue d'un tissu ou de culture cellulaire) et éventuellement de quantifier cette présence.

Elle peut être résumée en quatre étapes :

- 1) La séparation des protéines par électrophorèse SDS-PAGE (Gel de polyacrylamide dénaturant)
- 2) Le transfert des protéines du gel de polyacrylamide vers une membrane
- 3) La détection d'un type de protéines d'intérêt sur la membrane par anticorps spécifique

4) La révélation par fluorescence ou colorimétrie¹⁹⁷ à l'aide d'un anticorps secondaire du type de protéines d'intérêt sur la membrane

On souhaite savoir si, selon différentes *conditions*, une certaine protéine, qui est donc notre *protéine d'intérêt*, est exprimée¹⁹⁸ ou non. On prépare tout d'abord un gel où seront réalisées, à l'aide d'un *peigne* (un élément en plastique avec des dents très larges) de petites incisions pour former des *puits* à l'intérieur desquels seront déposés des *échantillons* préalablement traités pour répondre au besoin de la méthode. On dépose généralement dans le dernier ou le premier puits un *marqueur de taille*, un échantillon contenant une mixture de *protéines standards*, permettant à la fin de l'expérience d'indexer la position des protéines des échantillons de l'étude à celles du marqueur de taille. Ce gel est ensuite plongé dans un *tampon de migration*¹⁹⁹, auquel est appliqué un courant électrique, dans le but de faire *migrer* les protéines contenues dans chaque puits vers l'extrémité opposée du gel. Ce procédé permet de séparer les protéines selon leur *poids moléculaire* : en effet, selon leur poids moléculaire, les différentes protéines dans les échantillons vont migrer plus ou moins loin à l'intérieur du gel. Après un traitement spécifique, le gel est transféré sur une membrane. À ce stade, on peut choisir d'inscrire sur la membrane les différentes positions des protéines standards du marqueur de poids, car le bleu de dépôt va s'estomper au fur et à mesure des étapes suivantes du Western Blot. Afin de s'assurer de pouvoir identifier et quantifier spécifiquement la protéine d'intérêt, la membrane va ensuite être incubée avec des *anticorps primaires*, c'est-à-dire des anticorps-spécifiques de la protéine d'intérêt : ces derniers iront *se fixer* spécifiquement²⁰⁰ sur la protéine que l'on cherche à identifier. Après un premier rinçage de la membrane, on ajoutera un *anticorps secondaire*, qui ira *se lier* spécifiquement²⁰¹ à l'anticorps primaire. Cet anticorps secondaire est généralement couplé à un agent lumines-

197 Qu'il s'agisse de la fluorescence (émission d'une lumière) ou de la colorimétrie (usage d'un substrat qui transforme une matière biologique de sorte à ce qu'elle se colore), ces deux moyens transforment une matière non visuelle en présence visuelle.

198 Les protéines sont dites exprimées par des cellules car une cellule peut avoir le matériel génétique nécessaire pour synthétiser une protéine (pour traduire un ARN messager en protéine), mais ne pas être dans des conditions qui lui permettent de le faire, auquel cas elle n'exprimera pas la protéine en question et on ne pourra pas la détecter.

199 Un tampon de migration est une solution à la composition chimique particulière qui lui permet d'être conducteur et d'améliorer les conditions de migration des molécules (ici des protéines).

200 Cela signifie en quelque sorte que l'anticorps primaire va spécifiquement s'accrocher au type de protéine que l'on cherche à quantifier.

201 Cela signifie en quelque sorte que l'anticorps secondaire va spécifiquement s'accrocher au premier anticorps, lui-même fixé au type de protéine que l'on cherche à quantifier.

cent, comme un fluorochrome²⁰², ou une enzyme, qui permettra par un procédé de *révélation* d'identifier visuellement les protéines d'intérêt via leur position sur le gel, qu'on comparera à l'*échelle de poids moléculaire*, et éventuellement de les quantifier. En effet, dans le cas où l'anticorps secondaire est couplé à un *fluorochrome*, l'intensité de la fluorescence émise par l'anticorps secondaire est proportionnelle à la quantité de protéines à laquelle l'anticorps primaire (anticorps-spécifique) s'est attaché. Cette quantification est généralement réalisée à l'aide d'un logiciel d'analyse de Western Blot.

De cette façon, on peut identifier pour chaque *condition* d'une même culture cellulaire, la présence ou non d'une protéine d'intérêt, et sa quantité. Cela permet par exemple d'identifier si dans une culture cellulaire, la présence de tel agent biologique a provoqué la disparition ou la diminution de la protéine d'intérêt qui était initialement fortement exprimée par les cellules, tandis que dans une autre condition, cette protéine continuerait d'être fortement exprimée, par les cellules. Ainsi, le scientifique peut inférer la relation entre un agent biologique et l'expression, ou la diminution de l'expression (voir son absence) d'une protéine d'intérêt.

7.1.2. Lexique lié au Western Blot

Conditions : Les conditions dans un Western Blot correspondent aux différents échantillons à l'intérieur desquels on souhaite identifier une protéine. Par exemple, on souhaite identifier dans le sérum de six donneurs différents atteints du VIH la présence de la protéine P24 : chaque sérum est une condition. Pour pouvoir évaluer la pertinence des résultats du Western Blot, un échantillon contiendra une culture cellulaire qui n'a pas été exposée au virus VIH, on parle de « témoin négatif », car le sérum en question n'est pas sensé contenir de protéines P24.

Protéine d'intérêt : La protéine d'intérêt dans un Western Blot est le type de protéine dont on souhaite détecter la présence dans un échantillon, et éventuellement quantifier cette présence.

SDS Page : Gel de polyacrylamide dénaturant ayant un effet particulier sur la structure des protéines (son usage permet de les « déplier » pour la migration,

202 Un fluorochrome est une molécule chimique qui a la propriété d'émettre de la fluorescence après excitation par des UV. Si l'anticorps secondaire est lié à un fluorochrome, cela signifie qu'on lui a associé cette molécule et qu'à son tour il émet de la fluorescence sous irradiation UV.

les protéines ayant à l'origine des configurations particulières)

Peigne : Element en plastique avec des dents très larges qui permet de former des puits dans le gel utilisé pour le Western Blot.

Puits : Les cavités formées en enfonçant le peigne dans le gel utilisé pour le Western Blot.

Echantillons : Les échantillons sont les tissus ou cultures cellulaires déposés dans les puits du Western Blot, pour lesquels on souhaite détecter la présence (ou non) de la protéine d'intérêt.

Poids moléculaire : Chaque protéine a un poids moléculaire spécifique. Lorsqu'elle migre, ce poids moléculaire sert à déterminer à quelle distance la protéine doit se trouver de son puits de départ. Néanmoins, plusieurs protéins peuvent avoir le même poids moléculaire, d'où l'intérêt d'hybrider la membrane avec des anticorps spécifiques pour s'assurer que c'est bien la protéine d'intérêt qui a migré à x distance du puit, et pas une protéine ayant le même poids moléculaire.

Protéines standards : Les protéines standards sont des protéines dont la masse moléculaire est connue.

Marqueur de taille : Le marqueur de taille est un échantillon qui contient un mélange de protéines dites *standards*. Lorsqu'elles ont migré, leur position sur le gel permet, par comparaison, d'identifier quelles protéines sont présentes dans les autres échantillons.

Echelle de poids moléculaire : L'échelle de poids moléculaire est le rendu obtenu lorsque l'échantillon d'un marqueur de taille a migré : lorsque celui-ci a été coloré au bleu de dépôt, il permet d'obtenir une succession de trait qui indique, par mesure de la distance de ces traits avec leur puit d'origine, le poids moléculaire associé aux protéines standards. Si l'on marque sur la membrane la position de chaque protéine standard (ou si l'on colore définitivement l'échelle de poids moléculaire, par exemple avec un rouge poncot), on peut ensuite comparer la position des protéines standards avec la position des protéines présentes dans les autres échantillons.

Tampon de migration : Un tampon de migration est une solution à la composition chimique particulière qui lui permet d'être conducteur et permet la migration des molécules (ici des protéines).

Migration : Dans un Western Blot, les protéines vont se déplacer à l'intérieur du gel utilisé pour le Western Blot, sous l'action d'un courant électrique et en

fonction de leur masse. Il s'agit de la migration.

Liaison/Fixation : Selon leur propriétés, les protéines se fixent les unes aux autres, on parle alors de fixation ou de liaison (synonyme).

Anticorps primaires : Les anticorps sont des protéines, capables de se lier très spécifiquement à une protéine donnée. Ainsi, les anticorps primaires dans un Western Blot sont des anticorps spécifiques de la protéine d'intérêt : ils vont se fixer sur la protéine que l'on cherche à identifier.

Anticorps secondaire : Les anticorps secondaires dans un Western Blot sont des anticorps spécifiques de l'anticorps primaire : ils vont se lier à l'anticorps primaire, et permettre de détecter les endroits où l'anticorps primaire a reconnu la protéine cible.

Révélation : Dans un Western Blot, la révélation consiste à effectuer une manipulation qui permet de détecter l'anticorps secondaire (parfois primaire) en déclenchant un signal mesurable par le biais d'une méthode (fluorescence ou colorimétrie). Ce signal, qui prend une forme *visuelle*, permet de *révéler* les endroits où se sont fixés l'anticorps secondaire et l'anticorps primaire, donc où se trouve le type de protéine d'intérêt.

Fluorochrome : Un fluorochrome est une molécule qui émet de la fluorescence lorsqu'elle est exposée sous rayons UV.

7.1.3. Cas spécifique du Western Blot de J.

L'activité d'analyse de J. se déroule le 19/02/2020. Il s'agit d'analyser les résultats d'un Western Blot acquis le 18/02/2020, la veille de sa séquence d'analyse.

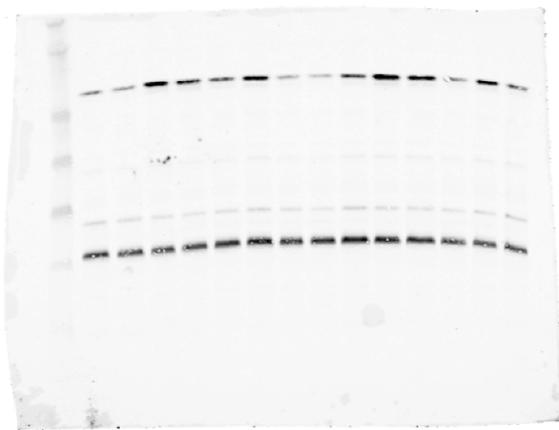
Le Western Blot qui va être analysé fait partie d'une série de manipulation dans le cadre d'une étude qui s'intéresse au VIH²⁰³. Il s'agit d'étudier si certains anticorps monoclonaux neutralisants à large spectre dits « bNAbs » (présents chez de rares patients vivants avec le VIH), bloquent bien la réplication du VIH et donc sa dissémination. Les anticorps neutralisants en question sont des anticorps qui sont sensés bloquer le VIH lorsqu'il sort des cellules infectées afin de se répliquer (on dit qu'il bourgeonne). J. essaye de voir quels bNAbs bloquent la dissémination du virus de cette façon.

203 Le VIH est le Virus de l'Immunodéficience Humaine, responsable chez l'être humain du SIDA (Syndrome d'Immuno-Déficience Acquise). On parle de syndrome car la déficience immunitaire est partagée par tous les patients, mais les symptômes eux-mêmes peuvent varier entre les patients.

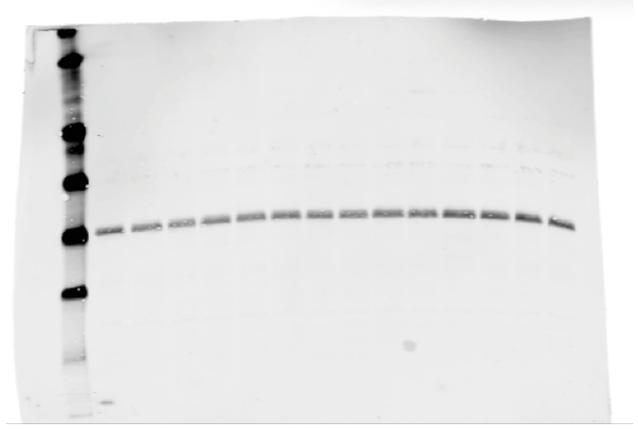
Pour ce faire, dans le cadre spécifique de ce Western Blot, des cellules CD4 primaires de deux donneurs (d765 et d766) infectées par le VIH et cultivées en présence de différents bNAbs (5 au total) sont étudiées sur la même membrane de Western Blot [FIG.29], dans des cultures cellulaires issues de ces deux donneurs (ces cultures cellulaires constituent ainsi les différentes conditions du Western Blot). Il s'agit de quantifier dans différentes conditions la présence de protéines spécifiques au VIH : la protéine P24 et la protéine P55. Ces deux protéines sont présentes dans la particule virale du virus, l'une vers l'extérieur du virus (P24), l'autre vers les structures internes du virus (P55). Or P55 et P24 sont relatives : P55 témoigne d'un virus en cours de construction (immature) et P24 d'un virus construit (mature).

Ainsi, une forte présence de P24 dans un échantillon témoigne d'un virus qui aura mûri, tandis qu'une forte présence de P55 dans un échantillon témoigne qui n'a pas encore eu le temps ou les conditions pour entièrement se répliquer. Ainsi, si les anticorps neutralisants ont bien bloqué la réplication du virus à la surface des cellules, alors la quantité de P55 dans les échantillons est augmentée, car la P55 indique que le virus est resté bloqué à la surface des cellules sans pouvoir mûrir. Autrement dit, les cellules provenant des deux donneurs (d765 et d766) infectés par le VIH ont été mises en culture avec 5 anticorps différents et on cherche à détecter les protéines P24 ou P55 du VIH pour évaluer si le virus a pu ou non se développer.

Pour chaque culture cellulaire provenant de deux donneurs (d766 et d765), il y a 5 conditions différentes de blocage (c'est-à-dire que chaque condition contient des anticorps différents : ces anticorps, comme nous l'avons expliqué, ont pour but de bloquer le virus à la surface des cellules) et deux conditions de contrôles [FIG.30]. Afin de vérifier si la variation de quantité de protéines observée par le Western Blot est due à une condition spécifique (propre à un échantillon) ou si elle provient d'un artefact, J. utilise une protéine endogène comme étalon : c'est la protéine de la tubuline, qui sera présente dans chaque échantillon (conditions) [FIG.30]. Cela permet de rendre les mesures relatives : si on voit que dans une condition, la tubuline est présente en plus faible quantité, alors qu'elle est sensée être *constante* entre toutes les conditions, on peut en déduire que la *diminution* ou l'*augmentation* de la protéine d'intérêt dans cette condition n'est pas due à la condition elle-même, mais à un dosage protéique différent des autres conditions.



Membrane du Western Blot révélant les protéines testées :
Channel 800



Membrane du Western Blot révélant le contrôle (tubuline) :
Channel 700

[FIG.29] Images de la membrane du Western Blot, en ton inversés pour les besoins d'une figure. Ces deux images proviennent de la même membrane : un procédé spécifique permet de faire l'acquisition de deux « channels » qui différencient le contrôle du test.

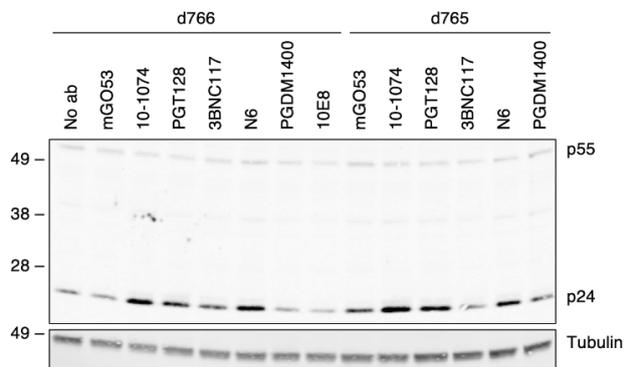
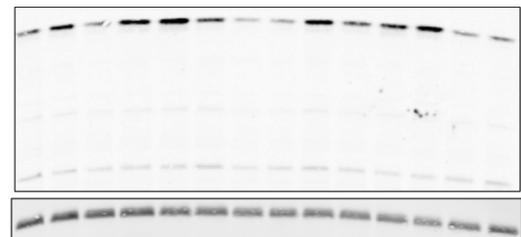


Figure finale par J.



Images du Western Blot si elles n'avaient pas été inversées.



Parties des images isolées par J. pour sa figure.

[FIG.30] Figure réalisée par J. avec les conditions annotées. Les images de la membrane ont été inversées horizontalement pour les besoins de la figure. Une ligne du Western Blot test n'apparaît plus : il s'agissait d'une protéine non spécifique, ignorée pour l'analyse.

7.2 Entretien avec Ju. : l'analyse d'images biologiques issues d'une microscopie confocale en fluorescence GFP

L'entretien d'explicitation mené avec Ju. concerne une séquence d'analyse d'images biologiques. Ces images sont acquises par le biais d'un microscope confocale couplé à un capteur-enregistreur de très haute résolution.

7.2.1. Technique de la microscopie confocale en fluorescence GFP

La microscopie confocale permet d'imager des objets de taille réduite au moyen d'une excitation photonique (semblable donc au procédé de vision humain, avec toutefois un grossissement bien supérieur). La source photonique peut être un laser qui a l'avantage de présenter une longueur d'onde très précise. L'image confocale, aussi appelée coupe optique, est obtenue en déplaçant le point de focalisation de la lumière d'excitation dans les trois dimensions de l'échantillon (XYZ).

Les protéines d'intérêt sont généralement soit : fusionnées avec de la GFP (une protéine autofluorescente) ou marquées par un anticorps qui lui est couplé avec un fluochrome (l'anticorps se fixe sur les protéines d'intérêt), ce qui permet d'en identifier des parties très précises, en les excitants, par leur exposition à des longueurs d'ondes spécifiques. Le microscope, équipé de filtres, sépare les longueurs d'ondes des photons d'émission (de l'échantillon) des celles des photons d'excitation (du microscope). Il permet via son détecteur d'enregistrer l'émission de ces photons dont le signal lumineux sera transformé en signal électrique, ensuite traduit sous la forme d'un affichage graphique (c'est le procédé d'encodage de la photographie numérique).

Dans le cas de l'Opera PhenixTM, le microscope confocal est composé de quatre caméras, qui permettent, au besoin, d'acquérir en simultané des images dans différentes longueurs d'ondes (via la lumière émise après excitation par l'échantillon). Ainsi, si les échantillons sont fusionnés avec plusieurs « marqueurs » qui expriment à différentes longueur d'onde une fluorescence, on peut, dans une même acquisition identifier la présence de ces différents marqueurs.

Les échantillons/suspensions ont été traitées pour présenter différentes

« conditions expérimentales » que l'on souhaite étudier. Par exemple, un même type de cellules incubées avec différents types d'agents biologiques, ce qui permet d'étudier la réaction de cet antigène aux différents types d'agents biologiques (conditions). Les compositions dépendent de la recherche entreprise. Ce qu'il faut noter c'est qu'on cherche par le biais de la fluorescence à étudier la réaction d'un agent spécifique avec certaines substances (conditions). On peut ensuite quantifier ces réactions au moyen d'un logiciel d'analyse, qui est généralement couplé au dispositif technique permettant l'acquisition des images (et donc des données).

Ces échantillons, dans leurs différentes conditions, sont généralement déposés sur une « plaque », qui est elle-même composée de plusieurs puits, des cavités cylindriques permettant d'accueillir les suspensions cellulaires [FIG.5].

7.2.2. Cas spécifique de l'analyse d'image de Ju.

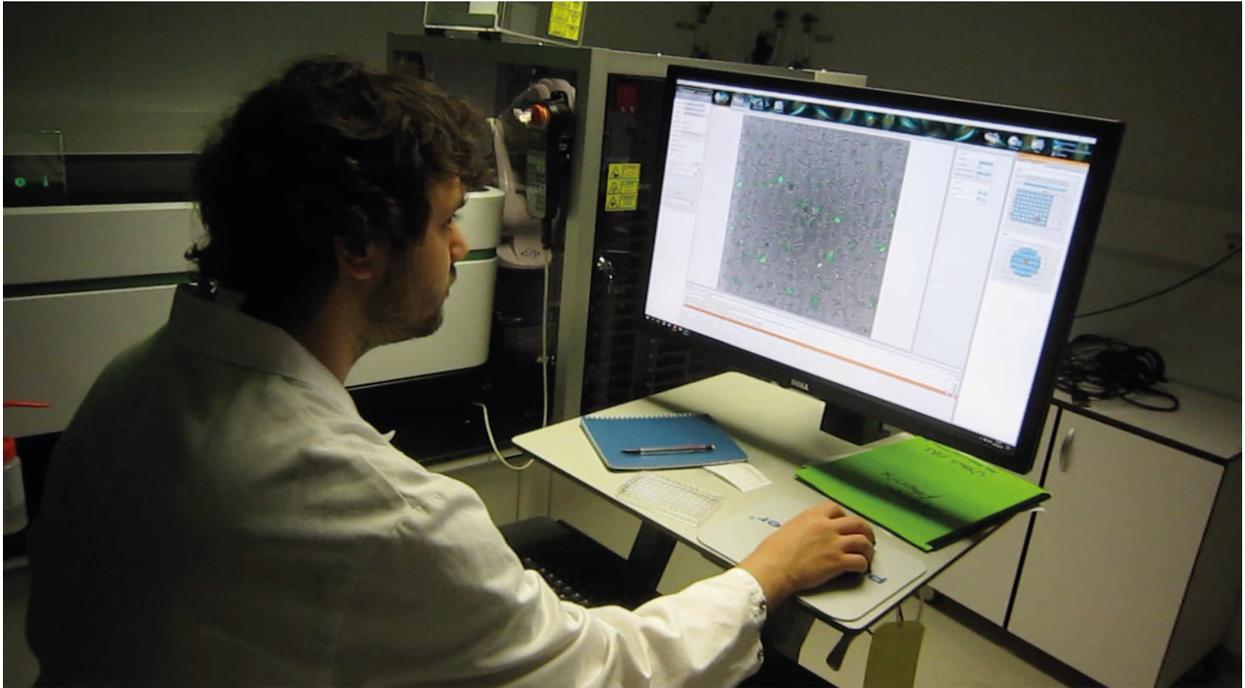
L'activité d'analyse de Ju. se déroule le 25/02/2020.

L'enjeu de l'analyse d'images biologiques dans le cadre de l'étude de Ju. est de montrer qu'une protéine particulière, la IFITM, peut bloquer la fusion d'une enveloppe de virus (le SARS-CoV-2) avec la membrane des cellules de lignées²⁰⁴. D'autre part, il s'agit aussi de montrer que ce blocage peut être levé par l'activité de la protéase (qui sert au virus pour rentrer dans les cellules) car elle coupe (elle *clive*) la protéine IFITM.

Pour ce faire, les cellules du donneur ont été préalablement transfectées avec de la GFP²⁰⁵, une molécule autofluorescente. Ju. utilise la GFP pour mesurer le taux de fusion dans des cellules de type *syncytia*, qui fusionnent les unes aux autres. Si la fusion des cellules est ralentie, il y aura peu de fluorescence, car dans le cas spécifique de l'expérimentation de Ju., la GFP est dite *SPLIT* : la moitié du gène permettant d'exprimer la protéine GFP est transfecté sur une cellule, l'autre moitié sur une autre, il faut donc que les cellules fusionnent pour que le

204 Les cellules de lignées sont des cellules animales ou humaines qui poussent de façon incontrôlées (souvent dérivées de tumeurs), qui sont cultivées ex-vivo en laboratoire car elles présentent l'avantage, contrairement aux cellules primaires (qui sortent directement de l'organisme), de pouvoir être cultivées à long terme (d'être entretenues longtemps).

205 La GFP (Green Fluorescent Protein) est une protéine autofluorescente, sous exposition UV. C'est-à-dire qu'elle exprime de la fluorescence suite à son exposition aux UVs : on parle d'excitation. Dans le cadre de cette technique, les cellules étudiées ont été couplées avec de la GFP, et expriment donc de la fluorescence (verte) après leur exposition aux rayons UV.



[FIG.31] *Ju. devant l'écran de l'ordinateur de la salle de l'Opera Phenix. Au milieu de l'écran, en gris et vert, est affiché une image de puit. Sur la droite de l'écran, un menu affiche le plan de plaque et permet de naviguer entre les différents puits tandis qu'en dessous du plan de plaque, une interface utilisateur permet de naviguer dans les différentes images acquises pour le puits sélectionné.*

produit des deux gènes ainsi mis en commun expriment une protéine GFP complète²⁰⁶ et donc que les cellules émettent de la fluorescence sous UVs. S'il y a peu de fusion, il y aura tout de même de la fluorescence, mais moins car moins de cellules auront fusionnées tandis qu'à l'inverse, s'il y a beaucoup de fusion, l'aire de GFP, autrement dit l'intensité de la fluorescence, sera plus importante. Ainsi la tâche principale pour Ju. durant cette analyse est de pouvoir quantifier l'aire de GFP (fluorescence) exprimée par ces cellules dans différentes conditions qui combinent différemment les différents composés biologiques : avec IFITM, sans IFITM, avec protéase, sans protéase, etc. Au total, Ju. a 72 conditions soit 72 puits différents [FIG.31].

Dans le cas du microscope à haute résolution utilisée par Ju., chaque puits de la plaque est acquis sous la forme de 21 images permettant ainsi d'obtenir une très haute résolution d'image pour un seul puit. La plaque de Ju. est constituée de 72 puits, soit un total d'acquisition de 1512 images.

7.2.3. Lexique lié à la microscopie en fluorescence par GFP

GFP : Green Fluorescent Protein (une protéine autofluorescente sous UV)

GFP Split : Procédure mobilisant la protéine autofluorescente GFP où la moitié du gène permettant d'exprimer la protéine GFP est transfecté sur une cellule, et l'autre moitié sur une autre, au lieu d'être transfecté entièrement à une seule cellule. Il faut donc que les cellules fusionnent pour que le produit des deux gènes ainsi mis en commun expriment une protéine GFP complète et donc que les cellules émettent de la fluorescence sous UVs. Cela permet notamment d'étudier la fusion cellulaire : s'il y a peu de fusion, il y aura tout de même de la fluorescence, mais moins car moins de cellules auront fusionnées tandis qu'à l'inverse, s'il y a beaucoup de fusion, l'aire de GFP, autrement dit l'intensité de la fluorescence, sera plus importante.

Syncytia : les syncytia (syncytium au singulier) sont des cellules issues de la fusion de plusieurs cellules, elles sont donc plus grosses et contiennent plusieurs noyaux.

IFITM : IFITM (*interferon-induced transmembrane proteins*) est une protéine

²⁰⁶ À titre d'indication, il faut qu'elle soit bien conformée : si la structure tridimensionnelle de la protéine n'est pas parfaite, la protéine ne joue pas sa fonction.

qui fait partie du système immunitaire inné.

Plaque : artefact matériel se présentant comme une boîte transparente rectangulaire, surmontée d'un couvercle, et à l'intérieur de laquelle se présentent des puits destinés à accueillir des cultures cellulaires.

7.3 Entretien avec Lu. : l'analyse de cytométrie en flux par analyse FACS

L'entretien d'explicitation mené avec Lu. concerne une analyse de cytométrie en flux.

7.3.1. Technique de la cytométrie en flux

La cytométrie en flux (CMF) est une technique permettant d'apprécier les caractéristiques (taille et granularité) d'un grand nombre de cellules. L'acronyme FACS quant à lui signifie « *fluorescence activated cell sorting* », autrement dit « tri cellulaire induit par fluorescence ». On parle d'analyse FACS, ou de FACS analytique, en référence à la capacité de l'appareil de cytométrie choisi à séparer les cellules en fonction de leurs caractéristiques. Pour ce faire néanmoins, les cellules doivent être *fixées* (ce qui implique de les tuer), ce qui permet ensuite de révéler la présence de certaines protéines en y injectant des anticorps spécifiques. La cytométrie en flux par analyse FACS permet donc de compter et classer la population étudiée selon plusieurs critères.

Pour ce faire, les cellules préalablement marquées par anticorps et généralement organisées dans une plaque sont transférées pour être plongées dans une suspension à l'intérieur de tubes à essais. Chaque condition de cellules est ensuite exposée à un laser focalisé. Les cellules étant marquées par des anticorps spécifiques qui émettent chacun une lumière à une longueur d'onde différente très précise, les différentes lumières émises par les cellules sont détectées séparément, permettant à la fois de dénombrer et de caractériser les différentes protéines d'intérêt mais aussi de dénombrer et caractériser les différentes cellules. Un même puits peut contenir une variété de cellules et une variété de conditions de ces cellules (cellule marquée anti-A, cellule marquée anti-B, etc...) : elles se-

ront différenciées suite à leur analyse, grâce au système FACS²⁰⁷.

La suspension est analysée : elle passe devant un laser couplé à détecteur et photomultiplicateur, qui permettent de mesurer la taille (FSC) et la granulométrie (SSC)

La suspension est triée : après être passée devant le laser et avoir été analysée, chaque cellule est isolée dans une microgouttelette, et triée selon sa catégorie cellulaire.

L'appareil va ensuite redistribuer dans des puits séparés les différentes gouttelettes selon le type de cellule qu'elle contient.

Si on souhaite étudier des cellules qui ont des spécificités concernant non pas leur *surface* (ex : protéine à la surface) mais concernant leur composition, alors on réalise un « FACS analytique ». Mais, pour ce faire, les cellules doivent être préalablement « fixées » (tuées) et marquées avec un anticorps spécifique de l'agent biologique dont on souhaite étudier l'effet sur les cellules avant d'être placées dans l'appareil.

Si on souhaite trier les cellules *tout en les gardant en vie*, alors on réalise un « FACS de tri » qui nécessite d'utiliser beaucoup plus de cellules (pour éviter des contaminations, pour avoir une quantité suffisante de cellules pour ensuite les utiliser dans des expériences...)

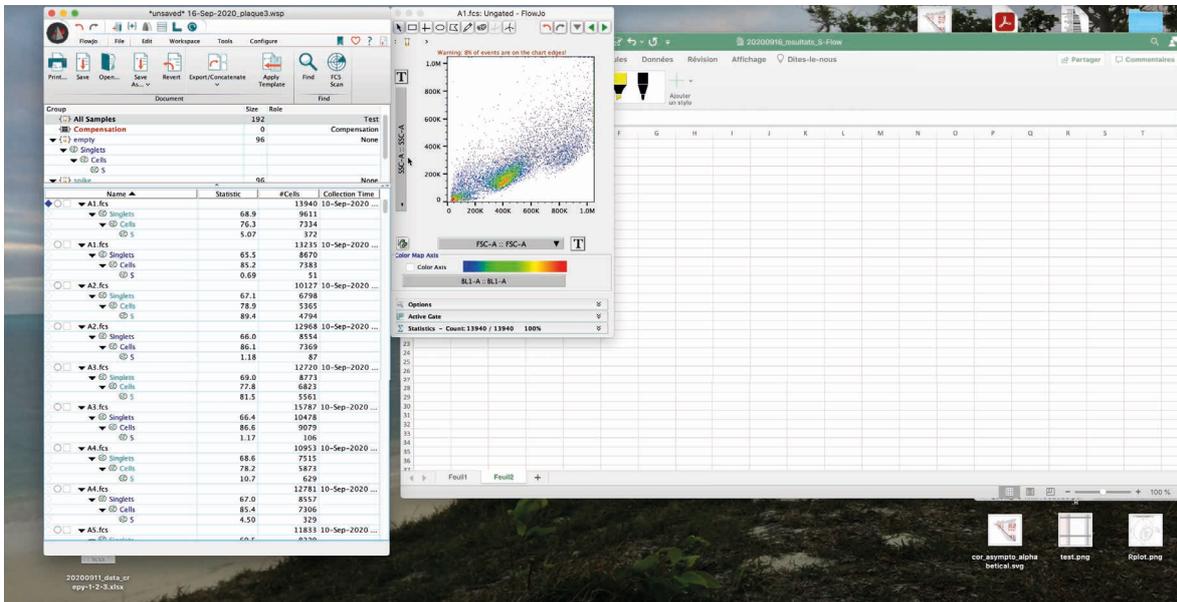
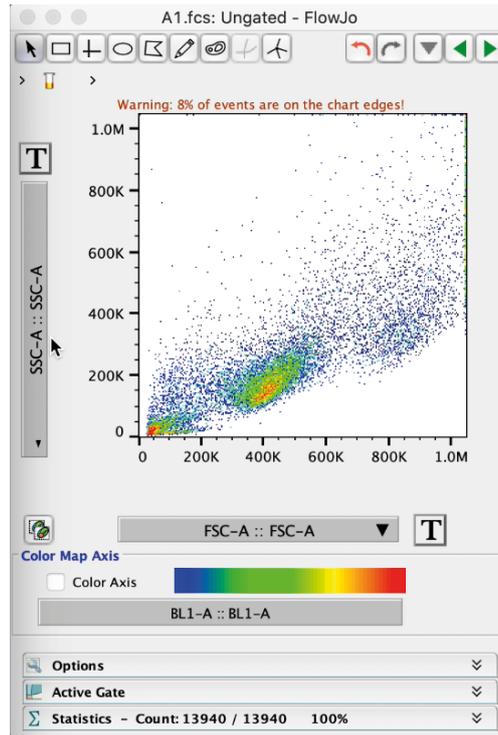
En sortie, le logiciel couplé au dispositif de cytométrie en flux présente les données acquises sous forme d'un nuage de points (aussi appelé dans ce cadre « cytogramme ») [FIG.32]. Les données prises en compte en abscisse et en ordonnée afin de générer le nuage de point peuvent varier.

L'appareil de Cytométrie en Flux a en effet, d'une part, analysé la diffraction de la lumière selon différentes modalités (opérations) :

- Selon un angle plat (FSC pour *forward scatter*), la diffraction dépend alors du volume de la cellule (taille).

- Selon un angle droit (SSC, pour *sideways scatter*), la diffraction dépend alors de la granularité et de la taille des cellules, ainsi que de la structure de leur

207 On peut parler de « FACS de tri » : dans ce cas, les cellules ne sont pas fixées, elles restent donc « vivantes » (et mobilisables pour des manipulations futures). Dans ce cadre l'appareil de Cytométrie en Flux va séparer les cellules en fonction de leur fluorescence, puis les recueillir dans des tubes qui les maintiennent en condition. Il n'est cependant pas possible alors d'injecter des anticorps pour étudier la composition spécifique des cellules.



[FIG.32] En haut : exemple de cytogramme qui se présente sous la forme d'un dotplot. Selon les paramètres choisis, la position des points indique l'état des cellules. En bas : écran d'ordinateur de Lu. affichant ce cytogramme via le logiciel FlowJo. Sur la gauche se trouve le menu des échantillons.

noyau.

D'autre part, l'appareil a acquis par le biais de ces opérations différentes mesures relatives aux paramètres des cellules :

- Le signal maximal émis par la cellule (H) : hauteur du pic == hauteur des cellules (plus elles sont hautes, plus le signal est haut)
- La durée du signal émis par la cellule (W) : largeur (ou profondeur) des cellules (la lumière met plus de temps à traverser une cellule plus large donc plus profonde.
- Association entre signal et durée corélée à la taille de la cellule (A) : aire
- Le croisement en abscisse et en ordonnée de différentes associations (e.g. FSC-H et SSC-A) permet par exemple de différencier des types de cellules.

7.3.2. Lexique lié à l'analyse de Cytométrie en Flux

Taille d'une cellule : La taille d'une cellule, selon son type, varie : par exemple un lymphocyte fait 10 microns de diamètre, une cellule HeLa fait 20-30 microns...

Rugosité d'une cellule : La surface des cellules peut être plus ou moins lisse.

Granulométrie d'une cellule : La granulométrie d'une cellule correspond à la complexité de la cellule (densité des organites, des irrégularités internes ou de surface). Par exemple, selon la texture de la surface d'une cellule (rugosité), plus ou moins lisse, la façon dont cette dernière reflète la lumière varie, ce qui permet de différencier par exemple les types de cellules, comme les granulocytes et les lymphocytes ou monocytes.

Cytogramme : désigne dans notre cadre le produit visuel d'une cytométrie en flux affiché par un logiciel d'analyse de Cytométrie. Autrement dit, il s'agit du *dotplot* affichant des données acquises par Cytométrie en Flux.

Dotplot : Le *dotplot* ou « diagramme à points » est un type de représentation de données numériques qui a pour particularité de permettre la mise en parallèle de deux variables (visualisation à deux dimensions) pour un ensemble de données. Il se présente sous la forme de nuage de points, chaque point représentant le placement de la donnée vis-à-vis des deux variables qui la composent.

Doublets et Singlets / Cellules doublées et Cellules Singulées : Les doublons (*doublets*) sont des paires de cellules considérées comme une seule et même cel-

lule par le logiciel de Cytométrie en Flux. Cela pose problème : un doublon peut contenir une cellule qui exprime de la fluorescence et une cellule qui n'en n'exprime pas : or le signal émis par le doublon est un positif (fluorescence émise), c'est un « faux-positif » puisque l'une des deux cellules est négative (fluorescence non émise), il faut donc *isoler* les cellules individuelles : les singulées.

Gate : Une gate en analyse de cytométrie en flux via le logiciel FlowJo est une délimitation par tracé fermé d'un ensemble de points du dotplot. Les points à l'intérieur de la gate constituent les données correspondant au gating : par exemple, si l'on souhaite isoler des cellules singulées, on réalise un premier gating sur un premier dotplot qui présente l'ensemble des cellules passées au Cytomètre. Cette première gate génère ensuite un second dotplot, composé uniquement des points présents dans la première gate. On peut ensuite tracer une autre gate qui isole des points selon d'autres critères et ainsi de suite.

Gating : Opération de traçage d'une gate sur un dotplot de cytométrie en flux. Peut aussi être générée automatiquement sur la base d'un espace de travail déjà configuré.

Cellule singulée : une cellule singulée est une cellule individuelle, qui dans le cas de cellules en doublon (doublets), a été différenciée de son boublon.

Traitement des doublons : comme la cytométrie en flux acquiert une diversité de données sur les propriétés des cellules, les cellules doublons (agrégat de deux cellules) peuvent être identifiés et différenciés afin d'éviter un biais dans les données : en effet, les doublons ont généralement des valeurs de A ou de W qui sont doublées par rapport aux valeurs standards des cellules isolées, tandis que leur valeur H est similaire aux cellules isolées (pour cette raison il ne faut pas se contenter d'un Dotplot qui affiche uniquement la valeur H). En affichant un Dotplot qui a en abscisse la hauteur ou la largeur (H ou W) et en ordonnée on peut donc procéder au *gating des cellules singulées*, qui sont des cellules sans doublon.

7.3.3. Cas spécifique du FACS analytique de Lu.

L'activité d'analyse de Lu. se déroule le 17/09/2020. Lu. cherche à savoir si des donneurs ont des anticorps²⁰⁸ anti-SPIKE²⁰⁹ du virus SARS-CoV-2. En d'autres

208 Ces anticorps sont des protéines.

209 La protéine Spike est une protéine présente dans la capsid du virus SARS-CoV-2.

termes, il s'agit d'identifier l'expression de la protéine anticorps anti-SPIKE (S).

Pour ce faire, des cellules exprimant la protéine SPIKE du virus SARS-CoV-2 ont été incubées avec du sérum de donneur et un anticorps spécifique (qui va exprimer de la fluorescence si des anticorps anti-SPIKE sont présents). Les cellules exprimant la protéine SPIKE du virus SARS-CoV-2 sont passées dans l'appareil de cytométrie en flux afin d'analyser si la protéine SPIKE a été reconnue par anticorps dans le sérum des donneurs.

Lu. va analyser deux acquisitions de données par Cytométrie :

Les données des cultures cellulaires non infectées par le virus SARS-CoV-2 (qui n'expriment pas la protéine Spike), incubées avec le serum de donneurs et un anticorps spécifique aux anticorps anti-Spike. Un échantillon correspond donc à un donneur. L'idée est qu'en absence de protéine Spike, le sérum des patients n'est pas sensé exprimer d'anticorps anti-Spike : l'anticorps spécifique de l'anticorps anti-Spike ne devrait pas exprimer de la fluorescence. Ces échantillons constituent ce qu'on appelle le *groupe de contrôle* ou *groupe témoin*, puisqu'il doit permettre d'attester qu'en cas d'*expression d'anticorps anti-Spike*, cette expression est bien due à la présence de la protéine Spike et non pas parce que, même dans des conditions *contrôles*, la protéine d'intérêt (S) est déjà exprimée. Dans le logiciel de travail de Lu., ce groupe est appelé *empty*.

Les données des cultures cellulaires cette fois-ci infectées par le virus SARS-CoV-2 (qui expriment la protéine SPIKE), incubées avec le sérum de donneurs et un anticorps spécifique aux anticorps anti-Spike (S) qu'on souhaite identifier. Un échantillon correspond donc à un donneur. L'idée est qu'en présence de la protéine Spike du virus SARS-CoV-2, si les donneurs ont bien des anticorps anti-Spike alors l'anticorps spécifique de l'anticorps anti-Spike devrait exprimer de la fluorescence. Ces échantillons constituent le *groupe test*. Dans le logiciel de travail de Lu., ce groupe est appelé *spike*.

La séquence d'analyse de Lu. s'intègre à une analyse plus large : la veille de cette séquence, Lu. a commencé à analyser une première acquisition de données (Plaque 2) qui lui a permis d'élaborer un premier espace de travail d'analyse sur le logiciel qu'elle mobilise (FlowJo). La séquence que nous étudions consiste en l'analyse de la Plaque 3 et de la plaque 4.

PARTIE 3 :
**Résultats et
Discussion**

8. D'attentes et de surprises : le vécu expérimentiel rythmé des scientifiques analysant leurs données par l'image

CONTENU DU CHAPITRE

Ce premier chapitre est consacré à éclairer le rythme vécu de l'activité matérielle du scientifique durant son analyse de données biologique.

Dans un premier temps, nous proposons de décrire le jeu des infimes coups d'œil que semblent réaliser les scientifiques durant leur activité d'analyse, jeu que nous présenterons grâce à un dispositif inspiré des Pictorials²¹⁰ (Smith *et al.*, 2023) qui nous permet de croiser des extraits photographiques du terrain à un format textuel court. Cette observation vient compléter les mécanismes de la vision professionnelle que nous avons déjà abordé dans la revue de littérature, au travers d'une réflexion sur la fonction d'index de certains formats visuels.

Dans un second temps, au travers d'un dispositif visuel hybride, nous présentons le contraste que nous avons observé entre l'immédiateté des coups d'œil des scientifiques et la densité de la transcription pictographique procédurale. Nous abordons la question des *motifs rythmiques*[‡] ainsi mis en avant.

Enfin, dans un dernier temps, nous nous intéressons aux *postures*[‡] dont témoignent ces *motifs rythmiques*. En nous appuyant sur les travaux de Donald

210 Le *Pictorial* est un format de restitution de recherche se substituant à l'article académique en privilégiant la centralité des images.

Schön (1983), nous menons une réflexion sur l'alternance de ces postures au cœur de l'activité d'analyse et leur rapport à la manipulation des formats visuels par les scientifiques.

Enfin, nous ouvrons vers la seconde partie de la discussion en indiquant que pour comprendre l'*opérativité*[‡] des images telle que nous l'avons abordée dans ce chapitre, il faut considérer ce qui permet à la *manipulabilité*[‡] des formats visuels d'être *opérante*[‡] dans le cadre de l'activité pour laquelle elle est engagée.

8.1 « L'infime coup d'œil » de la vision professionnelle en action

« En microscopie et dans les autres laboratoires de science, un jugement correct implique une maîtrise de la technique tout autant qu'un regard acéré et un esprit éduqué. » (traduit de Lynch, 2015b, p.222)

[FIG.32] [PHOTO-MONTAGE J. N°1] [EV : 26 :01 -26 :10] {10sec}

J. ouvre la fenêtre d'ajustement des contrastes dans le logiciel Image Studio Lite pour modifier ceux de son image channel 700 (contrôle). Se rapprochant légèrement de son écran et plissant les yeux, J. fait défiler rapidement les différentes version d'ajustement de contraste. En quelques clics de souris, l'affaire est réglée : J. a validé sa sélection et la fenêtre d'ajustement du contraste s'est refermée.

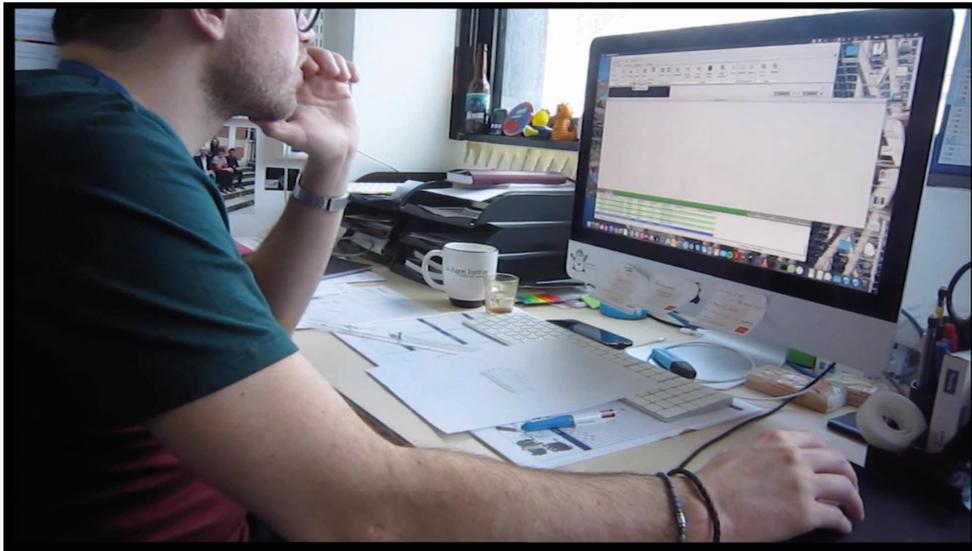
[FIG.34] [PHOTO-MONTAGE Ju N°1] [EV : 04:27-04:36] {9sec}

Après avoir réglé une première fois le seuil de son analyse d'image, qui détermine comment le logiciel d'analyse de son microscope mesure l'émission de fluorescence dans ses images, Ju. observe différentes images centrales des puits de sa plaque. Par quelques clics de souris, il passe ainsi de puits en puits. Puis, subitement, Ju. s'arrête sur une image et dirige sa souris pour aller modifier le seuillage.

[FIG.35] [PHOTO-MONTAGE Lu. N°1] [EV : 04 :43-04 :57] {14sec}

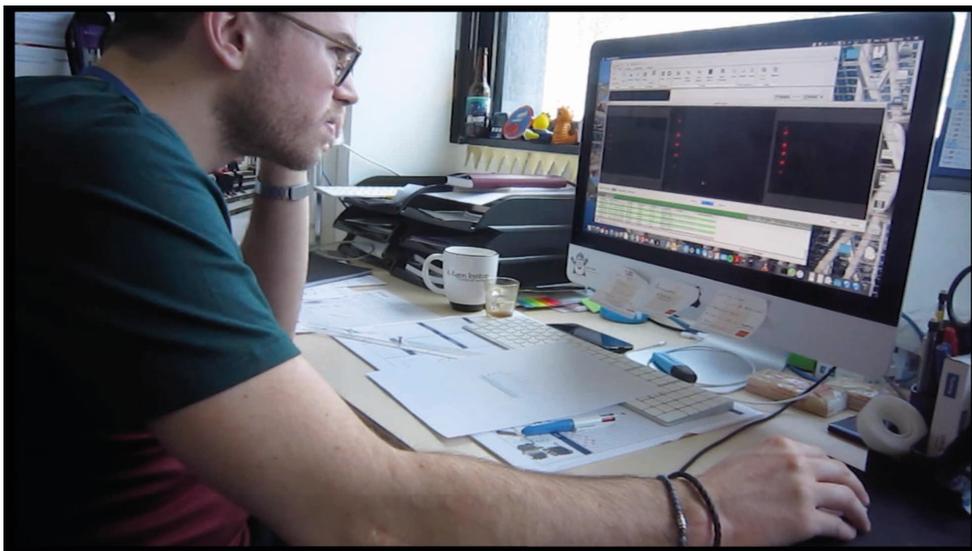
Lu. fait défiler les différents *dotplots* associés aux données de chaque échantillon de sa Cytométrie en Flux. Au rythme quasi-régulier des clics de souris, Lu. observe les échantillons qui défilent sous la forme de *dotplots*. Au passage d'un échantillon, Lu. arque les sourcils, mais continue de faire défiler. Puis, brusquement, Lu. s'arrête et, après un très court moment de pause, dirige sa souris vers le menu qui liste les échantillons.

1



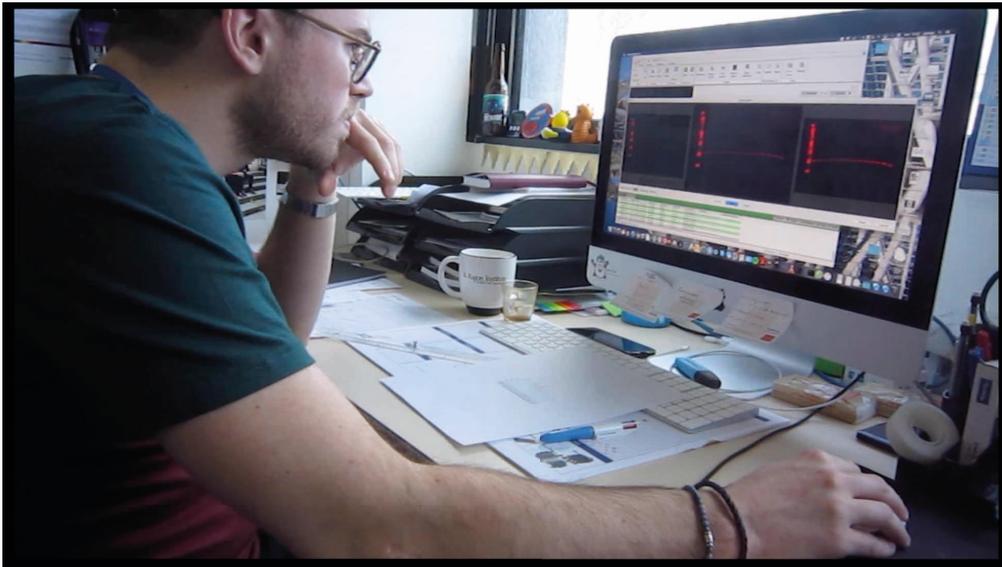
(EV) 26:01
J. ouvre la fenêtre de réglage des contrastes pour son channel 700.

2

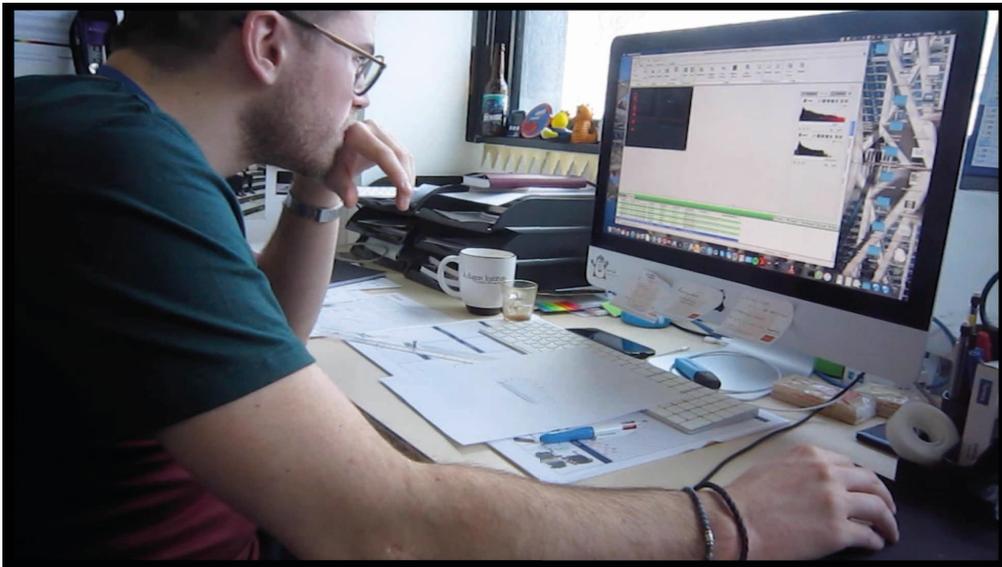


(EV) 26:05
J. fait défiler les différentes versions contrastées de son channel 700.

3



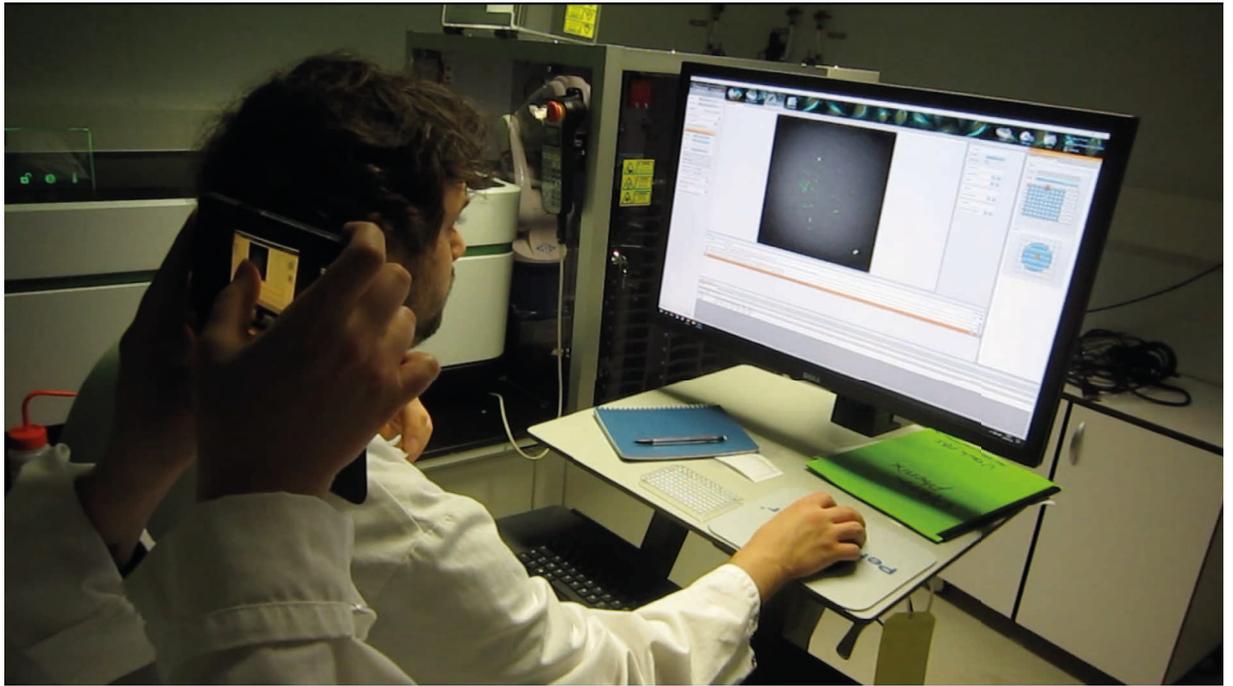
4



(EV) 26:10 (1)(2)
J. ferme la fenêtre en cliquant sur Terminé.

[FIG.33] Photo-montage qui montre J. en train d'ajuster les contrastes de son image channel 700 (contrôle) sous le logiciel de quantification de Western Blot.

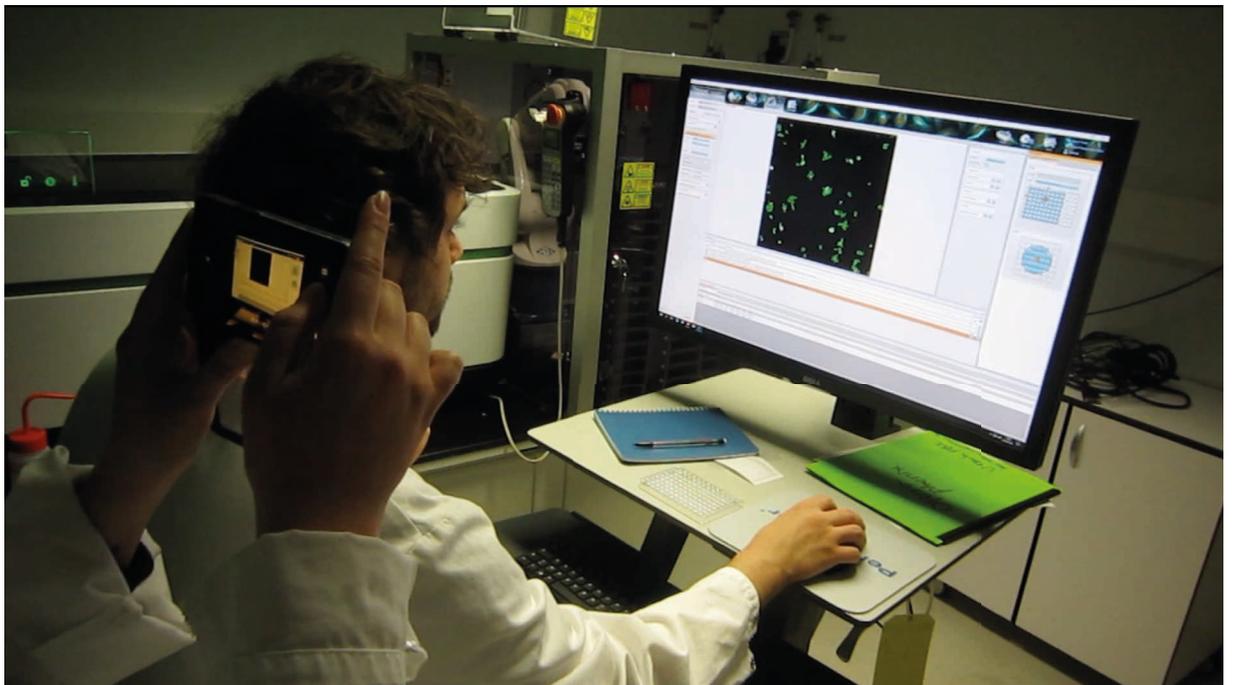
1



04 : 27

Ju. sélectionne un puit et l'image affichée change.

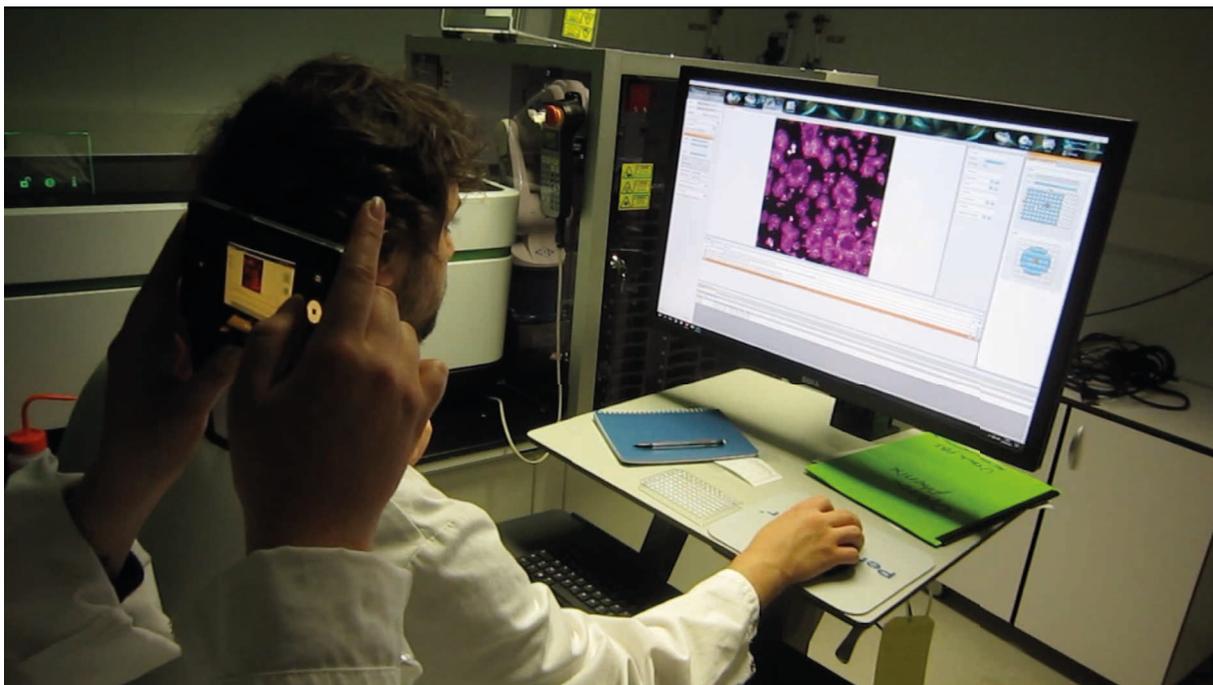
2



04 : 28

Ju. continue de sélectionner différents puits.

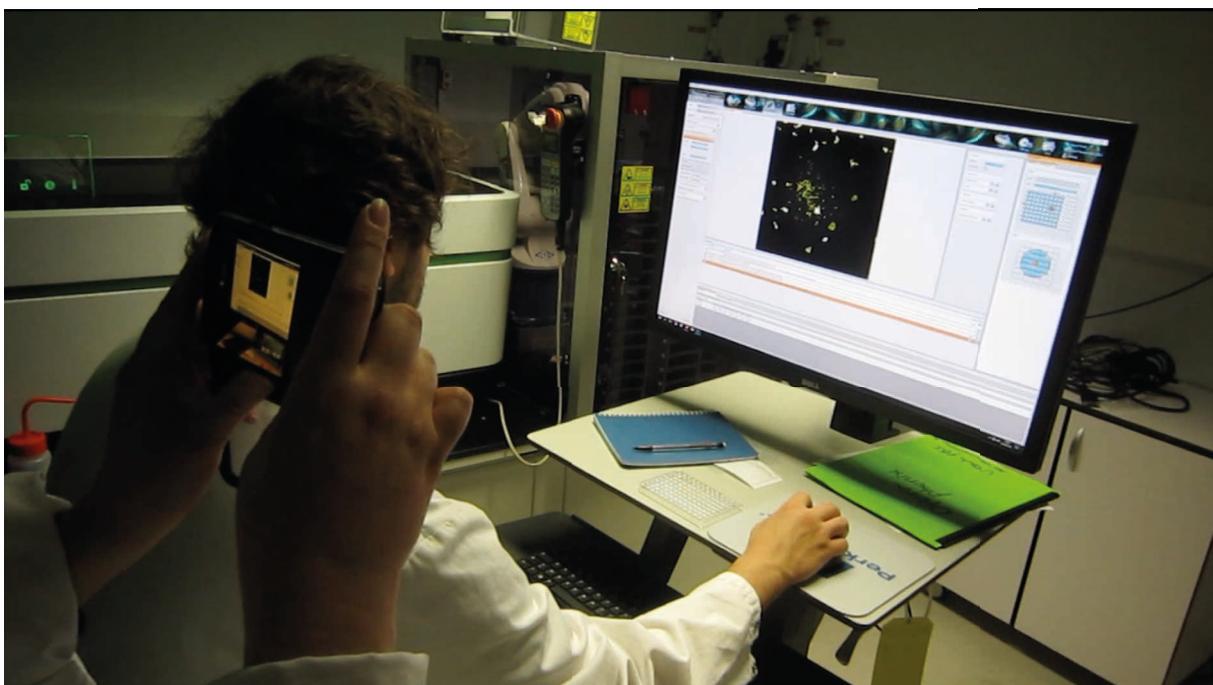
3



04:30

Ju. continue de sélectionner différents puits.

4



04:36

Ju. déplace sa souris vers les réglages du Seuil.

[FIG.34] Photo-montage qui montre Ju. ayant ajusté son seuillage, qui observe, à la suite, plusieurs images centrales de puits de sa plaque.

1



EV : 04:45 / EE 04:41(1)(2)
Lu. va à l'échantillon suivant : A2 spike (plaque test)

2



EV : 04:49(1)(2) / EE 04:45
Lu. va à l'échantillon suivant : A4 spike (plaque test)
et hausse les sourcils (marque un léger arrêt (1sec)).

3



EV: 04:51 / EE 04:46

Lu. continue d'aller d'échantillons en échantillons.

4



EV: 04:57 / EE 04:52-53

Lu. s'est détournée des Dotplots. Elle a dirigé sa souris vers le menu des échantillons.

[FIG.35] Photo-montage qui montre Lu. faisant défiler différents dotplots associés aux données de chaque échantillon de sa cytométrie en flux.

Ces basculements ont été l'affaire de quelques secondes.

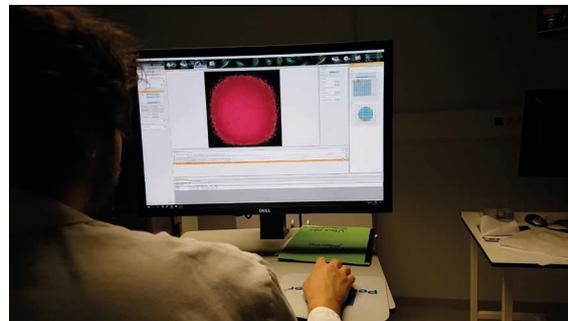
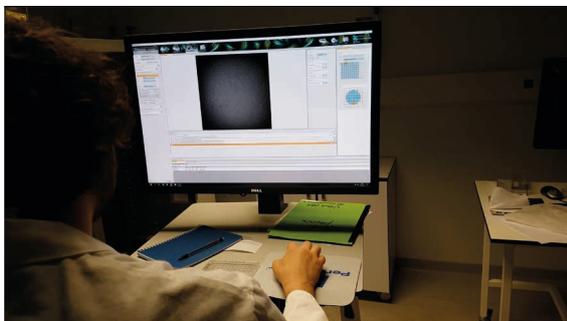
Que ce soit J. choisissant le degré de contraste qui lui semble le plus approprié pour la quantification à venir de son Western Blot, Ju. évaluant la pertinence du seuillage qu'il vient d'ajuster, Lu. observant la qualité du marquage de ses cellules et la justesse de son *gating*[#]...tous mobilisent un savoir et des compétences expertes qui leur permettent d'évaluer ce qu'ils observent et d'agir en conséquence.

8.1.1. Le « jizz » des virologues et la boussole du chercheur : son répertoire de forme

Cette inspection, évaluation puis réorientation de l'action n'est pas sans rappeler la « vision professionnelle » (Goodwin, 1994) que nous avons abordée au chapitre deux de cette thèse.

Les verbatims des entretiens d'explicitations nous renseignent sur ces procédures d'évaluation qui semblent, pour l'observateur profane, se satisfaire de quelques coups d'œil :

Ju. nous explique ce qui le pousse à modifier le seuillage, à savoir une incongruence entre deux informations visuelles : celle de l'intensité de fluorescence –présentée par l'intensité des pixels en vert– et celle de l'overlay, qui désigne les zones de l'image que le logiciel va considérer comme des zones de fluorescence –overlay qui se présente sous la forme d'une couche couleur en transparence sur les zones de pixels où cette intensité est présente [FIG.36].



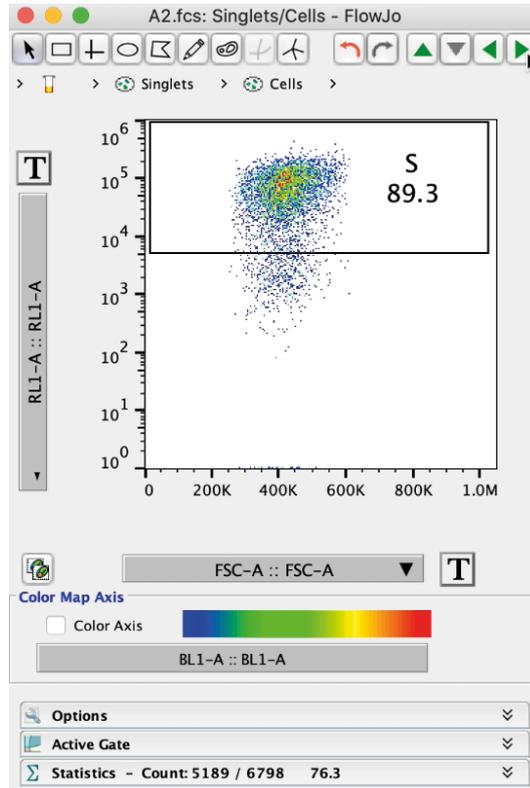
[FIG.36] Exemple d'overlay dans le logiciel du microscope Opera Phenix.

[Ju. verbatim n°1] (L.625) « (...) là en fait, ce que je vérifie c'est... En allant, de, dans différents puits, donc négatif, avec un peu de fusion, avec plus de fusion, avec beaucoup de fusion, à différents endroits dans le puit, voir si à chaque fois l'analyse... Heum... Repère la bonne partie. » + « Donc en fait le programme... ... heuu... Génère un contour, heuuu... Coloré, ... Pour ce qui quantifie comme, étant, Vert. » + « A chaque fois qu'on change de puit, [le logiciel va] Recalculer à part- Fin, va Faire l'Analyse en fait, sur l'Image, Sélectionnée. » (L.689) « Donc. Quand on regarde les images heuuu, donc à la résolution Normale, heuu... On est sur heu, une Intensité de gris. » (L.694) « Et qui est...Duu, fin, c'est une pseudo-couleur, donc c'est du Vert, mais c'est une intensité de Gris²¹¹, Et... Donc. À l'œil on voit très bien là où y'a du Vert et là où y'en a pas. ((inaudible)) Fin ça se Voit facilement » (L.705) « Et... Faire une-, heuu, un Overlay, au dessus de l'image, eeen, en gris. » (L.709) « De l'Aire, calculée par le logiciel ». (L.713) « Ce que le Logiciel Considère comme du Vert. » (L.721) « Quand Moi je vais dans un Puit, qui est par exemple là 50% de fusion » (L.725) « Là le logiciel, il était, Bon. Il contournait bien, les endroits verts, et pas les endroits où y'avais pas de vert. Donc là leee...Le Match Visuel entre les Deux Informations, était, Totalemement cohérentes » (L.739) « Et donc quand on était à peu près entre vingt et soixante pour cent de fusion, j'dirais, l'Overlay est bon. Par contre, Heuu donc. Y'avais deux caas, où le logiciel, où les deux Overlay étaient faux. Un cas, est le cas du Négatif Complet, donc quand y'a Pas du tout de fusion, donc quand on est zéro, »

En dépit de la rapidité du défilement d'images qu'il a réalisé au moyen des clics de souris, la redirection qu'il opère vers le paramétrage du seuillage suggère que la pertinence du premier seuillage a bien été évaluée *durant* le défilement d'images. Autrement dit, Ju. a identifié dans ses images des *éléments pertinents* qui lui ont permis d'évaluer si le seuillage était approprié.

211 Ici Ju. explique que l'image peut présenter des zones vertes (fluorescence), mais que le *signal* enregistré n'a pas de qualité colorée en soit. C'est le logiciel qui *affiche* en vert certains pixels du fait de leur valeur (intensité).

Lu. explicite ce qui l'occupe lorsqu'elle fait défiler ses dotplots durant la séquence que nous avons évoquée : il s'agit d'évaluer la qualité du marquage de ses cellules en observant le placement des points représentant ses données vis-à-vis d'une *gate*^{212‡} [FIG.37] :



[FIG.37] Exemple tiré d'une capture du logiciel FlowJo, qui présente un dotplot à l'intérieur duquel a été tracé une *gate* (le rectangle noir).

[Lu. verbatim n°1] (L.415) « Bah j'regardeuuh bah du coup la troisième fenêtre avec la troisième *gate*, heu, et selon heu, en général je pense heu, à si le marquage est plus ou moins, Joli. Donc... Selon les échantillons avec deux populations bien heu, fin une population bien distincte, positive ou pas. Donc c'est ce que, moi j'appelle joli, c'est quand on voit bien la population positive » (L.445) « Et quand on regarde le, l'échantillon test, avec le marquage, on a bien une population qui monte bien dans la *gate*, assez haut, avec heu, donc une forte fluorescence. »

212 ‡ Gate : Une *gate* en analyse de cytométrie en flux via le logiciel FlowJo est une délimitation par tracé fermé d'un ensemble de points du *dotplot*, un graphique en nuage de point sur 2 dimension. Les points à l'intérieur de la *gate* constituent les données correspondant au *gating* : par exemple, si l'on souhaite isoler des cellules singulées, on réalise un premier *gating* sur un premier *dotplot* qui présente l'ensemble des cellules passées au Cytomètre. Cette première *gate* génère ensuite un second *dotplot*, composé uniquement des points présents dans la première *gate*. On peut ensuite tracer une autre *gate* qui isole des points selon d'autres critères et ainsi de suite.

Cette verbatim croisée à la rapidité avec laquelle Lu. fait défiler les visuels avant d'estimer qu'il faut aller vérifier quelque chose plus loin dans sa liste d'échantillon suggère que, à chaque échantillon observé durant le défilement, son regard identifie quasi instantanément la position relative du nuage de points à la gate présente sur sa troisième fenêtre.

Ainsi, en croisant nos observations et les entretiens d'explicitations, la mise en œuvre de la vision professionnelle comme une *capacité particulière à identifier* dans un champ de présence des détails pertinents pour l'activité menée (Pentimalli & Rémerly, 2020) est évidente.

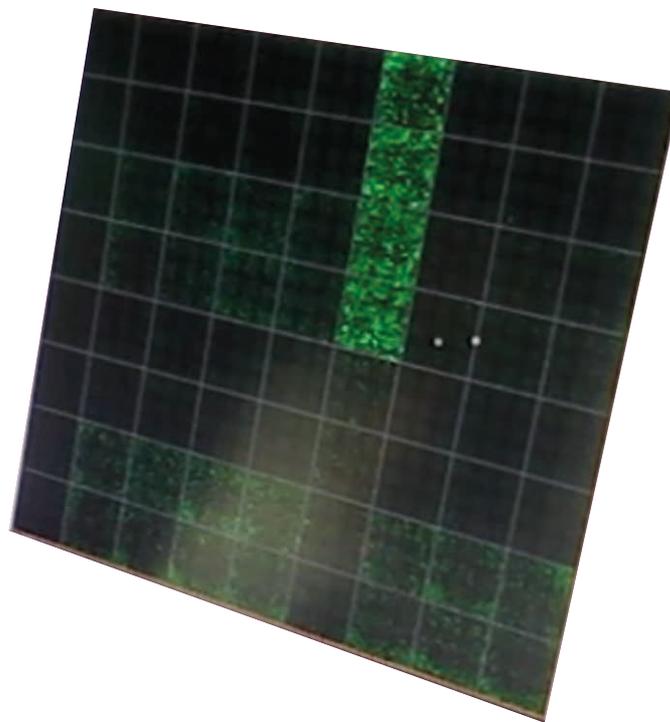
Concernant les moyens de cet *infime coup d'œil instantané*, les verbatims que nous avons présentés montrent l'implication de *l'expérience pratique* du scientifique qui lui permet d'évaluer rapidement un champ graphique donné en y reconnaissant des motifs (Ellis, 2011). Cela nous indique que les biologistes aussi, font montre d'une certaine capacité de « jizz » (Ellis, 2011), qui réfère à l'immédiateté par laquelle un professionnel parvient à identifier des caractéristiques saillantes de son champ d'observation vis-à-vis de l'activité qu'il entreprend. C'est un regard qui se caractérise par la rapidité de son exécution qui procéderait alors plus sur le régime de l'intuition que d'une démarche fortement analytique.

8.1.1.1. Les pratiques organisationnelles qui guident le regard du scientifique : domaines d'expériences et de connaissances

L'intuition du *jizz*, son *opérativité*^z en fait, repose néanmoins elle-même sur un ensemble de *connaissances pratiques* et *théoriques* telles que nous l'avons abordé au chapitre deux de la thèse. Pour comprendre comment nos scientifiques réalisent ce qui ressemble à un *jizz*, on peut ainsi s'intéresser au « *standards de perception professionnels* » (Goodwin, 1994, p.616). Comme le soutiennent Charles Goodwin et Marjorie Harness Goodwin (1997) « un comportement aussi infime qu'un coup d'œil instantané est densément structuré par des pratiques organisationnelles plus générales » (p. 132).

Nous l'avons expliqué : de telles pratiques organisationnelles sont fondées sur un ensemble de connaissances de deux types : des savoirs standardisés et publics et des connaissances miméomorphiques et tacites. Ainsi, les pratiques organisationnelles qui structurent la vision professionnelle peuvent reposer sur des informations formalisées (e.g. Law & Lynch, 1990), mais aussi engager des connaissances pratiques qui reposent sur une expérience plus tacite, sensorielle,

tactile, kinesthésique (Ellis, 2011 ; Prentice, 2005). Néanmoins, ce second type de connaissances, pratiques, participe aussi à fonder de nouvelles connaissances plus ou moins standardisées. En effet, nous avons vu que, par sédimentation, les connaissances tacites générées et engagées au cœur des activités peuvent relever à leur tour d'une forme de standardisation : par exemple, les répertoires encyclopédiques formels, acquis par expérience, qui permettent aux scientifiques d'invoquer des classes d'objets virtualisées pour les identifier dans le champ de l'image concrète (Allamel-Raffin, 2011, 2004a, 2003) procèdent de savoirs pratiques non standardisés, mais ces mêmes répertoires sont plus ou moins partagés entre les membres d'une même communauté de pratique. À force de sédimentation comme savoirs encyclopédiques, ces répertoires encyclopédiques formels articulent des standards de perception professionnels. C'est ainsi aussi dans l'accumulation d'expériences pratiques mobilisant des savoirs hybrides que se situent les moyens qui permettent au scientifique de réaliser cette analyse en un temps si court qu'il semble instantané.



[FIG.38] *Overview générée par le logiciel du microscope Opera Phenix.*

Par exemple, Ju. nous explique qu'en regardant son overview [FIG.38] –une représentation globale de l'ensemble des images de ses puits acquises par son microscope– il regarde l'intensité de vert à la surface des images comme indiquant une intensité de signal et donc de fluorescence et donc de fusion, ainsi que la proportion de cette intensité :

[Ju. verbatim n°2] (L.168) « (...) Mais par contre moi c'que j'regarde c'est... Donc. Vu que c'que j'utilise c'est un... Un système où, Quand, y'a d'la fusion –qui est ce qu'on analyse– heeeem... Ca génère duuuu...du vert, donc de la fluorescence en vert, donc c'que je regarde c'est juste... l'Intensité et la Proportion, heu, du puit qui est recouvert par du vert. Et donc ça donne vraiment une Idée globale de... Du résultat déjà-euh, attendu. Même si c'est pas une analyse fine. » (L.196) « Heu... Bah là je regarde... La-... Quantité, de Vert, dans chaque puit . » (L.236) « Alors. A c'moment là. Qu'est-ce que ça me permet de comprendre. C'est, De un, que, mon contrôle négatif, donc quand on met pas, l'enveloppe du /virus/, on a pas de fusion » (L.243) « (...) Bah y'a déjà, que, mes contrôles sont bons, c'est-à-dire qu'on a pas la /virus/, fin la spike du /virus/, ((inaudible)), la spike du /virus/ bah y'a pas de fusion, quand on rajoute de la /cct/, qui est mon contrôle positif, on a de la fusion. Heuu...Et ensuite, quand... On a... Heu, pas le récepteur, on a pas de fusion, quand on a le récepteur , on a de la fusion, quand on a, la /prt/, on a pas de fu-sion, quand on a la /prt/ == plus leeee récepteur, on augmente la fusion, eeet heu, qu'en présence /cells/ y'a uuune, diminution de la fusion qui est révertée par la présence, de la /prt/. » (L.261) « (...) l'Ordre était probablement... Oui. Contrôle NEG, contrôle PLUS. Alors, Ensuite, l'ordre exact, c'est : contrôle NEG, contrôle PLUS, ensuite que la /prt/, heu, inhibe mon contrôle NEG –parce que j'ai plein de cellules juste avant mais que y'a un résultat inattendu et qu'il faudrait que j'investi-... fin que j'regarde. Eeeet, ensuite oui que... Heuuu...La /prt/ est pas nécessaire à la fusion du /virus/, qu'en absence de /virus/ y'a pas de fusion, et queee /cells/ inhibe, en absence dee, d'/cells/... Heu, fin, que, /cells/ inhibe la fusion ((inaudible)) par le /virus/ en absence deeee, /prt/, mais en présence de ((inaudible))-2, et que c'est reverté en présence de la /prt/. »

Il nous explique pourquoi selon lui, la lecture de cette overview est rapide :

[Ju. verbatim n°3] (L.278) « C'est par rap-En fait c'est par rapport à... Bah. La raiisoon... c'est parce que ça c'était justement les... Bah, ça dépend comment on a mis en place la... La manip. » (L.328) « j'pense c'est rapide parce que je sais ce que j'ai fait. Je saaiis... Comment j'ai désigné la manip. Et... Pourquoi j'ai mis... » (L.334) « Ces conditions-là. Et donc en fait, à partir de là vu que je sais pourquoi j'ai mis les puits-là, quelles conditions j'ai mis, pourquoi je les ai mises... » (L.339) « On s'attend à une certaine réponse et du coup en fait on... On voit si... Donc a déjà une représentation visuelle de ce qu'on S'Attend. Et on compare juste ce qu'on s'attend à ce qui est déjà là. » (L.345) « Et on voit ce qui change. Et si ça change de par rapport à ce qu'on attend. » (L.402) « C'est-à-dire que vu qu'on s'intéresse à l'air... de Vert. »

Il explique que lorsqu'il observe des puits sombres, cela lui indique l'absence de fusion :

[Ju. verbatim n°4] (L.775) « (...) Quand on fait la Visualisation Complète, Ils sont Noirs, les puits. Fin, noir... En tout == cas y'a pas deee... » (L.778) « Y'a toujours un bruit de fond. » (L.782) Mais ils sont au niveau du bruit d'fond. » (L.786) « Y'a juste Pas... D'cellules fusionnées en fait. » (L.790) « Et donc Là quand on, donc, on a un puit, on Sait que y'a pas de fusion, où y'a pas de vert, Clairement Visuellement on a pas de vert, et bon en plus on sait que c'est un, c'est une manip que j'ai fait beaucoup et que j'ai beaucoup utilisé, c'est vraiment quelque chose... Ouais y'a y'a des... Y'a Beaucoup de manières de de Prouver que y'a pas de Vert dans ce puit là, Heuum... »

On voit bien, dans le cadre de cet extrait, que Ju. mobilise à la fois :

- Des connaissances théoriques formalisées : la relation entre l'absence de fusogène dans une culture cellulaire et l'absence de fusion cellulaire dans cette même culture cellulaire.

- Des connaissances pratiques ayant généré un premier répertoire formel :

Un répertoire formel propre au dispositif de traitement mobilisé : l'absence de vert signifie que le logiciel n'a pas considéré le signal comme une valeur d'émission de fluorescence. Ce répertoire formel est propre au logiciel puisque, Ju. nous l'explique (L.694), les signaux enregistrés n'ont pas de qualité colorée en soit : le vert est une formalisation propre au logiciel²¹³.

8.1.2. Les « conversations d'images » (Knorr-Cetina & Amann)

Cette mobilisation de répertoires formels fait écho à l'étude par Knorr-Cetina et Amann (1990) des façons par lesquelles les scientifiques organisent des « conversation d'images » (p.263) afin de tirer du sens de leurs images en phase d'interprétation. Les résultats de notre terrain recoupent en effet ce que disent les auteurs de l'évaluation, par les scientifiques, du champ perceptif à leur disposition au moyen de la mobilisation virtuelle d'autres images, elles-mêmes issues de domaines d'expérience divers qui s'entremêlent :

Le domaine des processus expérimentaux (Knorr-Cetina & Amann, 1990, p.268), qui concerne le lien entre l'image, le *dispositif technique imageant*^f et

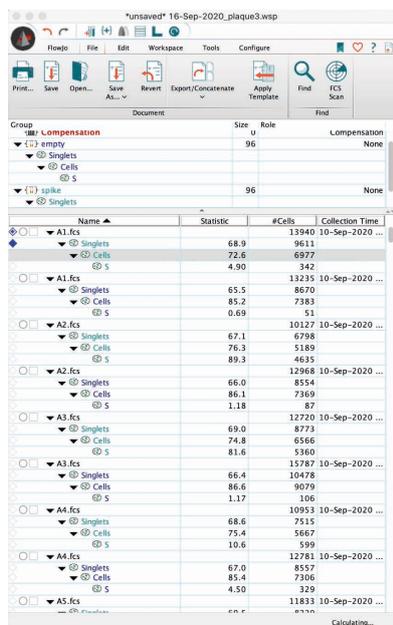
213 Au type de logiciel serait plus juste : l'utilisation du vert pour l'émission de fluorescence par GFP étant répandue, la GFP émettant de la fluorescence verte comme son nom l'indique.

l'expérience scientifique sur laquelle porte l'acte d'imagerie. Par exemple, la présence attendue d'un type de données de par le design de la manipulation expérimentale et/ou de l'éventuel *plan de plaque*^z qui s'y rapporte.

Par exemple, Lu. nous explique qu'elle évalue les images affichées à l'écran en fonction du résultat attendu de par le design de sa manipulation :

[Lu. verbatim n°2] (L.186) « *Du coup dans FlowJO, heu, j'ai fait, deux groupes, d'analyse. Mon groupe contrôle, avec heu, une plaque, de cellules qui expriment pas la protéine S. Et heuu, un groupe heum, Test, avec les cellules qui expriment la protéine S, et donc Là on s'attend à voir des marquages.* »

Ici Lu. s'attend pour un type d'échantillon seulement, les spikes (échantillons tests) [FIG.39], à ce que les formats visuels qui représentent les données acquises ai des attributs formels qui indiquent que les cellules expriment la protéine S. Durant la séquence de défilement des dotplot pour évaluer la qualité du marquage des cellules, Lu. observe les différences entre les échantillons « *tests* » et les échantillons « *contrôle* » à la lumière de cette distinction : en ayant en tête que les échantillons *spike* (« *tests* ») devraient présenter l'expression de la protéine d'intérêt.



The screenshot shows the FlowJo software interface with a list of sample groups. The list includes groups like 'empty' and 'spike' under the 'Compensation' group, and various 'A1.fcs', 'A2.fcs', 'A3.fcs', 'A4.fcs', and 'A5.fcs' groups. Each group has associated statistics such as 'Statistic', '#Cells', and 'Collection Time'.

Group	Statistic	#Cells	Collection Time
empty	96	96	None
spike	96	96	None
A1.fcs	68.9	13940	10-Sep-2020 ...
A1.fcs	72.6	6977	
A1.fcs	4.90	342	
A1.fcs	65.5	13235	10-Sep-2020 ...
A1.fcs	85.2	7383	
A1.fcs	0.69	51	
A2.fcs	67.1	6798	
A2.fcs	76.3	5189	
A2.fcs	89.3	4635	
A2.fcs	66.0	12968	10-Sep-2020 ...
A2.fcs	86.1	7369	
A2.fcs	1.18	87	
A3.fcs	69.0	8773	
A3.fcs	74.8	6586	
A3.fcs	81.6	5360	
A3.fcs	66.4	15787	10-Sep-2020 ...
A3.fcs	86.6	10478	
A3.fcs	86.6	9079	
A3.fcs	1.17	106	
A4.fcs	68.6	10953	10-Sep-2020 ...
A4.fcs	75.4	7515	
A4.fcs	10.6	5667	
A4.fcs	10.6	599	
A4.fcs	67.0	12781	10-Sep-2020 ...
A4.fcs	85.4	8557	
A4.fcs	4.50	7306	
A4.fcs	4.50	329	
A5.fcs	85.4	11833	10-Sep-2020 ...

[FIG.39] Extrait de l'interface du logiciel FlowJo d'analyse de Cytométrie en Flux. Il s'agit de la fenêtre principale où est affiché notamment : la liste des groupes d'échantillon (*empty* ou *spike*) et la liste de l'ensemble des échantillons (*A1.fcs* en vert correspond à *A1 spike*, puis *A1.fcs* en bleu correspond à *A1 empty* puis *A2.fcs* en vert correspond à *A2 spike* etc.).

Dans le même esprit, Ju. explique que c'est parce qu'il connaît son « *plan de plaque* », donc l'organisation de ses conditions, qu'il s'*attend* à un certain résultat lors de la tâche de seuillage :

[Ju. verbatim n°5] (L.584) « (...) justement j'ai vérifié, différentes images pour voir si... Heuu... L'analyse... Fin ! Ssii le seuil, qui était placé correspondait à mes images... » (L.596) « (...) Et donc j'veis deee, dans différents puits que je s-... Je sais quel puit sont négatifs, lesquels sont positif, lesquels sont... fin y'a diffèreents... Niveaux de Fusion. Par le fait, queee... J'aïii... Fin je connais le plan de plaque. Que j'ai fait le...jour d'avant. Et par rapport aux résultats qui ... De l'analyse heu ... A faible heu.....résolution. Je sais quels puits sont... Ceux où y'a plus ou moins de fusion »

Ici Ju. explique que pour vérifier si son seuil est correctement placé il parcourt différentes images de puits pour comparer *comment* le seuillage inclut ou exclut les données de son acquisition. Pour ce faire, Ju. indique notamment qu'il sait déjà quels puits particulier aller vérifier car il « *connait* » son plan de plaque, soit son *design expérimental*^{214‡}.

- **Le domaine des cas précédents et des scénarios** (Knorr-Cetina & Amann, 1990, p.270), qui pour nous constitue à la fois le domaine pratique et le domaine technique, et qui consiste, pour le scientifique, à comparer son image à d'autres cas d'images similaires. Par exemple, il peut s'agir de lire un graphe sous un certain logiciel. Or, le scientifique a déjà fait l'expérience sensible de ces formats visuels en utilisant le même logiciel à d'autres occasions, dans des contextes de recherche assez similaire. Il utilise cette expérience antérieure pour lire/évaluer ce qu'il voit.

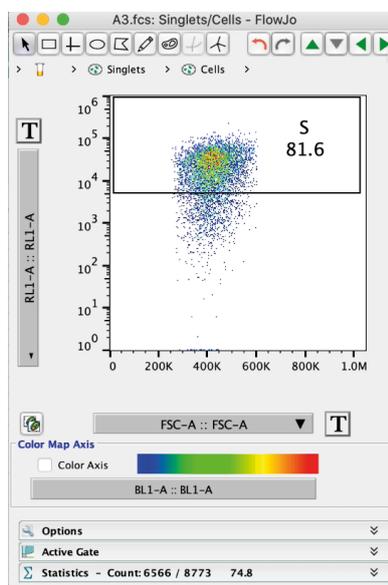
Lu. qui vérifie si ses *gates* sont adaptée à ses données, nous raconte qu'à un certain stade, elle cherche à estimer si le marquage de ses cellules est plus ou moins « joli ». Cet état est évalué par Lu. au moyen de critères formels discriminants. Elle sait en pratique *comment* son logiciel représente ses données et donc ce que signifie une certaine répartition des caractéristiques morphologiques de l'image. Elle nous dit :

[Lu. verbatim n°3] (L.390) « (...) si jamais la population, le nuage bouge, après notre gate elle va Couper heu, couper le nuage, et c'est pas ce qu'on veut. Parce qu'on veut avoir toutes les cellules vivantes dans notre gate heu, numéro 2. » (L.415) « Bah j'regardeuuh bah du coup la troisième fenêtre avec la troisième gate, heu, et selon

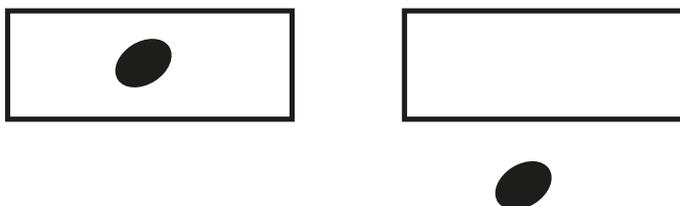
214 Notons néanmoins que cela n'est pas une condition suffisante : Ju. indique aussi qu'il *compare* différentes images pour voir comment le *seuil* place l'*overlay* et qu'il compare aussi ces images à celles de l'*overview*. Nous y reviendrons.

heu, en général je pense heu, à si le marquage est plus ou moins, Joli. Donc... Selon les échantillons avec deux populations bien heu, fin une population bien distincte, positive ou pas. Donc c'est ce que, moi j'appelle joli, c'est quand on voit bien la population positive » (L.422) « Elle se démarque bien et du coup ça a vraiment, interprétable comme des cellules qui ont bien été, marquées. »

Autrement dit, en termes de visuel, un bon marquage se présente comme un dotplot où le nuage de point est situé à l'intérieur de la gate tracée pour sélectionner les cellules qui émettent de la fluorescence (signifiant qu'elles expriment la protéine d'intérêt), en se situant à l'intérieur de la gate et non sur ses bords ou coupés par elle. Elle nous explique durant l'activité qu'à l'inverse, son contrôle (échantillon empty) doit être bien situé en dessous, les deux nuages ne devant pas être coupés par la gate [FIG.40].



Exemple d'un DotPlot (nuage de point) avec gate.



[FIG.40] Schématisation de la disposition topographique d'un nuage de point indiquant un « beau marquage » dans un dotplot de Cytométrie en Flux : l'échantillon marqué (spike) doit être bien dans la gate et l'échantillon contrôle correspondant (empty) doit être bien en dessous. Les deux nuages ne doivent pas être coupés par la gate.

- **Le domaine théorique**, qui est transversal aux deux autres domaines, qui met en rapport ce que l'image observée présente à des relations théoriques attendues. Cela peut concerner une représentation (image) mentale de ce à quoi l'image concrète obtenue suite à imagerie devrait ressembler en raison des effets expérimentaux attendus et de leurs effets, en d'autres termes en raison des relations *théoriquement* attendues.

Par exemple, quand Ju. évoque connaître son plan de plaque (domaine expérimental), les *attentes* qu'il formule à propos des niveaux d'intensité de vert reposent sur une connaissance *théorique* des relations que met en œuvre le design de sa manipulation expérimentale.

De la même façon, comme nous l'avons évoqué plus tôt, Lu. s'attend à ce que les cellules de ses échantillons *spikes* (tests) expriment de la fluorescence, du fait d'une part, des conditions expérimentales qu'elle connaît, mais aussi du fait, d'autre part, de son hypothèse de recherche (les donneurs ayant été infectés par le [virus] devraient avoir des anticorps anti-spike).

8.1.3. Des images fonctionnant comme des Index : une synthèse mentale visuelle comme horizon d'attente

Sur la base de nos exemples, nous notons que les *répertoires d'images*[‡] mobilisés par les scientifiques pour interpréter leurs images en laboratoire peuvent être composés d'une part, d'images concrètes –ayant une existence physique et tangible– comme celles publiées dans un article et que le scientifique aurait consulté, ou l'accumulation d'exemples d'images par la pratique régulière d'un logiciel–, mais aussi d'images schématiques virtuelles, issues des relations de principe que nous avons évoqué et qui sont *théoriques*.

Comme nous l'avons évoqué, ces différents types d'images permettent de fournir un *répertoire encyclopédique formel d'objets*[‡], qui permettent au scientifique, lorsqu'il lit ses images, d'y identifier des qualités *comme* des entités porteuses de sens. Or, ces répertoires d'objets donnent aussi naissance, lorsqu'ils sont invoqués en pratique (Allamel-Raffin, 2004a), à ce que nous proposons d'appeler des *Index virtuels de Similarités Typiques*[‡] (IvdST).

Ces index sont des images de synthèse mentale, qui se basent en quelque sorte sur le mécanisme d'identification de *qualités* en *entités* pouvant correspondre à des *objets* à partir duquel le scientifique fait sens (Allamel-Raffin, 2011, 2004a, 2003) : dans le cas de ce mécanisme d'identification, déjà couvert par la lit-

térature, la « fluorescence » chez Ju. est un objet caractérisé par une certaine organisation des éléments morphologiques de l'image, notamment ceux qui concernent la dominante chromatique (couleur, saturation, luminance).

Néanmoins, cette procédure de lecture s'accompagne aussi d'une *mise en comparaison* avec une autre image qui est la *somme* en quelque sorte d'un ensemble d'objets issus de ce *répertoire formel encyclopédique*^{215‡}. Cette image de synthèse mentale, virtuelle, se base non seulement sur des modèles théoriques –des relations de principes– mais aussi sur la synthèse des images concrètes rencontrées au cours de l'expérience pratique des scientifiques *tout en articulant spécifiquement* la localité de l'activité pour laquelle elle est synthétisée.

En d'autres termes, les objets du répertoire formel encyclopédique d'un scientifique peuvent être invoqués pour former, *dans le cadre d'une lecture d'image*, une image mentale *synthétique* de ce à quoi doit ressembler l'image qui sera lue, en fonction de son contexte de production. C'est ce que nous avons voulu suggérer en présentant schématiquement ce à quoi correspond un « *beau marquage* » [FIG.40]. C'est l'analyse de notre terrain passant par une pratique graphique de schématisation comme pour cette figure, qui a rendu saillante cette image synthétique.

On voit donc dans le cadre de notre terrain que ce type d'image de synthèse mentale fonctionne comme un *Index virtuel de Similarités Typiques*[‡] (IvdST) : il s'agit d'une image *idéalisée* qui est constituée d'éléments discriminants que le scientifique va pouvoir mettre en *comparaison* de son image concrète issue du dispositif d'imagerie.

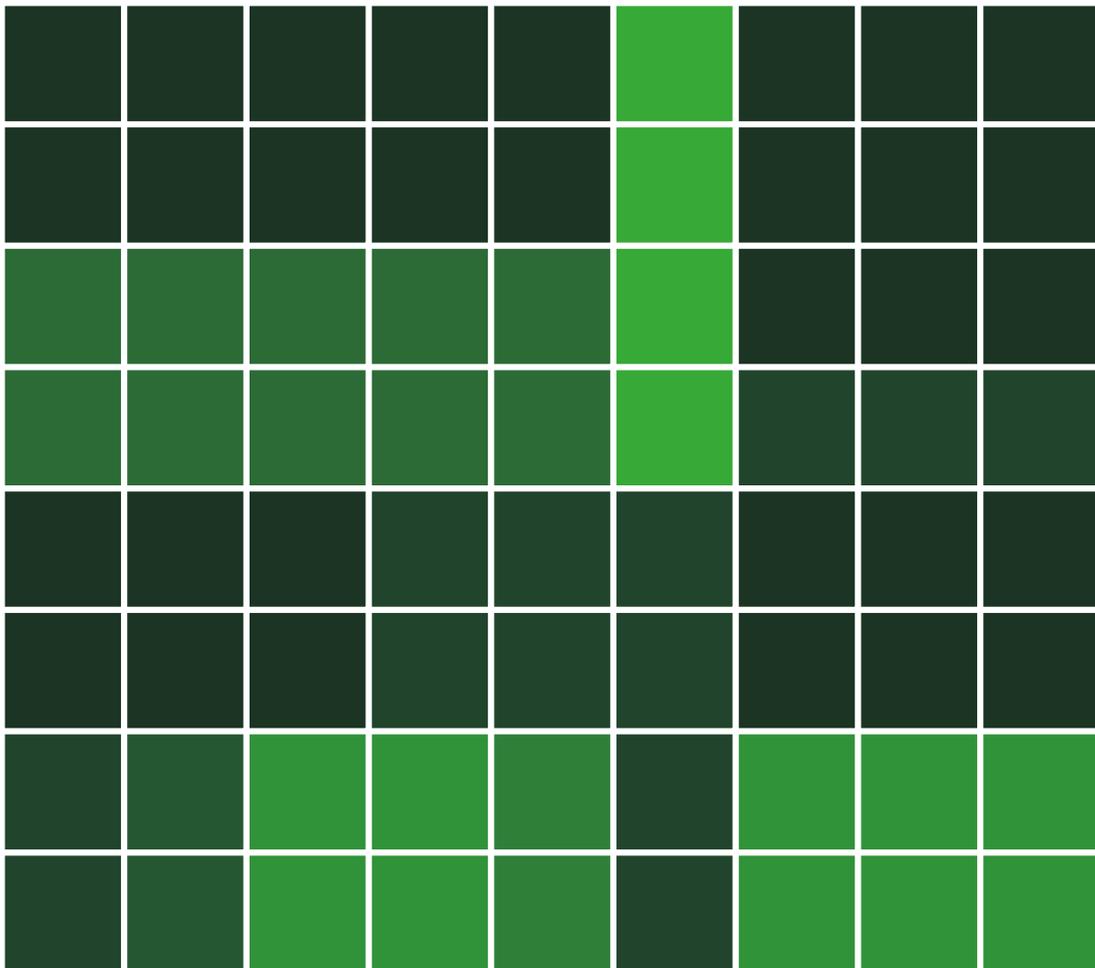
Ces *Index virtuels de Similarités Typiques* ne recouvrent pas la *finesse* des détails des images *réellement* produites. Par exemple, le fait que, dans l'*overview* de Ju., les puits ne sont pas des aplats uniformes mais des variations d'intensité : l'index qu'il évoque en décrivant ce qu'il regarde est caractérisé par *une* intensité, sans s'encombrer des *détails* et *variations* : c'est une *médiane* en quelque sorte.

On pourrait penser en ce sens que ces IdvST sont des images *non situées*.

Néanmoins, elles intègrent justement certaines spécificités locales, celles qui sont jugées *déterminantes* pour parvenir à *lire* les images concrètes auxquelles sont confrontés les scientifiques. Par exemple, Lu. n'invoque pas une image

215 ‡ Et donc par prolongement des images concrètes et schématiques qui enrichissent le répertoire encyclopédique formel des scientifiques.

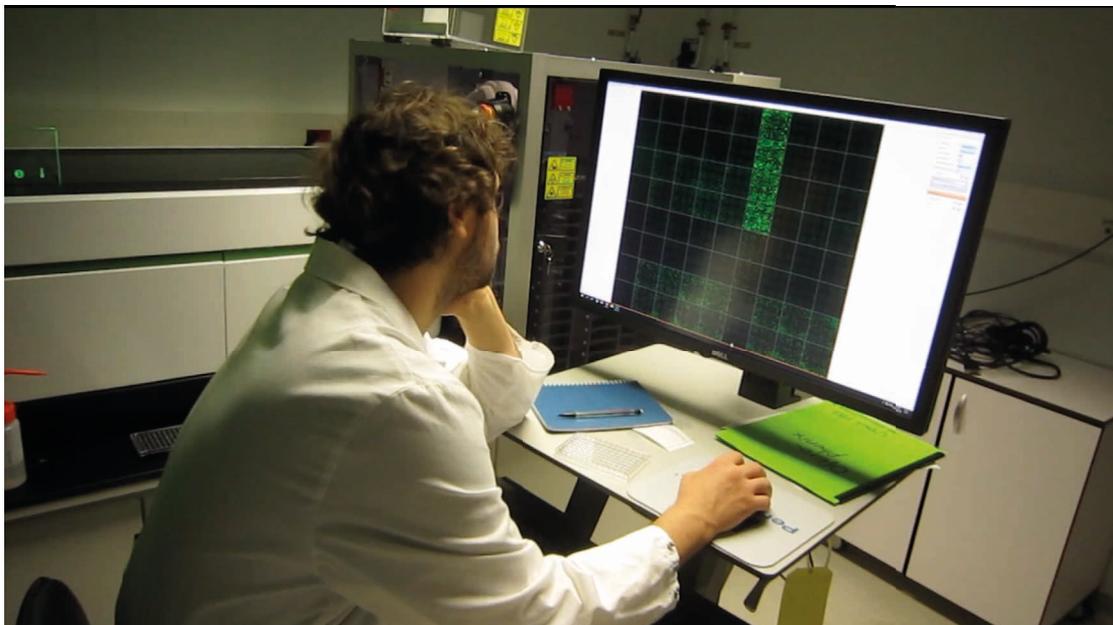
mentale de *dotplot* mais une image mentale d'un *dotplot* avec une *gate* qui doit *isoler des échantillons marqués* des échantillons non marqués. De la même façon, Ju. n'invoque pas une image mentale d'*overview* mais une image mentale d'une certaine *overview* selon les conditions expérimentales particulières de son objet d'étude [FIG.41].



[FIG.41] Représentation hypothétique de l'Index virtuel de Similarités Typiques mobilisé par Ju.

Ainsi, les *Index virtuels de Similarités Typiques* reposent sur des **relations théoriques** articulées à des **relations techniques**, des **relations expérimentales** et un **domaine d'expérience pratique** qui renvoie à des **qualités visuelles** que devrait présenter l'image interprétée.

C'est ce qu'évoque Ju. en nous parlant de la vue d'ensemble (*overview*) qu'il consulte en début d'activité [FIG.42]. Il explique que la vue d'ensemble lui donne une première idée de l'état de la fusion cellulaire dans ses différentes conditions (puits). Mais Ju. ne se contente pas d'observer la vue d'ensemble comme une image individuelle : au contraire, il a déjà en tête une première vue d'ensemble *attendue*.



EV : 00:49

[FIG.42] Ju. observe la vue d'ensemble de son acquisition en microscopie confocale.

[Ju. verbatim n°6] (L.205) « (...) Ça reste une vue d'ensemble. Qui donne une... Idée assez... Bah Globale de... De la manip en fait, donc ça permet vraiment d'avoir un support visuel, très rapide à comprendre. » (L.328) « Pourquoi c'est rapide... Bah, ((inaudible)) c'est rapide parce que je sais ce que j'ai fait. Je sais, comment j'ai désigné la manip. Et... Pourquoi j'ai mis... Ces conditions-là. Et donc en fait, à partir de là vu que je sais pourquoi j'ai mis les puits-là, quelles conditions j'ai mises, pourquoi je les ai mises... On s'attend à une certaine réponse et du coup en fait on... On voit si... Donc a déjà une représentation visuelle de ce qu'on s'attend, et on compare juste ce qu'on s'attend à ce qui est déjà là. »

Ainsi, Ju. s'attend donc dans certaines conditions à avoir beaucoup de fusion

et, lorsqu'il consulte les images correspondant à ces conditions à *voir* une forte *saturation de couleur* : Ju. a « *déjà une représentation visuelle* » en tête, qu'il compare avec l'image affichée sur son écran d'ordinateur à l'issue de la procédure d'imagerie. Compte tenu des conditions expérimentales, l'affichage graphique *devrait* avoir une organisation topologique et chromatique particulière à laquelle le scientifique s'attend et qu'il compare avec ce qui est *obtenu*.

Dans cet exemple, une des relations théoriques admise pour Ju. est que si beaucoup de cellules ont fusionné, alors beaucoup de fluorescence sera exprimée. La relation technique à laquelle cette relation théorique est articulée est que si beaucoup de fluorescence est émise, une forte *intensité* sera enregistrée par le *dispositif technique imageant*. Les qualités visuelles associées à cette articulation sont que si une forte *intensité* est enregistrée, une forte *saturation de couleur* pourra être observée dans les images des puits correspondants à un haut taux de fusion. La relation expérimentale situe ces zones d'intensité quelque part en particulier dans le champ attendu de l'image du fait du *design expérimental* ayant réparti certaines conditions à certains endroits dans le plan de plaque. Cette caractérisation et localisation anticipée des qualités visuelles est permise par l'articulation de la connaissance pratique de l'outil mobilisé aux autres relations.

En effet, en conférant à sa futur image des caractéristiques morphologiques particulières, Ju. fait montre d'une *connaissance* du mode de présentation proposé par le logiciel : on peut le déduire du fait qu'il s'attend non seulement à voir une forte *intensité* (luminance) affichée graphiquement, mais aussi au fait que cette forte intensité soit *verte* (couleur), alors que, comme l'explique Ju. (*L. 694*), elle pourrait être d'une autre couleur puisque le signal enregistré ne possède pas de qualité chromatique en soi. Si Ju. est capable d'*anticiper* l'image en synthétisant une représentation visuelle virtuelle, c'est qu'il *connait* le style représentatif associé à son dispositif d'imagerie. En effet, nous l'avons expliqué au chapitre deux au travers des travaux de [Lynch et Edgerton \(1987\)](#) abordant les traitements gestaltien d'images numériques : l'intensité enregistrée pour chaque pixel (valeur) aurait pu être affichée dans des tons de gris, puisque les *données numériques* acquises, résultant de la traduction de l'intensité (signal d'émission de fluorescence) en nombre, peuvent être associées librement à des plages de couleurs. Cela atteste donc bien que Ju. a une *connaissance antérieure* des *qualités* que le dispositif technique d'analyse organise dans la présentation des images produites. Cela confirme que la représentation visuelle mentale servant d'*index* est aussi la somme des *expériences visuelles passées* du scientifique, qui participe

de son expertise, comme l'indique Allamel-Raffin (2004a).

8.2 Une impression paradoxale entre perception, temporalité et unités d'action

8.2.1. Immobilité apparente et affairément révélé par motifs, le contraste entre observation et transcription

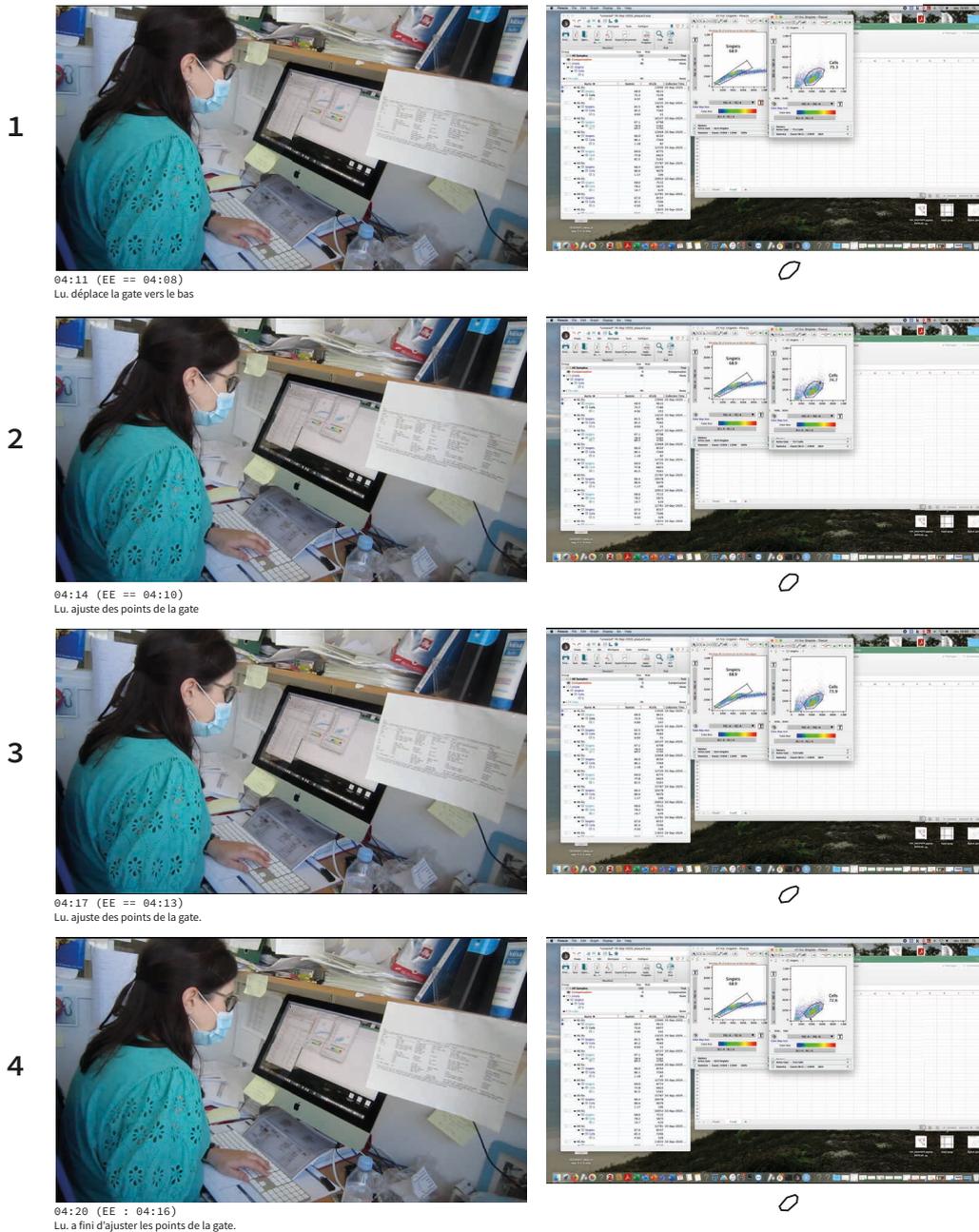
Les observables vidéos donnent à voir autant qu'à ressentir la rapidité d'exécution du regard professionnel. Ils montrent un acteur quasi *immobile* face à son écran d'ordinateur. Malgré les clics de souris qui brisent le silence, on est tenté de percevoir le scientifique comme une sorte de génie opérant son analyse dans l'espace inaccessible de sa sphère mentale.

Néanmoins, l'inscription des unités d'action de l'activité sous forme de notation pictographique, elle-même associée à la notation de repères temporels pour mener à bien l'analyse procédurale des activités, met en exergue le contraste entre la quantité d'actions réalisées, la rapidité temporelle d'exécution de ces dernières et l'apparente inertie du corps de l'acteur. Lorsque nous consultons la transcription pictographique, le chercheur semble alors bien affairé. Plutôt que de se laisser tromper par *l'apparente* « staticité » de la scène observée, l'analyse procédurale nous enjoint au contraire à nous arrêter à chaque instant des enregistrements vidéos pour décortiquer la *structure actionnelle*[‡] de ces moments succincts, seconde par seconde, voir *images par images*²¹⁶.

En résultat, pour certaines séquences, la transcription par pictogrammes donne l'impression par sa densité qu'un instant de quelques secondes se distend dans un temps plus long, compte tenu du nombre d'unités d'action ou d'effet représentées.

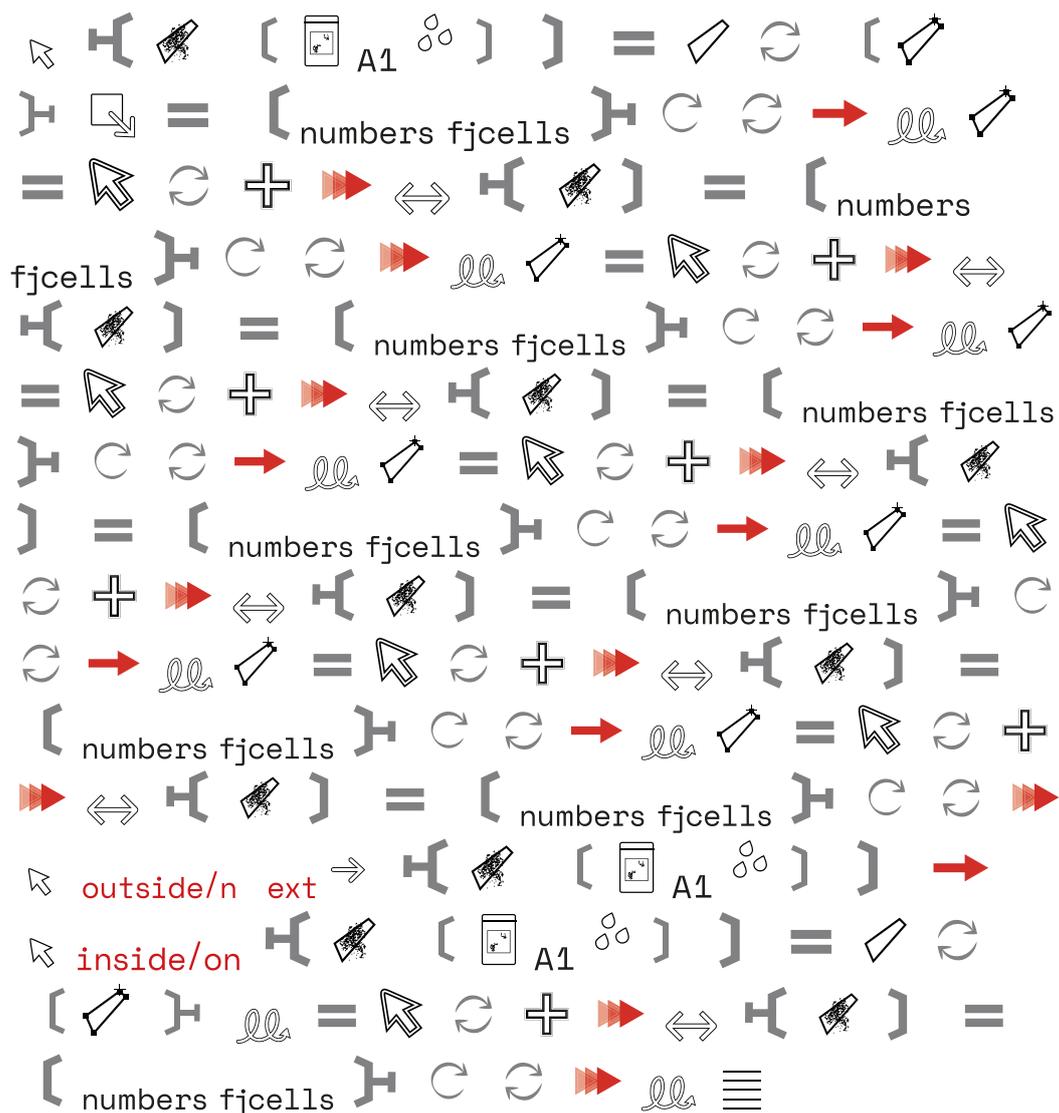
216 Notre appareil photographique ayant servi aux enregistrements de l'activité enregistre plus de 15 images par secondes.

Par exemple, durant son activité d'analyse de Cytométrie, Lu. modifie une gate : cela lui prend moins de 10 secondes et les clics s'enchainent avec une rapidité et une dextérité qui rendent difficile à saisir l'ensemble des opérations et de leurs effets visuels éventuels [FIG.43]. Déplacements et réajustements se confondent éventuellement dans un même enchainement.



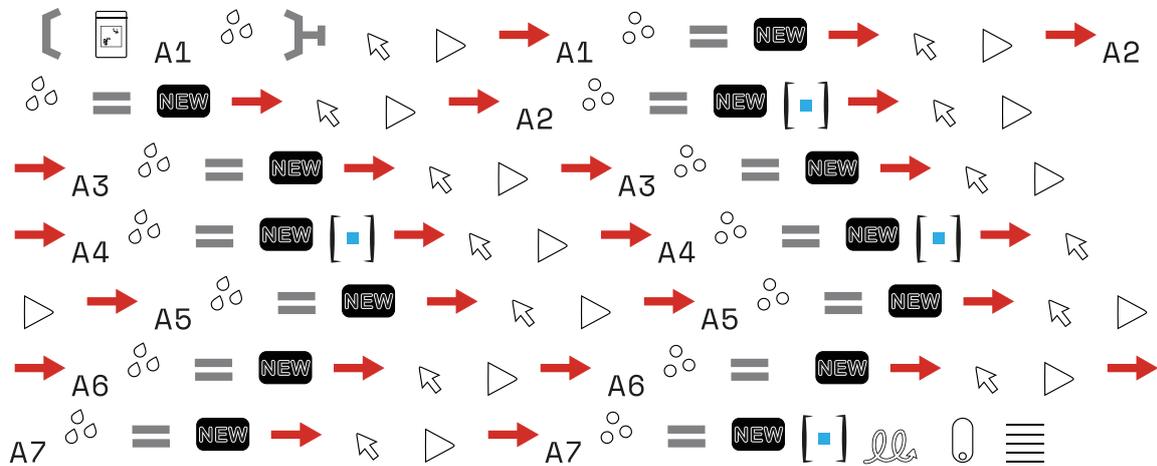
[FIG.43] Lu. devant son ordinateur modifie la gate lui permettant d'isoler les cellules valables pour son analyse (vivantes, bon état).

A *contrario*, la transcription procédurale décortique un ensemble de petites actions bien identifiables à l'analyse [FIG.44] :



[FIG.44] Transcription procédurale de Lu. modifiant la gate des Cells sur le dotplot d'un échantillon (EE Lu. : 04:07-04:16)

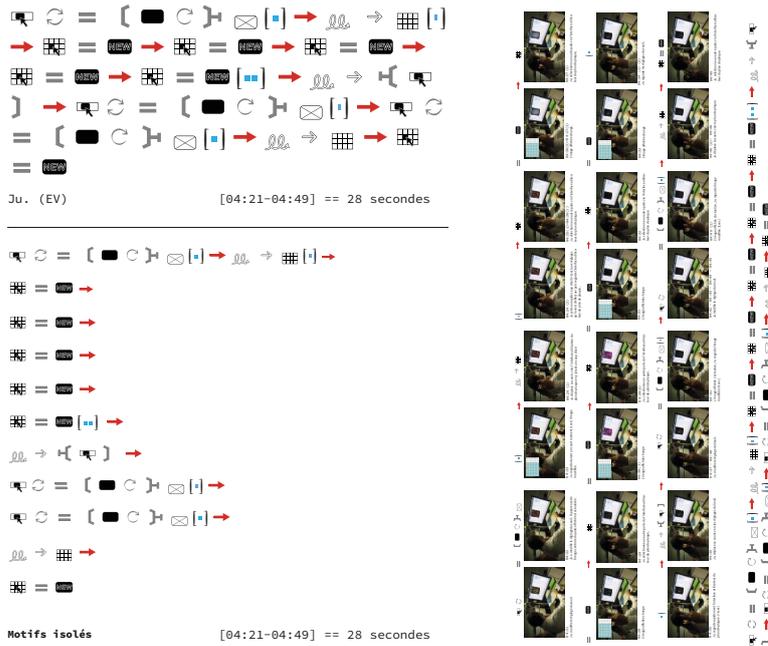
De la même façon, le défilement des fenêtres de *dotplot* par Lu., que nous avons évoqué plus tôt [FIG.45], devient lui aussi, sous sa forme pictographique, un enchaînement varié de plusieurs actions qui produisent des effets :



[FIG.45] *Transcription procédurale de Lu. vérifiant le gating du marquage des cellules en faisant défiler plusieurs dotplot d'échantillon. (EE Lu. : 04:39-04:53)*

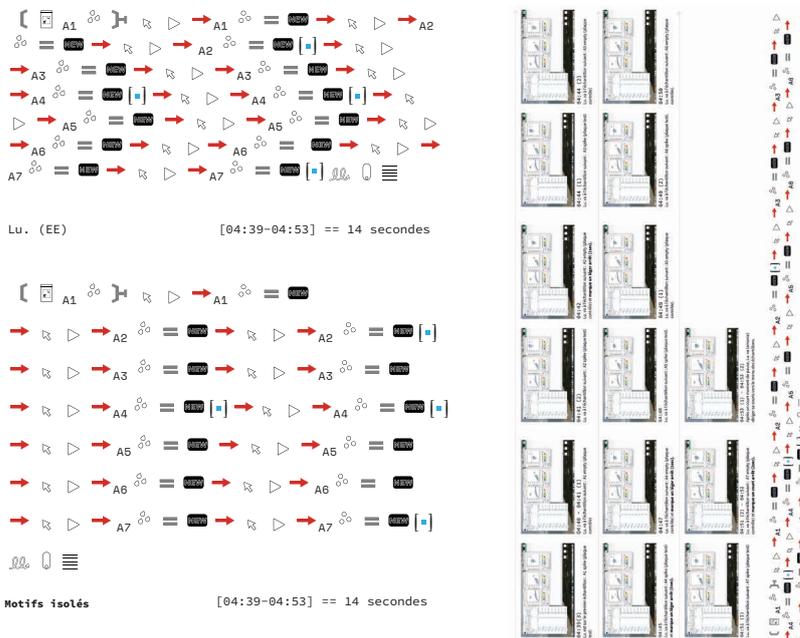
Le découpage en sections du texte pictographique, rédigé à l'origine de façon continue, permet d'identifier des *motifs*. La redondance d'un même ensemble d'action réitérées constitue en effet un *motif visuel* identifiable au niveau de la transcription [FIG.46] [FIG.47]. L'inclusion des *effets* produits par les actions (glyphes d'effets conjuguées aux glyphes relationnelles) sur les formats visuels permet de marquer ces répétitions. La régularité formelle de ces motifs permet aussi l'identification de *moments d'interruption* où un nouveau motif apparaît. De cette façon, la structure visuelle de la transcription pictographique nous permet d'identifier des *moments de bascule* dans la structure actionnelle de l'activité. Les temps de pauses²¹⁷ contrastent dans le flux continu de l'action de par l'utilisation volontaire d'une couleur pour les mettre en évidence, mais aussi parce qu'elles s'insèrent dans ces *motifs* composé de chaînes d'actions plus ou moins répétitives.

217 Un crochet [signifie le début d'une pause, un point bleu signifie 1 seconde de pause, un crochet] signifie la fin d'une pause.



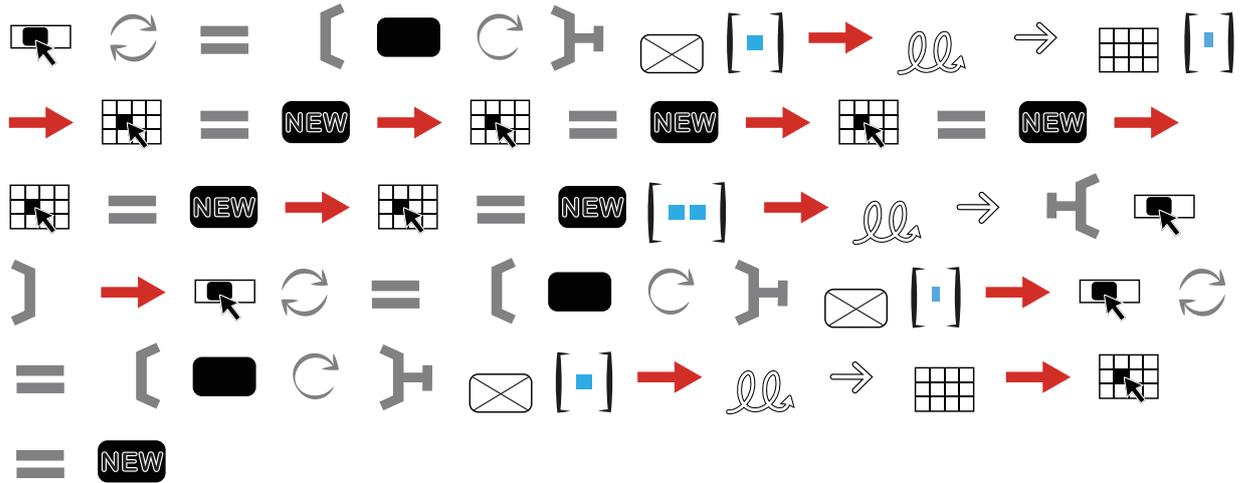
[FIG.46] [VIGNETTE Ju. N°1] [EV : 04:21-04:49] {28sec}

Ju. observe le seuillage de ses images de puits, puis va l'adapter.



[FIG.47] [VIGNETTE Lu. N°1] [EE : 04 :39-04 :53] {14sec}

Lu. observe la qualité du marquage des cellules valables pour l'analyse. Elle fait défiler ses échantillons avant de s'arrêter pour diriger son curseur de souris vers le menu des échantillons.



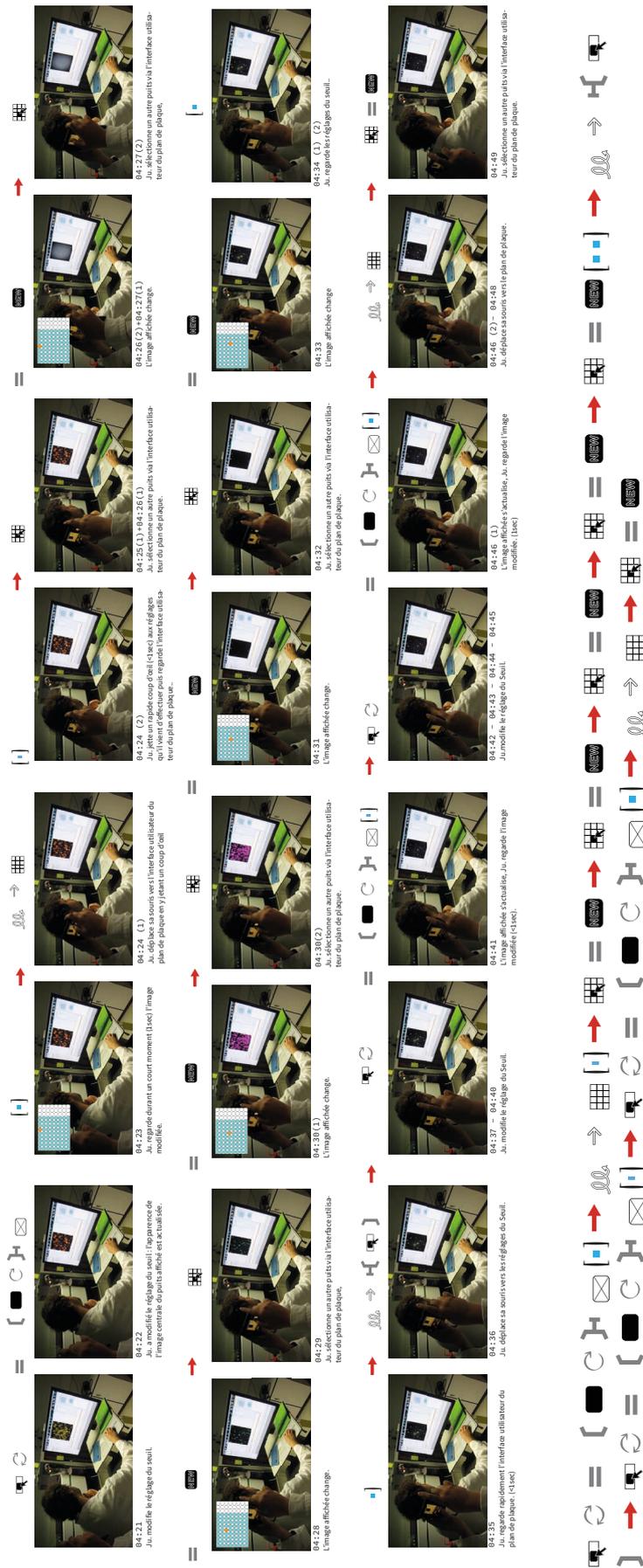
Ju. (EV)

[04:21-04:49] == 28 secondes

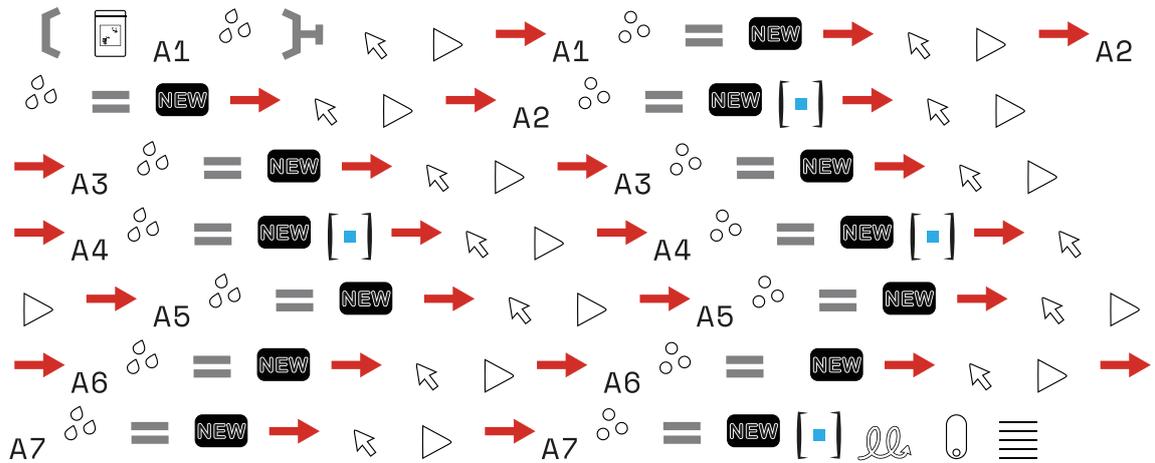


Motifs isolés

[04:21-04:49] == 28 secondes

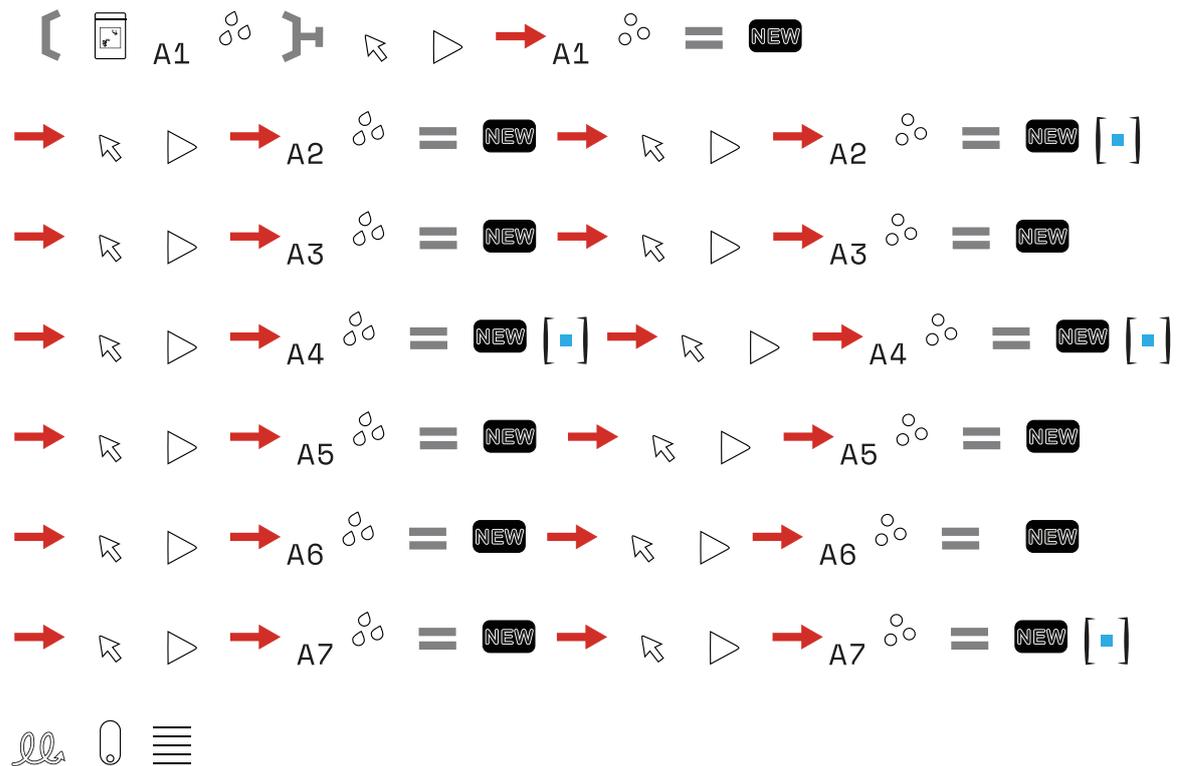


[FIG.46] Vignette qui transcrit sous différents régimes (pictographique, photo-montage de l'écran d'ordinateur) une séquence de l'activité où Ju. observe le seuillage de ses images de puits.



Lu. (EE)

[04:39-04:53] == 14 secondes



Motifs isolés

[04:39-04:53] == 14 secondes



[FIG.47] Vignette qui transcrit sous différents régimes (pictographique, photo-montage de l'écran d'ordinateur) une séquence de l'activité où Lu. observe la qualité du marquage des cellules valables pour l'analyse.

8.2.2. Une alternance de phases : l'activité en rythme

Quelle que soit la rapidité de leur exécution, la transcription pictographique de ces séquences montre que, plutôt qu'une activité linéaire, le déroulé des séquences d'analyse semble procéder d'une alternance de *phases*. En croisant les verbatims concernant le *vécu* des scientifiques à l'analyse procédurale, nous avons identifié une typologie de phases au cœur de l'activité : une phase *machinale* et une phase *réflexive*. D'une part, ces *phases* caractérisent des *postures* adoptées par le scientifique. D'autre part, ces postures *alternent* plus ou moins rapidement durant la séquence d'activité, suggérant une dimension *rythmique* *vécue* de l'activité.

8.3 L'analyse des images scientifiques : une activité dynamique rythmée par les réactions des formats visuels

8.3.1. L'alternance de deux postures

Loin de consister en un déroulé linéaire se reposant sur un savoir expert rationalisé, exempte de contingences, la pratique des virologues montre qu'ils alternent entre des postures routinières dites machinales et des postures réflexives. Ces postures engagent des types d'opérations²¹⁸, des types de rythmes, des types de ressentis, et des types d'attention. C'est l'articulation de ces différentes dimensions qui constitue les signes d'une certaine posture et non leur identification isolée.

8.3.1.1. Une posture « machinale ».

Une première posture identifiée est la *posture machinale*.

8.3.1.1.1. Type d'opération : routinières et stables

Elle concerne des opérations qui n'exigent pas *a priori* de réflexion particulière

218 Ici pour nous une *opération* désigne un ensemble d'actions ayant un effet. Ainsi, si on considère l'ouverture de l'image de Western Blot comme une tâche, nous pouvons l'étudier en tant qu'elle mobilise des *opérations* diverses comme l'accès à un dossier, le déclenchement de l'ouverture du fichier dans le logiciel... Dans le cas de la verbatim de J. nous notons que c'est l'ensemble des *opérations* qui sont *automatiques*, suggérant qu'il est en posture machinale dans la totalité de la réalisation de cette tâche.

de la part de l'opérateur. Ces opérations s'inscrivent dans des enchaînements, ou *motifs (patterns)*, d'actions dites « de routines » de l'activité. Ces actions de routines peuvent correspondre à des opérations de *transition*, comme par exemple celle réalisée pour la tâche de passage d'un logiciel à un autre.

Par exemple, J nous explique qu'il doit ouvrir son image de Western Blot dans un logiciel et que les opérations mobilisées pour remplir cette tâche sont « *automatiques* » pour lui :

[J. verbatim n°1] (L.1215) « *Donc là je vais dans le logiciel, dans le menu pour ouvrir mon image. Pareil c'est un logiciel que j'découvre pas, j'suis fami... assez familier, fin c'est un logiciel que j'ai déjà utilisé. Donc je sais où il faut aller, pareil c'est automatique, j'ai pas besoin de réfléchir aaaa, c'que j'dois faire* »

Mais elle peut aussi concerner des opérations de *marquage* si les *informations* à marquer sont *déjà connues, acquises* et *stables*. Par exemple, J. nous décrit en surface l'annotation des conditions de son Western Blot dans la figure qu'il compose sous Power-Point partir des images acquises :

[J. verbatim n°2] (L.873) « *après j'ai mis, j'ai annoté meeees, Noms de protéines, heu parce que je savais qu'elles étaient, quel-fin lesquelles c'était ; Heumm, c'est ça. Et après... y'a toute une étape de, hmm... Annoter en fait sur heuum...lees...les poids moléculaires* »

8.3.1.1.2. Type de rythme : enchaînement rapide et continu, automatique

En termes de *rythme*, le flux de l'activité semble *continu et linéaire*.

Cela signifie que d'une part, les actions s'enchaînent sans vraiment marquer de pause. Lorsque J. nous décrit dans la verbatim précédente [J. verbatim n°2] son opération d'annotation, il pose un contraste entre l'annotation des noms de protéine (annotations des conditions expérimentales), qu'il décrit à peine, parce qu'il « *connait* » [L.873] et l'annotation suivante, celle des poids moléculaire qui sera « *toute une étape* » [L.873]. En visualisant l'enregistrement écran²¹⁹, on voit durant l'annotation des noms de protéines que J. a enchaîné de façon continue et linéaire les actions nécessaires à cette opération²²⁰.

J. nous décrit aussi sous ce régime d'enchaînement continu l'annotation du document Excel généré suite à son analyse quantitative :

219 (Fichiers Annexes à la thèse) : ANNEXE_Video_EE_J [05 :45-08 :26]

220 (Fichiers Annexes à la thèse) : À l'exception [ANNEXE_Video_EE_J]-[05 :45-05 :55] d'un arrêt de souris enchaîné de quelques déplacements de souris où J. marmonne quelque chose [ANNEXE_Video_EV_J]-[05 :03-05 :13]. Cela semble correspondre à la recherche du bouton pour placer un cadre de texte.

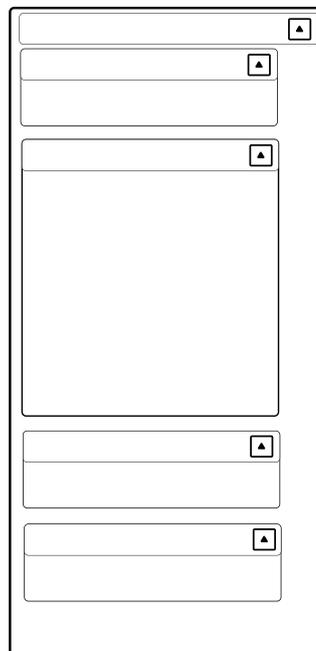
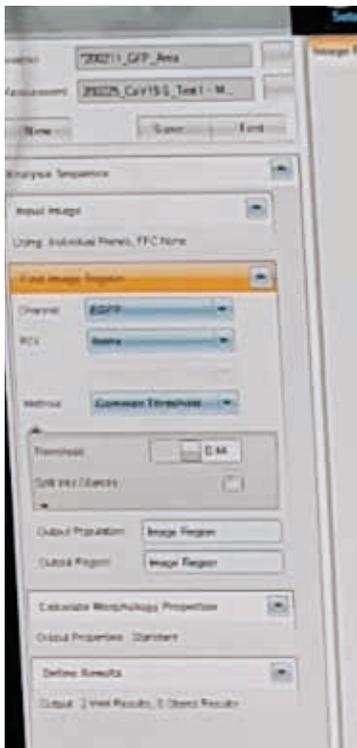
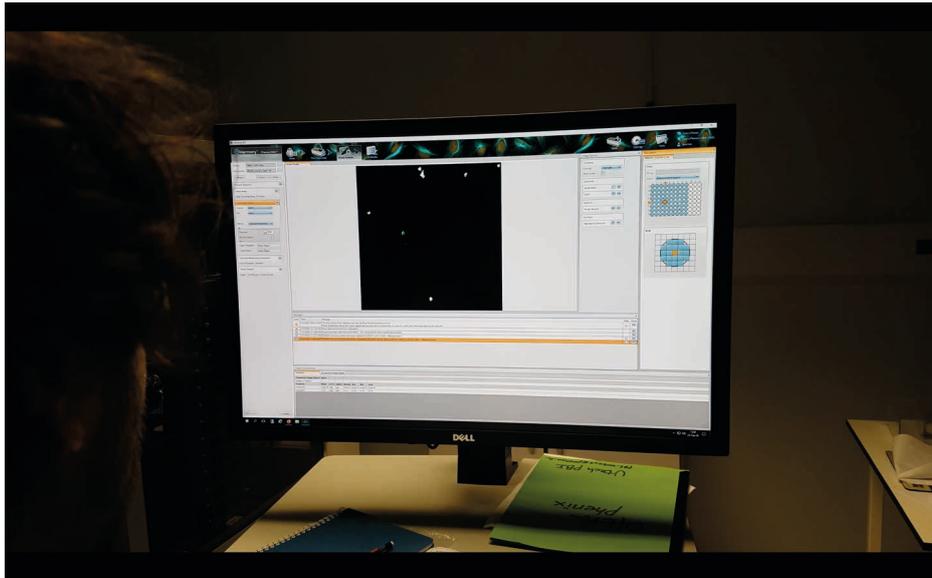
[J. verbatim n°3] (L.1491) « Donc j'annote. Correctement. Jeeee remplace chaque nom, par le nom de l'anticorps, j'rajoute des colonnes pour pouvoir heuuuu, rajouter le nom et le numéro du donneur, donc je fusionne les cellules, et ensuite je rajoute encore une colonne, pour mettre le nom de la protéine. Parce qu'en fait t'aaas, un bloc pour une protéine, un bloc pour une autre protéine, et donc voilà. Et dans ce bloc là à chaque fois t'as les deux donneurs, et chaque anticorps différents. » (L.1504) « Ca m'prends heuuu... Trente secondes, parce que j'ai mon plan d'tête, j'ai mon j'ai mon plan, en, tête, c'est pas un plan compliqué j'ai que douze li, j'ai que douze colonne, quatorze colonnes, donc c'est facile je l'ai en tête y'a pas deee, ça m'prends pas, ça m'prends pas beaucoup de temps. Leeee. Y'a un p'tit peu de manipulation technique, sélectionner une cellule les fusionner et tout²²¹ »

Ailleurs, Ju. nous explique qu'en passant sur l'onglet d'analyse, il va vérifier si l'analyse présentée par le logiciel est bien la sienne. Il s'agit de vérifier l'organisation des blocs d'analyse [FIG.48], ce qui s'avère aisé pour Ju. car c'est une analyse qu'il connaît déjà et qui, d'après lui, est présentée de façon intuitive par le logiciel. Sa description du procédé est courte, suggérant une rapidité et une linéarité du procédé, que nous constatons dans les enregistrements de l'activité²²².

[Ju. verbatim n°7] (L.498) Bah en fait sur ce logiciel là c'est vraiment quelque chose... D'asseez... Facile d'utilisation. ... Heuuu... Comment le dire ? Bah c'est... C'est vraiment des blocs en fait... Donc c'est sur la partie gauche de l'écran, t'as... T'as à chaque fois des Blocs d'Analyse qui vont du coup faire un... Comment on appelle ça ? Heuuu... ... Un Arbre d'un algorithme quoi. (L.513) « Baaah heu... J'veais juste vérifier que c'est laaa, l'Analyse à laquelle j'pensais . Parce que c'est une analyse à moi ! » (L.520) « Vu que c'est mon compte, c'est pour ça, ça a... Déjà... (.) En fait. Bah ça c'est juste que le logiciel il s'rappelle... fin...(.) C'est c'est quelque chose qui... C'est un logiciel qui est fait en fait pour... Être le plus automatisé possible donc heu » (L.527) « Dès le moment où j'ai mis ma plaque dedans et où j'ai chargé ma Manip, donc là je parle au niveau de l'Acquisition même, » (L.532) « Donc au niveau de l'acquisition en fait il avait déjà chargé l'analyse et en soit on peut, siii, on a confiance que entre plaque l'Analyse ne change pas, j'aurai put juste mettre la plaque dedans et revenir et voir le résultat analysé. Sans jamais... Faire quoi que ce soit. » (L.568) « (...) c'est juste que y'a, y'a déjà l'analyse, du coup j'veais... Bah, c'que j'veais faire c'est je vais vérifier si cette analyse s'applique aussi à mes == résultats de... » (L.578) « Bah. J'veais déjà regarder, vérifier que l'analyse est bien la bonne. Si les blocs sont-sont dans le bon ordre etc. donc ça c'était le cas. »

221 [Fichiers Annexes à la thèse] : En revanche on voit dans [ANNEXE_Video_EE_J] [31:55-32:00] et [ANNEXE_Video_EE_J] [32:02-32:08] que J. va marquer une pause à l'écran, où l'action d'annotation est entièrement arrêtée (à l'exception pendant 2secondes d'un très léger mouvement de souris). Cette pause est marquée juste avant d'annoter une condition unique. Nous y reviendrons ensuite, mais, à notre sens, cela marque justement l'interruption d'une phase machinale par une phase réflexive de courte durée.

222 [Fichiers Annexes à la thèse] : ANNEXE_VIDEO_EV_Ju [03 :50-04 :06]



[FIG.48] Extrait de l'interface du logiciel du microscope Opera Phenix où sont situés les « blocs d'analyse » évoqués par Ju.

D'autre part on peut constater une certaine *vitesse* d'exécution en identifiant les moments où cette rapidité provoque des erreurs ou des allers-retours pour accomplir l'opération visée :



[FIG.49] [VIGNETTE J. N°1] [EE : 27 :04-27 :07] {3sec}

Ici, J. veut ouvrir le réglage des contrastes de son western test (channel 800/vert). Il va cliquer par erreur sur plusieurs boutons en l'espace de quelques secondes avant de sélectionner le bon bouton pour ouvrir le réglage des contrastes du western contrôle.

[FIG.49] Vignette qui présente les différentes captures de l'enregistrement vidéo écran de la séquence où J. se trompe de bouton pour ouvrir le réglage des contrastes du channel test de son western blot (channel 800/vert).

8.3.1.1.3. Type de ressenti : calme et confiant

Dans le cadre de cette posture machinale, les scientifiques témoignent d'un ressenti *apaisé*, *calme* voire évoquent la *neutralité*. On note aussi une certaine *assurance* ou *confiance* dans les capacités à mener à bien les *opérations* nécessaires pour finaliser leur tâche.

Dans la verbatim précédente [*Ju. verbatim n°7*], Ju. nous explique qu'au passage dans l'onglet analyse il se sent *confiant* car il *sait* d'avance que le logiciel a retenu son analyse précédente, les réglages sont donc déjà en place. Lorsque l'arbre d'analyse s'affiche sur son écran, il est *congruent* avec ses attentes.

Lorsque J. nous explique comment il se sent lorsqu'il va chercher à ouvrir le dossier où se trouvent les fichiers qu'il souhaite analyser, il témoigne d'une certaine *neutralité émotionnelle* :

[*J. verbatim n°4*] (L.1238) « Pas grand-chose hein j'pense. Parce que..... J'pense que mon cerveau, est un peu heuu en mode automatique en fait. Parce qu'en fait j'te dis c'est des gestes que je connais et qu'jjje sais faire, donc je pense que je suis un peu en pilote auto. Heenn, je pense que mon cerveau est un peu éteint. » (L.1250) « (...) Déjà là jee, Là je suis dans le boulot heummm, et j'pense vraiment 'ah j'ouvre machin c'est où heu' mais je, tu vois c'est y, c'est paas, y'a pas, d'Emotion. Fin, j'ai l'impression d'être un robot quand je dis ça. » (L.1257) « Mais tu vois j'ai pas de Joie, j'ai pas de Stress, j'ai pas deee, de truc comme ça, parce qu'en fait c'est vraiment heuu... Voilà c'est, je réfléchis à ce que je fais, fin je pense à c'que j'fais, mais sans m'prendre la tête parce que c'est des choses que j'sais faire. mécanique, genre 'ok je sais que j'dois aller là', hop machin tu vois, je passe d'une action à l'autre, heuuu donc mon cerveau donne les commandes, saaaans... S'émouvoir (...) »

8.3.1.1.4. Type d'attention : attention fine, concentration, projection non-réflexive

Malgré la nature routinière et « *automatique* » des opérations menées, la posture machinale présente la mobilisation d'une *attention fine* et d'une *concentration* par le scientifique :

J. nous explique qu'il est *concentré* en annotant le fichier Excel, format sous lequel a été exporté la quantification de son Western Blot (Channel 800, Western Blot de Test), il détaille sans s'interrompre la liste des actions qu'il effectue.

[*J. verbatim n°5*] (L.1470) « Je l'ouvre, et là je supprime toutes les lignes qui ne m'intéressent pas parce qu'en fait mon signal est vert, et j'ai, A la fois l'info du rouge et du vert. Heuuu » (L.1476) « Donc je génère, je supprime Tout, là j'suis particulièrement concentré parce que j'veux pas supprimer l'info qui m'intéresse, donc je fais bien attention à ne générer que les lignes où c'est écrit 700, heum, parce

que moi ce qui m'intéresse c'est le 800. Donc voilà, donc je supprime toutes les lignes qui ne m'intéressent pas. Heuuu... Ensuite je vais supprimer les Colonnes qui ne m'intéressent pas, parce que ce qui m'intéresse c'est, le channel, c'est-à-dire 700 ou 800, le Nom, du carré, et le signal. Le reste ça m'intéresse pas donc je le supprime. Heummm... Après avoir fait ça j'vaiiis, Annoter. Donc Remplacer les noms, parce qu'en fait t'as des numéros de carrés. Et je remplace... Par, Heuuu... Je remplace par le nom du de l'échantillon »

Même s'il est concentré la tâche est rapide, « facile » :

[J. verbatim n°6] (L.1504) « Ca m'prends heuuu... Trente secondes, parce que j'ai mon plan d'tête, j'ai mon j'ai mon plan, en, tête, c'est pas un plan compliqué j'ai que douze li, j'ai que douze colonne, quatorze colonnes, donc c'est facile je l'ai en tête y'a pas deee, ça m'prends pas, ça m'prends pas beaucoup de temps. Leeeee. Y'a un p'tit peu de manipulation technique, sélectionner une cellule les fusionner et tout »

Plus loin, lorsqu'il évoque l'opération suivante, J. indiquera que c'était « très mécanique », attestant de la dimension *machinale* en dépit de la concentration :

[J. verbatim n°7] (L.1517) «Par rapport à avant, Très mécanique, là heuuu...»

Si J. se projette dans la suite de l'activité, cette projection ne le renvoie pas à ce qu'il est *en train* d'effectuer, c'est une projection *non réflexive* :

[J. verbatim n°8] (L.1250) « (...) je pense à l'action d'après en fait. Je pense à ce que je dois faire, mais j'pense, je pense à rien d'autre

L'absence de réflexion apparente lors de ces phases, qui suggère une dimension « automatique », du fait de l'enchaînement linéaire des actions, retourne moins du fait qu'il n'y a pas à proprement parler de raisonnement opéré par le scientifique que de la nature *routinière* du raisonnement et du rythme dans lequel cette posture machinale s'inscrit. Il s'agit davantage d'une faible complexité de raisonnement que de son absence *per se* : il s'agit plutôt de pointer que les choix effectués sur la base de ce raisonnement ne sont pas *problématiques* : ils *n'arrêtent pas* le praticien en lui demandant *réflexion*. L'enchaînement est *continu* et les rares interruptions concernent des opérations techniques qui ont été mal effectuées du fait de la vitesse de l'enchaînement non réflexif.

8.3.1.2. Une posture « réflexive »

A contrario, la seconde posture identifiée est une posture « réflexive ».

8.3.1.2.1. Type d'opérations : mobilisent une réflexion contextuelle/située

Elle concerne des opérations qui *marquent*, de la part de nos acteurs, l'émer-

gence d'une réflexion relative à une situation rencontrée dans l'activité elle-même. En d'autres termes, il s'agit moins d'un type d'opération que d'un *type d'inscription de l'opération* dans le flux de l'activité.

J. nous explique que juste après avoir fait les premières annotations de ses conditions, en adoptant une posture *machinale*, il passe à l'annotation de son western blot contrôle (tubuline, channel 700) : or à ce moment-là, la tâche qui est *similaire* en principe, annoter une image sous PowerPoint, va déclencher une posture *réflexive* :

[J. verbatim n°9] (L.1513) « (...) Heu. Voi-là. Et ensuite une fois que j'ai fait ça, je vais... Passer. Je vais retourner sur le logiciel, pour, passer au rouge ; cette fois. Faire la Tubuline. Et là j'me souviens avoir eu une hésitation, c'est-à-dire « Est-ce que je supprime, tous les carrés verts que j'ai fait ? ». Et heuuuu... Donc là en fait y'a eu une réflexion tu vois. Par rapport à avant, Très mécanique, là heuuu... Je j'a, j'ai pensé à un truc. Bien. Heuuu, donc heu j'me souviens heuu... Voilà j'me souviens avoir réfléchi « est-ce que je supprime tous les carrés sur les bandes verte que j'ai déjà faites, pour pouvoir exporter un truc seulement avec le rouge ? ». Et j'me suis dis non. Parce que si jamais j'ai un bug là dans l'analyse et tout et que je perds les données, ça va me faire chier de devoir touuuut ressortir et tout retracer. Donc du coup heu je sors juste là, je rajoute juste les bandes rouges en plus de celles heuuu des bandes vertes. Donc j'cla, je clique sur les carrés rouge, j'pense que là ça le fait très bien, j'pense que j'ai pas de problème j'pense que le logiciel le fait tout seul. Parce que les bandes sont claires, y'a pas trop de bulles d'air machin donc y'a pas de problème, et je ré-exporte un fichier Excel, auquel je modifie le nom, pour pas Ecraser l'Excel d'avant ; Parce que lui je veux le garder tel quel, au cas où y'a un bug avec le deuxième »

8.3.1.2.2. *Type de rythme : un surgissement, une coupure*

On voit bien sur la base des verbatims précédentes que le moment réflexif a été succinct et de l'ordre d'un *surgissement* : J. repasse ensuite dans une posture *machinale* vers l'annotation du fichier Excel.

Ainsi, certaines verbatims évoquent un ralentissement, comme J. parlant de l'annotation de ses poids moléculaires :

[J. verbatim n°10] (L.1056) « Donc prendre ton temps, pour le faire bien, pas de rush sur ça parce que c'est important de bien annoter. Donc heuuu... Voilà. Mais pas de, nan pas de stress, pas d'inquiétude, pas de truc comme ça, parce que je doutais pas de mes résultats en fait, jeee, voilà, je savais que c'était, que (...) »

En revanche en observant les transcriptions pictographiques procédurales, on peut conclure que le *ralentissement* n'est pas nécessairement perceptible à l'échelle de notre temps quotidien : certains ralentissements dont procède le

mode réflexif sont de l'ordre d'une seconde. C'est plutôt le *contraste* entre le rythme continu des actions qui s'enchainent et forment des motifs et le surgissement de micro-interruptions qui permet d'identifier le moment de *bascule* vers une situation éventuellement *problématique*²²³.

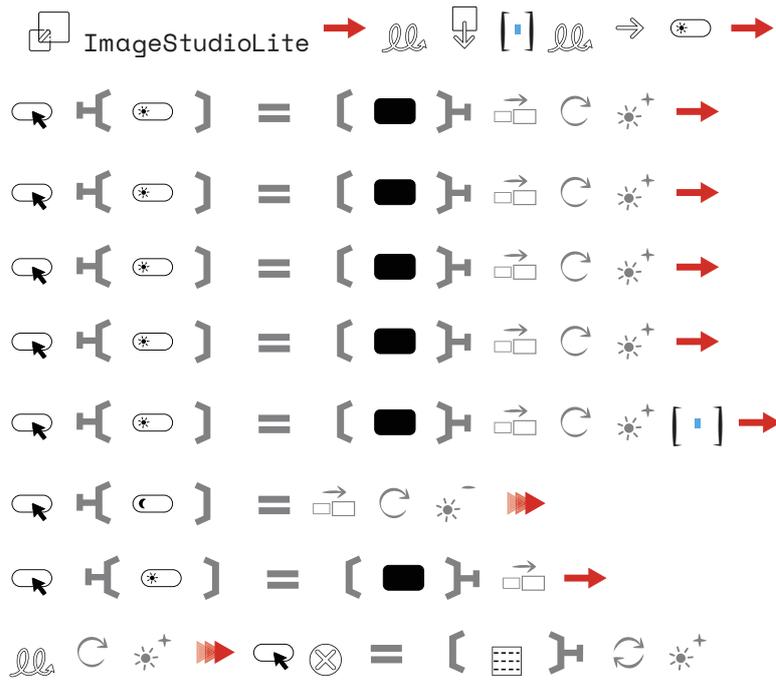
Dans la séquence où J. règle les contrastes de son *Western Blot* de test [FIG.50], la situation *problématique* a été l'affaire de micro-secondes : J. a fait défiler les réglages de contrastes de plus clair en plus clair. Puis a marqué une pause inférieure à une seconde et est retourné vers un réglage plus sombre. À peine a-t-il vu l'image qu'il est retourné vers un réglage plus clair et a fermé la fenêtre. Pendant un très court instant, on constate que le *flux continu* s'est suspendu d'un doute sur le type de réglage approprié, ce en dépit de l'explicitation de J. évoquant une forte rapidité et la nature *sans conséquence* de l'opération :

[J. verbatim n°11] (L.1313) « (...) Pareil, j'le fais très vite, parce que je sais que ça influ Jee, Maintenant je sais que ça n'influence pas l'aaa, l'analyse. Donc je l'fais très vite, j'veux juste très bien voir, donc je pousse à fond, je fais brighter brighter brighter pour bien voir mes bandes, pour heu après, bien faire mes carrés autour. Pour savoir où cliquer. Parce qu'en fait le logiciel fait tout, va tout faire automatiquement après. Heuuu. Donc voilà. Donc je pousse à fond leee, contraste, la première étape c'est ça, parce qu'en fait ça apparait un peuuu, un peu palot, donc je booste tout en fait sur monnn, sur mon ordi. Voilà. »

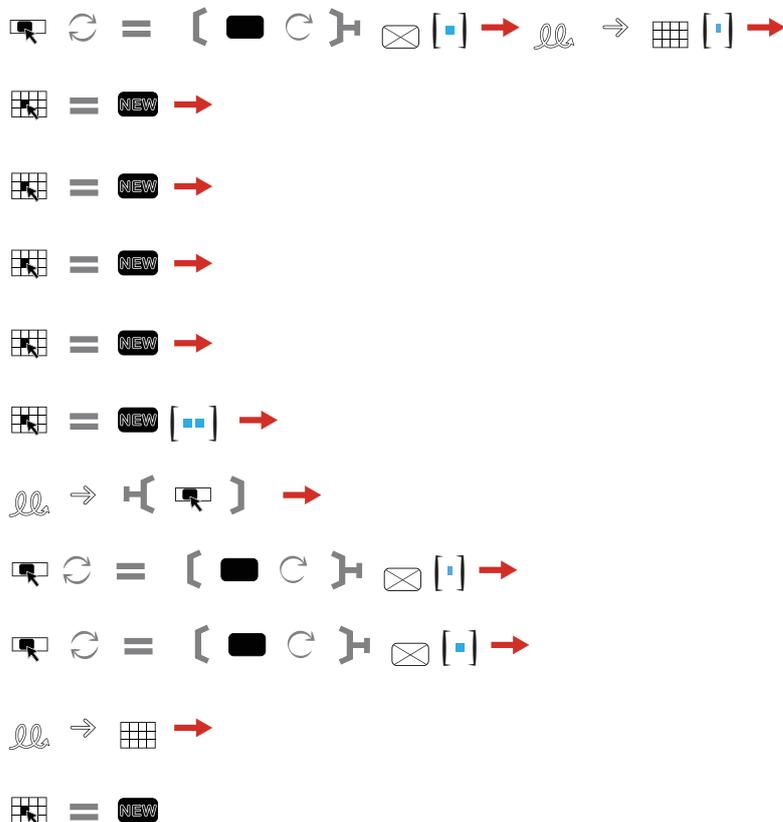
Dans ce cas précis, le revirement *réflexif* a donc été extrêmement rapide. Il ne s'agit pas alors de considérer la situation comme *problématique* parce qu'elle relève d'une grande complexité, mais plutôt parce qu'elle engage un *retour* sur ce qui est fait (réflexivité).

Dans un autre cas, celui de Ju. lors d'un réglage du *seuillage*, on constate dans la transcription pictographique l'enchainement d'un motif régulier (composé de trois symboles : clic sur interface utilisateur du plan de plaque + enchaîne à + un changement d'image) qui s'insère entre des opérations mobilisant des actions plus hétérogènes pour régler le seuillage [FIG.51]. On voit à la fin de cet extrait de transcription un retour vers l'ensemble hétérogène du réglage de seuillage, après l'enchainement d'actions régulières (de l'ordre du machinal). Dans ce cadre, l'insertion du régime réflexif qui consiste à remodifier le seuillage est plus sensible car son alternance se déroule sur un nombre d'opération plus grand et un temps plus étendu.

223 Dans certains cas, les interruptions sont d'une autre nature : due à l'irruption d'un collègue dans la salle de travail par exemple. Il faut toujours croiser l'identification d'un moment d'interruption à l'analyse croisée des différentes sources de données sur l'activité.



[FIG.50] *Transcription procédurale du réglage des contrastes du Western Blot de test (Channel 800) par J. Les triples flèches indiquent un enchainement d'actions extrêmement rapide, qui peuvent éventuellement en observant les enregistrement écrans sembler se réaliser en un même temps. (EE J. : 27:07-27:18 ; 11 secondes)*



[FIG.51] *Transcription procédurale d'une étape de réglage du seuillage par Ju. Après avoir réglé une première fois le seuil, Ju. navigue dans les différentes images de puits. Puis s'arrête, deux secondes. Et va régler à nouveau le seuillage, une fois, deux fois, avant de retourner à la consultation des images de puits.*

(EV Ju. : 04:21-04:49 ; 28 secondes)

8.3.1.2.3. *Type de ressenti : appréhension et surprise*

Dans la phase réflexive, l'acteur est là aussi *concentré* et témoigne d'un souci du détail soulignant une *attention fine*.

En revanche, on note qu'il est pris d'une certaine *appréhension* :

Durant l'opération où elle fait défiler les *dotplots* pour observer la qualité du marquage [FIG.35], Lu. indique qu'elle est « *concentrée* » :

[Lu. verbatim n°4] (L.406) « *Oui. Toujours assise. ... Heu been heuu... Concentrée [rire]* » + (L.415) « *Bah j'regardeuuh bah du coup la troisième fenêtre avec la troisième gate, heu, et selon heu, en général je pense heu, à si le marquage est plus ou moins, Joli. Donc... Selon les échantillons avec deux populations bien heu, fin une population bien distincte, positive ou pas. Donc c'est ce que, moi j'appelle joli, c'est quand on voit bien la population positive* »

Ailleurs, durant une opération où Lu. doit s'assurer que ses *gates* délimitant les *cellules singulées* sont appropriées, elle nous explique qu'elle se sent *rassurée* ce qui implique que l'inverse aurait été possible et qu'il y a donc un sentiment d'*appréhension* sous-jacent à ce moment de l'activité :

[Lu. verbatim n° 5] (L.250) « (...) *Bah déjà plu/-, en général, rassurée si y'a assez de cellules, parce que si y'a pas assez de cellules heuu, enregistrées au FACS, on peut paaas, vraiment interpréter. Donc déjà si le premier échantillon il a assez de cellules, donc rassurée. Après heuu...* »

En réalisant une figure à partir de son Western Blot, J. annote les poids moléculaires qui vont lui permettre de confirmer si c'est bien sa protéine d'intérêt qu'il a identifié. Il témoigne d'un certain soulagement, qui s'apparente à une *satisfaction* due à une *congruence* entre son interprétation préalable à l'annotation de l'échelle de poids moléculaires permettant de supporter cette interprétation. Même si J. souligne qu'il n'y avait pas vraiment de *doute* ou qu'il n'y avait pas vraiment d'inquiétude du fait d'une confiance globale en ses capacités à mener à bien l'analyse, il faut noter que *c'est* bien la mise en parallèle des images de Western Blot avec celles des marqueurs de poids moléculaire qui *réalise* cette congruence et cette satisfaction.

[J. verbatim n° 12] (L.987) « (...) *Et là c'est vraiment l'étape où t'es soulagé, parce que tu sais... Fin pas soulagé c'est un grand mot hein, je suis pas soulagé parce que je suis pas stressé là, mais heuum tu dis ouais c'est bon, ça colle, heuu ma protéine elle est sensée avoir ce poids là, elle a ce poids là* » + « *Ouais j'me souviens d'avoir une difficulté, boh, pas une difficulté, mais ça me demande heuu... Ca me demande du-de l'attention. Ouais, voilà et là j'te dis c'est bon tu vois, parce que j'ai-je j'ai reconnu que les bandes c'était bien ça. J'pense que je... Voilà* » +

« heumm, j'essaye de me remettre dans le... .. Je sais que y'avais pas de stress. Parce qu'en fait je savais que ce que je voyais c'était vrai heumm, parce que c'était pas la première fois qu'jle voyais. Heum. Donc je savais que c'était vrai. Je savais que j'identifiais les bonnes choses, je voulais juste être sûre que y'avais pas eu de bug technique. Heumm... Non y'avais pas particulièrement de stress ; y'avais juste heu... .. Ouais non c'ça, juste me dire heu « Attends est-ce que c'est bien ça » quoi . Donc prendre ton temps, pour le faire bien, pas de rush sur ça parce que c'est important de bien annoter. Donc heuuu... Voilà. Mais pas de, nan pas de stress, pas d'inquiétude, pas de truc comme ça, parce que je doutais pas de mes résultats en fait, jeee, voilà, je savais que c'était, que c'tait bien. Voilà. Mais non y'avais paaas... »

D'autre part, on note que les moments de réflexivité sont *provoqués* par des éléments qui génèrent de la *surprise*, du fait de leur *irrégularité* ou de leur *incongruence*.

Ju. nous explique qu'ayant vu que son analyse surestimait la fluorescence (comme évoqué à l'étape du seuillage) il veut, malgré son *appréhension*, tester de passer à la tâche suivante de son analyse : l'analyse BATCH. Il a déjà une *appréhension* puisqu'il sait que sa session contient une analyse inadaptée à ses échantillons. Néanmoins il est *surpris* de l'écart bien plus grand qu'attendu.

[Ju. verbatim n°8] (L.944) « Sachant que de base j'étais pas confiant que ça allait fonctionner parce queeee, je m'étais dis je vais juste le tenter rapidement et voir ce que ça donne. » (L.953) « Par rapport au fait que je savais que ça allait, Surestimer. » (L.957) « Mais je savais pas à quel point. Et c'était beaucoup. » (L.961) « Après avoir vu la HeatMap²²⁴, j'suis passé en mode Histogramme pour quand même regarder les Histogrammes et Voir, parce que la vue Histogramme²²⁵ ‡ permet d'avoir les valeurs heu... Abs... Fin les valeurs absolues des numéros, donc d'avoir une représentation un peu plus... Bah un peu plus Précise des puits... Et donc là clairement ça correspondait pas du tout. Et donc en fait j'ai juste... Je suis repassé sur la partie Analyse, »

Ju. va donc tenter d'explorer le problème : la réflexivité l'enjoint à trouver des moyens pour *comprendre* les informations qui surgissent durant l'activité. Ce

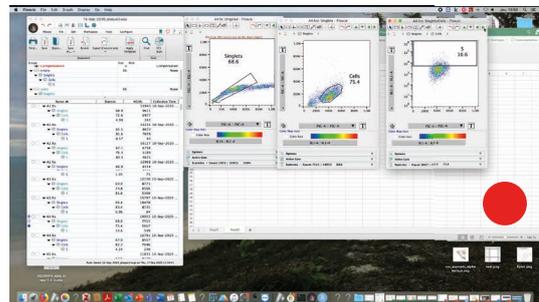
224 ‡ Une Heatmap est un type de visualisation de données qui associe une couleur à une valeur et permet ainsi de comparer différentes valeurs selon leur modalité chromatique. Dans le cas de l'analyse de microscopie confocale en fluorescence GFP Split, la Heatmap associe à chaque puits (à l'ensemble des images d'un même puits) une teinte bleue plus ou moins foncée en fonction de l'aire de fluorescence associée à ce puits. Cette aire de fluorescence a été calculée par le logiciel du microscope sur la base notamment des réglages du seuillage. En résultat, la Heatmap affiche, selon l'ordre du plan de plaque, des carrés bleus.

225 ‡ Un Histogramme est un type de visualisation de données permettant de comparer des ensembles de données. Le long de l'axe des abscisses sont indiquées les valeurs que l'on souhaite répertorier. Sur l'axe des ordonnées sera indiqué le nombre de fois où chaque valeur a été enregistrée. On obtient ainsi un rectangle dont la hauteur indique le nombre de fois où une même valeur a été enregistrée.

qu'il voit le conforte dans l'idée qu'il y a un problème : il *repart en arrière* (retour réflexif). Chez Lu., durant la session de défilement de ses dotplot pour évaluer la qualité du marquage, on peut aussi noter une forme de *surprise* ou tout du moins une *réaction marquée*, par le succinct haussement de sourcils et hochement de tête quand elle passe au dotplot de l'échantillon A4 spike. Pour cet échantillon, le nuage de point du *dotplot* est situé en dessous de la gate et presque coupé par elle, signe que : soit l'échantillon est négatif, soit la qualité du signal acquis est potentiellement mauvaise, soit qu'un problème de *gating* se pose : en effet, lorsqu'elle passe à l'échantillon contrôle correspondant (A4 empty), celui-ci est lui aussi extrêmement proche de la gate [FIG.52].



c) Localisation de l'extrait dans la séquence d'opération « Observer la qualité du marquage »



(EE) 04:45
a) Lu. va à l'échantillon suivant : A4 spike (plaque test) et marque un léger arrêt (1sec).



EV : 04:49 (1) Lu. voit le Dotplot de A4 spike.
EE == 04:45

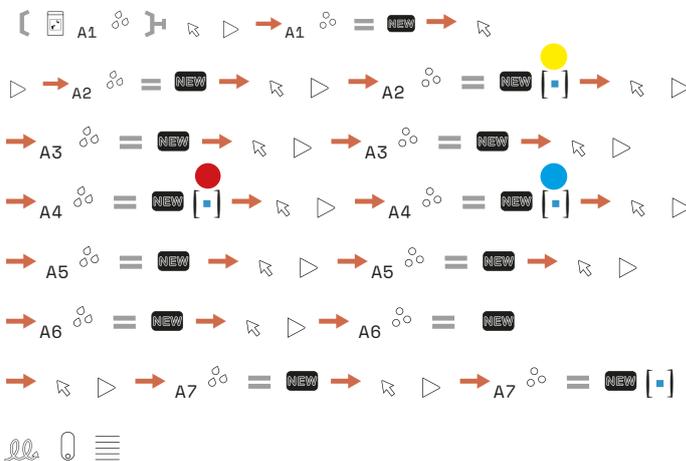


EV : 04:49 (2) Lu. hausse instantanément les sourcils
EE == 04:45



[FIG.52] Vignette qui montre en détail les micro-marqueurs non verbaux (haussement de sourcils) durant la séquence de défilement des dotplots des marquages par Lu..

On peut aussi constater ces interruptions à la consultation de la transcription procédurale par pictogrammes et en les croisant à une représentation graphique du défilement de formes visuelles :



[FIG.53] Vignette qui montre en détail l'alternance des différents dotplots dans la séquence de défilement des dotplots des marquages par Lu. Les ronds colorés indiquent des moments de pause, transcrits pictographiquement par les crochets encadrant des points bleus (un point == une seconde).

On voit qu'au départ, Lu. observe un échantillon qui semble négatif, tandis que l'hypothèse de recherche s'attend à des échantillons test positifs (A1 spike). L'enchaînement rythmique des différentes représentations marque des ralentissements qui, d'après nous, sont les signes du cheminement et du *renforcement* de sa réflexivité. Le premier arrêt est marqué après un *dotplot* où le *gating* semble approprié [FIG.53 ; 04:42], après avoir consulté un échantillon présentant un problème [FIG.53 ; 04:39]. L'échantillon d'après est aussi cohérent avec ses attentes et le défilement se poursuit. C'est au passage de l'échantillon encore suivant, A4 spike [FIG.53 ; 04 :45], que Lu. s'arrête de nouveau et arque les sourcils : la gate –ou le résultat, à nouveau, ne sont pas appropriés. Le dernier point d'arrêt est celui où l'inadéquation de la gate pour l'échantillon visualisé est évidente car le nuage de point est clairement coupé par la gate [FIG.53 ; 04:51] : Lu. va alors se décider à aller consulter la liste des échantillons, pour se diriger vers un ensemble d'échantillons situé bien plus bas. Cela signifie qu'elle a évalué la prochaine opération à mener pour *explorer* son problème.

On constate aussi une certaine *curiosité*, concernant ces surprises et irrégularités :

[Ju. verbatim n°9] (L.681) « *Que le seuil relatif est pas bon. Après c'est quelque chose que je Sais qui peut arriver.* » (L.809) « *A vrai dire comme le logiciel va vite, j'me suis dis... J'vais quand même lancer l'analyse en BATCH et voir c'que ça donne, mais au lieu de la lancer sur les Bords qui sont ceux qui sont plus sensibles à, à être Faux. J'vais l'lancer sur...La partie centrale du puit. En sachant pertinemment que, c'est pas Parfait. Mais j'me suis dis je vais voir ce que ça donne parce que ça m'intéresse.* »

8.3.1.2.4. Type d'attention : fine associée à de la concentration et une orientation réflexive

Notre analyse montre que la phase réflexive mobilise elle aussi une attention fine associée à de la concentration.

En revanche on note une orientation *réflexive* justement au niveau du déroulé : les acteurs ne se *projetent* pas seulement dans la suite de l'activité mais *envisagent* les *conséquences* directes ou indirectes de leur prochaine action, en évaluant leur pertinence : ils se *projetent réflexivement*.

Dans la verbatim précédente, Ju. nous explique que *malgré* son appréhension du fait que les *overlay* affichés sur ses images de puits ne soient pas cohérents avec ses premières observations (avec l'*overview* notamment), il va *tenter* de voir ce que donne la tâche suivante, l'analyse BATCH. Face à la surprise d'une sures-

timation plus haute encore que celle attendue, il prend la décision d'afficher ses données sous forme d'histogramme pour obtenir davantage d'information. Cette observation supplémentaire lui permet de conclure qu'il faut *retourner* en analyse par seuillage (retour réflexif).

8.3.1.3. Une première grille d'observation de l'alternance des postures en activité.

Ainsi, plutôt que de pouvoir être différenciée en termes de type de tâches, ces deux postures, qui correspondent du point de vue de la rythmique de l'activité à des *phases*, nécessitent pour être *identifiées* de porter attention aux propriétés *des opérations*, au type de *rythme*, au type de *ressentis* et au type d'*attention* portés par l'acteur en situation. Cette grille doit prendre en compte que les différentes phases identifiées peuvent s'alterner très rapidement au cœur de l'activité, elles sont entremêlées. Cette grille constitue donc une boussole d'observation plutôt qu'un cadre rigide d'analyse.

	Opération	Rythme	Ressenti	Attention
Posture machinale	Transition Marquage Routinière	Déroulé rapide et continu Linéarité Automatique	Neutralité Calme Confiance Assurance Apaisement	Attention fine Concentration Projection non-réflexive
Posture réflexive	Interruption de routine Nécessite ré- flexion	Surgissement Coupure Interruption	Appréhension Surprise Incongruence	Attention fine Concentration Projection ré- flexive

[TAB.1] Grille d'analyse des phases identifiées dans les activités

8.3.2. La conversation avec les matériaux comme condition du maintien de l'engagement

Il ne faudrait pas penser que parce que ces phases peuvent être discrétisées (rendues identifiables individuellement), elles seraient autonomes. Nous proposons au contraire que c'est leur conjugaison, leur dialogue, qui semble participer d'une dynamique de l'activité d'analyse.

Cette alternance de posture fait écho à l'épistémologie de la pratique proposée par Donald Schön, où le « *mode caractéristique de la connaissance pratique or-*

dinaire » (Schön, 1983, p.54). est le « connaître-dans-l'action » (*Ibid.*, p.50), qui désigne à la fois les *connaissances pratiques* du professionnel et le processus par lequel il adapte dynamiquement sa conduite, ses actions, à sa situation de travail qui change en permanence de par la nature *interactive* de la pratique. Schön montre que si les situations rencontrées en activité par le praticien sont *familiales*, le « connaître-dans-l'action » est tacite et procède d'un « know-how » intuitif. En revanche, lorsque la situation présente des *irrégularités*, des *surprises*, un régime de « réflexion-dans-l'action » est engagé où l'articulation du « know how » du praticien à son déroulé pratique est reproblématisé. Il montre ainsi à notre sens cette alternance de phase.

Plutôt que de constituer simplement une conséquence de la nature interactive des situations de pratique, il nous semble que cette alternance de posture est fondatrice de la capacité de l'être humain à s'orienter dans son activité et à y ménager des espaces de négociation du sens.

8.3.2.1. Une alternance de phase : du « connaître-en-action » à la « réflexion-en-action »

Dans notre étude, l'observation d'une *linéarité rythmique*, suggère la *dimension routinière* des opérations réalisées. Conformément à ce que suggère Schön, ce qui est identifié comme une opération de routine sera généralement exécuté sans accros. Cette évaluation du caractère routinier de la situation à l'œuvre repose sur *l'expérience pratique accumulée* du scientifique. Cette expérience lui permet d'identifier sans difficulté si ce qu'il perçoit correspond à une situation connue.

Par *situation connue*, il ne s'agit pas d'évoquer la *totalité de la situation* de travail, mais plutôt des *configurations*.

- La situation familière peut référer à une certaine organisation visuelle du champ graphique, comme l'organisation topologique et chromatique des *dotplot* observés par Lu.

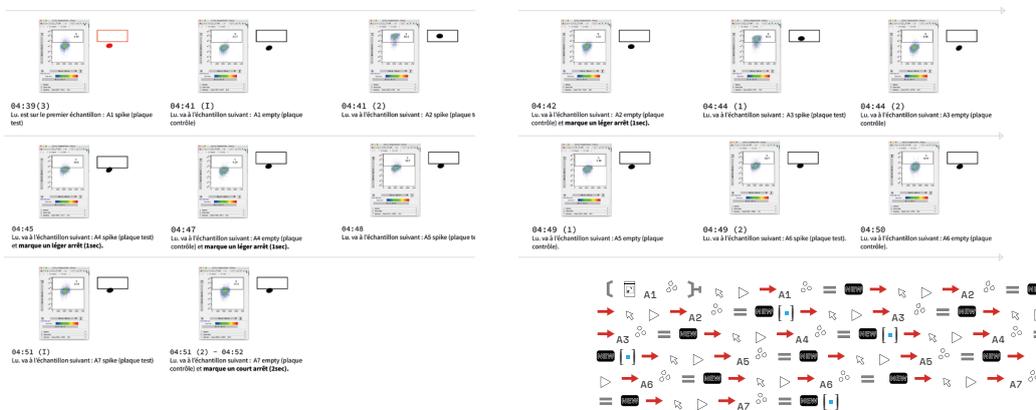
- La situation peut être familière parce qu'elle engage un savoir stabilisé en lequel le praticien a une confiance particulière qui fait de ce savoir un *support* pour la pratique plutôt qu'une *ressource* qu'il faut adapter. C'est le régime employé dans le cadre de l'annotation des noms de protéine par J.

L'évaluation de la nature familière de la situation se rapporte à un ensemble de critères tacites et non formalisés qui se rapporte au « connaître-en-action »

(Schön, 1983, p.50). En pratique, le fait que cette situation ai déjà été rencontrée auparavant par le praticien lui permet d'associer une signification à ce qu'elle présente sans, a priori, passer par des étapes plus analytiques d'exploration et d'élaboration du sens : c'est le *know-how*. Ainsi, les virologues semblent-ils procéder par automatisme.

Schön décrit le « *know-how* » (Schön, 1983, p.50) des praticiens comme un ensemble de connaissances pratiques internalisées qui peuvent fonctionner comme un *répertoire* d'actions possibles qu'ils composent selon la situation à l'œuvre. Pour mobiliser ces connaissances pratiques, le professionnel identifie dans sa situation à l'œuvre des traits de ressemblance avec des situations pratiques passées et peut ensuite piocher dans son répertoire pratique pour répondre à cette situation familière.

Ainsi, cette identification de la familiarité de la situation permet au praticien d'apprécier des possibilités d'agir, autrement dit, de se projeter dans la suite à venir de l'activité : d'articuler une projection non réflexive. Or, nous avons abordé deux ordres de projection réalisés par nos scientifiques selon la posture adoptée dans l'activité : une projection non réflexive et une projection réflexive.



[FIG.53] [VIGNETTE Lu. n°1.5] [EE : 04 :39-05 :00]

Avant de faire défiler les *dotplot*, Lu. est positionnée sur la gate A1 spike. Compte tenu de la position du nuage de point, elle *sait* que quelque chose n'est pas satisfaisant : si l'hypothèse de recherche est valide, le nuage de point devrait être placé dans la gate. Il lui faut évaluer si ce fait constitue un résultat, ou s'il est relatif à la *gate* et donc si cette gate nécessite d'être réajustée. Dans ce cas, soit elle devra être réajustée individuellement pour l'échantillon, soit Lu. devra trouver un *compromis* pour obtenir une gate générale qui puisse s'appliquer à tous les échantillons de façon *satisfaisante*. Lu. sait comment (*knowing-how*) évaluer cela : il lui faut vérifier l'état du *gating* dans le reste de ses échantillons et pour ce faire, faire défiler les différents *dotplot* des échantillons.

On voit dans cette séquence une alternance de postures : un premier positionnement est réflexif, c'est celui du court temps de pause sur la gate A1 spike où le gating n'est pas « beau » : une *incongruence* est observée entre les *attentes* de Lu. et ce que le format visuel lui présente. Ce court temps de pause est réflexif car il correspond à la mise en place d'un *positionnement* vers la suite de l'activité qui doit ensuite lui permettre de faire *sens* du problème rencontré à l'instant T : c'est une *projection réflexive*, car elle articule des *attentes* pour la suite *en fonction* de la *situation problématique présente* : il y a un aller-retour. Lu. bascule ensuite dans un régime machinal *lorsqu'elle réalise* les actions qui lui permettent d'évaluer la qualité du marquage pour les autres échantillons : il s'agit d'une opération de défilement rapide des différents *dotplots*. Puis Lu. s'arrête, il y a une nouvelle *interruption* : Lu. marque une *pause* qui signifie son retour à une posture réflexive. Puis elle opère une *transition* en se déplaçant dans le menu des échantillons et en ouvrant un échantillon situé bien plus bas dans la liste des échantillons et en installant côtes à côtes les fenêtres de ce nouvel échantillon. C'est le retour à une phase machinale de mise en place de l'espace de travail pour vérifier les gates.

Chez Schön, nous l'avons évoqué, cette posture réflexive est le régime de la « réflexion-en-action » : il émerge lorsqu'une *irrégularité* dans la situation initiale de travail survient, ce que nous avons décrit dans notre exemple.

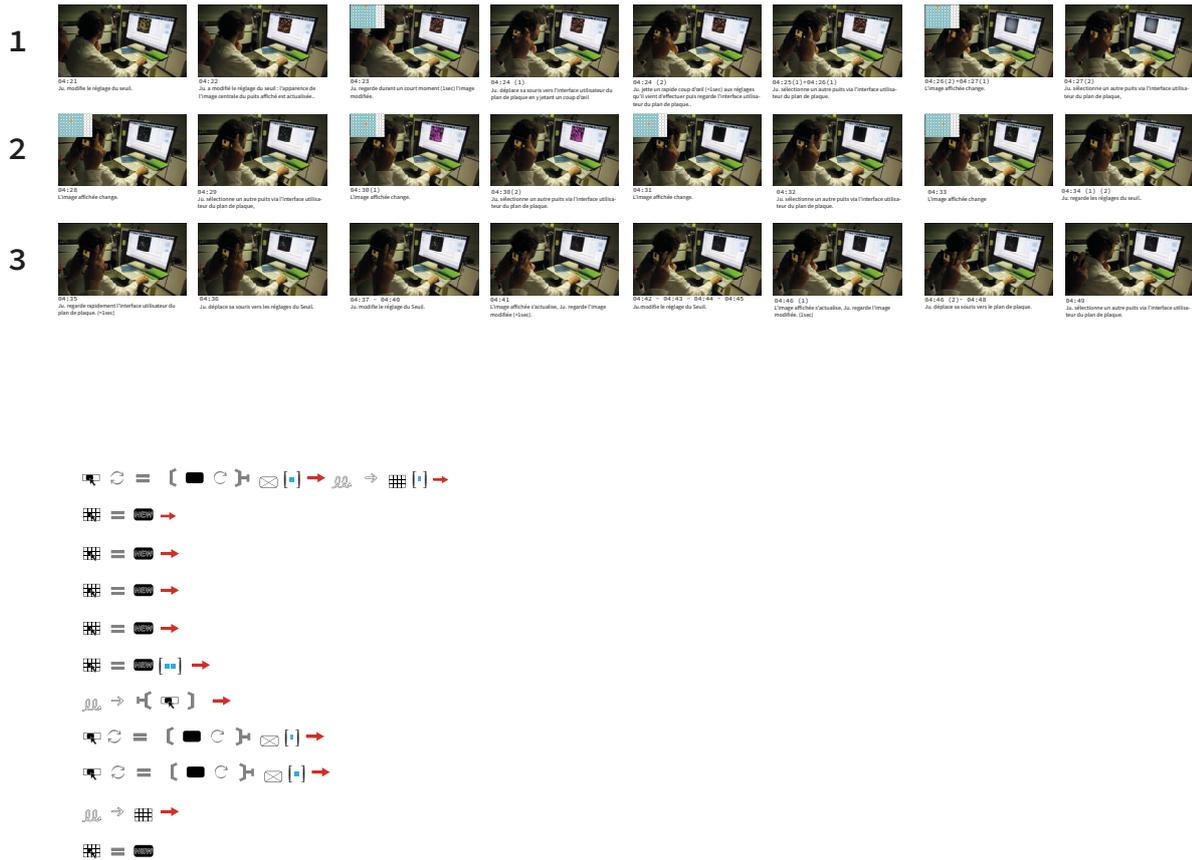
[POINT 1] Au travers de notre analyse, des effets de basculement~~z~~ entre les différents régimes de la pratique proposés par Schön, entre connaitre-en-action et réflexion-en-action sont identifiables dans l'activité.

8.3.2.2. Action-réaction : la co-incidence des visuels à l'alternance de phases

Les moments de basculement d'un « connaitre-en-action » à une « réflexion-en-action », d'un processus d'application pratique²²⁶ à un processus réflexif sont identifiables en observant finement la pratique matérielle des images par les scientifiques.

226 Pour Schön, le terme « application » constituerait un problème : Schön différencie nettement son épistémologie de la pratique du modèle de la rationalité technique (auquel sa théorie répond justement). Dans notre cas, nous considérons qu'en phase de régime machinal, le know-how est *appliqué pratiquement* au sens où sa *mise à execution* n'est pas problématique *en pratique*. En revanche, le terme n'est pas employé pour signifier qu'il y aurait une *application* d'un protocole ou de connaissances *prédéterminé* à la pratique (rationalité technique). Nous utilisons l'adjectif *pratique* pour opérer cette distinction.

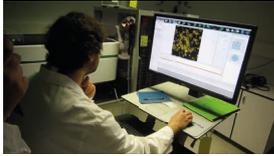
Considérons l'observation, par Ju., de ses différentes images de puits et de leur overlay [FIG.54].



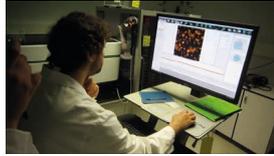
[FIG.54] [VIGNETTE Ju. n°1(2)] [EV : 04:21-04:49] {28sec}

Ju. vient de régler le seuillage de son analyse : l'image de puits qui était affichée a été modifiée. Il navigue ensuite entre différents puits par l'interface utilisateur du plan de plaque présente dans le logiciel.

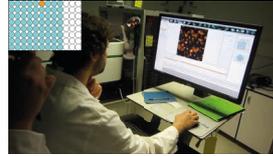
1



04:21
Ju. modifie le réglage du seuil.



04:22
Ju. a modifié le réglage du seuil : l'apparence de l'image centrale du puits affiché est actualisée..

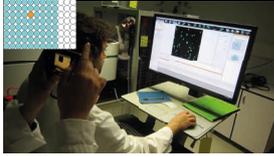


04:23
Ju. regarde durant un court moment (1sec) l'image modifiée.

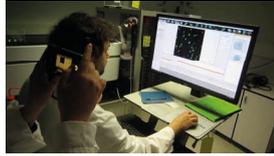


04:24 (1)
Ju. déplace sa souris vers l'interface utilisateur du plan de plaque en y jetant un coup d'œil

2



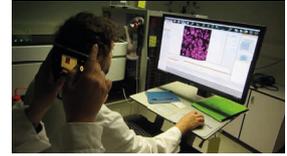
04:28
L'image affichée change.



04:29
Ju. sélectionne un autre puits via l'interface utilisateur du plan de plaque,

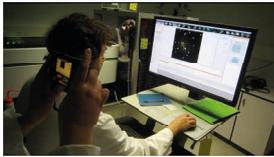


04:30 (1)
L'image affichée change.

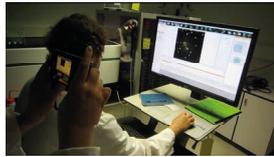


04:30 (2)
Ju. sélectionne un autre puits via l'interface utilisateur du plan de plaque.

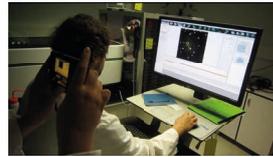
3



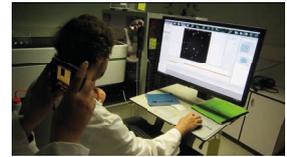
04:35
Ju. regarde rapidement l'interface utilisateur du plan de plaque. (<1sec)



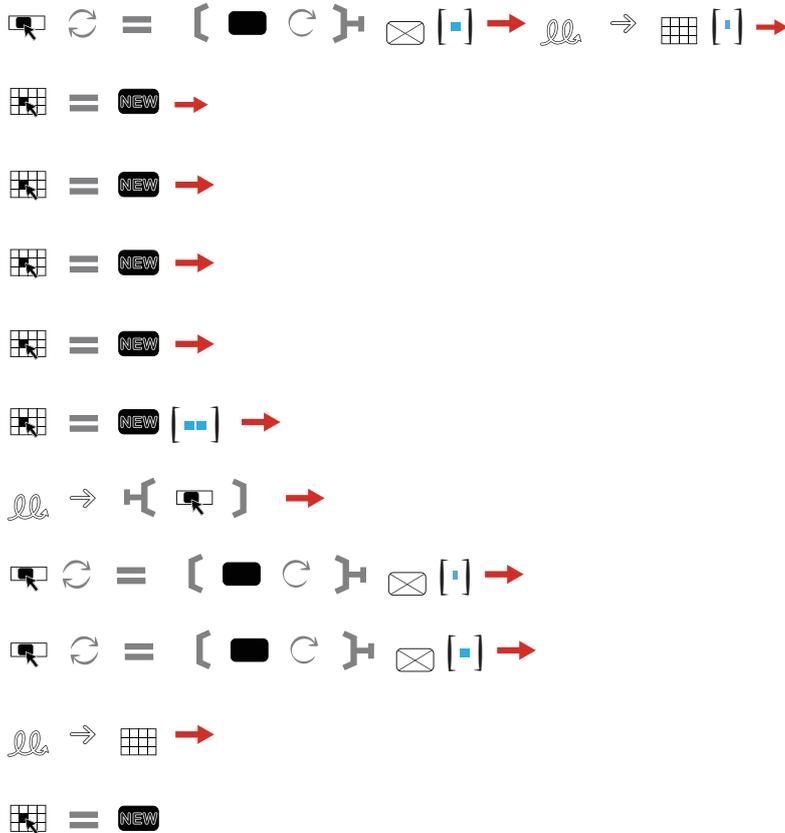
04:36
Ju. déplace sa souris vers les réglages du Seuil.

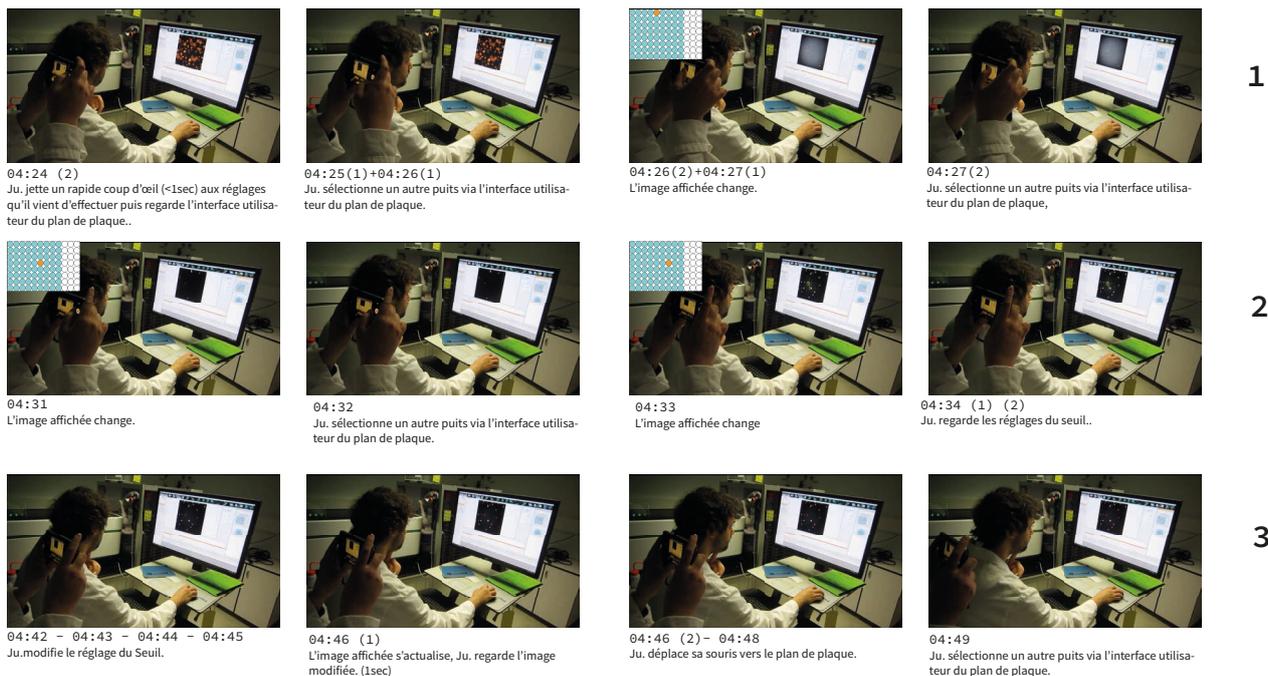


04:37 - 04:40
Ju. modifie le réglage du Seuil.



04:41
L'image affichée s'actualise, Ju. regarde l'image modifiée (<1sec).





[FIG.54] Vignette qui montre l'exploration des images de puits par Ju. après réglage de son seuillage. Les pictogrammes bleus en haut de certaines images marquent le changement d'un puits suite auquel Ju. réalise généralement des réglages de Seuil. (Dans le cas d'un tirage sous format livre, les extraits vidéos se lisent en ligne inter-pages).

Par allers-retours, Ju. règle le seuillage, consulte son image qui s'actualise, puis explore, règle le seuillage, puis explore... Puis se dirige vers l'analyse BATCH pour obtenir une autre configuration visuelle de ses données expérimentales. C'est comme si à chaque opération, l'écran d'ordinateur répondait à Ju. dans sa tentative de canaliser le seuillage.

Il nous explique ce qu'il « sait » en regardant l'image :

[Ju. verbatim n°10] (L.681) « *Que le seuil relatif est pas bon. Après c'est quelque chose que je Sais qui peut arriver.* » (L.809) « *A vrai dire comme le logiciel va vite, j'me suis dis... J'veis quand même lancer l'analyse en BATCH et voir c'que ça donne, mais au lieu de la lancer sur les Bords qui sont ceux qui sont plus sensibles à, à être Faux. J'veis l'lancer sur...La partie centrale du puit. En sachant pertinemment que, c'est pas Parfait. Mais j'me suis dis je vais voir ce que ça donne parce que ça m'intéresse.* »

Ici Ju. s'aperçoit que le seuillage n'est pas bon, mais il assure connaître la situation : elle est donc familière et invoque un certain *know-how*. Néanmoins, on constate que sa posture va se révéler davantage réflexive : il va explorer différentes images de puits et réaliser quelques allers-retours entre le réglage du seuillage et ces défilements dynamiques. Ainsi, les actions opérées par Ju. montrent une procédure d'ajustement progressif au cours du temps, par la consultation des images de puits, re-seuillage et divers allers-retours. C'est seulement après ces ajustements que Ju. passera à la suite de l'analyse, l'analyse BATCH. D'autre part, le passage à l'analyse BATCH indique que, bien qu'ayant une idée de ce que pourrait lui révéler l'analyse BATCH, il souhaite « voir ce que ça donne » : explorer l'organisation de ses données par un autre biais qui lui permette en retour de faire sens du problème de seuillage (projection réflexive).

[POINT 2] Les basculements de postures se produisent en interaction avec les formats visuels qui réagissent immédiatement en activité aux agissements du scientifique : ils font montre d'une réactivité.

Converser avec les images : transactions

Le terme de « conversation réflexive avec les matériaux de la situation » employé par Schön (1983, p.175) semble tout à fait adapté pour qualifier notre observation. En proposant d'étudier les « conversation » des praticiens avec les matériaux de leur situation, Schön pointe l'importance de la dimension interactive du travail matériel ayant lieu en activité, qui permet au praticien de se repositionner dans le cours de l'activité qui change en permanence. Lorsqu'il discute le travail du designer dans un de ses articles, le théoricien indique que

c'est au travers d'une pratique de « manipulation sensible » (traduit de Schön, 1992, p.4) que le professionnel « construit et reconstruit les objets et les relations avec lesquels il traite, déterminant 'ce qui est là' en regard des enjeux du design, et de par ce fait, créant un 'monde de design' à l'intérieur duquel il va pouvoir fonctionner » (traduit de *Ibid.*, p.4).

La matérialité dont parle Schön ne se réduit pas aux objets tangibles : elle pointe plutôt à une modalité de faire qui est sensorielle : cette « manipulation sensible » (*Ibid.*) désigne la manipulation de tout type d'artefacts qui engage la sensibilité du praticien : le lieu dans lequel ce dernier travail, l'architecture, la spatialité, et les artefacts qui s'y trouvent, comme divers instruments, mais aussi les inscriptions que ce dernier peut produire, comme par exemple un croquis sur une feuille de papier ou sur un écran d'ordinateur et manipuler afin « d'opérer dans un monde virtuel » (*Ibid.*).

Cela fait écho à ce qui se déroule entre les formats visuels affichés sur écran d'ordinateur et le déroulé rythmé de l'activité : c'est au travers de l'exploration des puits par l'exploration alternée des formats visuels que peu à peu, Ju. consolide son interprétation de la situation à l'œuvre et fait sens du problème de seuillage qu'il a identifié (une incongruence entre ses attentes et le résultat obtenu).

Comme le décrit Schön (1983) :

« (...) l'action par laquelle (l'enquêteur) teste ses hypothèses est aussi un mouvement par lequel il essaye de produire un changement désiré dans la situation et une sonde par laquelle il explore (cet effet) » (p.150)

Ainsi, une « transaction » (*Ibid.*, p.150) se réalise entre les formats visuels et le scientifique : l'un modifie le seuillage et fait parler autrement ses images, l'autre se modifie et figure différemment les données ce qui enjoint le scientifique à procéder à une nouvelle action. Schön entend la transaction au sens du philosophe John Dewey²²⁷ : elle réfère à une action transformatrice mutuelle entre deux entités, qui agit à la fois sur la relation entre ces deux entités, mais sur les deux entités elles-mêmes (Foucart, 2013) : on retrouve alors les caractéristiques que nous évoquions dans la présentation de notre objet de recherche pour caractériser un média.

[POINT 3] La conversation avec les images préside à l'alternance de phases

227 C'est d'ailleurs dans les écrits de Dewey qu'émerge la notion de « pratique réflexive » (Dewey, 1910)

par le biais des actions matérielles qui engagent une transformation mutuelle des formats visuels, des informations perçues par le scientifique et donc des données composant l'image.

8.3.2.3. La valeur expérimentale des formats visuels

L'enchaînement des *transactions*[‡] entre formats visuels et scientifique rythme l'activité. On voit bien dans nos observations, qu'il y a des séries d'actions menées pour réaliser des opérations qui, par incongruence des résultats de ces actions, présentent des interruptions, une accélération ou un ralentissement et engagent un *repositionnement* ou *recadrage* de la part du scientifique. Or, ce rythme se *réalise* au travers des interactions matérielles du scientifique avec l'espace de son écran d'ordinateur, dans sa manipulation des formats visuel qui présentent ses données.

Dans la séquence où Ju. évalue son seuillage, on constate d'importants allers-retours entre les images de puits et le réglage du seuillage. De la même façon, en transitionnant vers l'analyse BATCH, Ju. réalise une nouvelle action qui lui apporte des informations supplémentaires, qui vont ensuite l'entraîner à compléter ces nouvelles informations par la remise en forme de ses données sous format d'un histogramme. On constate une forme de *séquentialité* de cette exploration sémiotique, où Ju. favorise la vue *heatmap en amont* de la vue histogramme.

[Ju. verbatim n° 11] (L.860) « Ca commence à m'afficher un Histogramme. Et j'veux pas voir l'Histogramme du coup j'me met en, HeatMap. » (L.886) « (...) parce que c'est c'était plus rapide à Visualiser, parce que l'Histogramme est pas dans le bon ordre, c'est surtout ça » (L.961) « Après avoir vu la HeatMap, j'suis passé en mode Histogramme pour quand même regarder les Histogrammes et Voir, parce que la vue Histogramme permet d'avoir les valeurs heu... Abs... Fin les valeurs absolues deeee des numéros, donc d'avoir une représentation un peu plus... Bah un peu plus Précise de-des puits... Et donc là clairemeent...Ça, ça correspondait pas du tout. Et donc en fait j'ai juste- Je suis repassé sur la partie Analyse, »

Au travers des basculements entre phases machinales et phases réflexives, la conversation avec les matériaux apparaît ainsi relever d'un *processus d'exploration* que Schön qualifie d'*expérimentation*[‡] : le scientifique teste des possibilités d'actions au travers de l'expérimentation des formats visuels qui lui présentent différentes configurations de ses données et lui indiquent un certain *état de la situation* d'analyse. Comme le dit Schön :

« En général, la réflexion sur la connaissance-dans-l'action va de pair

avec une réflexion sur les matériaux disponibles. Il y a un phénomène troublant, ou déroutant, ou intéressant, avec lequel l'individu essaye de composer. Tandis qu'il tente de faire sens de ce dernier, il réfléchit aussi sur les savoirs implicites (*implicit understandings*) de ses actions, savoirs (*understandings*) qu'il met à jour, critique, restructure et incarne dans des actions futures. » (traduit de Schön, 1983, p.50)

Ainsi, en retour, ce qui s'opère, c'est justement la réalisation, *par la transformation des formats, visuels* qui articulent de *nouvelles informations*, d'un processus de *recadrement (framing)* tel qu'il est décrit par Gentès & Marcocchia (2022) sur la base des travaux de Schön (1983) :

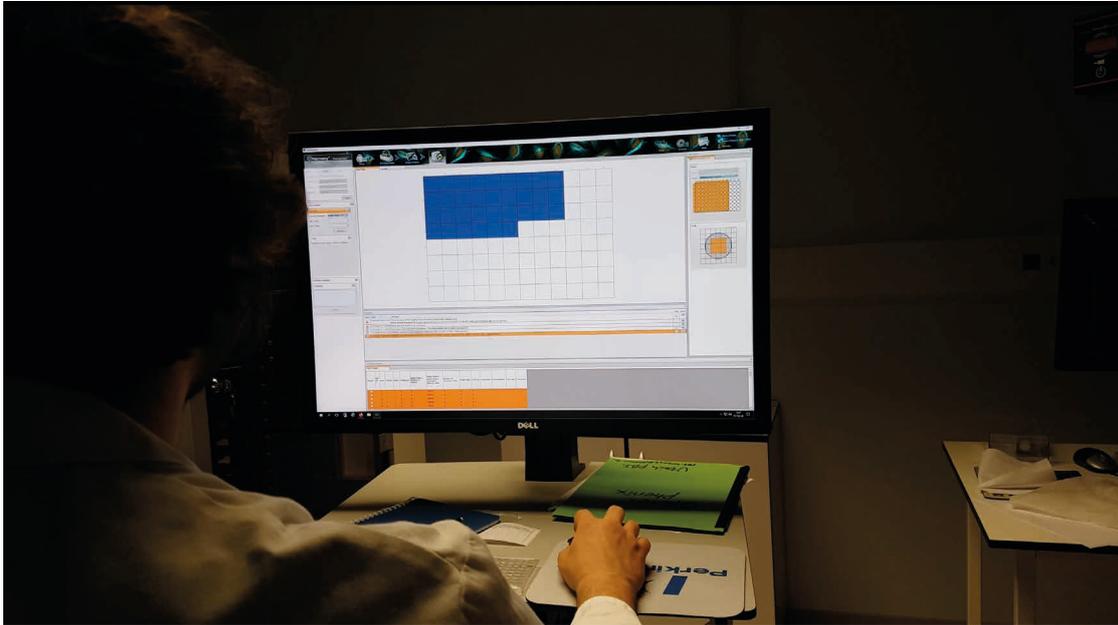
« Framing ne veut pas dire que les connaissances ou l'expertise du praticien sont appliqués à une situation connue et fixée. Plutôt, cela signifie que durant l'exploration, l'expérience du praticien est appliquée pour interpréter et reformuler la « situation conflictuelle » de pratique. » (traduit de Gentès & Marcocchia, 2023, pp.4-5, nous soulignons)

En ce sens, les expérimentations sont des « *frame-experiment* » (Schön, 1983, p.63). Ce processus de *recadrement* est itératif : il se réalise au travers d'une boucle « voir-bouger-voir », qui participe du flux continu de l'activité. Autrement dit, le praticien *voit* que la situation a changé – par exemple, que le format visuel s'est modifié, que l'*information* ainsi rendue sensible est différente –, il *agit* pour faire sens de ce changement *voir* en explorant la signification (suite de défilements d'image, modification de seuillage, comparaison avec d'autres formats de visualisation des données expérimentales, comparaison des *gates...*), il *voit* les produits de son agissement et ainsi de suite.

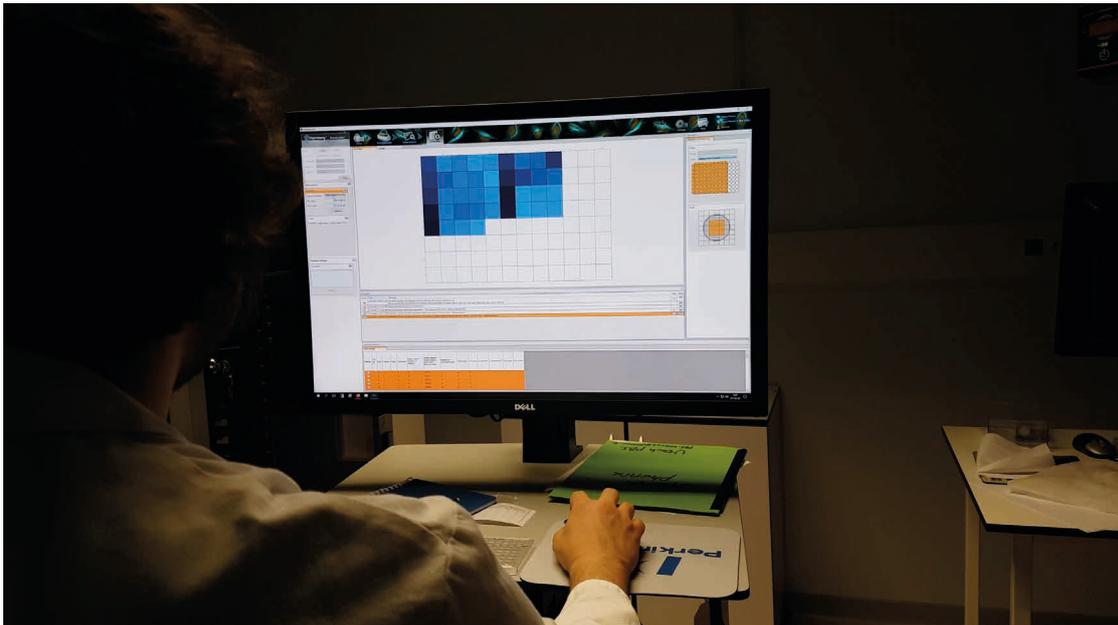
Ju. nous indique que dans l'*enaction* des opérations visuelles, se glissent des moments de réflexion, de projection. Il aborde ici l'affichage de la *Heatmap*, un type de graphe qui représente l'ensemble de ses données expérimentales en associant à chaque puits une teinte de bleu plus ou moins foncée en fonction de l'aire de fluorescence correspondante [FIG.55].

[Ju. verbatim n°12] (L.896) « Je regarde la... Parce que bon, ça prend quand même, fin j'sais pas une minute un truc dans le genre, mais ça commence à afficher les, les trucs en, variations de Bleu. » (L.902) Eeeet donc bah j'attends que ça finisse d'afficher, mais déjà quand ça affichait j'me disais que ça a pas l'air... ça a pas l'air ouf. Heuuu...Juste par rapport au fait que... (.) Que y'avais quasiment Aucun contraste entre les couleurs, donc quasiment Aucun Contraste entre les valeurs calculées, alors que y'avais un fort contraste Dans, les Résultats. »

1

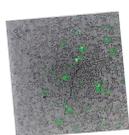
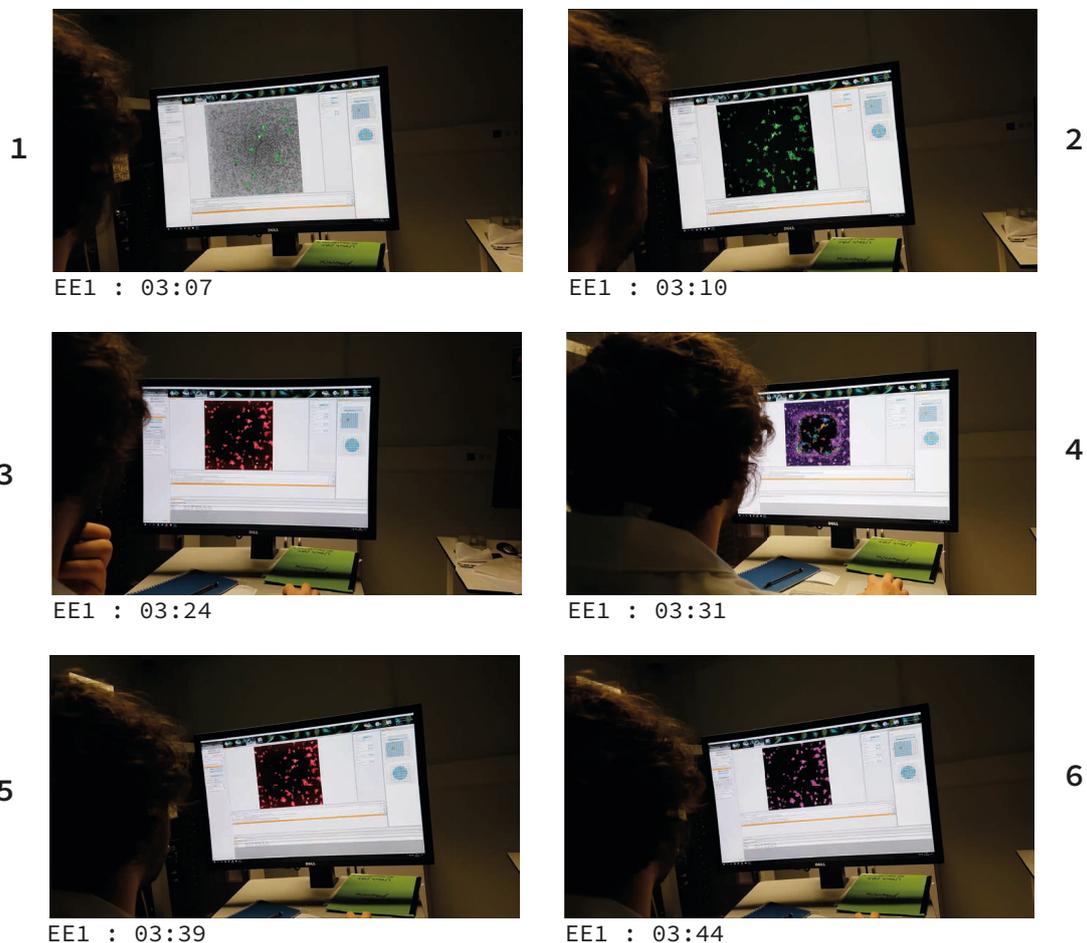


2



[FIG.55] Extrait de la Heatmap de Ju. en train de charger. On peut voir que les carrés n'indiquent pas des variations similaires à l'overview. (EE1 Ju. : 06:35 + 06:42)

Nous voyons aussi à d'autres moments de l'enregistrement vidéo de l'activité de Ju. une alternance de réglage qui figurent les données expérimentales d'une même image sous des formats différents [FIG.56].



Experiment

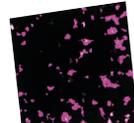
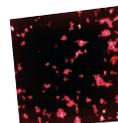
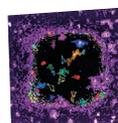
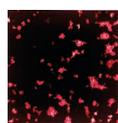
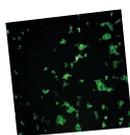


Image Analysis

[FIG.56] Extraits des différents réglages des paramètres d'affichage d'une même image de puits par Ju.

Ainsi, au cœur de l'activité d'analyse les formats visuels de type IMPs permettent-ils d'expérimenter sémiotiquement : de nouer et dénouer des inférences visuelles mais aussi d'explorer les *causes* de certaines *irruptions* visuelles inattendues et *incongrues*. En d'autres termes, comme le dit Dondero (2010b, p.126), ce sont des *images* qui ont une « valeur opérationnelle » qui leur permet d'être « d'être retravaillées et manipulées pour des fins ultérieures » et les enjoint à être considérées comme une « zone d'opérabilité et de manipulation » (*Ibid.*). Elles peuvent fonctionner comme un « terrain d'expérimentation » (Dondero, 2011b, p.139).

[POINT 4] Dans le cours interactif de l'activité, les formats visuels permettent un renouvellement du *champ sémiotique* de la situation : ce sont des espaces d'expérimentation sémiotique : ils ont une *valeur expérimentale*.

8.3.2.4. Une capacité de projection pratique et émotionnelle actualisée en activité

Afin d'identifier ces renouvellements sémiotiques, le scientifique mobilise son regard professionnel pour évaluer, en surveillant des détails spécifiques de l'image, le bon déroulé d'une procédure vis-à-vis de critères qu'il a internalisés, ce que Schön appelle son « système appréciatif » (Schön, 1983, p.135).

De par sa sélectivité, cette évaluation visuelle fait écho au positionnement asymétrique de l'acteur décrite par Theureau (2010b) dans le déroulé de l'activité humaine. Selon cette asymétrie, l'être humain porte une *attention sélective* aux éléments de son environnement et c'est cette prise de connaissance sélective qui lui permet de *s'orienter* dans le cours de son activité. Cela implique que l'acteur évalue sa situation à chaque fois renouvelée pour *s'orienter* dans le flux continu de son activité, ce que nous avons montré jusqu'à présent. Ce point fait aussi écho à l'enchaînement de phases observé du côté des études centrées sur l'activité réelle : comme l'explique Vermersch (2019), le déroulé d'une activité du point de vue procédural se structure généralement de la façon suivante : pour réaliser une opération, une action de prise d'information est nécessaire. Elle permet notamment à l'acteur d'évaluer *comment* et *s'il faut* poursuivre ou non l'activité et si oui, de réaliser une action d'exécution²²⁸. En ce sens, les exemples

228 Chez Vermersch (2019), la prise d'information et l'exécution sont des *opérations* qui composent une *action élémentaire* qui elle-même compose une étape dont est composée une tâche. Dans le cadre de cette thèse, nous avons plutôt utilisé le terme « opération » pour désigner les différentes étapes qui composent une tâche et avons étudié les différentes *actions* qui permettent de réaliser ces opérations, en variant les niveaux d'analyse au service de l'intelligibilité de notre terrain (tel que, pour ce cas, recommandé par Vermersch)..

que nous avons présentés jusqu'alors montrent comment la *réactivité*^z des visuels conditionne la capacité d'identification et de prise d'information, nécessaire à cette évaluation qui elle conditionne la continuité de l'activité.

Or, nous observons que le déroulé de ce phénomène d'évaluation est à la fois synchronique et diachronique : comme le pointe Theureau (2016b) : l'évaluation est réalisée dans l'instant T, mais elle a aussi une conséquence pour ce qui va la suivre dans l'action.

8.3.2.4.1. *Une capacité de projection pratique*

On constate l'actualisation chez les scientifiques d'une *capacité de projection pratique*^z. Ainsi, du point de vue de l'action, cette évaluation permet à nos scientifiques d'anticiper la prochaine action à mener.

Par exemple, dans le cas de la vérification du seuil, Ju. nous explique :

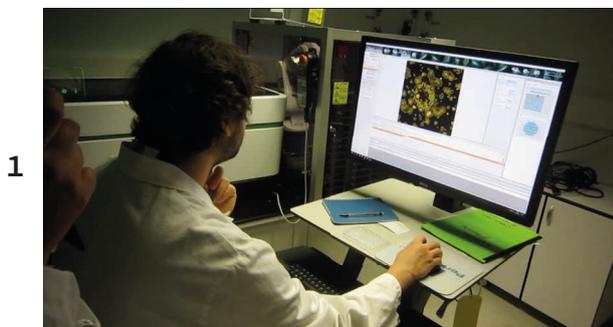
[Ju. verbatim n°13] (L.590) « Donc je suis face à mon écran. J'aiiii l'Onglet avec le Seuil ouvert, eeeet... Je clique sur la partie droite, heuuuum... Y'a... Heuu... Mon plan de plaque. » (L.596) « Avec en dessous le plan deeee de chaque puit. Heuuu... Et donc j'avais deee, dans différents puits que je s-... Fin ,je connais quel puit (...) Je sais quel puit sont négatifs, lesquels sont positif, lesquels sont... fin y'a diffèreents... Niveaux de Fusion. » (L.603) « (...) « Par le fait, queee... J'aiiii... Fin je connais le plan de plaque. » (L.607) Que j'ai fait le...jour d'avant » (L.611) « Et par rapport aux résultats qui ... De l'analyse heu ... A faible heu.....résolution. » (L.619) « Je sais quels puits sont... Ceux où y'a plus ou moins de fusion. » (L.625) « Et donc là en fait, ce que je vérifie c'est... En allant, de, dans différents puits, donc négatif, avec un peu de fusion, avec plus de fusion, avec beaucoup de fusion, à différents endroits dans le puit, voir si à chaque fois l'analyse... Heum... Repère la bonne partie. Donc en fait le programme... heuu... Génère un contour, heuuu... Coloré, ... Pour ce qui quantifie comme, étant, Vert. » (L.642) « (...) Et j'me suis rendu compte que en tout cas le seuil relatif pour, cette manip, est, pas Adapté, parce que certains puits où y'avais... Fin c'est par rapport à une question de distribution des pixels heu dans... »

Lorsque nous lui demandons s'il regarde chaque puits, Ju. nous répond :

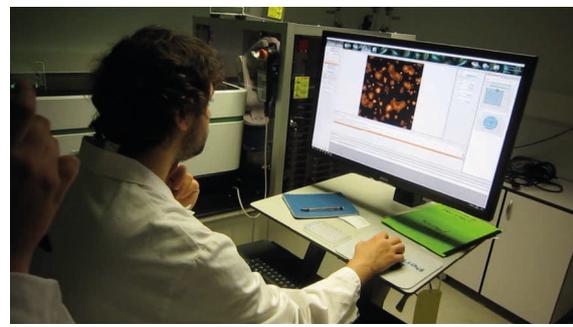
[Ju. verbatim n°14] « Bon pas, pas dans chaque puit, mais plus de manière aléatoire heu dans des... Fin pas, Pas de manière Aléatoire. De manière Ciblée, dans des puits qui m'intéressent ; Mais, juste à certains endroits, (...) En, En fait je Cible là où je Sais que le Programme fait des Erreurs. »

Ju. nous explique donc qu'il s'attend à observer une certaine quantité de fluorescence dans des puits donnés du fait de son observation antérieure de la vue d'ensemble (qu'il évoque dans ces derniers verbatims comme une « *analyse à faible résolution* »). Il a *identifié* dans le champ de l'*overview* des informa-

tions pertinentes pour la lecture des images individuelles de ses puits. Une fois qu'il observe ces images individuelles de puits, cette fluorescence doit prendre la forme de contours spécifiques à l'intérieur des images : il ne s'agit plus d'une aire d'intensité de vert, mais de tracés et d'une intensité de *couleur* (on voit [FIG.57] que la couleur est plutôt une gamme chromatique d'intensité allant du jaune au rouge).



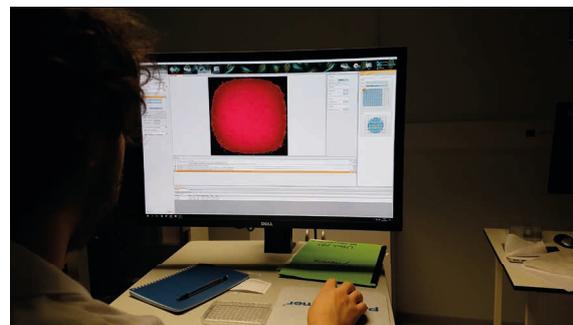
04:21
Ju. modifie le réglage du seuil.



04:22
Ju. a modifié le réglage du seuil : l'apparence de image centrale du puits affiché est actualisée..



04:30
Ju. une image d'un autre puit.



04:56
Ju. un exemple où l'ensemble de l'aire est évalué
ensemble de la fluorescence : c'est un rouge soutenu.

(EE1: 00:28)

[FIG.57] Exemples de différentes images de puits qui présentent un overlay, affichées sur le logiciel de l'Opera Phenix dans la session d'analyse.

Ju. évalue donc ce que lui *présente* chaque image de puits, à un niveau *synchronique*, en surveillant les *modalités visuelles*[‡] des *éléments morphologiques*[‡] de l'image. Mais si la fluorescence (comprise ici comme une certaine qualité visuelle, un certain type de contour et de gamme chromatique) n'est pas *observée* selon des critères formels que Ju. a intériorisé, notamment selon son *Index virtuel de Similarités Typiques*, alors il sait d'avance qu'il devra modifier le seuillage, on se situe alors au niveau *diachronique* de l'activité.

On note que :

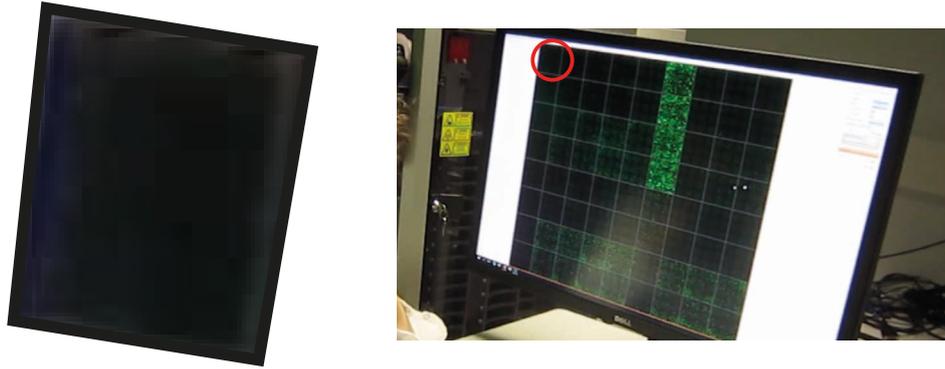
D'une part, cette évaluation sélective, réalisée *grâce* à l'*actualisation*[‡] du champ graphique de l'image après certains réglages, permet de se *projeter* vers l'action suivante.

Dans le cas de Ju., vers un réajustement du seuillage ou un éventuel passage en session d'évaluation (*heatmap* et *histogramme*).

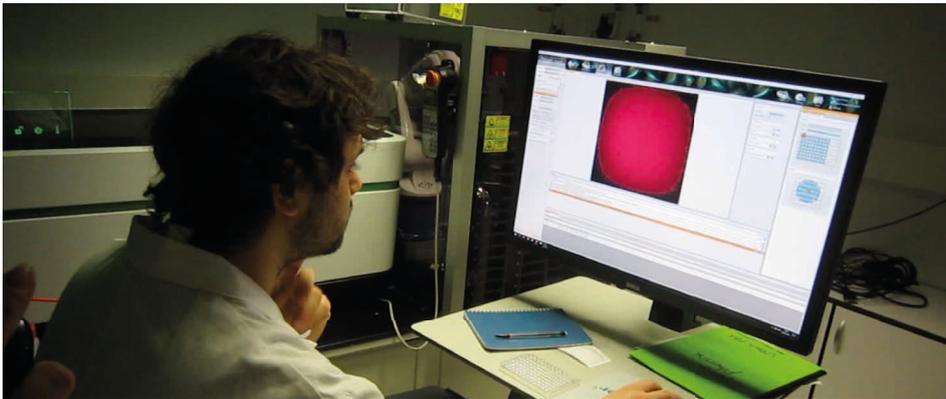
Mais, d'autre part, cette évaluation sélective visuelle (identification des contours de l'*overlay* dans le cas de Ju.) permet d'évaluer la *congruence* entre le *contenu* articulé par une première forme visuelle et le *contenu* articulé par une seconde forme visuelle.

Dans le cas de Ju., c'est la *congruence* entre les *informations rendues sensibles* par la présentation de l'*overview* (qui va alors fonctionner comme un index dans l'activité, en restant présente en pensée sous la forme d'une série d'*Index virtuels de Similarités Typiques* pour chaque puits) et les *informations rendues sensibles* par l'affichage des photographies de puits traitées par le logiciel –du fait d'une analyse des données basée sur un seuil– qui est évaluée [FIG.58].

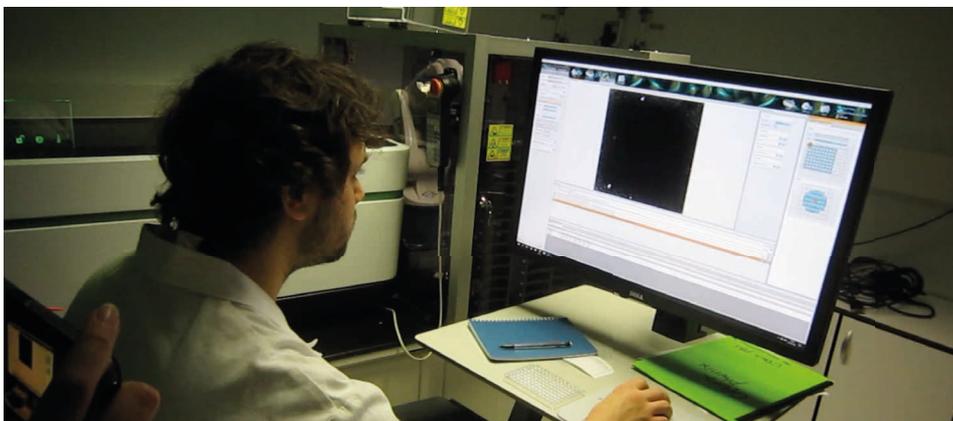
On retrouve un phénomène similaire en étudiant comment Lu. évalue la qualité du marquage de ses cellules, sans néanmoins, *a priori*, la génération de plusieurs IvdST « en cascade » : c'est l'évaluation de la correspondance du placement des différents nuages de point (différents échantillons) par rapport à la gate, en rapport à un *Index virtuel de Similarités Typiques* [FIG.59], qui lui permet d'estimer si oui ou non la gate doit être modifiée : c'est ce qui lui permet d'enchaîner rapidement les défilements puis de s'interrompre dans ce qui semble être un flux continu, en fonction de cette correspondance. Et c'est ce défilement ainsi permis qui lui permet d'évaluer si elle doit ajuster la *gate* individuellement pour chaque échantillon ou si elle doit trouver un *compromis*, chaque échantillon ayant ses particularités car venant d'un donneur différent et donc de se *projeter* dans la suite de son activité.



a)

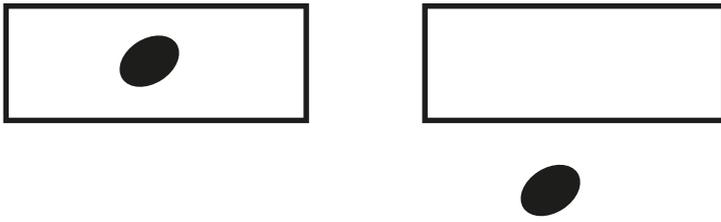


b)



c)

[FIG.58] a) Le puits tel qu'affiché par l'overview b) Le puits tel que présenté lors du problème de Seuillage c) Exemple de puits avec un overlay qui correspond mieux.



[FIG.59] *Index virtuel de Similarités Typiques d'un « beau marquage » pour Lu. Il fonctionne par paire, pour l'échantillon test (spike) et l'échantillon contrôle (empty). et lui permet d'évaluer pour chaque image la qualité du marquage.*

[Lu. verbatim n°6] (L.495) Et puis si, Si besoin, je peux adapter la gate. Donc heu, pour essayer de trouver en fait le Meilleur compromis entre heu, mes négatifs qui sont peut-être un peu plus Haut sur certains échantillons, et mes positifs.

8.3.2.4.2. Une capacité de projection émotionnelle

On constate aussi l'actualisation d'une *capacité de projection émotionnelle*^z dans l'interaction avec les formats visuels : comme l'émergence d'une certaine *curiosité*, concernant une surprise ou une irrégularité, qui ne va pas nécessairement invoquer un sentiment d'impuissance ou d'inquiétude mais nécessairement réinvestir l'attention de l'acteur à l'exploration du problème de la situation en vue de le résoudre.

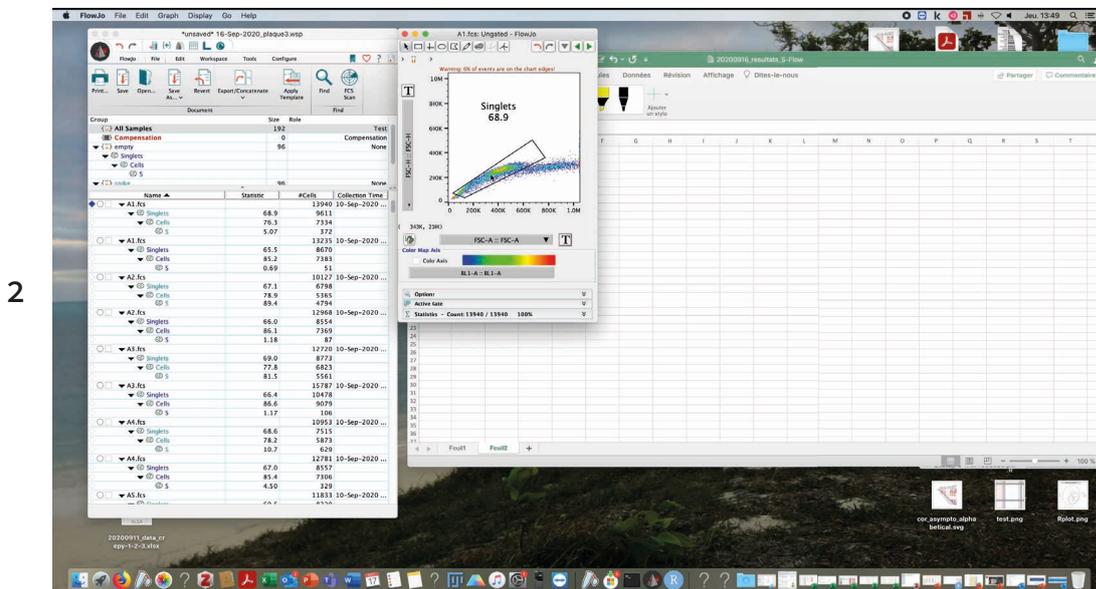
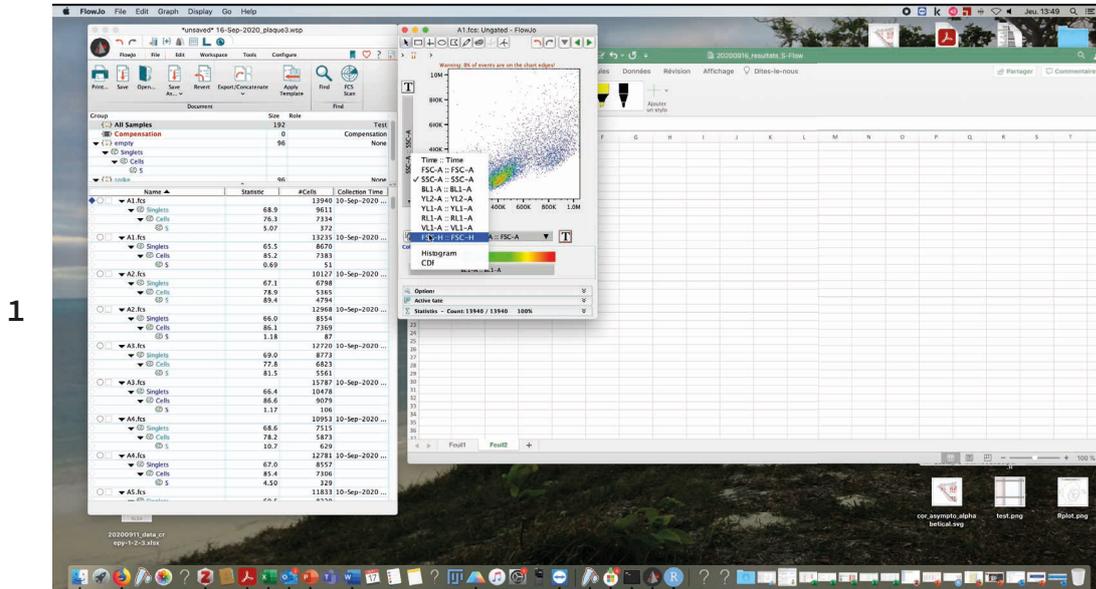
Ces émotions se rapportent selon nous à la capacité de *projection* de l'acteur dans la suite à venir de son activité, garantissant son *investissement* et *maintenant le flux continu* de l'activité :

[Lu. verbatim n°7] Lu. « Heuuu... Bah déjà, en général, rassurée si y'a assez de cellules, parce que si y'a pas assez de cellules enregistrée au FACS, on peut paaa, vraiment interpréter. Donc déjà si le premier échantillon il a assez de cellules, donc rassurée. Après heuu... »

Ici, Lu. évoque le sentiment ressenti quand une *gate* tracée sur la représentation de ses données permet de dénombrer le nombre de cellules dans son échantillon [FIG.60]. Ce verbatim signifie que si le nombre de cellules est en dessous d'un certain seuil, l'interprétation des résultats de l'expérimentation n'est pas possible. En d'autres termes, l'effet produit par le tracé ou l'application d'une *gate*, détermine si oui ou non l'activité va pouvoir être poursuivie. En effet, cette interprétation est une partie essentielle du processus d'analyse des données, le résultat affiché suite au procédé de gating est déterminant pour la suite. On peut imaginer qu'au contraire, si le nombre de cellules n'avait pas été suffisant l'activité aurait été interrompue, le flux continu coupé.

Ici, en modifiant les données prises en compte pour l'analyse, Lu. identifie les cellules individuelles dans l'un de ses échantillons. Ce résultat n'est pas don-

né immédiatement à la sortie du dispositif d'imagerie mais achevé au travers de manipulations, qui articulent ses attentes dans le faire tandis que le *champ informationnel*^z est renouvelé parce que la morphologie de l'image intègre ces modifications dans la configuration de ses éléments morphologiques.



[FIG.60] Extraits des enregistrements vidéos de l'activité de Lu. qui montrent le passage à l'affichage d'une gate dénombrant les cellules singulées.

(EE Lu. : 04:01+04:02)

Schön (1983) évoque justement cette disposition des praticiens à se laisser surprendre par l'action, comme une condition nécessaire au déroulé de la pratique :

« In each instance, the practitioner allows himself to experience surprise, puzzlement, or confusion in a situation which he finds uncertain or unique. He reflects on the phenomena before him, and on the prior understandings which have been implicit in his behavior. He carries out an experiment which serves to generate both a new understanding of the phenomena and a change in the situation. » (p.68)

[POINT 5] La valeur expérimentale[‡] des formats visuels permet un renouvellement informationnel qui, identifié par le scientifique, l'oriente vers la poursuite de l'action. Ainsi, le scientifique peut conjuguer rapidité d'évaluation d'un champ graphique donné à l'enchaînement de certaines étapes de l'activité. Nous proposons que les formats visuels, durant la phase d'analyse, participent d'une capacité de projection pratique et d'une capacité de projection émotionnelle chez le scientifique qui permet d'entretenir son engagement dans l'activité ainsi que le flux continu de cette dernière.

8.3.2.5. La manipulabilité des formats visuels

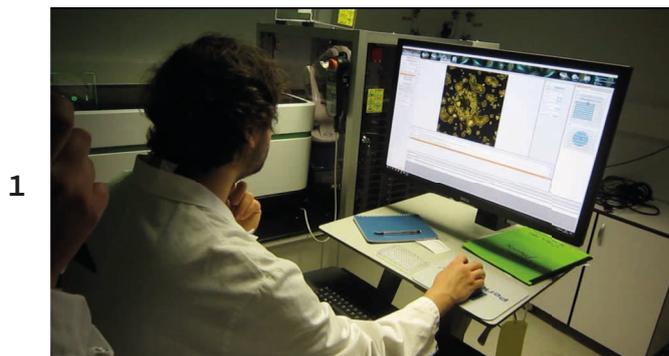
Pour articuler cette capacité de projection pratique et émotionnelle, les scientifiques *manipulent* leurs formats visuels : la *valeur expérimentale* des IMPs est ainsi conditionnée par leur *manipulabilité[‡]*.

C'est en manipulant leurs formats visuels pour expérimenter des configurations de données que les scientifiques *rendent sensibles* différents *contenus*. Ils réalisent en fait ce que Dondero & Fontanille (2014) appellent des « commutations » : une modification du *plan d'expression de l'image[‡]* (expérience visuelle), qui se lie à une mutation du plan du contenu (données acquises de l'objet sensible) sur deux niveaux. D'une part, au niveau de l'expérience scientifique, d'autre part, au niveau des conventions qui règlent la lecture des images. Ainsi, le plan de l'expression des images scientifiques lie simultanément deux plans du contenu : « un contenu herméneutique et un contenu physique, qui sont interliés eux-mêmes dans une relation indexicale ou iconique. » (traduit de Fontanille & Dondero, 2014, p.41)

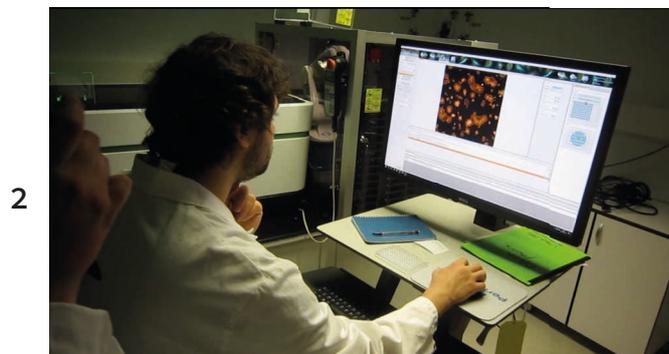
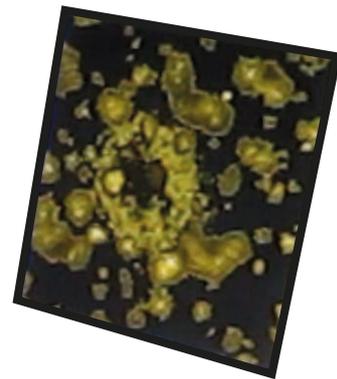
Les auteurs parlent de commutation pour désigner d'une part, une commutation physique qui lie expérience visuelle et expérience scientifique en utilisant la transduction du signal et le dispositif de conversion de ce signal et d'autre

part, une commutation herméneutique qui lie expérience visuelle et expérience conceptuelle et permet de construire la signification de l'image.

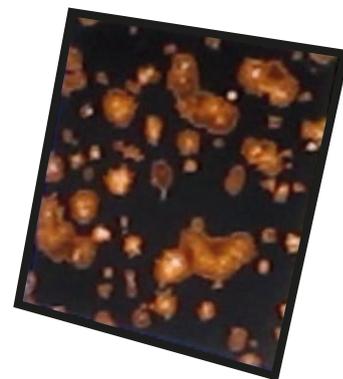
Par exemple, lorsque Ju. réalise les opérations nécessaires au réglage de son seuillage, le champ graphique de l'image des puits se modifie : en terme d'intensité de lumière, de couleur, mais aussi de formes : les contours de l'*overlay* se modifiant [FIG.61].



04 : 21
Ju. modifie le réglage du seuil.



04 : 22
Ju. a modifié le réglage du seuil : l'apparence de l'image centrale du puits affiché est actualisée.



[FIG.61] Extrait de la vidéo d'enregistrement qui montre les modifications de la même image d'un puits suite à modification du seuillage et de différents paramètres.

C'est, d'une part, une commutation physique car cette modification du champ de l'image correspond à une mutation des propriétés scientifiques du contenu, puisque la distribution particulière des substances biologique, *l'expression de la fluorescence est reconfigurée* dans le champ sensible par une modification de l'exploitation du signal de fluorescence émis par la GFP, elle-même exprimée par les cellules fusionnées. Le *contenu* relatif à l'expérience scientifique et au dispositif de transduction du visible au visuel est ainsi modifié au niveau du plan de l'expression (expérience visuelle).

Mais c'est aussi une commutation herméneutique car la configuration des éléments morphologiques de l'image se modifie, le *champ sémiotique* est métamorphosé et le « contenu interprétatif fonctionnel » (*Ibid.*, p.41) de l'image se trouve modifié : le niveau de *fusion cellulaire* apparaît sous un nouveau jour.

Cette double reconfiguration sémiotique n'est possible que parce que l'image est *manipulable* : elle permet, *du fait d'une certaine organisation* entre sa *substance*[‡] et sa *forme*[‡] et de par le rapport organisé entre ces *éléments plastiques*[‡] et les *objets* auxquels ils se rapportent (les données et par prolongement l'objet scientifique), d'explorer les données expérimentales devant renseigner des objets d'étude dans les recherches des scientifiques.

[POINT 6] La valeur expérimentale des formats visuels (IMPs) est conditionnée par leur manipulabilité.

8.3.3. Des visuels réactifs pour éviter la paralysie

Nous avons vu que les pratiques visuelles des scientifiques sont marquées par une alternance de *phases*[‡] au cours de l'activité, qui correspondent à des *postures*[‡] adoptées par les scientifiques.

Nous proposons que, dans le cadre des pratiques visuelles scientifiques pour l'analyse de leurs données expérimentales sur ordinateur, la conversation avec les images est partie intégrante d'une économie de l'attention[‡] qui permet d'entretenir l'engagement du scientifique par la dynamisation[‡] du déroulé de l'activité.

En cherchant à comprendre les *mécanismes* de cette dynamisation, nous avons relevé des *propriétés* des images, qui sont *actualisées*[‡] lorsque les images sont mobilisées dans l'action, ce sont des *propriétés praxéologiques*[‡] ou *propriétés actionnelles*[‡].

Une première propriété praxéologique de l'image permettant cette dynamisation de l'activité est leur *manipulabilité* : la capacité des images à être modifiées sous certaines conditions.

Comme nous l'explique Gentès (*communication personnelle, 2023*) :

« À la personne accablée par le réel, le subissant, agissant sans liberté, il n'y a pas de médiation. »

Elle nous indique en fait qu'en l'absence de *manipulabilité*, de possibilité d'*agir* sur le réel, le scientifique passerait d'un espace potentiel de jeu permettant la négociation du sens (*Gentès, 2022*) – l'exploration des données et de leur configuration et donc leur *médiation*, à un dispositif aliénant lui refusant toute capacité d'expérimentation.

Mais cette *dynamisation* de l'activité par les formats visuels ne repose pas que sur leur *manipulabilité* en soit : il s'agit plutôt de la conjugaison de leur *manipulabilité* à leur *réactivité*.

Ainsi, une seconde *propriété praxéologique* de l'image que nous avons relevée, permettant cette dynamisation de l'activité, est leur *réactivité*^z : le fait que les images *réagissent immédiatement* aux actions du scientifique.

Imaginons, d'une part, ce qui se produirait, en termes de déroulé de l'activité et de ressenti éprouvé, si les images ne faisaient pas preuve de *réactivité*, si, à chaque action effectuée par le scientifique, l'ordinateur interposait une attente entre l'action du scientifique et *sa réaction visuelle*. Elle créerait ainsi un espace temporel distendu entre l'action et la réaction, entravant la *capacité* du scientifique à *agir* sur le réel. Le scientifique finirait sans doute par se sentir impuissant face à l'inertie soporifique du dispositif visuel, au sens où il se trouverait alors dans une situation quasi-paralytique.

Chez Schön (1983), la paralysie est évoquée en parlant de la dimension routinière et récurrente des activités, qui peuvent aller jusqu'à provoquer un « burn-out » du praticien :

« Et si (le praticien) apprend, comme cela arrive souvent, à être sélectivement inattentif aux phénomènes qui ne rentrent pas dans les catégories de sa connaissance-par-l'action, il risque de souffrir d'ennui ou de 'burn-out'. » (p.61)

Dans notre cas de figure, on constate par la *concentration* continue du scientifique, qu'il soit en phase *machinale* ou en phase *réflexive*, qu'il y a une exigence,

dans l'activité, de rester *alerte* et d'éviter justement cet écueil de l'ennui qui favorise l'émergence d'une *inattention*. On voit bien que dans les moments *machinaux* la rapidité d'exécution due à la nature routinière, automatique, de la tâche, peut provoquer des erreurs qui entraînent l'acteur à revenir sur ses pas ou à effectuer des actions supplémentaires pour palier à ces manquements.

C'est en articulant des *surgissements* au cœur de l'activité qui sont *en lien* avec les agissements du scientifique (une inter-activité), que les formats visuels permettent de *renouveler* l'attention du scientifique en lui apportant en continu une forme de nouveauté informationnelle, un *renouvellement* du *champ sémiotique*, qui mobilise sa *capacité projective*[‡], comme nous l'avons abordée, mais qui participe aussi à le *maintenir alerte* et *ancré* dans le continuum de l'activité.

Schön indique bien comment l'*interactivité* de la conversation matérielle permet à la réflexivité d'être projective et non enfermante :

« (...) il est facile de croire que lorsque nous entrons dans le domaine séparé de nos pensées, nous allons nous perdre dans une régression infinie de réflexion à propos de nos réflexions. Mais dans la réflexion-dans-l'action effective, comme nous l'avons vu, faire et penser sont complémentaires. (...) C'est le résultat surprenant de l'action qui déclenche la réflexion et c'est la production d'un mouvement satisfaisant qui ferme temporairement la réflexion. » (traduit de Schön, 1983, p.280)

Ce maintien de l'engagement est aussi identifiable de par les effets de projection émotionnels que nous avons abordé : que ce soit de la surprise, une appréhension positive ou négative... Ces émotions peuvent être de l'ordre de la satisfaction de par la congruence d'un résultat visuel à une forme attendue (en fonction du *répertoire visuel* que nous avons évoqués et des *Index virtuels de Similarités Typiques*, comme partie du *système appréciatif*[‡] du scientifique). Or ces émotions, elles non plus, ne sont pas ressenties *en dehors* de l'activité. Elles s'inscrivent au contraire dans la *manipulation* des formats visuels qui permet aux scientifiques d'opérer leurs données.

[SYNTHÈSE 1] La *manipulabilité* des formats visuels articulée à leur *réactivité* permet de soutenir les rythmes de l'activité et d'éviter une *paralysie de l'attention* du côté du scientifique. L'alternance de postures au cœur de l'activité se faisant témoigne que la relation phénoménologique entre formats visuels et scientifique est notamment de l'ordre d'une *économie de l'attention*[‡] qui permet aux scientifiques de mener à bien leurs activités.

8.3.3.1. Les images scientifiques dans leur valeur expérimentale : des médiums pour l'activité d'analyse des données

Dans le cadre de cette économie de l'attention, la *réactivité des images* n'est pas le simple fait d'un *surgissement* en soit comme nous l'avons expliqué, mais bien du lien entre l'*action* opérée, la situation dans laquelle elle est opérée et la *réponse* du format visuel *en rapport* à ce contexte. En d'autres termes, il s'agit en fait d'une capacité à re-articuler immédiatement, suite à une action, un contenu sémiotique *pertinent*. Ce contenu sémiotique à une *valeur* parce qu'il *porte un sens* relatif à la situation dans laquelle il émerge.

Par exemple, il arrive durant les séquences d'analyse que surgissent à l'écran des notifications d'emails, des mises à jour logiciel : ces *surgissements* visuels n'ont aucune *valeur* pour l'activité en cours, ils interviennent *en dehors* du continuum de l'activité et ne constituent pas des *réactions* ni le signe d'une *interactivité*.

Ainsi, la *manipulabilité* des formats visuels est opérante pour l'activité d'analyse car elle permet d'articuler visuellement, au cours de l'activité, une succession immédiate des états des données expérimentales. C'est cette succession qui dynamise les prises d'informations par le scientifique et conserve son engagement avec les données expérimentales. Elle procède d'une capacité de l'image à reconfigurer son *champ sémiotique*, d'une certaine façon qui fait sens dans le cadre pour lequel elle est mobilisée. Cette façon particulière est ce qui donne aux images scientifiques une *valeur expérimentale*.

Gentès (2022) nous explique que dans le cadre où l'image présente une valeur expérimentale, il s'agit en fait de considérer ce média dans sa *valeur de médium*[‡]. Elle opère cette distinction en repartant de John Dewey pour qui un matériau « (...) devient médium lorsqu'il est employé en vue de sa place et de son rôle, dans ses relations (...) » (Dewey, 1934, cité par Gentès, 2022, p.58). Nous comprenons que, chez Dewey, le *matériau*[‡] peut être compris comme un artefact dont on considère les *propriétés matérielles*[‡] : c'est un « matériau naturel, bien qu'il puisse être naturel dans le sens d'habituel aussi bien que dans celui de primitif ou d'indigène » (*Ibid.*).

Ici, le matériau permettant d'explorer des relations est l'image : elle peut être qualifiée ainsi de par la place qu'elle occupe dans l'activité d'analyse qui est celle d'un matériau qui, de par sa manipulabilité, permet d'explorer des relations significatives, autrement dit d'expérimenter pour explorer ces relations. Dans ce

cadre, les images apparaissent dans leur *valeur de médium*[‡].

[SYNTHÈSE 2] En tant qu'objets manipulables et exploratoires, les images scientifiques ont une *valeur expérimentale* pour l'activité qui permet d'en explorer les contenus signifiants. Ce sont des *médiums*[‡] pour l'analyse des données expérimentales.

8.4 Premier volet de contribution : L'image manipulable et réactive au service d'une économie de l'attention engageant le vécu expérimentiel du scientifique

Nous avons montré qu'au cœur de l'activité d'analyse sur ordinateur, la relation phénoménologique qui unie les scientifiques à leurs formats visuels est de l'ordre d'une *économie de l'attention*[‡].

Cette relation repose sur une *propriété rythmique*[‡] des formats visuels, c'est-à-dire une façon que les visuels ont d'*intervenir* dans le déroulé du flux de l'activité.

Nous avons montré que leur *propriété rythmique*[‡] fonctionne dans un *régime de l'immédiateté*, c'est ce qu'on a appelé la *réactivité*[‡] des formats visuels. Au cours de l'activité, les formats visuels *réagissent* immédiatement aux actions du scientifique et réalisent un *renouvellement* du *champ sémiotique*²²⁹, ce qui permet aux scientifiques de s'orienter dans l'action.

Cette *réactivité* va ainsi rythmer le *vécu d'action*[‡] des scientifiques en accompagnant le déploiement d'une alternance de *phases*[‡] dans l'activité, qui font adopter certaines *postures*[‡] au scientifique, qui engagent des types d'*opérations*, des types *rythmes*, des types de *ressentis*, et des types d'*attention*.

Nous avons identifié deux typologies de *phases* dans l'activité :

- Des phases machinales où l'enchaînement des actions est linéaire.

Elles sont le fait d'une *congruence* entre les attendus du scientifique et les réactions des formats visuels.

229 Ou champ perceptif informationnel.

- Des phases réflexives qui marquent des *irrégularités* dans l'enchaînement de l'action.

Elles sont le fait de l'*irruption*, à l'écran, d'une *irrégularité* vis-à-vis des attentes du scientifique.

On a ainsi montré que les visuels articulent une *capacité de projection*[‡] chez les scientifiques (que nous pouvons appeler *propriété projective*[‡] des formats visuels) de deux ordres :

- Projection pratique

Elle permet aux scientifiques de *recadrer* leur situation. Autrement dit, c'est une capacité de projection qui articule l'organisation future de l'activité dans la réalisation d'une action présente.

- Projection émotionnelle

Elle investie des *effets émotionnels* chez le scientifique en rapport au *déroulé* de l'activité à venir. Autrement dit, c'est une capacité de projection qui repose sur les émotions du sujet en tant qu'elles se rapportent au devenir de l'activité.

C'est au travers de la manipulation matérielle des images ayant des effets de reconfiguration du *champ sémiotique*, ou *commutations*, que le scientifique va pouvoir se projeter dans des *possibles* : il sort alors de la phase machinale et entre dans un rapport réflexif qui est créatif parce qu'il demande au scientifique de se *repositionner* et donc de faire preuve d'une forme d'*abduction*.

Nous avons proposé que cette *propriété projective*[‡] des formats visuels est ainsi actualisée par leur *manipulabilité*.

- Une capacité des images à être modifiées selon certaines conditions.

Dans ce cadre, les images scientifiques permettent aux scientifiques d'expérimenter des actions et des configurations possibles de leurs données, elles ont ainsi une *valeur expérimentale*.

- Une capacité à soutenir l'exploration de significations au travers de leur manipulation.

Il est ainsi apparu que les images scientifiques sont saisies par les scientifiques comme des *médiums* pour l'analyse de données : elles permettent d'explorer les objets d'études mis en image en expérimentant des configurations sémiotiques.

Vers les coulisses de la *valeur de médium* des images scientifiques

Nous avons décrit les *pratiques visuelles* des scientifiques d'un point de vue phénoménologique, ce qui nous a permis d'élaborer sur les propriétés des formats visuels en activité et sur la nature de la relation phénoménologique nouée entre scientifiques et formats visuels.

Cependant les *propriétés praxéologiques*[‡] de l'image que nous avons alors décrites, comme la *réactivité* et la *manipulabilité*, qui permettent à cette dernière de prendre une *valeur expérimentale* –d'être une image opérationnelle (Dondero, 2010b)– *fonctionnent* sous certaines conditions, que nous n'avons pas détaillées jusqu'à présent. Ces conditions suivent une *certaine logique* qui en retour assure la *valeur expérimentale* des images scientifiques : il faut l'explorer pour comprendre l'*opérativité*[‡] des images scientifiques et donc ce qui fait qu'elles peuvent fonctionner comme des *médiums* au cœur de l'analyse des données.

Comme l'explique Gentès (2022), le *médium* est un concept qui implique de considérer à la fois son « *expérience physique* » mais aussi son « *inscription dans un 'texte'* ». » (Gentès, 2022, p.58), car c'est non seulement un artefact tangible, avec des *propriétés matérielles* particulières mais aussi « *un signe appartenant à un texte plus large* » (*Ibid.*, p.58), un *média*[‡]. En ce sens l'image est un *objet médiatique*[‡] à deux faces : médium et média.

Il faut donc comprendre *comment* le fonctionnement de l'image scientifique se rapporte à une *logique* particulière, qui lui permet de s'inscrire dans le « *texte plus large* » (*Ibid.*) qu'est à notre sens le *dispositif institutionnalisant*[‡] de la recherche dans lequel sa mobilisation s'inscrit.

9. Ruptures sémiotiques et dispositifs bienveillants : l'entretien de la continuité diagrammatique

CONTENU

La première partie de ce chapitre est consacrée à une réflexion sur les conditions de la manipulabilité des images en explorant la littérature existante.

Dans un premier temps, repartant de nos observations du chapitre précédent, nous nous interrogeons sur la « confiance » que semblent accorder les scientifiques à leurs images au cours des activités d'analyse qui permet à leur *réactivité*[‡] d'être *opérante*[‡]. Nous explorons ce point en nous basant sur les travaux en sémiotique de Giulia Dondero et Jacques Fontanille (2014).

Cela nous enjoint à considérer le rapport particulier que les images entretiennent avec leur objets d'étude, qui implique leur *manipulabilité*[‡] et mobilise leur *valeur expérimentale*[‡].

Dans un second temps, en nous reposant sur les travaux en études visuelles de science, particulièrement ceux de Morana Alač (2014, 2011) et Giulia Dondero (2021, 2011b, 2010b), nous expliquons sur quelle logique particulière repose la *manipulabilité* des images mais aussi leur *valeur expérimentale*, ce qui nous amène à aborder la *diagrammaticité*[‡] des formats visuels scientifiques.

La seconde partie de ce chapitre repart cette *diagrammaticité* pour donner du sens à un type de problème qui se pose aux scientifiques durant les activités d'analyse.

Dans un premier temps, en élaborant sur deux exemples issus de notre terrain, nous montrons qu'au cours de l'activité d'analyse, des problèmes de *commensurabilité* se posent *entre les différentes images* que les scientifiques produisent

dans le cadre des *interprétations transversales*[‡] d'images qu'ils réalisent pour mener à bien leur analyse. Nous appelons ces problèmes des *coupures sémiotiques*[‡].

Dans un second temps, nous montrons que la *diagrammaticité* des images peut être étudiée à deux niveaux : celui du rapport entre image et objet mais aussi celui du rapport entre les différentes images produites au cours de l'activité d'analyse. Nous étudions alors la *diagrammaticité des images dans leur dimension pratique*.

Enfin, repartant du travail de Emmanuel Belin (1999), nous menons une courte réflexion sur la *logique dispositifive particulière* permettant aux images scientifiques d'être opérables et opérantes au cœur de l'activité d'analyse.

9.1 D'images en images : la foi scientifique

9.1.1. La foi des scientifiques en leurs images

Nous avons vu dans nos différents exemples au chapitre précédent que, face aux effets d'action-réaction de leurs formats visuels, les scientifiques ne s'arrêtent pas à chaque opération pour s'interroger sur le bien-fondé de la logique qui préside à leur transformation. « Cette transformation modifie-t-elle la fiabilité des données vis-à-vis de mon objet d'étude ? ». La question ne semble pas surgir à chacune des métamorphoses visuelles qui, au cours de l'activité, s'enchaînent.

Ainsi, le scientifique parvient-il à évaluer l'état de ses données à chaque reconfiguration du *champ sémiotique*[‡] et à entretenir la conversation avec ses images parce qu'il a, semble-t-il, foi en l'idée que ce qui est affiché sur l'écran d'ordinateur reflète un certain état réel des données acquises et, par extension, des propriétés de son objet d'étude.

Ce phénomène témoigne d'une certaine « confiance » des scientifiques en la capacité de leurs images à restituer un bout du réel et c'est cette « confiance » qui permet à leur *réactivité* d'être opérante au cœur de l'action : d'avoir une *valeur actionnelle*[‡] au sens où elle permet à l'action de se dérouler, à l'alternance des phases d'être rythmée et à la *capacité de projection*[‡] pratique et émotionnelle des scientifiques d'être *actualisée*[‡].

9.1.2. Une « foi » fondée dans le dispositif de production des images scientifiques : la syncope de l'agent pratique

Cette « confiance » du scientifique vis-à-vis du rapport entre la visualisation matérialisée par l'écran d'ordinateur et l'entité qu'il étudie à travers celle-ci, nous l'avons abordée au Chapitre 2 de l'état de l'art, grâce au travail de [Dondero et Fontanille \(2014\)](#) qui qualifient le *régime de croyance de l'image*[‡] scientifique comme un *régime de croyance phénoménal de transformabilité*[‡].

Ce régime de croyance de l'image est fondé sur le critère de validité scientifique de la transformabilité des objets : « ce qui est transformable existe d'une certaine façon » (traduit de [Dondero & Fontanille, 2014, p.39](#)). C'est ici qu'intervient la *manipulabilité* des images qui permet au scientifique de manipuler son objet d'étude au travers de ses pratiques visuelles et donc d'expérimenter la transformabilité de son objet d'étude.

Or cette « confiance » passant par la manipulation pratique des images est elle-même est basée sur la *congruence*[‡] des transformations visuelles de l'image, au fur et à mesure de ses manipulations, avec le système de règles qui guide sa lecture: l'expérience conceptuelle.

Ce système de règles de lecture se rapporte lui-même à l'expérience relative à la production de l'image, qui intègre son *dispositif technique imageant*[‡] : le dispositif technique consacré à transformer une entité, l'objet d'étude, en format visuel²³⁰. Ainsi, si la *congruence* de l'expérience conceptuelle est observée au fil des actions de manipulation, la fiabilité du lien entre l'expérience imageante –qui fait partie de l'expérience scientifique–, l'expérience visuelle et l'objet d'étude est maintenue.

Par principe, tant qu'il y a une *certaine congruence* observée entre les différentes versions de l'image suite à sa manipulation, il y a ce que les auteurs appellent une « syncope » de l'agent pratique : c'est-à-dire qu'on ne questionne plus le lien entre l'expérience scientifique et l'objet étudié, on part du principe que le dispositif imageant a correctement fait son travail en restituant des données *fiabiles* qui *disent quelque chose du réel* selon les modalités que l'on connaît. On est alors libre de manipuler l'image pour *explorer* ses dires, l'image consti-

230 Par exemple, la cytométrie en flux nécessite de préparer d'une certaine façon les cellules dont on souhaite étudier les composants (e.g. des protéines), mais elle intègre aussi un processus de transduction spécifique qui lui permet de traduire le visible en visuel, c'est cet ensemble qui forme le dispositif technique imageant.

tuant alors une *interface* entre l'objet d'étude et le scientifique.

Comme le disent Dondero et Fontanille (2014) :

« La familiarisation est l'une de ces adaptations au travers de laquelle la pratique de lecture réussit à automatiser la pratique de production et à la rendre transparente. » (traduit, p.11)

Cette « syncope » permet au scientifique de manipuler ses images sans éprouver à chaque action la solidité du chainage liant l'objet scientifique à l'expérience scientifique et à l'expérience visuelle. Il peut ainsi se concentrer sur ce que l'image signifie :

« En d'autres mots, la fonction sémiotique herméneutique, supervisée par l'agent pratique, peut opérer seule du moment qu'elle est basée « avec confiance » dans la fonction sémiotique physique sous-jacente » (*Ibid.*, p.42)

C'est cette *congruence* entre expérience conceptuelle – les conventions par lesquelles l'image réfère à son référent– et l'expérience visuelle sans cesse renouvelée qui permet au scientifique qui lui garantit, alors qu'il pratique l'image, une capacité à faire sens de ce qui est affiché immédiatement comme une *réponse* à ses différentes actions (*réactivité*) en *rapport* à un état de ses données qui reflèteraient un *état* de son objet d'étude. Dit simplement, cette congruence permet au scientifique d'avoir *confiance* dans le fait que ce qui s'affiche à l'écran est bien relatif à son objet et à ses agissements, pas une pure *fantaisie* aléatoire, dénuée de tout rapport à son objet d'étude et aux actions qu'il mène pour l'analyser. C'est ce qui fait que les *commutations* dont nous parlions au chapitre précédent participent d'une capacité de projection chez le scientifique.

On l'observe bien dans notre terrain : par exemple, lorsque Lu. ou Ju. font défiler les images de leurs différentes conditions (échantillons), ils ne remettent pas en question le *lien* entre leurs images (expérience visuelle) et l'objet (expérience sensible) : ils ont toute « confiance » en la stabilité du processus d'imagerie leur ayant permis d'acquérir leurs images (expérience scientifique). Ainsi, même la réflexivité qu'ils mobilisent pour faire sens des problèmes d'interprétation qui peuvent se poser n'entâche pas, *a priori*, la *confiance* qu'ils portent en leurs formats visuels²³¹. La *réactivité* des images a une *valeur* pour l'action *de par* cette

231 Dans la mesure où ils considèrent qu'ils ne font pas face à un cas d'artefact technique qui nécessiterait alors d'invoquer à nouveau l'expérience productive de l'image.

confiance. Mais c'est aussi à cette condition que l'image conserve une *valeur expérimentale* : un ensemble de propriétés qui permet, au travers de la manipulation de l'image, d'*explorer* les données expérimentales et donc l'objet d'étude.

[CONSTAT] En observant la *manipulabilité* des images telle que mobilisée en pratique, il apparait que c'est la conservation d'une certaine logique de l'organisation des éléments morphologiques de l'image au cours de l'action (expérience conceptuelle) qui est censée garantir le *lien* entre l'expérience visuelle de l'image et l'expérience scientifique qui lui a donné naissance et, par ce biais, le lien entre l'image et l'objet d'étude. Tant qu'une certaine *congruence* entre les différentes transformations des images est conservée au travers de l'activité, l'image reflète bien quelque chose de l'objet d'étude.

La question qui se pose alors à nous est de comprendre plus précisément cette logique qui permet une congruence entre les différents niveaux d'expérience et ainsi d'éclairer les conditions de la *manipulabilité* et de la *valeur expérimentale* des images scientifiques.

9.2 Dynamisme de l'activité d'analyse biologique : les images scientifiques comme diagrammes

Le fonctionnement particulier des images permettant de manipuler par leur biais un spécimen et d'en explorer les propriétés, l'image étant alors une « zone d'opérabilité et de manipulation » (Dondero, 2010b, p.126) qui présente un « potentiel transformationnel » (*Ibid.*), a déjà fait l'objet de travaux dans la littérature des études visuelles de science et des études des sciences et techniques.

Or, un point commun de cette littérature d'origines différentes (sémiotique, anthropologie cognitive) est d'avoir pointé une certaine logique qui, comme cela nous intéresse, préside au *fonctionnement* des images scientifiques dans la phase d'*exploration* des données. Cette logique concerne justement le rapport particulier qu'elles entretiennent avec leurs objets d'études et ce qui leur permet d'être manipulables.

Il ne s'agit pas seulement de leur connexion *causale* avec l'objet, qui les

qualifie comme indice Peircéen, ni de leur transduction *symbolique* (e.g. lors de la numérisation), qui les qualifie alors comme symbole Peircéen (Allamel-Raffin, 2004a). Il s'agit au contraire du *rapport iconique* qu'elles ont vis-à-vis des objets qu'elles mettent en images et qui les qualifie en tant que *diagrammes*[‡] (Alač, 2014, 2011 ; Dondero, 2011b, 2010b, 2009a).

9.2.1. Les diagrammes : un rapport iconique relationnel

Dans la littérature qui s'intéresse à la capacité de manipulation des images scientifiques, le diagramme est d'abord entendu au sens Peircéen (Dondero, 2021, 2010b ; Alač, 2014, 2011). Chez Peirce, le diagramme est un type particulier d'icône, donc en premier lieu un signe qui entretient avec l'objet qu'il « représente » une relation de similarité.

Néanmoins, cette relation de similarité n'est pas celle d'une *imitation* figurative, d'une ressemblance basée sur des qualités sensibles communes. La spécificité du diagramme en tant que signe iconique est qu'il « représente les relations (...) des parties d'une chose par relation analogue dans leurs propres parties » (C.P. 2.277, trad. Deledalle, cité par Innis, 1998). Ces relations, nous les appelons des *rapports diagrammatiques*[‡]. Ce n'est pas un hasard si Peirce qualifie le diagramme « d'icône relationnelle » (Batt, 2005, p.7) : cette particularité des diagrammes pointe que ce qui est mis en scène par ces images scientifiques ce ne sont pas tant les *objets* en soit, « mais bien l'organisation parmi les parties de ces objets » (Dondero, 2021, p.69).

[POINT 1] Les caractéristiques morphologiques des formats visuels indexent sous un rapport diagrammatique des propriétés de l'objet imagé : en tant que signe, ce sont des diagrammes qui se rapportent à un objet par une organisation particulière de leurs parties qui elle-même correspond à une certaine organisation des parties de l'objet auquel elles se rapportent.

Mais comment s'organise alors ce rapport entre les « parties » de l'objet d'étude et les « parties » de l'image ?

9.2.2. L'organisation du rapport diagrammatique des images sur deux niveaux

La littérature nous indique que le *rapport diagrammatique* s'organise, d'une part, lors de la phase d'imagerie : lorsque la *matière* de l'objet sensible est *excitée* et, émettant un *signal*, est traduite visuellement. Nous l'avons expliqué dans le Chapitre 2 : d'une matière *excitée* qui émet alors une *énergie*, comme de la fluorescence, on passe à un *signal* qui sera *mesuré* (e.g. intensité de fluorescence) qui va pouvoir, par enregistrement, constituer des *données* que l'ordinateur devra ensuite afficher sous un format graphique (Dondero & Fontanille, 2014).

Or pour procéder à la mise en scène, dans les images, d'une certaine organisation des parties de l'objet qu'elles doivent permettre de renseigner, la *logique diagrammatique*[‡] invite à établir une *commensurabilité*^{232‡} entre d'une part, une certaine structure de l'objet imagé (parties qui émettent de la fluorescence) et, d'autre part, une certaine structure de l'image (ses éléments morphologiques, qui se rapportent sous un certain rapport aux propriétés de la matière qui ont été enregistrées).

À partir du travail de Dondero et Fontanille (2014) sur la structure d'expérience de l'image, partant du fait que cette *formation et organisation de la matière* dont procède le dispositif technique imageant résulte en une image qui elle-même est composée par l'articulation d'une *substance* à une *forme* (Dondero, 2020), on déduit que cette *logique diagrammatique* est organisante à deux niveaux :

- Au niveau du *dispositif technique imageant per se*, qui fixe le type de données qui seront acquises et qui contraint, dans une certaine mesure, la façon dont l'image va pouvoir être organisée pour se rapporter à l'objet. Autrement dit, au niveau du *dispositif technique imageant*, il y a une pré-organisation de ce qui constituera la *substance* de l'image (des mesures numériques du signal émis par l'objet excité) mais aussi du type de *relation* que l'image devra restituer.
- Au niveau de ce que nous appelons le *dispositif de l'image*^{233‡} : ce qui organise

232 ‡ Commensurabilité : La commensurabilité désigne la capacité de comparaison d'un objet à des relations attendues entre des éléments, généralement en se basant sur des théories.

233 ‡ Dispositif de l'image : Le dispositif d'une image est l'ensemble logique qui organise le rapport entre substance et forme de l'image. Nous pourrions ici utiliser le terme « support » tel qu'abordé par Dondero (2020) mais le concept nous a semblé trop complexe pour traiter ce que nous souhaitons exposer dans ce chapitre tout en restant fidèle à ce que l'auteur dit des nombreuses définitions du support en sémiotique.

comment cette *substance* va être *organisée* visuellement selon certaines relations. En d'autres termes, au niveau du *dispositif de l'image* se trouve l'organisation diagrammatique de la relation entre *substance*^z et *forme*^z de l'image.

[POINT 2] C'est par une double organisation de la *commensurabilité* de l'image à l'objet étudié, au niveau du *dispositif technique imageant* et au niveau du *dispositif de l'image*, que les formats visuels entretiennent un *rapport diagrammatique* avec leur objet d'étude.

La *logique diagrammatique* consiste donc à organiser une commensurabilité entre des éléments, mais cela n'explique pas encore la manipulabilité des images et leur valeur expérimentale.

9.2.3. Un fonctionnement diagrammatique des images

Chez Peirce²³⁴, le propre du diagramme n'est pas juste de se rapporter à l'objet auquel il réfère, mais, par un fonctionnement particulier, d'être un véritable outil pour la pensée (Dondero, 2021).

Dans le cas des IMPs numériques, la numérisation du signal par le dispositif technique imageant permet la *discrétisation* des données : l'image elle-même est composée de ces unités discrétisées qui correspondent à *quelque chose* de l'objet imagé (par exemple, les intensités de fluorescence). Sur cette base, ces unités vont pouvoir être organisées dans l'image et ainsi rapporter à une certaine *structure* de l'objet imagé. C'est ce que nous avons expliqué dans la section précédente.

Mais la seule discrétisation des données de l'objet ne suffit pas pour faire en sorte que l'image *fonctionne* comme un diagramme. Pour que l'image *fonctionne* comme un diagramme, ait un « **fonctionnement diagrammatique** » (Dondero, 2010b, p.131), les données doivent pouvoir être *reconfigurables* et ce, sans entacher la *commensurabilité* de leur organisation à celle de certaines parties de l'objet d'étude qu'elles sont censées permettre d'explorer.

234 Comme chez d'autres philosophes que nous n'aborderons pas dans cette thèse : par exemple Gilles Châtelet, Gilles Deleuze.

[POINT 3] L'organisation de la *commensurabilité* de l'image aux objets d'étude procède d'une *logique diagrammatique* qui doit garantir qu'entre chaque transformation de l'image, la *substance* reconfigurée qui fait naître la *forme* est toujours *commensurable* à l'objet imagé.

9.2.4. Une modularité qui permet d'explorer l'objet d'étude

Au niveau du *dispositif de l'image*, il apparaît que les *données discrétisées* qui constituent la première *substance* de l'image²³⁵ doivent pouvoir s'intégrer à un « alphabet de modules » pour constituer un « système notationnel » (Dondero, 2009a, p.8). Pour avoir un *fonctionnement diagrammatique*[‡] l'image doit en effet pouvoir *fonctionner comme une notation*. Comme le décrit Dondero :

« La notation est la constitution d'un alphabet de modules qui vise à offrir un plan de commensurabilité entre particularités ; il ne s'agit pas spécialement de généralisations, mais justement des commensurabilités, et de la possibilité de caractériser une image non seulement comme une image de quelque chose, mais comme un terrain d'opérations possibles en vue de manipulations ultérieures. » (2009a, p.8)

Autrement dit, pour que l'image devienne opérable, un instrument de raisonnement, un « (...) support de travail qui permet de faire émerger de nouvelles formes et donc de nouvelles idées, nécessaires à la poursuite de l'enquête » (Dondero, 2010b, p.116), en somme pour que l'image ait ce que nous avons désigné comme une *valeur expérimentale*, elle doit être *modulaire*[‡], composée de modules, *et donc modulable, manipulable*.

De par ce *rapport diagrammatique* de l'image à l'objet étudié, qui implique leur *modularité*[‡], les formats visuels permettent d'effectuer des opérations. Les signes

235 Nous parlons de « première substance » pour sous-entendre que les données ne sont pas la seule composante de la « substance » de l'image. Par exemple, on peut considérer que dans le cas de l'image numérique, les IMPs étant pour la plupart des images numériques ou amenées à être numérisées, ont plusieurs types de substance : les données, le code, les pixels de l'écran d'ordinateur... Ce point se rapporte aux réflexions sémiotiques sur la question du support des images (voir Dondero, 2020 ; Dondero & Reyes-Garcia, 2016). Nous ne développerons pas ce point dans cette thèse. Nous notons aussi que la question « IMPs : numériques ou non numériques ? » reste ouverte, puisque le résultat d'un Western Blot, avant d'être numérisé, est aussi une IMP, une image mécaniquement produite qui entretient un lien de causalité avec le spécimen imagé. Néanmoins, est-elle alors aussi manipulable comme les IMPs numériques ? Par ailleurs, un bon nombre de diagrammes traités par la littérature n'ont pas une nature sémiotique numérique, ni nécessairement un lien de causalité avéré avec les objets qu'ils permettent d'explorer, ce sont des inscriptions tracées sur feuille de papier, des maquettes modulables (comme par exemple celle mobilisée par Watson et Crick pour explorer la structure de l'ADN)... Cette ligne de questionnement restera ouverte dans cette thèse.

diagrammatiques permettent en effet de par leur nature particulière « l'expérimentation et la génération d'inférence comme ils peuvent être utilisés pour générer de nouvelles conclusions à propos de relations existantes dans le monde » (Alač, 2011, p.42). En ce sens, les images scientifiques peuvent assurer un « rôle d'intermédiaire » (Dondero, 2011b, p.139) avec les objets étudiés, qui permet de « ressortir de nouvelles analogies entre phénomènes » (Dondero, 2011b, p.139) et ce, parce qu'elles fonctionnent comme un *système notationnel*[‡] dont les règles de relation sont *commensurables* à celles qui régissent certaines parties de l'objet d'étude. C'est ce fonctionnement qui permet à leur travers, par le biais de transformations visuelles, d'opérer sur l'objet.

On a là, à la fois les conditions de la *manipulabilité* des images scientifiques, mais aussi ce qui garantit leur *valeur expérimentale*.

En effet, de par sa *manipulabilité*, qui repose sur cette *logique diagrammatique* organisant un *rapport diagrammatique* entre les *éléments plastiques de l'image* (substance et forme) et par prolongement entre les éléments morphologiques de l'image et certains éléments de l'objet d'étude, l'image devient un terrain d'expérimentation à proprement parler, une *image ayant des « valeurs opérationnelles »* (Dondero, 2010b, p.126) : faisant montre non seulement d'une capacité à être manipulée mais aussi d'une capacité à permettre l'exploration d'un objet tiers au travers de cette manipulation (*Ibid.*). C'est ce qui nous semble caractériser un médium (Gentès, 2022).

Le diagramme va ainsi permettre de visualiser sous différentes configurations les données expérimentales acquises. Ce travail de composition ou recomposition par manipulation et réaction des éléments qui structurent l'apparence du format visuel a une incidence directe sur la perception de « l'état » des données expérimentales et le sens qui pourra en être tiré. C'est ce que nous avons décrit au chapitre précédent lors des expérimentations des scientifiques permettant un processus de *recadrement*^{236‡}. Ainsi, cette capacité du diagramme à *figurer* des relations tout en permettant de les *travailler* est notamment ce qui fonde la *capacité projective*[‡] des images, articulée par la *manipulabilité* et la *réactivité* des formats visuels que nous avons pointée au chapitre précédent.

236 ‡ Recadrement : processus par lequel un praticien re-interprète et re-formule la situation de pratique dans laquelle il se trouve. Correspond au concept de *frame experiment* de Schön (1983) ou *reframing*.

La lecture presque immédiate de l'image par le scientifique, qui accompagne la *réactivité* des images retourne de la double dimension du diagramme, que Dondero (2010b, 2009a), à partir du travail de Nelson Goodman, évoque : le diagramme est à la fois modulaire –de l'ordre du système notationnel– et à la fois « dense » –de l'ordre de la « pictorialité » (Dondero, 2009a, p.12). C'est cette ambivalence du diagramme qui permet, à son travers, à la fois une exploration fine et locale des éléments qui composent l'image, mais aussi une interprétation globale de l'image, de ce que sa surface présente, comme dans le cas où Ju. consulte son *overview* et obtient d'une part, une première idée des *résultats* de sa manipulation, autrement dit des *informations* que contiennent ses *données* (lecture globale) et, d'autre part, des *Index de Similarités Typiques* concernant *tous ses puits* (lecture locale).

Ainsi, nous comprenons que c'est la *logique diagrammatique* qui préside à la production des IMPs qui assure la simultanéité de l'analyse et de la révélation informationnelle évoquée par Lynch (1990) : lorsque le scientifique agit sur l'affichage graphique, il re-configue la structure des données acquises, ce qui en retour a un effet immédiat sur le *champ sémiotique*. La morphologie du format visuel se modifie et les configurations signifiantes changent tout en restant *sensibles* voir *lisibles* pour le scientifique car elles conservent *un certain rapport entre elles* : celle du rapport organisé selon une logique diagrammatique. Autrement dit, la manipulation de l'image permet l'expérimentation de son *contenu informationnel*. On comprend mieux alors que le régime de confiance des images scientifiques théorisé par Dondero et Fontanille (2014) puisse reposer sur la *transformabilité* des images.

[POINT 4] La *logique diagrammatique* consiste, au niveau du *dispositif de l'image*, à organiser la substance de l'image en un *système notationnel* fait de modules qui lui permet d'être *opérable* : de pouvoir soutenir des opérations. En d'autres termes, cette organisation notationnelle qui est commensurable aux parties d'un objet d'étude permet à l'image d'être *manipulable* et d'avoir une *valeur expérimentale*.

9.2.5. Les conditions de la manipulabilité des images scientifiques et de leur valeur expérimentale

On voit ainsi que pour comprendre d'une part, les conditions de la *manipulabilité* des images et, d'autre part, la *valeur expérimentale* des images, il a fallu s'intéresser non seulement au *dispositif technique imageant* mais aussi au *dispositif de l'image* : à ce qui organise la logique entre sa *substance* et sa *forme* et confère à l'image des *propriétés matérielles* et de potentielles *propriétés sémiotiques*.

[SYNTHESE] On comprend que la *manipulabilité* des images scientifiques tient à deux choses :

- D'une part, au fait que les visuels entretiennent un *rapport diagrammatique* à leur objet d'étude de par l'organisation d'une *commensurabilité* de la structure des images à cet objet.
- D'autre part, au fait que, pour organiser cette *commensurabilité* au niveau de l'image, le *dispositif de l'image* rend modulable la substance de l'image et par prolongement ses formes en l'organisant en système notational.

Ainsi, la *logique diagrammatique* qui organise une *modularité* de l'image permet leur *manipulabilité*.

De par le fait que cette manipulabilité est fondée sur un principe de *commensurabilité* avec une certaine structure de l'objet d'étude, elle permet aux images d'avoir une *valeur expérimentale*.

- Les scientifiques peuvent à leur travers explorer leurs données en temps réel en réalisant des opérations (*réactivité*).

L'image a ainsi un *fonctionnement diagrammatique* : elle permet de réaliser des opérations sur un objet au travers de la manipulation de ses unités constitutives, qui se rapportent à des parties de l'objet que le diagramme permet de visualiser.

Cet ensemble de relations constitue la *diagrammaticité* des images scientifiques : le fait qu'elles procèdent de *rapports diagrammatiques* avec les objets d'étude, jusque dans l'organisation de leur substance et de leur forme qui les organise en système notational et les rend *opérables*, leur conférant une *valeur expérimentale*.

9.3 Les « interprétations transversales » d'images et les « coupures sémiotiques » au cœur de l'activité d'analyse

À l'étude de notre terrain, il apparaît que malgré cette *diagrammaticité* des images, censée garantir la *commensurabilité* des images scientifiques aux objets d'étude, les scientifiques font face à des problèmes, dans le cours de leur activité, qui sont de l'ordre d'une *incommensurabilité*. Cette *incommensurabilité* nous questionne parce qu'elle ne semble pas pour autant stopper l'activité et donc empêcher la *valeur expérimentale* des images : en ce sens, la *diagrammaticité* des images semble concerner autre chose que leur rapport aux objets d'étude et leur modularité.

9.3.1. Des coupures sémiotiques entre différents formats visuels

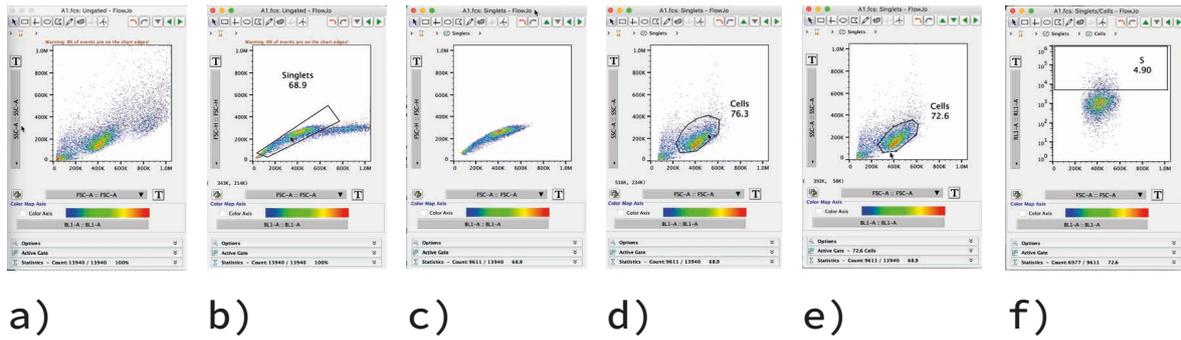
Ces problèmes émergent suite à un *paramétrage* de la part du scientifique.

Au fur et à mesure de son analyse, différentes *gates* ont été appliquées aux données des échantillons de Lu. : elles ont fait l'objet d'un *gating*²³⁷ progressif. Une première *gate*[‡] a servi à isoler les *cellules singulées*²³⁸, pour s'assurer que le signal représenté corresponde bien au signal émis par une cellule et ainsi éviter les « faux positifs ». Une seconde *gate* a servi à isoler les cellules « valables » pour l'analyse : celles qui sont dans un état biologique qui, théoriquement, rend « valide » le marquage pour une analyse *scientifique*. Une dernière *gate* a servi à isoler les cellules exprimant de la fluorescence [FIG.62].

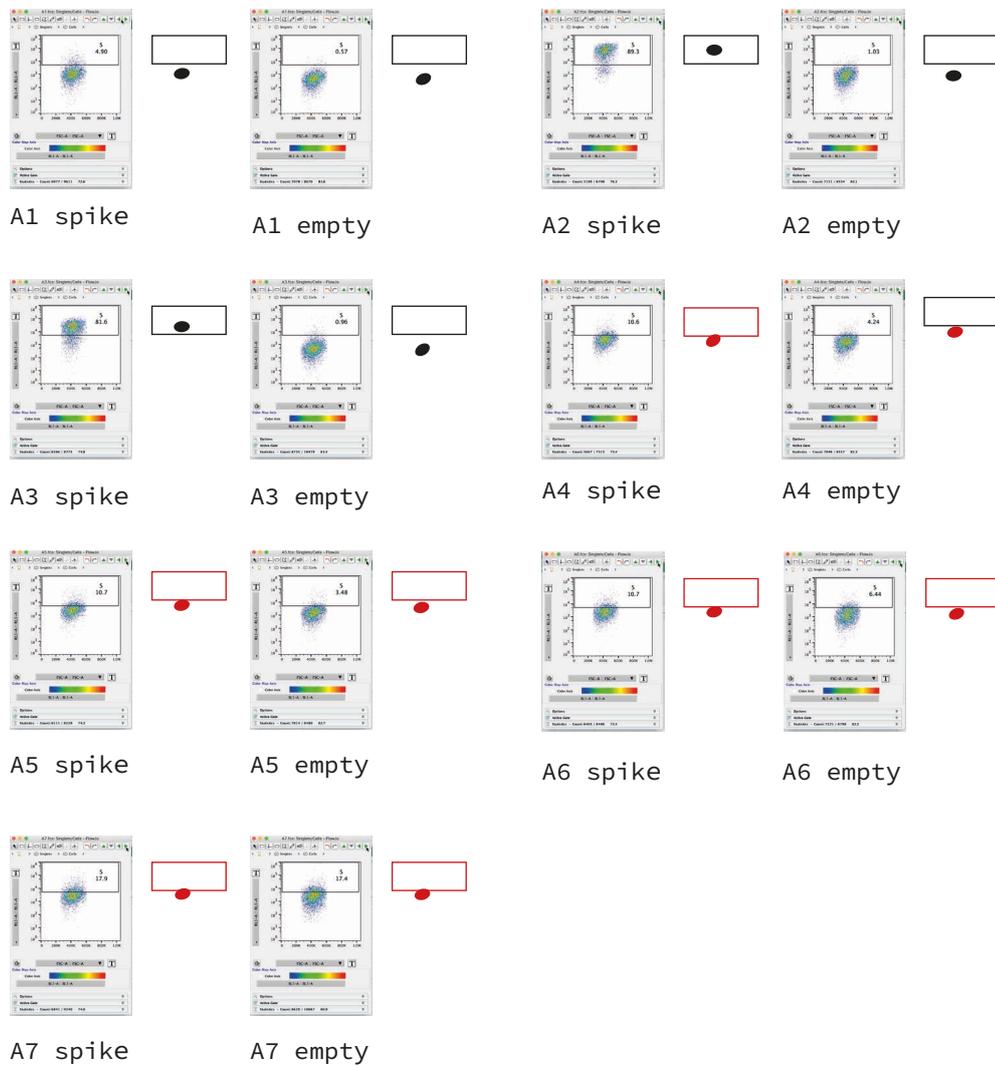
Or, à chacune de ces *gates*, c'est une *partie* des données expérimentales récoltées qui a été isolée. Le problème qui se pose à Lu., c'est que la dernière *gate*, celle du marquage, semble *fonctionner* pour certains échantillons, vis-à-vis des

237 ‡ Gating : Opération de traçage ou de génération (sur la base d'un espace de travail déjà configuré) d'une *gate* sur un dotplot de cytométrie en flux. *Gate* : délimitation par tracé fermé d'un ensemble de points du dotplot. Les points à l'intérieur de la *gate* constituent les données correspondant au *gating*.

238 Les cellules singulées sont des cellules qui ont été isolées par un *gating* pour assurer que le logiciel n'analyse pas deux cellules (doublées) comme étant une seule cellule, générant alors des « faux-positifs ». Voir Chapitre 7 pour plus de détails.



[FIG.62] Les données des échantillons ont fait l'objet d'un gating progressif : isolement des singulées (a+b), isolement des cellules valides pour l'analyse (c+d+e), isolement des cellules exprimant la protéine S (f).



[FIG.63] Les différents échantillons A1 spike à A7 empty. (Lu. EE : 04 :39-04 :52)

critères de son *système appréciatif*^{239‡}, mais pas pour d'autres. Autrement dit, dans certains cas il y a une *congruence* entre son *Index virtuel de Similarités Typique* indiquant où le nuage de points représentant ses données devrait se trouver pour les échantillons test (spike) et contrôle (empty) et ce qui est affiché à l'image et, dans d'autres cas, il y a une *rupture* [FIG.63].

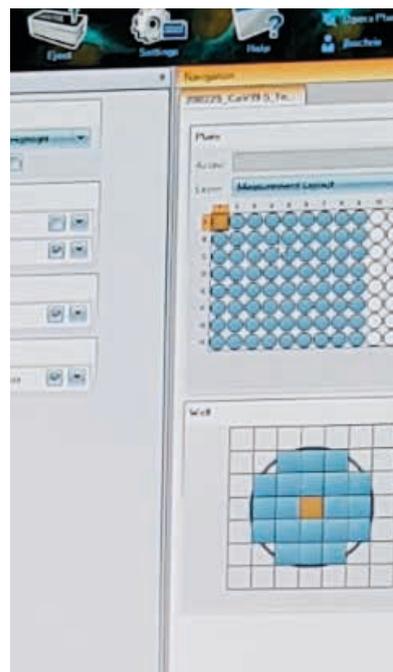
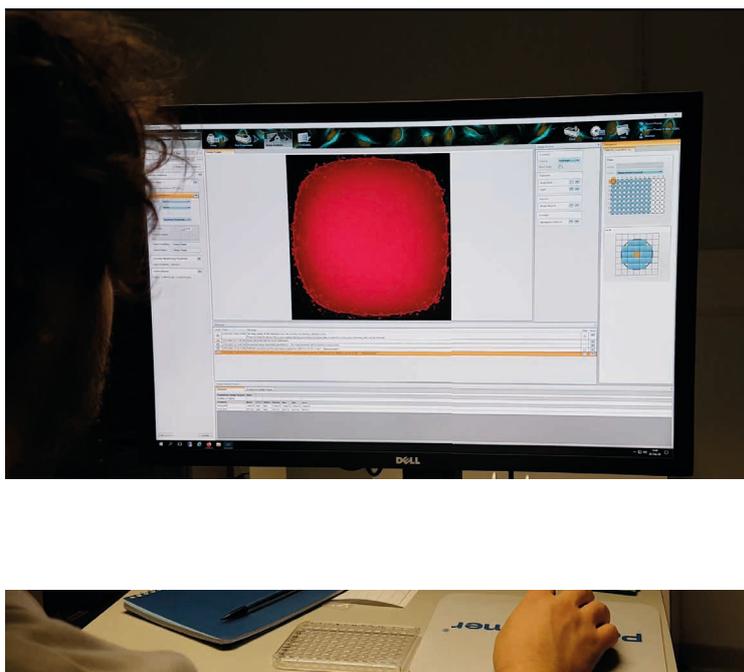
Ainsi, dans la [FIG.63] nous voyons : que pour les différents échantillons A1 spike à A7 empty les premiers placements (A1 spike – A3 empty) des nuages de points correspondent à un marquage valide, où l'échantillon témoin, contrôle (empty) est bien placé en dessous de la gate. Le placement de l'échantillon test (spike) est donc interprétable comme disant quelque chose de l'expression de la protéine S (exprimée ou non, selon le placement du nuage de points). En revanche, les placements suivants (A4 spike – A7 empty) posent problème : l'échantillon contrôle est soit très proche de la gate, soit même coupé par la gate. Lorsque le nuage de points est coupé par la gate, on ne peut pas interpréter les échantillons spike relativement à cet échantillon témoin.

De son côté, Ju. a appliqué un seuil à ses images et, en résultat, le seuillage s'est avéré complètement faussé pour certains puits : incongruent avec les *Index virtuels de Similarités Typiques* synthétisé sur la base de l'overview [FIG.64]. Ainsi, Ju. a appliqué un seuillage à ses images et l'aire de fluorescence indiquée par le logiciel s'est révélée incongruente dans certains cas avec celles qu'il avait observées dans son overview. Dans la [FIG.64], le puits dont l'image centrale est visualisée (a) devrait présenter une absence d'overlay car, d'après l'overview (b), ce puits n'exprime pas ou extrêmement peu de fluorescence (et donc de fusion cellulaire).

[POINT 1] Cette irrégularité que nous identifions dans l'activité, nous l'appelons une *coupure sémiotique*‡ car elle coupe la congruence du sens perçu de certaines images avec celui d'autres images dans l'activité : elles sont *incomensurables*.

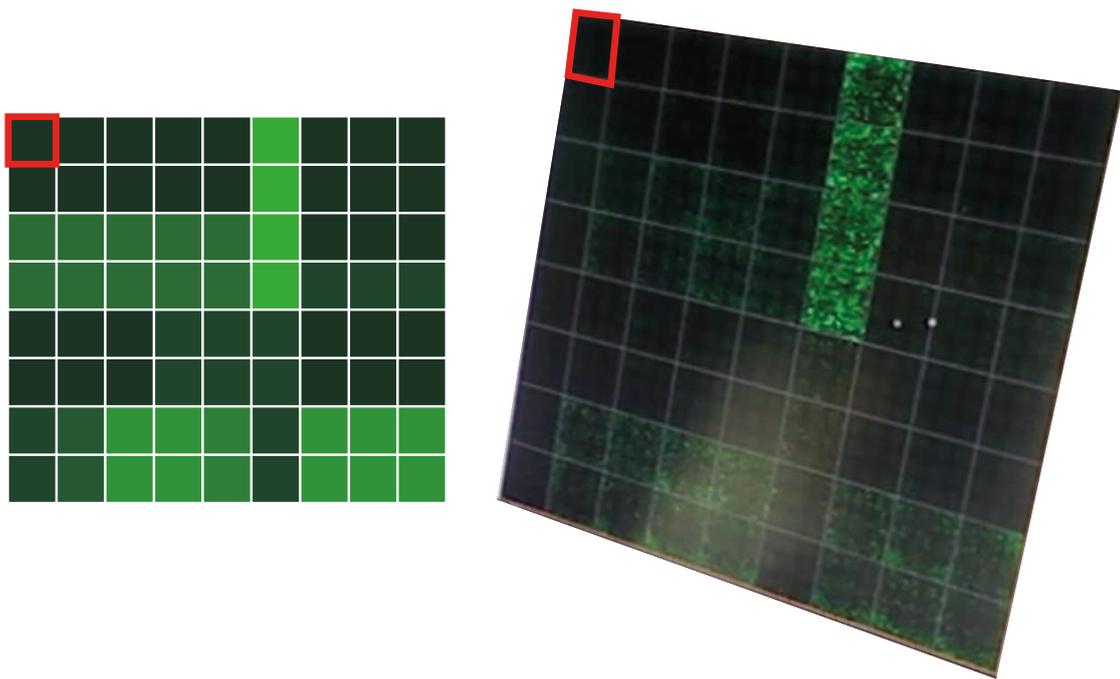
239 ‡ Système appréciatif : Désigne un ensemble de critères plus ou moins formalisés qui guident la pratique. À partir de ces critères, le praticien évalue si le déroulé de son activité est cohérent, congruent, avec les conditions selon lesquelles sa pratique doit se mener. Basé sur Schön (1983).

a)



(EE1) 00:28 == (EV) 04:56
 Ju. affiche un puits où l'overlay devrait être absent, du fait
 d'une absence de fluorescence observée via l'overlay.

b)



[FIG.64] *Incongruence entre le niveau de fluorescence indiqué par l'overlay (a) et celui indiqué par l'overview (b).*

9.3.2. Des interprétations transversales en quête de cohérence

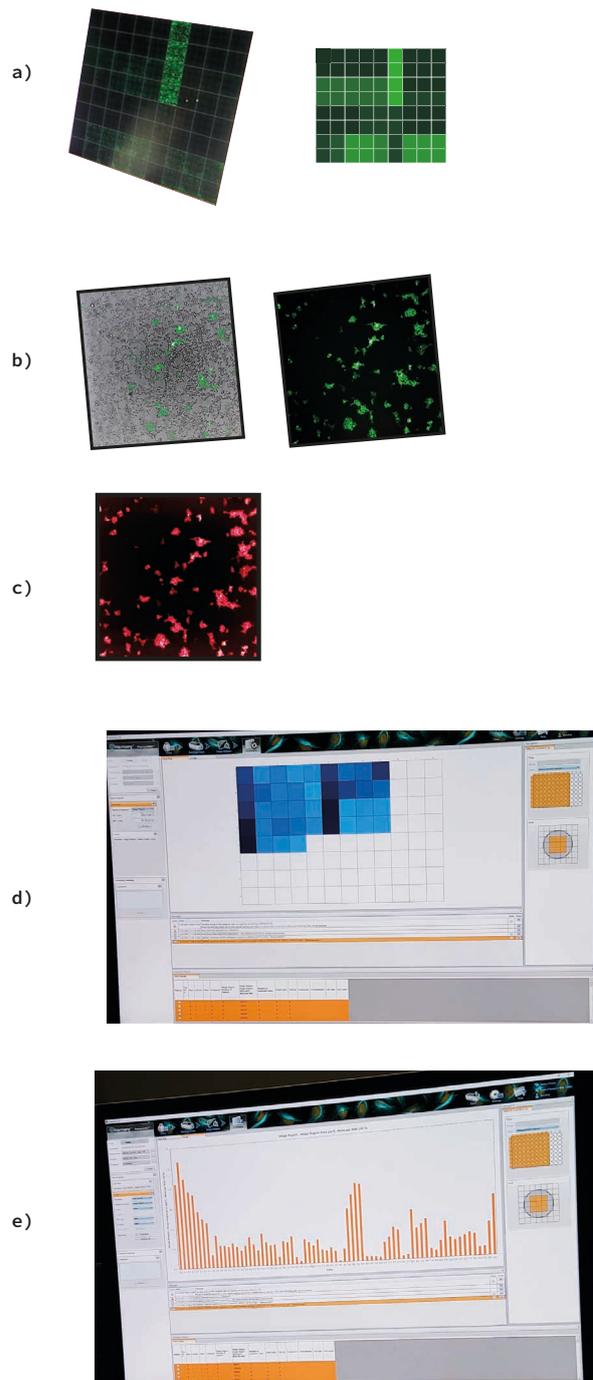
Nous remarquons qu'au cours de l'activité, les scientifiques n'interprètent pas une image : ils réalisent des *interprétations transversales*[#] d'images. Ces interprétations transversales sont nécessaires à l'activité d'analyse des données expérimentales biologiques qui consiste à comparer différentes conditions pour en tirer des conclusions. Or, l'*incommensurabilité* observée concerne justement ces *interprétations transversales*.

Dans le cas de Ju., l'incohérence est en rapport à l'*Index virtuel de Similarité Typique* généré par la *consultation* de son *overview*. D'après l'interprétation de son *overview*, les puits devraient présenter certains éléments, comme par exemple, un absence d'*overlay*. Face à l'*incongruence* de son *overlay* avec sa première interprétation, Ju. va explorer les puits pour *attester* de l'incongruence mais aussi pour tenter d'y remédier. Pour *évaluer* cette incongruence, Ju. va aussi mobiliser des formats visuels qui procèdent d'un *régime visuel*[#] différent : il va d'abord explorer les images de puits, mais il va aussi générer une Heatmap et un Histogramme, qui vont lui permettre d'évaluer la *force* de cette incongruence [FIG.65]. Il procède ainsi à une remédiation qui passe par l'extraction de certaines données de son image (Allamel-Raffin, 2004a) et lui permettent de « voir ce que ça donne », autrement dit, de voir à *quel point* l'incongruence entre ses différentes images, celles de l'*overview* qui correspondent en quelque sorte aux images « brutes » et celles de l'*overlay* qui correspondent aux images ayant suivi un traitement analytique, est forte.

[Ju. verbatim n°15] (L.809) « (...) J'veais quand même lancer l'analyse en BATCH et voir c'que ça donne, mais au lieu de la lancer sur les Bords qui sont ceux qui sont plus sensibles à, à être Faux. J'veais l'lancer sur...La partie centrale du puit. En sachant pertinemment que, c'est pas Parfait. Mais j'me suis dis je vais voir ce que ça donne parce que ça m'intéresse. »

Dans le cas de Lu., l'incongruence qui pose problème est en rapport à un *Index virtuel de Similarités Typique préalable* à la séance d'analyse : celui qui modélise ce qu'est un marquage de qualité :

[Lu. verbatim n°8] (L.415) « Bah j'regardeuuh bah du coup la troisième fenêtre avec la troisième gate, heu, et selon heu, en général je pense heu, à si le marquage est plus ou moins, Joli. Donc... Selon les échantillons avec deux populations bien heu, fin une population bien distincte, positive ou pas. Donc c'est ce que, moi j'appelle joli, c'est quand on voit bien la population positive » (L.445) « Et quand on regarde



[FIG.65] *Ju. a mis en rapport différents formats de visualisation de ses données suite à un problème de seuillage : a) L'Index virtuel de Similarité Typique issu de l'overview et les Index en découlant pour chaque puits ; b) La visualisation des images de puits sans seuillage, sous différents modes d'affichage ; c) La visualisation des images de puits avec overlay ; d) L'affichage des moyennes de fluorescence pour chaque puits restituées par Heatmap ; e) L'affichage du rassemblement des données de puits ayant une aire de fluorescence de même valeur par Histogramme.*

le, l'échantillon test, avec le marquage, on a bien une population qui monte bien dans la gate, assez haut, avec heu, donc une forte fluorescence. »

Elle constate à partir de son échantillon A4 que les nuages de points sont très proches de la gate et, arrivée à l'échantillon A7, que le nuage de point est franchement coupé par la gate. En conséquence, Lu. va aller naviguer dans les différents *dotplots* d'autres échantillons pour évaluer si cette incongruence est *partagée* par ses autres échantillons.

[POINT 2] Dans le cadre de l'analyse des données expérimentales, d'une part, les scientifiques n'analysent pas une image mais des séries d'images : ils réalisent des interprétations transversales. D'autre part, des coupures sémiotiques peuvent se produire entre ces différents formats visuels qui ne sont pas congruents et donc incommensurables entre eux.

9.3.3. La commensurabilité généralisée des images scientifiques

De par les *interprétations transversales* que réalisent les scientifiques, on peut déjà conclure que l'incommensurabilité *entre les images* ne signifie pas que la logique diagrammatique, inscrite dans l'image, s'est effondrée : les formats visuels *continuent* de dire quelque chose des données, puisqu'elles constituent un *moyen d'exploration* de l'*incongruence* identifiée et donc d'une certaine façon de *fonctionner* comme un diagramme. Néanmoins, un *certain* rapport diagrammatique, une certaine *commensurabilité*, semble être mis en difficulté.

Pour Lu., on pourrait penser que le problème qui se pose est simplement un problème de qualité du marquage en soi : certaines cellules n'expriment pas l'anticorps attendu et cela constitue alors bien un résultat de son étude : les donneurs n'ont pas exprimé la protéine S.

Mais la lecture du « beau marquage » ne dépend pas seulement du placement du nuage de points dans la gate pour les échantillons marqués : il est relatif à l'échantillon « contrôle » qui lui correspond et qui, lui, doit être placé en dessous. Or dans le cas des échantillons qui lui posent problème, on voit bien qu'après avoir fait défiler un échantillon dont le marquage était cohérent avec ses attentes, les échantillons suivants présentent un marquage peu distinct et l'échantillon qu'elle consulte en dernier avant d'effectuer une transition (A7

empty, voir [FIG.63]) présente un marquage non conforme : son nuage de points est coupé par la gate.

Ainsi, durant l'enregistrement de l'activité, Lu. nous met sur une autre piste : a priori il s'agit d'un problème concernant la qualité de chaque échantillon individuel, qui ont chacun un « bruit de fond » différent car provenant de sérums de donneurs différents, ce qui cause cette incongruence de gating (la gate n'est pas congruente avec le système appréciatif, ou l'Index de similarité typique, pour tous les échantillons). Elle nous dit :

[Lu. verbatim EV n°1 - 14 :10] « En fait on s'est rendues compte que le bruit de fond, sur chaque échantillon, était pas le même heumm, ((inaudible)) ça dépend du sérum, fin c'est le sérum des gens donc il y a pleins de choses dedans et heuum on sait pas trop pourquoi mais heu, Tous ont pas le même bruit de fond. »

Le problème qui se pose alors, c'est d'opérer un choix entre effectuer un gating collectif et un gating individuel. Ce choix est problématique car l'étude de Lu. s'inscrit dans une enquête scientifique plus globale, où la plaque qu'elle analyse durant les extraits présentés (Plaque 3) n'est qu'une plaque parmi d'autres : il faut, elle nous informe, que le traitement des images de puits soit commensurable entre les différentes plaques et entre les différents échantillons.

[Lu. verbatim EV n°2 – 13 :15] « Je revérifie la plaque 2 en fait. Parce que j'ai changé la gate. Comme on va les mettre ensemble il vaut mieux en fait que je mette la même gate, partout, et que j'adapte pas trop aux individus en fait. C'est surtout, j'essaye faire comme Isa et je crois que Isa, elle a pas changé, la gate. Ouais, c'est pour essayer de changer le moins de choses possibles. »

Pour Ju., le seuillage constitue la base de sélection qui doit servir au logiciel à analyser l'aire de fluorescence, qui elle-même atteste du taux de fusion cellulaire. Si le résultat est cohérent pour certains échantillons²⁴⁰, mais pas pour d'autres, alors l'analyse rompt la commensurabilité des données entre elles et donc la possibilité de tirer des conclusions scientifiques solides des résultats obtenus. En effet, Ju. cherche à comparer différentes conditions et à déterminer si selon certaines conditions la fusion cellulaire est stoppée. Il nous dit, pour expliquer le problème de seuillage vis-à-vis de l'analyse :

[Ju. verbatim n°16] (L.819) « C'est-à-dire que y'auraaa... Heum... Pas une Corrélation parfaite entre l'Aire et les Résultats. Donc y'aura... Les résultats s'ront partiellement, heummm... Bah, Pas forcément Faux, mais en tout cas pas Forcément...

240 Vis-à-vis de l'Index virtuel de Similarités Typiques généré après avoir consulté l'overview – qui constitue en quelque sorte « l'image source », les « données brutes ».

Entièrement cohérents avec les, avec les vraies datas. C'est-à-dire que l'analyse va... Surestimer certains puits. »

On voit dans les deux cas que c'est bien un souci de commensurabilité qui se pose, mais ce dernier ne concerne pas tout à fait la commensurabilité entre les images et leurs objets d'étude : il concerne la commensurabilité des images entre elles du fait des traitements analytiques leur étant apportés. La commensurabilité des images scientifiques concerne ainsi aussi une cohérence entre les différentes versions d'images qui se sont développées durant l'analyse, suite à des traitements de la part du scientifique.

Or, ce qu'on observe dans le cadre de ces *coupures sémiotiques*, c'est que malgré cette incommensurabilité, les images continuent d'avoir une *valeur expérimentale* au sens où elles permettent d'explorer le problème qui se pose. En revanche, elles ne permettent plus d'explorer les objets d'études en soi, tant que la commensurabilité des images entre elles n'est pas recouverte.

Ainsi, en étudiant la manipulation diachronique des formats visuels, on s'aperçoit que leur *diagrammaticité* concerne plusieurs niveaux :

- Le niveau qui concerne le *rapport diagrammatique* entre données acquises et format visuel, qui garantit leur *manipulabilité* et leur *valeur expérimentale*.
- Le niveau qui concerne le rapport diagrammatique entre les différentes versions des formats visuels au fur et à mesure de leur expérimentation par les scientifiques afin de les analyser.

[POINT 3] Dans le cadre de l'analyse des données expérimentales, la *diagrammaticité* des images ne désigne pas seulement la configuration, par un dispositif technique imageant et par le dispositif de l'image, de leur *substance* et de leur *forme* en rapport à un objet d'étude, mais aussi un *rapport de commensurabilité* entre les différentes images produites *au cours de l'activité*.

9.3.4. Une exigence du dispositif institutionnalisant de la recherche

Nous avons montré sur la base de la littérature, dans le chapitre 2 de l'état de l'art, que la commensurabilité est une condition de la *valeur scientifique* des images. Dans ce cadre, la *logique diagrammatique* que nous avons abordée, qui consiste précisément à organiser une *commensurabilité* entre les images et leurs objets *répond* aux critères de scientificité fixé par le *dispositif institutionnalisant*[‡] de la recherche.

En ce sens, ce que nous désignons comme la *diagrammaticité* des images scientifiques dans le cadre de l'activité d'analyse se faisant fait écho à ce que Dondero (2010c) qualifie comme l'indicialité des images scientifiques, en considérant toutefois celle-ci au niveau plus global du parcours pratique que fonde le dispositif institutionnalisant de la recherche :

« Il s'agit d'une indicialité qui n'a rien à voir avec l'idée statique d'empreinte ou de contact, parce que c'est dans la densité des médiations qu'on peut retrouver la garantie d'un 'transport'. » (p.93, nous soulignons)

Cette densité de médiation dont parle Dondero et qui garantie le transport de certaines propriétés scientifiques de l'objet d'étude, nous l'interprétons comme la conservation d'une commensurabilité à la fois entre images et objets, que nous avons abordée dans les deux premières sections de ce chapitre, mais aussi entre les multiples images que l'activité d'analyse produit et modifie.

On voit ainsi l'une des mesures par lesquelles le fonctionnement des images scientifiques au niveau de leur manipulation est lui-même configuré par le dispositif plus global dans lequel elles s'inscrivent. Ce dispositif plus global accompagne le *design expérimental*[‡] des scientifiques, en fixant des critères de comparabilité entre conditions et le design expérimental à son tour configure certains niveaux du dispositif imageant. C'est seulement à condition de la « *densité de médiation* » (Dondero, 2010c, p.93) évoquée par Dondero que la *valeur scientifique*[‡] des images peut être fondée et maintenue et, en conséquence, que l'analyse menée à leur travers recouvre elle aussi une *valeur scientifique*.

[POINT 4] Si le niveau de *diagrammaticité* qui concerne le *rapport diagrammatique* entre données acquises et format visuel garantit la *manipulabilité* et la *valeur expérimentale* des images, le niveau de *diagrammaticité* qui concerne le *rapport diagrammatique* entre les différentes *versions* des formats visuels au fur et à mesure de leur expérimentation par les scientifiques afin de les analyser, cherche à garantir, lui, le maintien de la *valeur scientifique* de cette *valeur expérimentale* des images.

9.4 Une organisation pratique pour le maintien de la diagrammaticité des images

À l'étude de notre terrain, il apparaît que la *conservation* de la *commensurabilité* entre les images au cours de l'analyse des images diagrammatiques de type IMP, nécessite de la part des chercheurs un *entretien actif* de leur *diagrammaticité*.

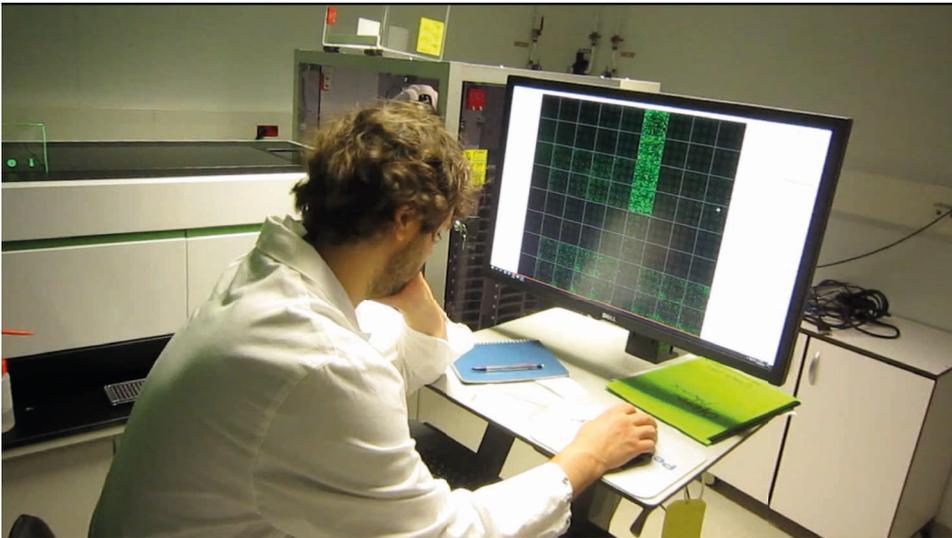
9.4.1. Un entretien de la diagrammaticité incarné et multimodal

L'entretien de la *diagrammaticité* des images peut déjà se retrouver dans l'*environnement* de travail du scientifique *extérieur* à l'écran d'ordinateur. Dans ce cadre, l'entretien procède d'une *coordination multimodale* entre les images affichées à l'écran et d'autres surfaces d'inscriptions graphiques.

En effet, bien que les gestes soient rares et les paroles absentes dans la majeure partie du déroulé des séquences que nous avons étudiées, nous avons tout de même observé une mise en *coordination*, par le scientifique, de plusieurs *objets sémiotiques* afin de faire sens de ses images. Nous proposons que cette mise en coordination *participent* de leur diagrammaticité.

Dans plusieurs cas de figure, nos scientifiques vont par exemple mobiliser un *plan de plaque*[‡] : cette mobilisation procède d'une mise en synchronisation de deux champs graphiques par *disposition dans l'espace* afin justement d'assurer lors de la lecture de l'image la *cohérence* entre l'expérience scientifique et l'expérience visuelle [FIG.66].

[Ju. verbatim n°17] (L.309) « (...) La chose que d'ailleurs j'ai fait Avant ça, c'est que j'ai aussi regardé mon plan de plaque exactement, que j'avais sur heu sur mon truc...heum... » (L.318) « Même si je le connaissais assez bien maiiis... C'était plus



EV : 00:38

[FIG.66] Ju. consulte la plaque qu'il a posée devant lui : il s'agit du couvercle de sa plaque d'échantillon sur lequel ont été inscrites les différentes conditions.

sur la /prt/ et sur le S2 que je me rappelais plus exactement dans quel ordre donc ça j'ai re-vérifié d'ailleurs je pense quand j'ai vu...» (L.323) « Vu les résultats »

Ici Ju. évoque qu'avant de consulter sa vue d'ensemble (*overview*) il a consulté son plan de plaque, qui lui permet de mettre en correspondance chaque image de la vue d'ensemble, dont l'organisation reprend l'organisation du plan de plaque, avec ses conditions expérimentales. Pour ce faire, Ju. a déposé la plaque, dont le contenu a fait l'objet de la technique d'imagerie, devant son écran d'ordinateur : il peut ainsi la consulter pour mettre en rapport les éléments du champ graphique aux conditions expérimentales. Il explique aussi qu'il *re-consulte* le même plan de plaque à l'affichage des résultats, soulignant la nécessité de tenir près de lui ce *support informatif*.

De la même façon, on observe que Lu., lorsqu'elle évalue la qualité du marquage de ses cellules, va consulter le plan de plaque pour identifier à quoi correspondent ses échantillons et faire sens des *irrégularités* [FIG.67].

Par ce biais, les scientifiques *attestent* de la *congruence* de l'expérience visuelle, rapportée à l'expérience conceptuelle (règles de lectures d'images) avec les *conditions expérimentales* de l'objet étudié (expérience scientifique). Ce maintien de la diagrammaticité rentre ainsi dans le cadre du *régime de croyance phénoménal de transformabilité* décrit par Dondero et Fontanille (2014) mais fait aussi écho à la multimodalité de l'interprétation des images telle que décrite par Alač (2011).

[OBSERVATION 1] Au cours de l'activité, la diagrammaticité des images est maintenue au travers de l'activité par la mise en coordination de plusieurs formats sémiotiques entretenant des rapports diagrammatiques entre eux.

9.4.2. Un entretien diagrammatique diffus par tâtonnements de l'ordre d'un recouvrement.

Néanmoins, dans le cas des *coupures sémiotiques*, qui sont la *conséquence* d'un *traitement* de l'image par les scientifiques au cours de l'analyse, le scientifique va chercher non pas à *entretenir* la diagrammaticité mais à la *recouvrir* suite à sa *rupture*. Cela nécessite une *exploration*.

Dans le cas de Lu., c'est la comparaison en série de ses *dotplots* qui lui permet en définitive d'évaluer la *solution* qui lui semble la plus adaptée à sa situation pour assurer une *commensurabilité* entre ses images : au final, après avoir effectué des réglages individuels, elle prendra la décision d'*harmoniser* ses plaques en transférant un gating commun à tous ses échantillons [FIG.68]. Cette décision,

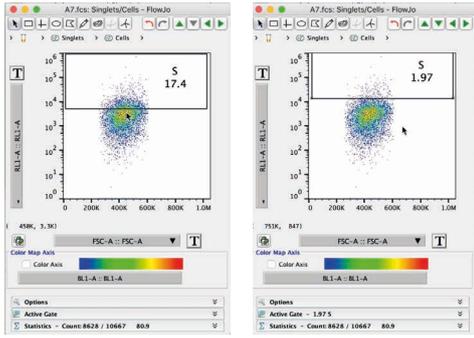


(EV) 04:57-04:58 (== EE : 04:53-04:54)

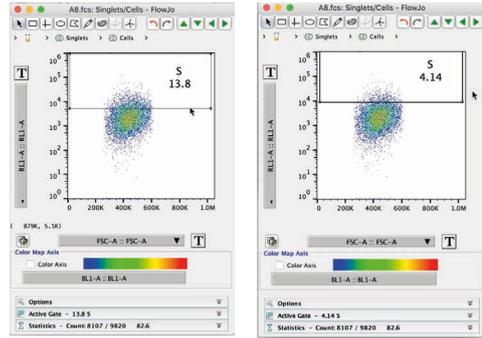


(EV) 04:59 (== EE : 04:55)

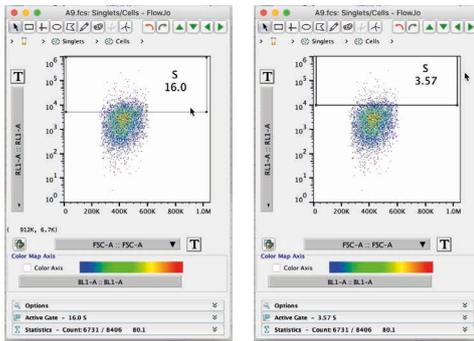
[FIG.67] *Lu. consulte le plan de plaque (une photographie des plaques utilisées sur le couvercle desquelles ont été indiqués les différentes conditions) posé en dessous de l'écran d'ordinateur qu'elle utilise pour analyser sa cytométrie en flux.*



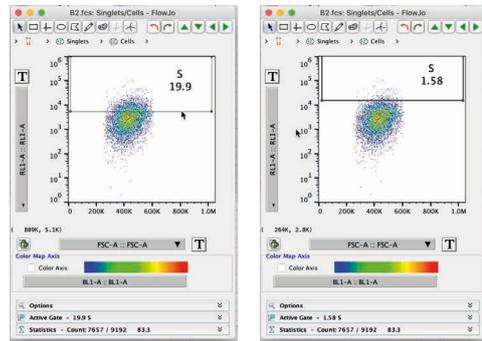
Lu. EE : 06:02-06:04
Lu. replace la gate (S) de A7 empty



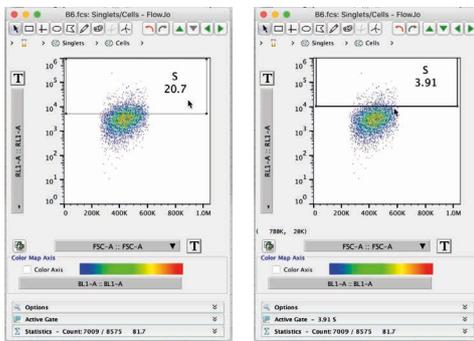
Lu. EE : 06:16-06:17
Lu. replace la gate (S) de A8 empty



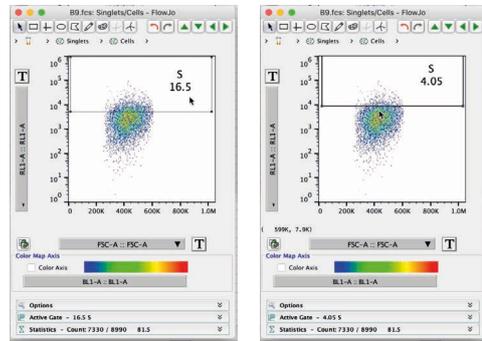
Lu. EE : 06:28-06:28
Lu. replace la gate (S) de A9 empty.



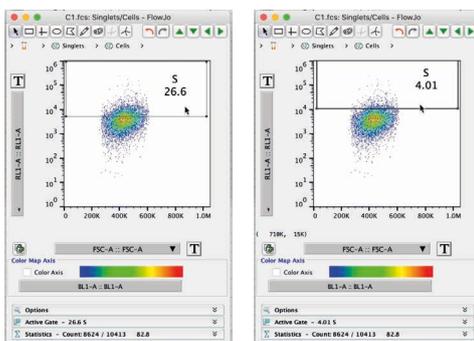
Lu. EE : 06:43-06:45
Lu. replace la gate (S) de B2 empty.



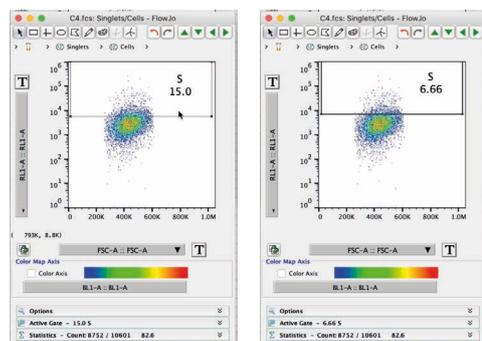
Lu. EE : 06:55-06:56
Lu. replace la gate (S) de B6 empty.



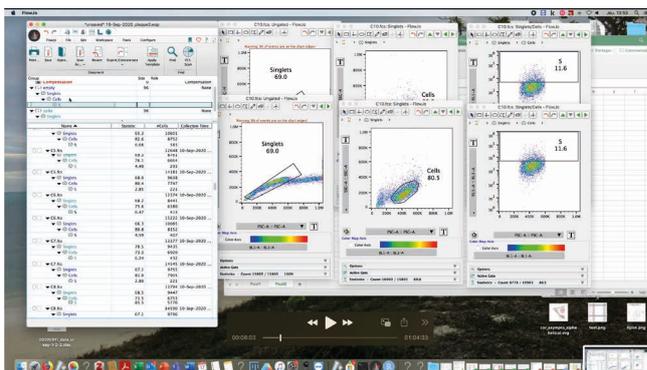
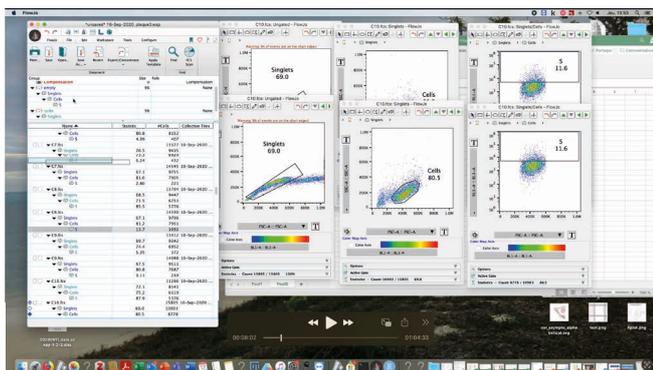
Lu. EE : 07:07-07:07
Lu. ajuste la gate (S) de B9 empty.



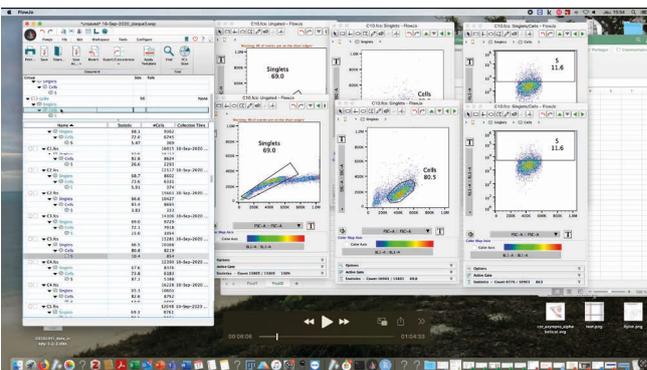
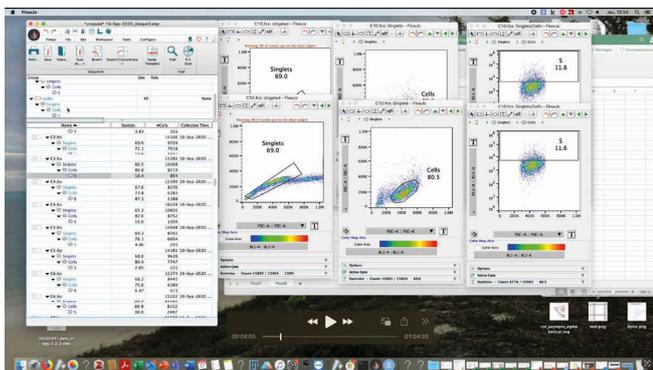
Lu. EE : 07:18-07:20
Lu. ajuste la gate (S) de C1 empty.



Lu. EE : 07:37-07:38
Lu. ajuste la gate (S) de C4 empty.



Lu. EE : 08:00-08:03
Lu. transfert gating (S) C8 empty à l'ensemble de Cells empty



Lu. EE : 08:05-08:07
Lu. transfert gating (S) C3 empty à l'ensemble des Cells spike

[FIG.68] Lu. ajuste à différents moments la gate (S) de ses échantillons, au fur et à mesure du défilement de ses différents échantillons. Finalement, elle transfère le gating (S) de C8 empty à tous ses échantillons contrôle puis le gating (S) de C3 empty à tous les échantillons test.

qui pour Lu. se résume à avoir « *changé d'avis* »²⁴¹ après avoir fait des réglages individuels dans certaines de ses plaques, est, du point de vue de nos observations, le fruit d'une *exploration continue* des *disparités* entre ses échantillons vis-à-vis du traitement de ses données (gating) réalisé dans l'activité. Tout au long de l'activité d'analyse, on la voit ainsi faire défiler inlassablement les dotplots, transférer des gatings, naviguer d'un ensemble d'échantillons à un autre, tout en comparant les conditions explorées à sa plaque. Ainsi, c'est parce que Lu. a exploré les différents *dotplots* qu'elle tire le *compromis* qui assurera à ses images, entre elles, et entre les différentes plaques, d'avoir une *cohérence diagrammatique*, d'être *commensurables*. Elle va ainsi appliqué ce traitement non seulement à sa Plaque (Plaque 3), mais aussi à celle de la séquence d'analyse de la veille (Plaque 2). Ce choix n'a pas été pris *en avance* mais après une expérimentation vécue de l'activité d'analyse, qui suggère que le développement de sa pensée s'est déroulé *en interaction* avec ses images.

Dans le cas de Ju., c'est l'exploration de différentes valeurs de seuillage qui lui permettra en définitive de prendre la décision de faire un *seuillage absolu*^{242†}, qu'il devra ensuite ajuster à son tour :

[VERBATIM Ju. n°18] (L.963) « *Fin les valeurs absolues deeee des numéros, donc d'avoir une représentation un peu plus... Bah un peu plus Précise de-des puits... Et donc là clairemeent... Ça, ça correspondait pas du tout. Et donc en fait j'ai juste- Je suis repassé sur la partie Analyse, »*

Ce qu'explique ici Ju., c'est que les valeurs affichées par l'histogramme ne *correspondent* pas avec l'interprétation des images de puits qu'il a déjà réalisé. Il repasse donc en analyse pour *modifier* encore ses réglages, faire un seuillage en absolu.

[VERBATIM Ju. n°19] (L.970) « *En fait j'ai dis que ça... Fin laissé tombé cette analyse là, j'suis repassé sur la partie analyse, j'ai fait uun... Thresholding en Absolu, donc un Seuillage en Absolu. »*

Qui a son tour va nécessiter un *ajustement* pour être sûr qu'il *fonctionne* pour tous les puits :

[VERBATIM Ju. n°20] (L.1110) « *Et du coup en fait oon... Là j'me place dans un... Dans un puit, où Y'a d'la fusion. Et là Manuellement, je règle mon seuil, juste en...*

241 Lu. EV [15 :25-:15 :35]

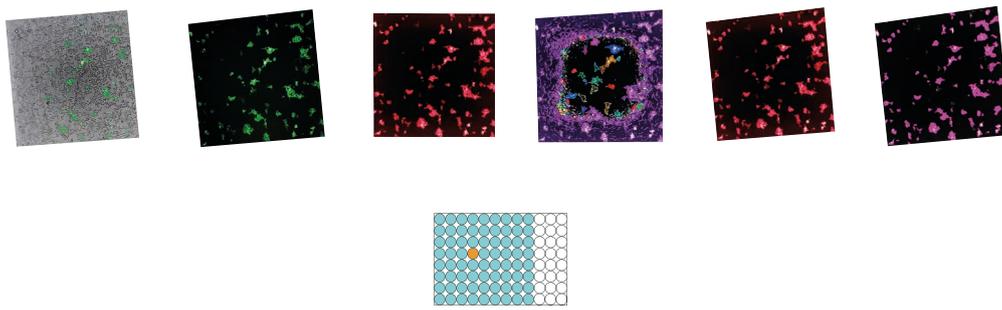
242 † Seuillage absolu : en analyse de données expérimentales acquises par microscopie en fluorescence confocale, un seuillage absolu est un réglage qui se base sur deux valeurs : maximum et minimum qui réfèrent à l'intensité qu'un pixel doit avoir pour indiquer une fluorescence.

changeant le numéro à chaque fois, et en appuyant sur Analyser, pour voir comment lee... Comment lllll'-, l'Analyse change. » (L.1113) « Donc je fais ça. J'me suis placé dans une image où... Heuuh... Le Seuil, du coup était, fin le seuil, où j'avais de la fusion pour justement avoir un == positif » (L.1145) « et un négatif, sur la même image. Et j'meee, j'ai Changé, Manuellement le seuil absolu, plusieurs fois, entre temps, à chaque fois j'ai ((inaudible)) analysé Pour, que, le logiciel, Mette à jour, »

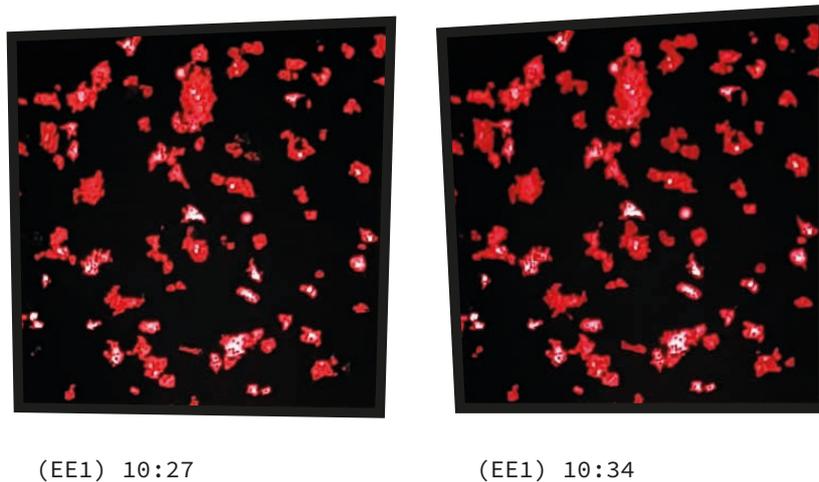
Ainsi, tout au long de la séquence d'exploration du problème de seuillage, même après être passé en seuillage Absolu nous voyons Ju. procéder à de nombreux réglages [FIG.69], parfois très fins, où l'image change parfois de façon quasi imperceptible [FIG.70]. Ce sont ces nombreux réglages qui lui permettent peu à peu de garantir la *commensurabilité* du traitement informatique, donc des images seuillées, avec sa propre interprétation des images affichées.

Dans ce cadre, on voit qu'on a affaire à un *entretien actif et diffus* de la *diagrammaticité* des formats visuels tout *au long* de la séquence d'analyse. L'activité d'analyse apparaît alors comme un jeu de *compromis* et de *tâtonnements* où les scientifiques *raffinent* progressivement leurs données tout en assurant une *continuité diagrammatique*^z entre leurs images. Cette *continuité diagrammatique* désigne ainsi la conservation d'une *commensurabilité* entre les différentes images de l'activité d'analyse qui sont des diagrammes.

[OBSERVATION 2] En cas de rupture sémiotique, la diagrammaticité des images entre elles doit être recouverte : il y a une quête de conservation de la continuité diagrammatique au fur et à mesure que les données se transforment. La continuité diagrammatique des images scientifiques est l'objet d'un ajustement au cours de l'activité d'analyse des scientifiques qui fait apparaître cette activité comme un raffinement progressif des données de la recherche.



[FIG.69] Affichage d'une même image de puits selon différents paramètres, le schéma (b) en dessous des images indique le placement du puits sur le plan de plaque.



[FIG.70] Modification très finement d'une même image de puits suite à une modification de seuillage.

9.5 La disposition bienveillante des formats visuels scientifiques

Nous avons vu au travers de nos exemples que l'entretien de la *continuité diagrammatique* consiste à entretenir une *certaine commensurabilité* des images, soit entre elles, soit avec les objets auxquels elles se rapportent, parfois dans un même mouvement, les deux. Cet entretien procède selon une logique diagrammatique.

À notre sens, cette logique fait écho à ce que Emmanuel Belin (1999) caractérise comme une logique dispositive : une certaine « mise en place de conditions » (p.251) qui permet notamment ce que l'auteur appelle le « déplacement des maximums de vraisemblance » (p.252) qu'il définit comme :

« Ce qui, dans l'aujourd'hui de l'existence, relève de la coïncidence, acquiert au sein du dispositif le statut d'une correspondance fiable » (p.251)

Nous comprenons ici que les images, au sein du dispositif diagrammatisant de la recherche acquièrent une commensurabilité vis-à-vis des objets qu'elles cherchent à renseigner. Il nous semble qu'ainsi, c'est une *logique dispositive*[‡] qui guide la production et la mobilisation des images scientifiques et que cette logique dispositive est *diagrammatique* : elle vise la mise en place de conditions qui permet d'assurer leur correspondance à un objet, qui elle-même procède d'une exigence plus générale de *commensurabilité* du *dispositif institutionnalisant* dans lequel elles s'inscrivent. C'est sous ces conditions que les images scientifiques peuvent répondre aux attentes des chercheurs et aux exigences de la recherche. Autrement dit, acquérir un statut de « *correspondance fiable* » (Belin, 1999, p.251) aux objets scientifiques et donc avoir une valeur scientifique.

On a vu que lorsqu'une *coupure sémiotique* est en cours, une coupure en fait du rapport diagrammatique entre les différentes images de l'activité d'analyse, la manipulabilité des images peut tout de même être maintenue. On en déduit que c'est parce qu'elle est inhérente à l'organisation de la substance et de la forme des images, de par justement leur production selon une logique dispositive diagrammatique. En somme, c'est parce que la logique diagrammatique a inscrit dans les images une forme de *diagrammaticité* qu'elles continuent d'être manipulables mais aussi d'avoir une valeur expérimentale (d'explorer, par leur manipulation, des relations).

En revanche, on a noté qu'en cas de coupure sémiotique cette *valeur expérimentale* de l'image perd sa *valeur scientifique* : c'est-à-dire qu'elle ne permet plus d'explorer des objets scientifiques mais permet toujours d'explorer des relations. On le voit, quand Ju. explore ses images de puits, il n'explore pas son objet d'étude mais l'état de la continuité diagrammatique suite à un problème de seuillage. Il y a donc toujours une valeur expérimentale, mais qui ne se rapporte plus à une capacité à élaborer des faits scientifiques à propos des objets d'étude : dans cet interstice de la rupture sémiotique, la *valeur expérimentale* des images est destinée à recouvrir les conditions de la scientificité.

Ainsi, les images scientifiques, inscrite dans la logique diagrammatique, conservent une capacité exploratoire.

Or, ce que montre Belin (1999), c'est que la logique dispositive peut procéder de l'organisation d'une « bienveillance » qui retourne d'une « manipulation des environnements telle que ce qui, dans le cours de la vie ordinaire, apparaît peu vraisemblable, devienne beaucoup plus plausible. » (p.255). Nous interprétons cette phrase vis-à-vis du contexte de notre étude et nous comprenons que cette bienveillance désigne justement la possibilité, offerte par une certaine disposition, d'explorer des potentialités signifiantes, ce que Belin lui appelle des imaginaires. Si du côté de l'image scientifique, particulièrement dans le contexte où nous les avons étudiées, le terme imaginaire peut sembler peu approprié, il nous semble pourtant que lorsque Belin parle des rêveries qui soutiennent cet imaginaire, il nous dit quelque chose de ce que la diagrammaticité permet d'organiser dans les activités de recherche envisagées comme un phénomène vécu de médiation :

« (...) des traces qui matérialisent la confiance d'une personne envers la bienveillance de son environnement, c'est-à-dire l'élimination d'une infinité d'hypothèses de façon à créer un système d'attentes mesure. » (p.258)

Même si les écrits de Belin traitent de sujets bien éloignés du nôtre et que cette bienveillance ne lui « apparaît pas comme le résultat d'une conduite ou d'une posture humaine, mais au contraire comme une caractéristique descriptive d'un environnement. » (p.256), nous pourrions dire que, dans le cadre de notre étude, le dispositif bienveillant qui apparaît, c'est justement l'organisation qui permet le maintien des rapports diagrammatiques de par l'environnement dans lequel les scientifiques pratiquent qui se retrouve tant au niveau de l'image elle-même

qu'au niveau du dispositif dans lequel elles s'inscrivent²⁴³.

C'est cette organisation dispositive bienveillante des images de l'ordre d'une *diagrammaticité* qui permet aux images de se lier entre elles, de faire sens diagrammatiquement, de relier et garder liés les différents agents de la structure d'expérience des images et donc de permettre de continuer à explorer des significations dans cet espace qui tend vers la possibilité de former des liens ou de reformer des liens qui se seraient rompus.

[PISTE] La logique diagrammatique est une logique dispositive bienveillante qui permet aux images scientifiques de conserver une valeur expérimentale même lorsque la continuité diagrammatique est rompue, de sorte à pouvoir la recouvrir et continuer d'explorer les objets de recherche. En se plaçant comme une interface entre l'état des données et le scientifique, les formats visuels, dans leur *diagrammaticité entretenue* agissent en qualité de *médias bienveillants* permettant, par cette bienveillance, de médier le sens.

243 Ce dispositif intègre des outils comme des logiciels capables de gérer cette diagrammaticité, mais aussi la mise en place d'auxiliaires comme la consultation des formats graphiques tiers durant l'activité

9.6 Second volet de contribution : l'entretien de la continuité diagrammatique et la scientificité des formats visuels au cours de l'analyse

Au cours de ce chapitre, pour faire sens de la capacité des images à organiser une médiation entre scientifiques et données expérimentales, nous avons dans un premier temps exploré les conditions de la *manipulabilité* des images et de leur *valeur expérimentale* au travers de la littérature. Dans un second temps, nous avons exploré les conditions de la *scientificité* des images au cours de l'analyse en repartant de notre étude de terrain, pour faire sens de certaines des *modalités* par lesquelles les scientifiques *réalisent* cette médiation au travers de leur pratique visuelle.

Dans un premier temps, nous avons montré que la « confiance » que les scientifiques accordent à leurs formats visuels est fondée dans un rapport particulier que les images entretiennent avec leurs objets d'étude, rapport qui permet au scientifique de *transformer* leur objet d'étude au travers de la *manipulation* de leurs formats visuels dont les transformations sont *congruentes* entre elles des faits de ce rapport. C'est ce rapport particulier qui permet aux images de tenir la place du phénomène d'intérêt.

Nous avons conclu sur la base de la littérature existante que ce rapport peut être qualifié de *rapport diagrammatique*. Dans ce cadre, l'image scientifique peut être qualifiée de *diagramme* : les formats visuels indexent certaines relations structurelles des objets qu'ils aident à renseigner à leurs éléments morphologiques, qui sont manipulables en pratique.

Nous avons ainsi montré que la *manipulabilité* des images scientifiques repose sur une *logique diagrammatique*. Cette logique diagrammatique agit à deux niveaux de la production des images pour assurer la *commensurabilité* des images scientifiques aux objets d'étude :

- Au niveau du dispositif technique imageant, qui organise le rapport diagrammatique entre l'objet d'étude et l'image produite.
- Au niveau du dispositif de l'image qui organise le rapport entre la subs-

tance et la forme de l'image et la constitue en un système notational modulaire manipulable.

Il est alors apparu que la *valeur expérimentale* des images scientifiques, qui repose sur leur *manipulabilité* permise par leur organisation en *système notational* suivant une *logique diagrammatique*, est *conditionnée* par la *commensurabilité* ainsi organisée des images à leurs objets d'étude.

Nous avons conclu que l'ensemble de ces relations de *commensurabilité* suivant une *logique diagrammatique* constituait la *diagrammaticité* des images scientifiques.

Dans un second temps, en explorant notre terrain d'étude, il est apparu que les scientifiques n'interprètent pas *une seule image* au cours de leur analyse, mais réalisent des *interprétations transversales* d'images qui sont *modifiées* voir pour certaines *produites* au cours de l'analyse.

Nous avons alors montré que la *diagrammaticité* des images pouvait référer à deux niveaux :

- Celui de leur manipulabilité et de leur valeur expérimentale, référant à la capacité de l'image à supporter une exploration des relations d'un objet d'étude.
- Celui de son incarnation pratique visant à ce que les différents formats visuels mobilisés au cours de l'analyse conservent une valeur scientifique au cours de l'analyse.

Ce second niveau est celui que nous avons alors proposé d'étudier sur la base de notre terrain. Il concerne un *maintien* ou un *recouvrement* de certaines conditions permettant d'entretenir une *continuité diagrammatique* des images entre elles au cours de l'analyse.

La *continuité diagrammatique* des images est apparue comme une condition nécessaire au travail d'analyse des données par les pratiques visuelles permettant aux scientifiques de continuer à explorer leurs données en garantissant à leur interprétation une *valeur scientifique*. En somme, l'entretien d'une *continuité diagrammatique* est ce qui garantit à la *valeur expérimentale* des images de conserver une *valeur scientifique*.

Sur ces observations, nous avons proposé de considérer l'analyse des données

comme une activité de raffinement progressif des données par les scientifiques, faite d'explorations, de tâtonnements et de compromis, réalisés au travers des pratiques visuelles des scientifiques.

Enfin, en nous reposant sur [Belin \(1999\)](#), nous avons suggéré que ce qui permet cet entretien et recouvrement de la *continuité diagrammatique* et plus largement la possibilité à l'activité d'analyse de se poursuivre en dépit de certaines irrégularités est la *logique dispositive diagrammatique* des images, qui en fait des *dispositifs bienveillants* pour l'activité d'analyse et permet ainsi au phénomène de médiation des données en information de se réaliser. En d'autres termes, la *logique diagrammatique* est ce qui assure la *disposition bienveillante* des images scientifiques : elle leur permet de conserver leur *valeur expérimentale* même en cas de *coupure sémiotique* et assure ainsi aux scientifiques, durant l'activité, la possibilité de recouvrir la *continuité diagrammatique* et donc de maintenir la *valeur scientifique* de leurs images et de leur analyse.

Accéder à la matérialité des images en action : pour une considération des images comme *objets médiatiques*

Au travers de cette thèse, nous avons pu explorer la portée heuristique de considérer les images comme des *médias* afin de comprendre comment les images sont impliquées dans la « dynamique des situations matérielles » (Gentès, 2022) de la recherche et comment le phénomène de médiation des données expérimentales en information se réalise au travers des pratiques visuelles des scientifiques.

En croisant nos résultats à la proposition de Gentès (2022) d'étudier la *médiabilité* des objets, il nous apparaît que les images scientifiques peuvent être étudiées comme un *objet* ayant une *valeur médiatique*[‡], c'est-à-dire comme un *objet médiatique*[‡] qui est à la fois *média* et *médium*, un objet tangible à deux faces qui, au travers de sa mobilisation par un agent, permet d'organiser un phénomène de médiation entre plusieurs entités, ici les scientifiques et leurs données.

Dans un premier temps, nous avons vu que, tel que suggéré par la littérature, pour organiser ce phénomène de médiation, la *mobilisation* des images *par l'action* et *dans l'action* est nécessaire. C'est au travers de leur *manipulation* par les scientifiques que les *données contenues dans les images* sont articulées en *informations sensibles* et *pertinentes* pour la recherche. Dans ce cadre, la *valeur médiatique* de l'image est alors celle du *médium* (*valeur de médium*[‡]).

Mais nous avons aussi vu, dans un second temps, que pour *comprendre* les conditions de cette opérativité des images comme *médiums* il fallait appréhender l'articulation spécifique de leurs *propriétés matérielles* à leurs *propriétés sémiotiques*. C'est-à-dire que pour comprendre *comment l'image fonctionne en pratique* et *pour la pratique*, il fallait comprendre l'articulation de ses *possibilités d'actions*, de par sa *manipulabilité*, à ce qui lui permet de former et transmettre du sens vis-à-vis des données expérimentales.

L'étude de cette articulation, qui s'est révélée *diagrammatique*, a révélé, en retour, l'intérêt de considérer d'une part, le *dispositif des images* et d'autre part le *dispositif institutionnalisant*. D'une part, le *dispositif des images* est l'ensemble logique qui organise le rapport entre substance et forme de l'image et lui permet d'être manipulable et de présenter des propriétés matérielles (possibilités

d'actions) qui actualisent, selon leur mobilisation, des propriétés sémiotiques de l'image. D'autre part, le *dispositif institutionnalisant* dans lequel s'inscrivent les images pose des *exigences* et des *manières de faire* intégrées au dispositif de l'image, qui nécessitent d'être prises en compte pour *comprendre* la logique qu'organise le dispositif de l'image.

Ainsi, s'intéresser à la façon dont les formats visuels participent de la « *dynamique matérielle spécifique* » (*Ibid.*) a impliqué non seulement d'étudier leur valeur de médium, leur capacité exploratoire, mais aussi leur « *inscription dans un 'texte'*. » (Gentès, 2022, p.58) qui règle la façon dont ces formats visuels peuvent être porteur de sens et donc d'explorer la valeur de *média* (Gentès, 2022) des images.

Au travers de nos exemples et de la littérature que nous avons traités, nous comprenons à présent la *matérialité*^z de l'image comme son fonctionnement dynamique en activité, *tel qu'il est permis* par l'organisation de la relation entre ses éléments plastiques (forme et substance) au travers d'une structure organisante (le dispositif de l'image) qui permet à l'image d'être manipulable. Cette structure organisante est elle-même partiellement organisée par un dispositif plus large (dispositif institutionnalisant) dans lequel s'inscrit l'image. En résultat, cette *matérialité* articule des *propriétés matérielles*, des possibilités d'actions dues à la manipulabilité de l'image, à des *propriétés sémiotiques*, des façons que l'image a d'articuler du sens et des façons que ce sens a, en retour, d'être perçu par un agent.

Cette approche à plusieurs niveaux, mobilisant une attention fine aux rythmes de l'activité, à son vécu, et à l'entremêlement des manipulations matérielles aux effets sémiotiques ainsi produits, a permis de mettre à jour le phénomène de médiation comme un phénomène émergent et dynamique, se réalisant au travers de l'action de façon progressive et engageant les différents acteurs de la situation de communication : scientifiques, images et données.

Pour toute recherche qui s'intéresse aux images *dans l'action* il semble qu'une *approche médiatique* de l'image qui croise les deux niveaux du médium et du média constitue une piste heuristique pour étudier *finement* comment les images peuvent constituer d'authentiques *objets de pratiques exploratoires* et participer au phénomène de la médiation *en pratique*.

Conclusion générale de la thèse

Conclusion générale de la thèse

Designer graphique, une première expérience d'observation dans un laboratoire de microbiologie a attiré notre attention sur l'importance des *configurations matérielles* des images dans l'exploration des informations à propos des objets d'étude par les scientifiques.

Nous avons alors souhaité comprendre la place qu'occupaient les formats visuels dans les pratiques matérielles des scientifiques en tant qu'ils permettent d'organiser la médiation des données scientifiques en informations pertinentes pour la recherche.

Dans la première partie de notre thèse, consacrée à l'état de l'art (Partie 1), nous avons dans un premier temps cherché à comprendre le *contexte* dans lequel a émergé la question des formats visuels scientifiques dans les études de sciences humaines et sociales (Chapitre 1). Cette entreprise a mis l'accent sur la dimension *temporelle, culturelle et matérielle* des pratiques scientifiques. Dans un premier temps, nous avons ainsi pu saisir l'entremêlement des conditions historiques et sociales au développement des contenus théoriques. Il nous est apparu plus clairement la dimension *négociée* des savoirs et la nature *capricieuse* de leur transfert et des connaissances *techniques* qui participent à *fonder la culture des champs scientifiques* à l'intérieur de laquelle la recherche se mène. Dans un second temps, nous avons abordé le travail des études de laboratoire, ouvrant alors à la *temporalisation* du travail scientifique et permettant d'en étudier la *contingence et la matérialité*. La *culture scientifique* est apparue comme un *champ de ressource* local permettant aux scientifiques de mener à bien des *processus d'ajustement* et de *stabilisation* opportunistes pour fonder leurs connaissances. Enfin, dans un dernier temps, en abordant la prise en compte des *artefacts matériels* mobilisés par les *pratiques d'expérimentation* des scientifiques dans les études des sciences et technique, la nature *phénoménotechnique* du travail scientifique s'est imposée, problématisant la dichotomie entre humains et non-humains pour penser l'agentivité mise en jeu dans les pratiques épistémiques.

Nous avons ensuite cherché à comprendre spécifiquement *comment* les formats visuels sont mobilisés dans les pratiques de recherche concrètes des scien-

tifiques. Le second chapitre de notre état de l'art (Chapitre 2) nous a ainsi permis de saisir la dimension multimodale et incarnée des pratiques visuelles des scientifiques et leur capacité à *enact* des propriétés des objets étudiés au travers de leurs images. Les formats visuels de science sont apparus comme des objets de travail d'une pratique transformatrice engageant leur manipulation au service de la création et de l'exploration des objets d'étude. Dans la seconde partie de ce chapitre, nous avons étudié les mécanismes à l'œuvre permettant aux images d'être ainsi mobilisées : leur mode de production particulier, les difficultés posées par ce dernier au niveau de l'interprétation des images, mais aussi comment le *cadre* particulier dans lequel ces images sont étudiées articule certaines exigences qui contraignent et guident leur expressivité.

Sur la base de ces deux états de l'art, nous avons articulé nos questions de recherche (Chapitre 3) en nous intéressant à l'organisation du phénomène de médiation des données expérimentales en informations pertinentes pour la recherche. Dans ce cadre, nous nous sommes particulièrement intéressée à la relation phénoménologique organisée entre scientifiques, formats visuels et données expérimentales durant l'activité d'analyse. Cette nature phénoménologique nous a enjoint à considérer la dimension vécue de l'activité d'analyse des données expérimentales par les scientifiques, telle que passant par des pratiques matérielles. En opérant un croisement avec les champs des sciences de l'information et de la communication, nous avons proposé que les formats visuels scientifiques pouvaient dans ce cadre être étudiés comme des médias, de par leur capacité particulière à soutenir ou organiser un phénomène de médiation des données en information. Nous avons alors indiqué que pour étudier les images proprement en tant que média, il fallait regarder *comment* ces dernières sont manipulées et ce qui *permet* leur manipulabilité. Repartant de la littérature en science et technique mais aussi des travaux de sémiotique s'intéressant aux images scientifiques, nous avons proposé qu'il fallait, pour ce faire, intégrer à notre étude la *matérialité* des formats visuels. Cela devrait consister à regarder finement l'articulation des propriétés matérielles des images à leurs propriétés sémiotiques, en considérant comment leur substance et leur forme sont organisées, mais aussi en mettant ces modalités en rapport au cadre particulier du dispositif institutionnalisant de la recherche scientifique.

Dans la partie consacrée à notre méthodologie (Partie 2), nous avons exposé les problèmes méthodologiques rencontrés par nos questions de recherche (Chapitre 4). Nous avons alors développé une méthodologie hybride (Chapitre 5) permettant d'articuler des données concernant les pratiques matérielles se faisant et leurs effets de transformations sémiotiques, le vécu émotionnel et d'action du scientifique, ainsi que le déroulé procédural de l'activité pour nous permettre d'explorer la *valeur médiatique* des formats visuels scientifiques au cœur des pratiques, moment-par-moment. Nous avons pour ce faire mobilisé une étude de terrain d'inspiration ethnographique (Chapitre 6), composée de trois études de cas d'activité d'analyse de données expérimentales biologiques (Chapitre 7).

L'issue de notre enquête (Partie 3) nous a permis dans un premier temps d'explorer l'*activité matérielle* d'analyse telle que *vécue* et *expérimentée* par les scientifiques (Chapitre 8).

Nous nous sommes intéressée d'une part à la *rapidité* de lecture des images scientifiques par les scientifiques dans le cadre de nos études de cas et avons proposé que les scientifiques mobilisent des *Index de Similarités Typiques* qui leur permettent d'évaluer la *correspondance* de leurs images à certaines de leurs *attentes*.

Nous avons ensuite mis en rapport cette rapidité avec des *motifs* identifiés par notre analyse hybride. Nous avons montré que ces motifs identifient des *phases* dans l'activité d'analyse : des phases « machinales » et « réflexives » qui correspondent à des *postures* adoptées par les scientifiques.

En nous reposant sur le travail de Donald Schön (1983), nous avons montré que cette alternance de postures permet aux scientifiques de gérer la complexité de leur activité d'analyse, de par la *réactivité* des images permettant aux scientifiques d'entretenir avec elles une *conversation* matérielle dynamique et expérimentale. En effet, de par leur *réactivité* mais aussi leur *manipulabilité*, les formats visuels présentent une *valeur expérimentale* et soutiennent l'émergence des différentes phases de l'activité en actualisant une *capacité de projection* au niveau des scientifiques. Nous avons montré que cette capacité de projection est de deux ordres : pratique et émotionnelle.

En nous intéressant ainsi à la dimension rythmique des pratiques visuelles, nous avons mis à jour l'*économie de l'attention* que la relation phénoménologique entre formats visuels et scientifiques organise au cœur de l'activité. En

nous reposant sur la théoricienne du design [Annie Gentès \(2022\)](#), nous avons alors qualifié les images scientifiques de *médiums* : des objets permettant, à leur travers, l'exploration des objets d'étude et de leurs relations.

Dans un second temps, nous nous sommes intéressée aux *conditions* de l'opérativité des images scientifiques ainsi envisagées comme des médiums (Chapitre 9). Nous avons questionné la *confiance* que portent les scientifiques à leurs images qui permet à leur *réactivité* d'actualiser des capacités de projection chez les scientifiques dans l'activité.

Cette confiance se basant sur un *rapport particulier* des images aux objets d'étude, cela nous a enjoint à considérer les conditions de la *manipulabilité* des images scientifiques et l'opérativité de leur *valeur expérimentale* en nous reposant sur la littérature scientifique. Nous avons ainsi abordé le rapport qu'entretiennent les images scientifiques avec leurs objets d'étude dans le cadre de l'activité d'analyse en nous basant sur la littérature qui propose de considérer les images scientifiques comme des diagrammes, des images se rapportant aux objets d'étude de par une organisation de leur substance et de leur forme qui les rend *commensurables* à certaines parties de ces objets d'étude.

Nous avons ainsi compris que la valeur expérimentale des images sur la base d'une part, du rapport diagrammatique qu'elles entretiennent avec leurs objets d'étude et, d'autre part, sur leur organisation en *système notationnel modulaire* qui leur permet de *fonctionner* comme un diagramme : de réaliser des *opérations* sur les objets qu'elles visualisent. Nous avons indiqué que ce rapport diagrammatique permettant une *commensurabilité* est organisé d'une part, par le dispositif imageant produisant l'image et, d'autre part, par le dispositif de l'image organisant le rapport entre substance et forme de l'image.

Néanmoins, l'activité d'analyse consistant non pas à analyser *une* image mais à réaliser des *interprétations transversales d'images*, il est apparu que des coupures sémiotiques peuvent se produire durant l'activité : le sens perçu pour chaque image peut sembler *incongruent* au regard des autres images et ainsi suggérer une *incommensurabilité*. Nous avons proposé dans ce cadre que la *diagrammaticité* des images peut concerner, d'une part, le rapport des images à leurs objets d'étude garantissant leur manipulabilité et leur valeur expérimentale et, d'autre part, le rapport des différentes images entre elles au cours de l'analyse. Nous avons alors rappelé que la *commensurabilité* des images aux objets d'étude et

entre elles garantit leur *valeur scientifique* et qu'elle nécessite d'être *conservée* au long de l'activité.

Sur la base de notre terrain, nous avons proposé d'explorer les *conditions pratiques* du second niveau de cette *diagrammaticité* et montré qu'elle fait l'objet d'un entretien actif de la part des scientifiques : les chercheurs *maintiennent* la diagrammaticité de leurs images par la mise en *coordination* de plusieurs formats d'inscription, ou la *recouvrent* lorsque des traitements analytiques l'ont mise à mal en *explorant* au travers des images différentes solutions. Nous avons proposé de désigner l'objet de cet entretien comme celui d'une *continuité diagrammatique*. Dans ce cadre, l'activité d'analyse des données expérimentales est apparue comme une activité progressive de *raffinement* des données en informations.

Enfin, en croisant nos observations avec les écrits d'Emmanuel Belin (1999), il est apparu que la *logique diagrammatique* qui préside à la production des images et à leur organisation en activité procède d'une logique dispositive bienveillante qui permet aux images de conserver une valeur expérimentale au long de l'activité –même en cas de rupture sémiotique– et de garantir aux scientifiques la possibilité de maintenir la valeur scientifique de leurs images et de leur analyse. La diagrammaticité est ainsi apparue comme une condition nécessaire à la mise en place du phénomène de médiation des données en informations pertinentes pour la recherche et une logique faisant des images des *médias bienveillants*.

À l'issue de cette thèse, le phénomène de médiation des données en informations pertinentes pour la recherche apparaît être le fait, d'une part, d'une expérience vécue rythmée entretenant l'implication des différentes parties prenantes du phénomène de médiation au cœur de l'activité et, d'autre part, le fruit d'un ensemble de tâtonnements et de compromis. Cette étude enjoint à étudier la médiation des données expérimentales en information dans son *émergence* et ses *conditions pratiques* et à considérer plus largement la médiation comme un *phénomène* dynamique se déployant au cours du temps.

Résumé des contributions

Au niveau méthodologique, pour rendre compte de la complexité du déroulé des pratiques visuelles des scientifiques comme expérience vécue, temporelle, interactive et matérielle, nous avons mis en place une méthode de récolte et d'analyse des données en articulation « fine » qui permet d'en intégrer le caractère à la fois diachronique et synchronique. Notre corpus d'études de cas s'est constitué de trois types d'activités d'analyse et a mis en dialogue trois types de matériaux récoltés sur le terrain (enregistrements vidéo et audio de l'activité, écran d'ordinateur mobilisé et entretiens d'explicitation). L'enjeu était de pouvoir analyser dialogiquement le « vécu expérientiel » des acteurs, la dimension procédurale de l'activité (tâche, opérations, actions) –alors mise en rapport avec les visées des actions entreprises, mais aussi l'évolution morphologique des formats visuels au cours (diachronique) de l'activité.

Pour ce faire, nous avons croisé une analyse thématique des transcriptions d'entretiens d'explicitation à une analyse procédurale par transcription pictographique des actions effectuées durant l'activité et de leurs effets sur la morphologie des visuels. Ces différents formats ont été croisés à l'intérieur d'un espace de travail hybride –un format éditorial– rassemblant extraits vidéos, verbatims, annotations, expérimentations graphiques permettant d'*explorer* nos données et une certaine structuration du déroulé procédural des activités.

Ainsi, pour faire sens de nos observations, voir même *réaliser* nos observations, le travail méthodologique proposé dans ce travail de thèse apparaît s'être inscrit dans une perspective de recherche *par* le design. Comme l'indique [Anne-Lyse Renon](#) dans son ouvrage *Design & Sciences* (2020), il s'est agit de :

« (...) considérer le design à la fois comme un moyen d'interroger la manière de représenter et de mettre en forme les données et les résultats de la science, à réfléchir sur la manière de faire sens. » (p.154)

D'une part nous défendons la *portée heuristique* de la transcription pictographique conçue pour cette thèse comme le résultat de la mobilisation d'une *lentille de designer* : l'outil peut s'avérer inadapté à certains contextes ou à certains chercheurs, mais a constitué pour nous un *moyen d'accès* à la dimension phénoménologique de l'activité matérielle.

D'autre part, la mobilisation d'une méthodologie *hybride* nous a enjoint à mobiliser un espace de travail permettant une re-*spatialisation* des différentes données que nous avons récoltées lors de nos observations ethnographiques. Cette re-*spatialisation*, permise par la mobilisation d'outils numériques divers (Word, InDesign, Captures d'écrans, AperçuAperçu, métadonnées des fichiers multimédia), a joué un rôle important dans notre compréhension fine du déroulé des actions étudiées.

En ce sens, si cette thèse s'inscrit dans le champ des études des sciences et techniques en se reposant sur les sciences de l'information et de la communication, sur certains apports de la sémiotique et sur les cadres d'analyse du champ d'étude de l'activité humaine, en abandonnant *en surface* toute théorie de design, elle constitue bien, *par son approche globale*, une thèse *de design*. Dans le cadre de cette thèse, *l'expérience des configurations matérielles* fait partie prenante de l'émergence des savoirs. À ce titre, on peut considérer que les apports de cette thèse s'inscrivent dans la catégorie de ce que [Elise Rigot \(2023\)](#) appelle des *savoirs sensibles* : des savoirs récoltés dans l'expérimentation *sensible* et matérielle des données du terrain.

Enfin, cette approche méthodologique qui porte une attention à *l'ensemble* de l'expérience scientifique comme une expérience phénoménologique globale rejoint une certaine posture holistique de designer-chercheuse qui tend à considérer l'activité dans ses différentes dimensions pour pouvoir en faire sens.

Au niveau empirique, en proposant une observation ethnographique, nous avons pu décrire finement le travail d'analyse des données biologique *se faisant* comme une *pratique matérielle* faite d'interprétations transversales d'images et de *rythmes* alternés entre posture « machinale » et posture « réflexive ».

Au niveau théorique, nous avons mené une réflexion sur les relations phénoménologiques entre visuels, scientifiques et données de l'analyse pour explorer *comment* le phénomène de médiation pratique des données en informations se *réalise* au cours de l'activité.

- Notre première contribution concerne une des modalités d'interprétation des formats visuels par les scientifiques. Nous proposons le concept d'*Index de similarités typiques* pour faire sens des comparaisons que réalisent les scientifiques au cœur de l'activité d'analyse entre, d'une part, les visuels obtenus et, d'autres part, certaines de leurs *attentes*.

- Notre seconde contribution concerne la relation phénoménologique tissée entre scientifiques et formats visuels du point de vue du *rythme* de l'activité d'analyse telle que *vécue* par les scientifiques.

Nous proposons qu'elle relève d'une « économie de l'attention » qui permet à l'activité de se poursuivre grâce à une dynamisation du processus d'analyse, lui-même rythmé par une alternance de phases « machinales » et « réflexives ». Nous proposons que cette alternance de phase permet au scientifique de gérer la complexité de son activité pratique au travers d'une collaboration d'ordre « conversationnel » qui passe par la manipulation active des formats visuels et leur réactivité et articule chez le scientifique une *capacité de projection* pratique et émotionnelle.

- Notre troisième contribution concerne l'organisation, en pratique, des *conditions* nécessaires à la médiation des données expérimentales en informations pertinentes *scientifiquement*.

Repartant de la littérature qui montre que les images scientifiques fonctionnent comme des diagrammes au cœur de l'analyse des données expérimentales, nous proposons que la *diagrammaticité* des images scientifiques ne concerne pas seulement leur rapport aux objets d'étude qu'elles mettent en image, mais aussi le rapport des multiples images générées par l'analyse entre elles. Nous indiquons que la diagrammaticité constitue une *condition nécessaire* pour le maintien de la *scientificité* des images et de leur valeur expérimentale.

De par la nécessité de réaliser des *interprétations transversales d'image* pour donner du sens aux données expérimentales, la diagrammaticité des images scientifiques fait l'objet d'un entretien actif par les chercheurs au cours de leur activité d'analyse. Il s'agit en fait de maintenir ou de recouvrir ce que nous proposons d'appeler une *continuité diagrammatique*.

Pour ce faire, d'une part, les scientifiques *maintiennent* cette diagrammaticité en mettant en correspondance différents formats au cours de l'activité et, d'autre part, lorsque des *incongruences* sont observées entre les différents formats visuels interprétés au cours de l'activité, les scientifiques *recouvrent* cette continuité diagrammatique en *explorant* leurs images au travers de nouvelles interprétations transversales et de manipulations diverses s'apparentant à des *tâtonnements*.

Limites de la thèse

La première limite de notre thèse est méthodologique : du fait des aléas du terrain, nous n'avons pas pu enregistrer pour nos trois études de cas dans des conditions idéales et parfaitement similaires. L'une des études de cas ne possède donc pas d'enregistrements de l'écran d'ordinateur mobilisé qui soit d'une qualité satisfaisante. D'autre part, nous n'étions pas formée aux entretiens d'explicitation : nous avons cherché à pallier nos faiblesses en croisant méticuleusement les différents types de données récoltées pour recouvrir la commensurabilité des discours au déroulé procédural observable au travers des enregistrements de l'activité et en tentant de noter les marqueurs de l'état d'évocation lors de nos séquences de visionnage pour l'analyse.

L'approche à granularité fine que nous avons articulée dans cette thèse propose un moyen pour étudier l'opérativité des images scientifique au niveau du déroulé à la fois *diachronique* et *synchronique* des activités. Il s'agirait alors de mettre en perspective notre premier travail, de tester la robustesse de cette méthode de transcription pour d'autres terrains mais aussi d'explorer plus largement la *pertinence* d'une telle méthode pour l'étude des pratiques se faisant.

La seconde limite de notre thèse est empirique et théorique : nous nous sommes consacrée à un terrain situé dans *un domaine particulier*, celui de la virologie (biologie) pour mener une réflexion plus générale sur les images de science dans l'action. La réflexion sur la *diagrammaticité* des images et particulièrement sur l'entretien de la *continuité diagrammatique* pose question quant à sa pertinence vis-à-vis d'autres disciplines de recherche où la comparaison de nombreuses conditions différentes n'est pas forcément la méthode employée : la littérature évoque justement ces différences (Dondero, 2016a ; Knorr-Cetina, 1996) qui pour le moment retiennent toute portée généralisante pour notre second apport théorique qu'il faudrait explorer dans d'autres situations.

Perspectives de recherche

- Une première piste de recherche serait l'exploration de l'incarnation pratique de la *diagrammaticité* dans d'autres domaines de recherche.
- Une seconde piste de recherche serait celle d'une réflexion plus générale sur la *dimension opérationnelle* des images en pratique.

Nous avons vu qu'en sémiotique, le travail de Giulia Dondero (e.g. 2010b) tout particulièrement, permet par une attention à l'*opérativité* des images, spécifiquement à celle des images opérationnelles et des diagrammes comme espaces d'expérimentation, des points d'éclairage sur la capacité des images à réaliser des opérations. Son travail opère justement certains rapprochements avec le champ des études visuelles anglophones (*Visual Studies*) (Dondero, 2020). Il nous semble qu'il serait intéressant de poursuivre ces croisements entre sémiotique, études visuelles, études médiatiques mais aussi avec les études des sciences et techniques pour mieux saisir le fonctionnement et les enjeux portés par les images dans les activités d'analyse des données biologiques.

Dans cette idée, le travail de Aud Sissel Hoel (2018) qui revient sur la notion d'image « opératoire » amenée par Farocki (2004), nous semble intéressant pour poursuivre une réflexion sur les « images opérationnelles », qui font l'objet d'un intérêt croissant dans la recherche. En témoigne l'appel à contribution récent de la revue *Images Secondes* sur les « images opérationnelles », qui répertorie des références allant justement des études visuelles et médiatiques à celles du champ des études des sciences et technique²⁴⁴. À ce sujet, la question du statut ou des propriétés propres des images numériques telle qu'abordée dans l'ouvrage *Visualization in the age of computerization* (Carusi et al., 2014) nous semble aussi particulièrement intéressante.

244 Images opérationnelles : agencements utilitaires des images en mouvement (Images Secondes). (21/07/2023). In *Calenda*. Consulté le 16 décembre 2023 sur <https://calenda.org/1081694>

- Une troisième perspective de recherche concernerait une réflexion sur la dimension émergente des *données* de la recherche et plus largement sur une approche *sensible et rythmologique* des pratiques.

Le travail des images dans sa dimension temporelle, émergente, dynamique, montre un *raffinement* des données en informations pour constituer des « faits » qui nous semble participer à explorer la question du statut des données : il nous semble que, suivant Latour, elles peuvent être saisies comme des « obtenues » plutôt que comme des « données » (Venturini, 2012 ; Latour, 1993). Dans leur article « The fixation of (visual) evidence », Amann et Knorr-Cetina (Amann & Knorr-Cetina, 1990) proposent un schéma sommaire des différents stades que traverse une donnée juste acquise (*Proto-Data*) jusqu'à l'établissement d'une théorie acceptée : de proto-data, elle sera intégrée à la constitution d'une preuve (*Evidence*), par le biais d'une série d'opérations consistant à « *fixer la preuve* » (*Fixation of Evidence*) (traduit de Ibid, p.85), qu'il faudra ensuite elle-même « fixer » en tant que « croyance » (*Fixation of Belief*) (traduit de Ibid, p.85) pour enfin être établie en théorie acceptée. On pourrait re-saisir cette structure « primaire » pour étudier finement les différents stades que traversent les « données » dans ce travail de *raffinement progressif* que nous avons identifié.

À cet effet, une approche de l'émergence et de la *rythmique* des activités fait écho dans le champ du design au travail de Justine Peneau (2022) dont l'approche sensible à son terrain pourrait être mise en dialogue avec l'approche et la méthodologie hybride proposée dans cette thèse.

*RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES*

- Abbott, E. A. (2013). *Flatland : Une aventure à plusieurs dimensions*. Libro. (L'ouvrage original est publié en 1884.)
- Abraham, G. A. (1983). Misunderstanding the Merton Thesis : A Boundary Dispute between History and Sociology. *Isis*, 74(3), 368387.
- Adler, P. A., & Adler, P. (1987). *Membership roles in field research*. Sage Publications.
- Alač, M. (2014). Digital Scientific Visuals as Fields for Interaction. In C. Coopman, J. Vertesi, M. Lynch, & S. Woolgar (Éds.), *Representation in Scientific Practice Revisited* (p. 6188). The MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/9780262525381.003.0004>
- Alač, M. (2011). *Handling digital brains : A laboratory study of multimodal semiotic interaction in the age of computers*. MIT Press.
- Alač, M. (2008). Working with Brain Scans : Digital Images and Gestural Interaction in fMRI Laboratory. *Social Studies of Science*, 38(4), 483508. <https://doi.org/10.1177/0306312708089715>
- Alač, M. (2006). *How brain images reveal cognition : An ethnographic study of meaning-making in brain mapping practice*. UC San Diego.
- Alač, M. (2005). From trash to treasure : Learning about brain images through multimodality. *Semiotica*, 2005(156). <https://doi.org/10.1515/semi.2005.2005.156.177>
- Alač, M., & Hutchins, E. (2004). I See What You Are Saying : Action as Cognition in fMRI Brain Mapping Practice. *Journal of Cognition and Culture*, 4(34), 629661. <https://doi.org/10.1163/1568537042484977>
- Allamel-Raffin, C. (2019). Quel est l'apport de la sémiotique visuelle à la réflexion sur « l'objectivité » des images scientifiques ? *Signata*, 10. <https://doi.org/10.4000/signata.2294>
- Allamel-Raffin, C. (2011). The Meaning of a Scientific Image : Case Study in Nanoscience a Semiotic Approach. *NanoEthics*, 5(2), 165173. <https://doi.org/10.1007/s11569-011-0123-1>
- Allamel-Raffin, C. (2009b). L'apport d'une perspective génétique à

- l'analyse des images scientifiques. *Protée*, 37(3), 19-32. <https://doi.org/10.7202/038802ar>
- Allamel-Raffin, C. (2009a). Présentation : Regards croisés sur les images scientifiques. *Protée*, 37(3), 5-8. <https://doi.org/10.7202/038800ar>
- Allamel-Raffin, C. (2006). La complexité des images scientifiques. Ce que la sémiotique de l'image nous apprend sur l'objectivité scientifique. *Communication et langages*, 149(1), 97111. <https://doi.org/10.3406/colan.2006.4620>
- Allamel-Raffin, C. (2004b). La doctrine d'un philosophe expérimentaliste au service d'une science particulière : Les images produites en physique des matériaux à la lumière de la sémiotique peircienne. *Visio*, 9
- Allamel-Raffin, C. (2004a). *La production et les fonctions des images en physique des matériaux et en astrophysique, Volume 1*. [Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur - Strasbourg I].
- Allamel-Raffin, C. (2003). Comment le sens vient-il à l'image? Analyse d'une conversation autour d'un microscope en physique des matériaux. *X^o Colloque bilatéral franco-roumain, CIFSIC Université de Bucarest, 28 juin – 3 juillet 2003*. sic_00000581.
- Alpers, S. (1983). *The art of describing : Dutch art in the seventeenth century*. University of Chicago Press.
- Amann, K., & Knorr-Cetina, K. (1990). The fixation of (visual) evidence. In M. Lynch & S. Woolgar (Éds.), *Representation in scientific practice* (1st MIT Press ed, pp. 85121). MIT Press.
- Amann, K., & Knorr Cetina, K. (1989). Thinking through talk: An ethnographic study of a molecular biology laboratory. In R.A. Jones, L. Hargens & A. Pickering (Eds.), *Knowledge and society: Studies in the sociology of science past and present*, 8. 3-26
- Anderson, N. (2009). Eye and Image : Looking at a Visual Studies of Science: Objectivity ; The Microscope and the Eye: A History of Reflections, 1740–1870. *Historical Studies in the Natural Sciences*, 39(1), 115125. <https://doi.org/10.1525/hsns.2009.39.1.115>

- Bachelard, G. (2002). *Études*. (G. Canguilhem, Éd.; 2e éd). Vrin. (Ouvrage original publié en 1970)
- Badir, S., & Dondero, M. G. (2010). Présentation : Le Groupe μ entre rhétorique et sémiotique. *Archéologie et perspectives. Protée*, 38(1), 5. <https://doi.org/10.7202/039697ar>
- Bandeira-de-Mello, Rodrigo; Garreau, Lionel (2010), *La théorie enracinée en pratique : vers un dépassement de la tension entre scientificité et créativité dans les recherches basées sur la théorie enracinée ?*, AIMS, 2010-06, Luxembourg, Luxembourg
- Barber, B., & Fox, R. C. (1958). The Case of the Floppy-Eared Rabbits : An Instance of Serendipity Gained and Serendipity Lost. *The American Journal of Sociology*, 64(2), 128136.
- Barnes, B. (2015). *Interests and the growth of knowledge*. Routledge. (Ouvrage original publié en 1977).
- Barnes, B. (2009). *Scientific knowledge and sociological theory*. Routledge. (Ouvrage original publié en 1974)
- Barnes, B. (1981). On the « Hows » and « Whys » of Cultural Change (Response to Woolgar). *Social Studies of Science*, 11(4), 481498.
- Barnes, B. (1980). On the causal explanation of scientific judgment. *Social Science Information*, 19(45), 685695. <https://doi.org/10.1177/053901848001900402>
- Barnes, B. (1972). Sociological explanation and natural science : A Kuhnian Reappraisal. *European Journal of Sociology*, 13(2), 373391. <https://doi.org/10.1017/S0003975600002599>
- Barnes, B., & Bloor, D. (1982). Relativism, Rationalism, and the Sociology of Knowledge. In M. Hollis & S. Lukes, *Rationality and relativism* (pp. 2147). Basil Blackwell.
- Barnes, S. B., & Dolby, R. G. A. (1970). The Scientific Ethos : A deviant viewpoint. *European Journal of Sociology*, 11(1), 325. <https://doi.org/10.1017/S0003975600001934>

- Barnes, B., & Shapin, S. (Éds.). (1979). *Natural order : Historical studies of scientific culture*. Sage Publications.
- Bastide, F. (1990) The Iconography of Scientific Texts : Principles of Analysis. In Lynch, M., & Woolgar, S. (Eds.) *Representation in scientific practice* (p. 187-230) Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Bastide, F. (1985). Iconographie des textes scientifiques. *Culture Technique*, 14. 132-151.
- Batt, N. (2004). L'expérience diagrammatique : Un nouveau régime de pensée. *TLE*, 22, 528.
- Baxandall, M. (1988). *Painting and Experience in Fifteenth Century Italy : A primer in the social history of pictorial style* (2nd éd.). Oxford University Press.
- Belin, E. (1999). De la bienveillance dispositive : (Extrait de sa thèse de sociologie, choisi et présenté par Philippe Charlier et Hugues Peeters). *Hermès*, n° 25(3), 243. <https://doi.org/10.4267/2042/14992>
- Beaubois, V. (2015). Ethnographies du design : Vers une diagrammatisation de la conception. *Techniques & culture*, 64, 4863. <https://doi.org/10.4000/tc.7558>
- Becker, H., & Dahlke, H. O. (1942). Max Scheler's Sociology of Knowledge. *Philosophy and Phenomenological Research*, 2(3), 310. <https://doi.org/10.2307/2103163>
- Berger, P. L., & Luckmann, T. (1991). *The social construction of reality : A treatise in the sociology of knowledge* (Repr. in Penguin Books). Penguin Books. (Ouvrage original publié en 1966.)
- Berten, A. (1999). Dispositif, médiation, créativité : Petite généalogie. *Hermès*, 25, 33. <https://doi.org/10.4267/2042/14972>
- Behrens, R. R. (1998). Art, Design and Gestalt Theory. *Leonardo*, 31(4), 299. <https://doi.org/10.2307/1576669>
- Bigg, C. (2012). Les études visuelles des sciences : Regards croisés sur les images scientifiques. *Histoire de l'art*, 70(1), 2329. <https://doi.org/10.3406/hista.2012.3394>

- Bijker, W. E., Hughes, T. P., & Pinch, T. (Éds.). (2012). *The social construction of technological systems : New directions in the sociology and history of technology* (Anniversary ed). MIT Press. (Ouvrage original publié en 1987.)
- Bjelic, D., & Lynch, M. (1994). Goethe's « Protestant Reformation » as a Textual Demonstration : Comment on Jackson. *Social Studies of Science*, 24(4), 703724.
- Bjelic, D., & Lynch, M. (1991). The work of a (scientific) demonstration. In *Text in Context : Contributions to Ethnomethodology*, 5278.
- Bloor, D. (1999). Anti-Latour. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 30(1), 81112. [https://doi.org/10.1016/S0039-3681\(98\)00038-7](https://doi.org/10.1016/S0039-3681(98)00038-7)
- Bloor, D. (1991). *Knowledge and social imagery* (2nd ed). University of Chicago Press. (Ouvrage original publié en 1976.)
- Bloor, D. (1973). Wittgenstein and Mannheim on the sociology of mathematics. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 4(2), 173191. [https://doi.org/10.1016/0039-3681\(73\)90003-4](https://doi.org/10.1016/0039-3681(73)90003-4)
- Boumans, M., Davis, J. B., Blaug, M., Maas, H., & Svorenčik, A. (2016). The Sociology of Scientific Knowledge. In M. Boumans, J. B. Davis, M. Blaug, H. Maas, & A. Svorenčik, *Economic Methodology* (p. 135161). Macmillan Education UK. https://doi.org/10.1007/978-1-137-54557-2_6
- Boutibonnes, P. (1999). L'œil de Leeuwenhoek et l'invention de la microscopie. *Alliage*, 39, 5866.
- Bredenkamp, H., Dünkel, V., & Schneider, B. (2015). *The technical image : A history of styles in scientific imagery*. The university of Chicago press.
- Briatte, F. (2007). Entretien avec David Bloor. *Tracés*, 12, 215228. <https://doi.org/10.4000/traces.227>
- Burri, R. V., & Dumit, J. (2008). Social Studies of Scientific Imaging and Visualization. In E. J. Hackett, O. Amsterdamska, M. Lynch, & J. Wajcman (Éds.), *The handbook of science and technology studies* (3. ed., p. 297317). MIT Press.

- Cahour, B., Licoppe, C., & Créno, L. (2018). Articulation fine des données vidéo et des entretiens d'auto-confrontation explicite : Étude de cas d'interactions en covoiturage: *Le travail humain*, Vol. 81(4), 269305. <https://doi.org/10.3917/th.814.0269>
- Cahour, B., Salembier, P., & Zouinar, M. (2016). Analyzing lived experience of activity. *Le Travail Humain*, 79(3), 259. <https://doi.org/10.3917/th.793.0259>
- Cahour, B., Brassac, C., Vermersch, P., Bouraouis, J.-L., Pachoud, B., & Salembier, P. (2007). Étude de l'expérience du sujet pour l'évaluation de nouvelles technologies : L'exemple d'une communication médiée. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 1, 1(1), 85. <https://doi.org/10.3917/rac.001.0085>
- Callon, M. (1986). Éléments pour une sociologie de la traduction : La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc. *L'Année sociologique (1940/1948-), Troisième série*, 3, 169208.
- Callon, M., & Latour, B. (1992). Don't Throw the Baby Out with the Bath School ! A Reply to Collins and Yearley. In A. Pickering (Ed.), *Science as Practice and Culture* (pp. 343-368). University of Chicago Press. <https://doi.org/10.7208/9780226668208-004>
- Callon, M. & Latour, B. (1990). *La science telle qu'elle se fait: Anthologie de la sociologie des sciences de langue anglaise*. La Découverte. (fichier ePub)
- Cambrosio, A., Jacobi, D., & Keating, P. (1993). Ehrlich's « Beautiful Pictures » and the Controversial Beginnings of Immunological Imagery. *Isis*, 84(4), 662699.
- Carusi, A., Sissel Hoel, A., Webmoor, T., & Woolgar, S. (Éds.). (2014). *Visualization in the age of computerization*. Routledge, Taylor & Francis Group.
- Cartwright, L. (1992). « Experiments of Destruction » : Cinematic Inscriptions of Physiology. *Representations*, 40, 129152. <https://doi.org/10.2307/2928742>

- Cartwright, N. (1983). *How the Laws of Physics Lie*. Oxford University Press.
<https://doi.org/10.1093/0198247044.001.0001>
- Catoir-Brisson, M.-J., & Jankeviciute, L. (2014). Entretien et méthodes visuelles : Une démarche de recherche créative en sciences de l'information et de la communication. *Sciences de la société*, 92, 111127.
<https://doi.org/10.4000/sds.1130>
- Christensen, L. L., Pierce-Price, D., & Hainaut, O. (2015). Determining the Aesthetic Appeal of Astronomical Images. *Leonardo*, 48(1), 7071. https://doi.org/10.1162/LEON_a_00900
- Claisse, F., & Balancier, P. (2008). Sociologie des sciences : Du principe de symétrie à la notion de traduction. In M. Jacquemain & B. Frère (Éds.), *Epistémologie de la sociologie : Paradigmes pour le XXIe siècle* (p. 143155). De Boeck.
- Coenen-Huther, J. (2002). La sociologie des sciences entre positivisme et sociologisme. *Revue européenne des sciences sociales*, XL124, 219231. <https://doi.org/10.4000/ress.589>
- Conein, B., Dodier, N., & Thévenot, L. (Éds.). (1993). *Les objets dans l'action : De la maison au laboratoire*. Éditions de l'École des hautes études en sciences sociales. <https://doi.org/10.4000/books.editionsehess.9831>
- Coopmans, C. (2014). Visual Analytics as Artful Revelation. In C. Coopmans, J. Vertesi, M. Lynch, & S. Woolgar (Eds.), *Representation in Scientific Practice Revisited* (pp. 37–60). The MIT Press.
- Coopmans, C., Vertesi, J., Lynch, M., Woolgar, S., (Eds.). (2014). *Representation in Scientific Practice Revisited*, MIT Press.
- Collins, H. M. (1990). Les sept sexes : étude sociologique de la détection des ondes gravitationnelles. In M. Callon et B. Latour (Ed.), *La science telle qu'elle se fait* (fichier ePub). La Découverte. (Article original en anglais publié en 1975).
- Collins, H. (1987). Expert systems and the science of knowledge. In W. Bijker, T. Hughes and T. Pinch (Eds.), *The social construction of technological systems*. Cambridge: MA: MIT Press.

- Collins, H. M. (1985). *Changing order : Replication and induction in scientific practice*. Sage Publications.
- Collins, H. M. (1983a). The Sociology of Scientific Knowledge : Studies of Contemporary Science. *Annual Review of Sociology*, 9(1), 265-285. <https://doi.org/10.1146/annurev.so.09.080183.001405>
- Collins, H. M. (1981c). What is TRASP? : The Radical Programme as a Methodological Imperative. *Philosophy of the Social Sciences*, 11(2), 215-224. <https://doi.org/10.1177/004839318101100207>
- Collins, H. M. (1981b). Son of Seven Sexes : The Social Destruction of a Physical Phenomenon. *Social Studies of Science*, 11(1), 336-2.
- Collins, H. M. (1981a). Introduction : Stages in the Empirical Programme of Relativism. *Social Studies of Science*, 11(1), 310.
- Collins, H. M. (1975). The Seven Sexes : A Study in the Sociology of a Phenomenon, or the Replication of Experiments in Physics. *Sociology*, 9(2), 205-224. <https://doi.org/10.1177/003803857500900202>
- Collins, H. M. (1974). The TEA Set : Tacit Knowledge and Scientific Networks. *Science Studies*, 4(2), 165-185.
- Constant, E. (1997). [Revue du livre *The Mangle of Practice: Time, Agency, and Science*, by A. Pickering]. *Technology and Culture*, 38(3), 815-817. <https://doi.org/10.2307/3106908>
- Cuin, C.-H. (2004). Michel Dubois, *La nouvelle sociologie des sciences* : Presses universitaires de France, coll. « Sociologies », Paris, 2001, 256 p. *Sociologie du travail*, 46(2), 283-286. <https://doi.org/10.4000/sdt.29136>
- Dagognet, F. (1969). *Tableaux et langages de la chimie*, Le Seuil.
- Daston, L. (2014). Beyond Representation. In C. Coopmans, J. Vertesi, M. Lynch, & S. Woolgar (Eds.), *Representation in Scientific Practice Revisited* (pp. 319-322). The MIT Press.
- Daston, L. (2008). On Scientific Observation. *Isis*, 99(1), 97-110. <https://doi.org/10.1086/587535>

- Daston, L., & Galison, P. (1992). The Image of Objectivity. *Representations*, 40, 81128. <https://doi.org/10.2307/2928741>
- Daston, L. & Galison, P. (2012). *Objectivité*. Les Presses du Réel.
- Davallon, J. (2004). Objet concret, objet scientifique, objet de recherche. *Hermès*, 38, 30. <https://doi.org/10.4267/2042/9421>
- Davallon, J. (2003). La médiation : La communication en procès ? *Médiation et Information (MEI)*, 19, 3759.
- De Freitas, R. S. (2020). The sociology of knowledge and its movements. *Sociologia & Antropologia*, 10(1), 267–287. <https://doi.org/10.1590/2238-38752019v10i110>
- Dumas, A., & Martin-Juchat, F. (2022). *Les communications affectives en organisations*. De Boeck supérieur.
- Dondero, M. G. (2021). Geste de la pensée, gestualité picturale : Le diagramme chez Peirce, Deleuze et Goodman. *Metodo*, 9(1), 6796. <https://doi.org/10.19079/metodo.9.1.67>
- Dondero, M. G. (2020). Le plan de l'expression des images : Quelques réflexions sur support et apport. *Semiotica*, 2020(234), 253270. <https://doi.org/10.1515/sem-2018-0124>
- Dondero, M. G. (2016a). Voir en art, voir en sciences. *Nouvelle revue d'esthétique*, 17(1), 139. <https://doi.org/10.3917/nre.017.0139>
- Dondero, M. G. (2011b). Le diagramme entre perception visuelle et mathématique. *Visible*, 8. <https://doi.org/10.25965/visible.428>
- Dondero, M. G. (2011a). Diagramme et parcours visuels de la démonstration [Text/html,application/PDF]. *Actes Sémiotiques*, Oko. <https://doi.org/10.25965/AS.2775>
- Dondero, M. G. (2010c). L'indicialité de l'image scientifique : De la constitution de l'objet à sa manipulation. *Visible*, 6, 91108.
- Dondero, M. G. (2010b). Sémiotique de l'image scientifique. *Signata*, 1, 111175. <https://doi.org/10.4000/signata.291>

- Dondero, M. G. (2009b). The Semiotics of Scientific Image : From Production to Manipulation. *The American Journal of Semiotics*, 25(34), 119.
- Dondero, M. G. (2009a). L'image scientifique : De la visualisation à la mathématisation et retour [Text/html,application/PDF]. *Actes Sémiotiques*. <https://doi.org/10.25965/AS.1653> (Un PDF a été généré sur la base de la page web, il fait 25 pages, numérotées de 1 à 25).
- Dondero, M. G., & Reyes-Garcia, E. (2016). Les supports des images : De la photographie à l'image numérique. *Revue française des sciences de l'information et de la communication*, 9. <https://doi.org/10.4000/rfsic.2124>
- Dondero, M. G., & Fontanille, J. (Éds.). (2014). *The semiotic challenge of scientific images : A test case for visual meaning* (J. Tabler, Trad.). Legas.
- Dondero, M. G. & Miraglia, V. (Eds.) (2009). L'image dans le discours scientifique: statuts et dispositifs de visualisation. *Visible*, (5)
- Dupré, S. (2010). Art History, History of Science, and Visual Experience. *Isis*, 101(3), 618622. <https://doi.org/10.1086/657175>
- Edge, D. (1995). Reinventing the wheel. In S. Jasanoff, G. Markle, J. Peterson & T. Pinch (Éds.) *Handbook of Science and Technology Studies* (pp. 2-23). SAGE Publications, Inc., <https://doi.org/10.4135/9781412990127>
- Elias, N. (1971b). Sociology of Knowledge : New Perspectives: Part Two. *Sociology*, 5(3), 355–370. <http://www.jstor.org/stable/42851096>
- Elias, N. (1971a). Sociology of Knowledge : New Perspectives: Part One. *Sociology*, 5(2), 149168. <https://doi.org/10.1177/003803857100500201>
- Elkins, J. (2008). *The domain of images* (Nachdr.). Cornell Univ. Press. (Ouvrage original publié en 1999)
- Elkins, J. (1995). Art History and Images That Are Not Art. *The Art Bulletin*, 77(4), 553. <https://doi.org/10.2307/3046136>
- Ellis, R. (2011). Jizz and the joy of pattern recognition : Virtuosity, discipline and the agency of insight in UK naturalists' arts of seeing. *Social Studies of Science*, 41(6), 769790. <https://doi.org/10.1177/0306312711423432>

- Farocki, H. (2004). Phantom Images. *Public*, (29). Retrieved from <https://public.journals.yorku.ca/index.php/public/article/view/30354>
- Flannery, M. C. (1998). Images of the Cell in Twentieth-Century Art and Science. *Leonardo*, 31(3), 195. <https://doi.org/10.2307/1576571>
- Flannery, M. C. (1992). Biology Is Beautiful. *Perspectives in Biology and Medicine*, 35(3), 422-435. <https://doi.org/10.1353/pbm.1992.0020>
- Fleck, L. (2008). *Genesis and development of a scientific fact* (R. K. Merton & T. J. Trenn, Éds.; T. J. Trenn & F. Bradley, Trad.). University of Chicago Press. (Ouvrage original en allemand publié en 1935).
- Flusser, V. (2011). *Into the universe of technical images*. University of Minnesota Press.
- Fontanille, J. (2007), Les systèmes d'imagerie scientifique. Questions sémiotiques, *E/C, Rivista dell'Associazione italiana di semiotica*, en ligne, article mis en ligne le 2 mai 2007. http://www.ec-aiss.it/pdf/fontanille_2_5_07.pdf
- Foucart, J. (2013). Pragmatisme et transaction. La perspective de John Dewey. *Pensée plurielle*, 33-34, 73-84. <https://doi.org/10.3917/pp.033.0073>
- Fujimura, J. H., Star, S. L., & Gerson, E. M. (1987). Méthodes de recherche en sociologie des sciences : Travail, pragmatisme et interactionnisme symbolique. *Cahiers de recherche sociologique*, 5(2), 63. <https://doi.org/10.7202/1002027ar>
- Freudenthal, G., & McLaughlin, P. (2009). Boris Hessen : In Lieu of a Biography. In G. Freudenthal & P. McLaughlin (Éds.), *The Social and Economic Roots of the Scientific Revolution* (p. 253-256). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9604-4_7
- Frow, E. K. (2014). In Images We Trust?: Representation and Objectivity in the Digital Age. In C. Coopmans, J. Vertesi, M. Lynch, & S. Woolgar (Eds.), *Representation in Scientific Practice Revisited* (pp. 249-268). The MIT Press.
- Fyfe, G., & Law, J. (1987). Introduction : On the Invisibility of the Visual. *The Sociological Review*, 35(1_suppl), 114. <https://doi.org/10.1111/j.1467-954X.1987.tb00080.x>

- Galilei, G. (1610). *Sidereus uncius*. Th. Baglionum (Venetiis).
- Gallego-Gómez, J. C., & Guerrero-Pino, G. (2021). Phénoménotechnique et systèmes expérimentaux dans la compréhension de la pratique scientifique : Le cas de la Cellule Vivante. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 15(2). <https://doi.org/10.4000/rac.22887>
- Garfinkel, H., Lynch, M., & Livingston, E. (1981). The Work of a Discovering Science Construed with Materials from the Optically Discovered Pulsar. *Philosophy of the Social Sciences*, 11(2), 131-158. <https://doi.org/10.1177/004839318101100202>
- Garforth, L. (2012). In/Visibilities of Research : Seeing and Knowing in STS. *Science, Technology, & Human Values*, 37(2), 264-285. <https://doi.org/10.1177/0162243911409248>
- Gentès, A. (2022). Pour une théorie « média-centrée » du design. *Approches Théoriques en Information-Communication (ATIC)*, 4, 51-71. <https://doi.org/10.3917/atic.004.0051>
- Gentes, A., & Marcocchia, G. (2023). The Forgotten Legacy of Schön : From Materials to “Mediums” in the Design Activity. *Design Issues*, 39(2), 313. https://doi.org/10.1162/desi_a_00713
- Giere, R. N. (1996) Visual models and Scientific Judgment. In B. S. Baigrie, (Éd.). (1996). *Picturing knowledge : Historical and philosophical problems concerning the use of art in science* (sp). University of Toronto Press.
- Gieryn, T. F. (1988). Distancing Science from Religion in Seventeenth-Century England. *Isis*, 79(4), 582-593.
- Gilbert, S. F. (1991). Epigenetic landscaping : Waddington's use of cell fate bifurcation diagrams. *Biology & Philosophy*, 6(2), 135-154. <https://doi.org/10.1007/BF02426835>
- Girardet, C. & Nuber, N. (2021) *Les normes APA (7ème éd.)*. [document de travail/PDF]
- Gooding, D. C. (2010). Visualizing Scientific Inference. *Topics in Cognitive Science*, 2(1), 1535. <https://doi.org/10.1111/j.1756-8765.2009.01048.x>

- Gooding, D. (1992). 3. Putting Agency Back into Experiment. In A. Pickering (Ed.), *Science as Practice and Culture* (pp. 65-112). University of Chicago Press. <https://doi.org/10.7208/9780226668208-004>
- Gooding, D. (1990). *Experiment and the making of meaning : Human agency in scientific observation and experiment*. Kluwer Academic Publishers.
- Gooding, D., Pinch, T., & Schaffer, S. (Éds.). (1989). *The Uses of Experiment, Studies in the Natural Sciences*. Cambridge University Press.
- Goodwin, C. (2000). Practices of seeing, visual analysis: An ethnomethodological approach. In T. van Leeuwen & C. Jewitt (Eds.), *Handbook of Visual Analysis*, (p.157–182). London: Sage
- Goodwin, C. (1994). Professional Vision. *American Anthropologist*, 96(3), 606633. <https://doi.org/10.1525/aa.1994.96.3.02a00100>
- Goodwin, C., Harness Goodwin, M. (1997). La coopération au travail dans un aéroport (P. Joseph, Trad.). *Réseaux*, 15(85), 129162. <https://doi.org/10.3406/reso.1997.3138>
- Granjon, E. (2016). Le signe visuel chez le Groupe μ . In L. Hébert (dir.), Signo [en ligne], Rimouski (Québec), <http://www.signosemio.com/groupe-mu/signe-visuel.pdf>
- Grimoult, C. (2003). *Histoire de l'histoire des sciences: Historiographie de l'évolutionnisme dans le monde francophone*. Librairie Droz. <https://doi.org/10.3917/droz.grimo.2003.01>
- Hacking, I. (2010). *Representing and intervening : Introductory topics in the philosophy of natural science*. Cambridge University Press. (Ouvrage original publié en 1983.)
- Hacking, I. (1992). The self-Vindication of the Laboratory Sciences, In A. Pickering (Ed.), *Science as Practice and Culture* (pp. 1-26). University of Chicago Press. <https://doi.org/10.7208/9780226668208-002>
- Hacking, I. (1981). Do we see through a microscope? *Pacific Philosophical Quarterly*, 62(4), 305322. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0114.1981.tb00070.x>

- Hanson, N. R. (1985). *Patterns of discovery : An inquiry into the conceptual foundations of science* (Repr). Cambridge University Press. (Ouvrage original publié en 1958.)
- Harvey, B. (1981). Plausibility and the Evaluation of Knowledge : A Case-Study of Experimental Quantum Mechanics. *Social Studies of Science*, 11(1), 95130. <https://doi.org/10.1177/030631278101100105>
- Hoel, A. S. (2018). Operative Images. Inroads to a New Paradigm of Media Theory. In L. Feiersinger, K. Friedrich, & M. Queisner (Éds.), *Image – Action – Space* (p. 1128). De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110464979-002>
- Hoel A.S., & Lindseth, F. (2016) Differential interventions: Images as operative tools. In: Kuc K, Zylinska J (eds) *Photomediations: A Reader*. London: Open Humanities press, pp. 177–183.
- Hogan, T., Hinrichs, U., & Hornecker, E. (2016). The Elicitation Interview Technique : Capturing People’s Experiences of Data Representations. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 22(12), 25792593. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2015.2511718>
- Hottois, G. (2006). La technoscience : De l’origine du mot à ses usages actuels. *Recherche en soins infirmiers*, N° 86(3), 24. <https://doi.org/10.3917/rsi.086.0024>
- Hutchins, E. (2010). Enaction, Imagination, and Insight. In J. Stewart, O. Gapenne, & E. A. Di Paolo (Éds.), *Enaction* (p. 425450). The MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/9780262014601.003.0016>
- Innis, R. E. (2005). John Dewey et sa glose approfondie de la théorie peircienne de la qualité. *Protée*, 26(3), 8998. <https://doi.org/10.7202/030530ar>
- Jeanneret, Y. 2011. *Y-a-t-il (vraiment) des technologies de l’information ? Nouvelle édition revue et corrigée*. Villeneuve d’Ascq : Presses universitaires du Septentrion. <https://doi.org/10.4000/books.septentrion.13894>
- Jeanneret, Y. (1994). Les images de la science. *Communication et langages*, 99(1), 5473. <https://doi.org/10.3406/colan.1994.2494>

- Jewitt, C., & Oyama, R. (2001). Visual Meaning : A Social Semiotic Approach. In T. Van Leeuwen & C. Jewitt (Éds.), *The Handbook of Visual Analysis* (pp. 134156). SAGE Publications Ltd.
- Kaiser, D. (1998). A Mannheim for All Seasons : Bloor, Merton, and the Roots of the Sociology of Scientific Knowledge. *Science in Context*, 11(1), 5187. <https://doi.org/10.1017/S026988970000291X>
- Kéradec, P., Kéradec, H., & Vermersch, P. (2018). Entretien avec Pierre Vermersch : L'entretien d'explicitation. *Économie & Management*, 169, 6470.
- Knorr-Cetina, K. (1999). *Epistemic cultures : How the sciences make knowledge*. Harvard University Press.
- Knorr-Cetina, K. (1996). Le «souci de soi» ou les «tâtonnements» : Ethnographie de l'empirie dans deux disciplines scientifiques. *Sociologie du travail*, 38(3), 311330. <https://doi.org/10.3406/sotra.1996.2256>
- Knorr-Cetina, K. (1995). Laboratory studies : The cultural approach to the study of science. In S. Jasanoff, G. Markle, J. Peterson & T. Pinch (Éds.) *Handbook of science and technology studies* (Rev. ed, pp. 140166). Sage Publications.
- Knorr-Cetina, K. (1992). The Couch, the Cathedral, and the Laboratory: On the Relationship between Experiment and Laboratory in Science. In A. Pickering (Ed.), *Science as Practice and Culture* (pp. 113-138). University of Chicago Press. <https://doi.org/10.7208/9780226668208-005>
- Knorr-Cetina, K. (1981). *The manufacture of knowledge : An essay on the constructivist and contextual nature of science*. Pergamon Press.
- Knorr-Cetina, K. D. (1979). Tinkering toward success : Prelude to a theory of scientific practice. *Theory and Society*, 8(3), 347376. <https://doi.org/10.1007/BF00167894>
- Knorr-Cetina, K., & Amann, K. (1990). Image Dissection in Natural Scientific Inquiry. *Science, Technology, & Human Values*, 15(3), 259283. <https://doi.org/10.1177/016224399001500301>
- Knorr-Cetina, K., & Mulkay, M. (1983). *Science Observed : Perspectives on the Social Study of Science*.

- Knorr-Cetina, K., Krohn, R., & Whitley, R. (Éds.). (1981). *The Social Process of Scientific Investigation* (Vol. 4). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-9109-5>
- Knorr-Cetina, K., Schatzki, T. R., Savigny, E. von, & Knorr-Cetina, K. (2001). *The Practice Turn in Contemporary Theory*. <http://public.ebookcentral.proquest.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=235322>
- Lantenois, A. (2010). *Le vertige du funambule. Le design graphique entre économie et morale*. B42/Cité du Design.
- Lapassade, G. (2002). Observation Participante. In *Vocabulaire de psychosociologie : Références et positions*. Érès.
- Laugier, A. & Dumon, A. (2001). D'Aristote à Mendeleev : plus de 2000 ans de symbolisme pour représenter la matière et ses transformations. *L'Actualité chimique*, (3), 3850.
- Latour, B. (2016). 14. A Dialog About a New Meaning of Symmetric Anthropology. In *Comparative metaphysics : Ontology after anthropology* (A Cerisy Colloquium, Rowman&Littlefield International, pp. 325342).
- Latour, B. (1999). *Pandora's hope : Essays on the reality of science studies*. Harvard University Press.
- Latour, B. (1996). On actor-network theory : A few clarifications. *Soziale Welt*, 47(4), 369381.
- Latour, B. (1993). *La clef de Berlin*. La Decouverte.
- Latour, B. (1991). Le travail de l'image ou l'intelligence scientifique redistribuée. *Culture Technique*, 22, 1224.
- Latour, B. (1990). Drawing things together. In M. Lynch & S. Woolgar (Éds.), *Representation in scientific practice* (1st MIT Press ed, pp. 19-68). MIT Press.
- Latour, B. (1987). *Science in action : How to follow scientists and engineers through society*. Harvard University Press.
- Latour, B. (1986). Visualization and Cognition : Thinking with Eyes and Hands. *Knowledge and Society: Studies in the Sociology of Culture Past and Present*, 6, 140.

- Latour, B. (1985). Les « vues » de L'esprit, une introduction à l'anthropologie des sciences et des techniques. *Culture Technique*, 14. 5-29.
- Latour, B. (1979). Go and See—For an Anthropological Study of Working Scientists. *Society for Social Studies of Science Newsletter*, 4(1), 1820.
- Latour, B. & De Noblet J. (Eds.) (1985) Les « vues » de l'esprit. *Culture Technique*, (14)
- Latour, B., & Miranda, C. (2017). A Dialog About a New Meaning of Symmetric Anthropology (with Carolina Miranda). In P. Charbonnier, G. Salmon, & P. Skafish (Éds.), *Comparative Metaphysics—Ontology after Anthropology* (A Cerisy Colloquium, pp. 325342). Rowman & Littlefield International.
- Latour, B., & Woolgar, S. (1986). *Laboratory life : The construction of scientific facts*. Princeton University Press. (Ouvrage original publié en 1979.)
- Larkin, J. H., & Simon, H. (1987). *Why a Diagram is (Sometimes)Worth Ten ThousandWords*. 36.
- Lave J., & Wenger E. (1991). *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Law, J. (2019) *Material Semiotics* [Manuscrit non publié]. The Open University, Milton Keynes, UK and Sámi Allaskuvla (Sámi University of Applied Sciences), www.heterogeneities.net/publications/Law2019MaterialSemiotics.pdf
- Law, J. (2009). Actor-network theory and material semiotics. In B. S. Turner (Éd.), *The New Blackwell Companion to Social Theory* (3rd Edition., pp. 141158). Wiley-Blackwell.
- Law, J., & Lynch, M. (1990). Lists, field guides, and the descriptive organization of seeing: Birdwatching as an exemplary observational activity. In M. Lynch & S. Woolgar (Éds.), *Representation in scientific practice* (1st MIT Press ed, pp. 267-299). MIT Press.
- Law, J., & Williams, R. J. (1982). Putting Facts Together : A Study of Scientific Persuasion. *Social Studies of Science*, 12(4), 535558. <https://doi.org/10.1177/030631282012004003>

- Leeuwenhoek, A. V., & Hoole, S. (1800). *The select works of Antony van Leeuwenhoek : Containing his microscopical discoveries in many of the works of nature*. G. Sidney. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.5700> (Basé sur un ouvrage publié en 1687.)
- Lefebvre, Liv. (2008) *Les indicateurs non verbaux dans les interactions médiatisées*. [Thèse de doctorat, Université de Bretagne Sud]. tel-00350409
- Lenoir, T. (Éd.). (1998). *Inscribing science : Scientific texts and the materiality of communication*. Stanford University Press.
- Livingston, E. (1986) *The Ethnomethodological Foundations of Mathematics*. Routledge and Kegan Paul.
- Luyat, M., & Regia-Corte, T. (2009). Les affordances : De James Jerome Gibson aux formalisations récentes du concept: *L'Année psychologique*, Vol. 109(2), 297332. <https://doi.org/10.3917/anpsy.092.0297>
- Lynch, M. (2015b). Visualization in Science and Technology. In *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* (pp. 220225). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.85041-2>
- Lynch, M. (2015a). Science and Technology Studies, Ethnomethodology of. In *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* (pp. 192199). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.85049-7>
- Lynch, M. (2014). Representation in Formation. In M. Lynch, C. Coopmans, J. Vertesi, & S. Woolgar (Eds.), *Representation in Scientific Practice Revisited* (pp. 323–328). The MIT Press.
- Lynch, M. (2006) The Production of Scientific Images : Vision and Re-Vision in the History, Philosophy, and Sociology of Science. In L. Pauwels (Éd.), *Visual cultures of science : Rethinking representational practices in knowledge building and science communication*. Dartmouth College Press : University Press of New England. (Article original publié en 1998)
- Lynch, M. (2001). Wittgenstein, règles et épistémologie. *Rue Descartes*, 31(1), 11. <https://doi.org/10.3917/rdes.031.0011>
- Lynch, M. (1994). Representation is Overrated: *Configurations*, 2(1), 11.

- Lynch, M. (1993). *Scientific practice and ordinary action : Ethnomethodology and social studies of science*. Cambridge University Press.
- Lynch, M. (1991b). Science in the age of mechanical reproduction : Moral and epistemic relations between diagrams and photographs. *Biology & Philosophy*, 6(2), 205-226. <https://doi.org/10.1007/BF02426838>
- Lynch, M. (1991a). Laboratory Space and the Technological Complex : An Investigation of Topical Contextures. *Science in Context*, 4(1), 51-78. <https://doi.org/10.1017/S0269889700000156>
- Lynch, M. (1990) The externalized retina: Selection and mathematization in the visual documentation of objects in the life sciences. In M. Lynch & S. Woolgar (Éds.), *Representation in Scientific Practice*. (pp.153-187). MIT Press.
- Lynch, M. (1988). Horizons pratiques et artistiques de l'observation scientifique (J. Amar, Trad.). *Bulletin de psychologie*, 41(386), 571-575. <https://doi.org/10.3406/buppsy.1988.12909>
- Lynch, M. (1985c). La rétine extériorisée. *Culture Technique*, 14, 108-123.
- Lynch, M. (1985b). Discipline and the material form of images : An analysis of scientific visibility. *Social Studies of Science*, 15(1), 37-66.
- Lynch, M. (1985a). *Art and artifact in laboratory science : A study of shop work and shop talk in a research laboratory*. Routledge & Kegan Paul.
- Lynch, M. (1982). Technical Work and Critical Inquiry : Investigations in a Scientific Laboratory. *Social Studies of Science*, 12(4), 499-533. <https://doi.org/10.1177/030631282012004002>
- Lynch, M., & Edgerton, S. Y. (1987). Aesthetics and Digital Image Processing : Representational Craft in Contemporary Astronomy. *Special Issue: The Sociological Review Monograph Series: Picturing Power: Visual Depiction and Social Relations*, 184-220.
- Lynch, M., Gerst, D., Krämer, H., & Salomon, R. (2019). « The Studies are Probably the Best Thing That Garfinkel Ever Wrote. » Michael Lynch in Conversation With Dominik Gerst, Hannes Krämer & René Salomon. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research*, Vol 20, No 2 (2019): Harold Garfinkel's « Studies in Ethnomethodology ». An Interview Issue. <https://doi.org/10.17169/FQS-20.2.3251>

- Lynch, M. & Woolgar, S. (Éds.). (1990). *Representation in scientific practice* (1st MIT Press ed). MIT Press.
- Lynch, M., & Woolgar, S. (1988). Introduction : Sociological orientations to representational practice in science. *Human Studies*, 11(23). <https://doi.org/10.1007/BF00177300>
- Lyotard, J-F. (1990). Intriguer, ou le paradoxe du graphiste. In Carlut, C., Lyotard, J-F., *Vive les graphistes*. Paris : éditions de Minuit.
- Mackenzie, D. A. (2003). Eloge: David Owen Edge, 1932–2003. *Isis* 94(3), 498-499.
- Mackenzie, D. A. (1981). Interests, Positivism and History. *Social Studies of Science*, 11(4), 498504.
- Mackenzie, D. A. & Barnes, B. (1979). Scientific Judgement: The Biometry-Mendelism Controversy. In S. Barry Barnes et Steven Shapin (Ed.), *Natural Order*, (pp.191-21). Sage.
- Mannheim, K. (1954). *Ideology and Utopia : An Introduction to the Sociology of Knowledge*. Routledge & Kegan Paul.
- Marey, É.-J. (1878). *La Méthode graphique dans les sciences expérimentales et principalement en physiologie et en médecine*. G. Masson.
- Mercier, M. (1991). Les images de microscopie électronique : Construire un réel invisible. *Culture Technique*, 22, 2534.
- Merton, R. K. (1973). *The sociology of science : Theoretical and empirical investigations*. University of Chicago Press.
- Merton, R. K. (1968). *Social Theory and Social Structure* (The Free Press). The Free Press, New York. (Ouvrage original publié en 1949.)
- Merton, R. K. (1938). Science, Technology and Society in Seventeenth Century England. *Osiris*, 4, 360632.
- Mertz, L., Peneau, J., & Reunkrilerk, D. (2022). Traductibilité et design : Explorer les paramètres génératifs du brief. *Appareil*, 24. <https://doi.org/10.4000/appareil.4579>

- Merz, M., & Knorr-Cetina, K. (1997). Deconstruction in a 'Thinking' Science : Theoretical Physicists at Work. *Social Studies of Science*, 27(1), 73111. <https://doi.org/10.1177/030631297027001004>
- Michael, M. (2012). Anecdote. In C. Lury and N. Wakeford (dirs.), *Inventive Methods* (pp. 39-49). Routledge.
- Mondada, L. (2017). Le défi de la multimodalité en interaction: *Revue française de linguistique appliquée*, Vol. XXII(2), 7187. <https://doi.org/10.3917/rfla.222.0071>
- Mondada, L. (2017b). Nouveaux défis pour l'analyse conversationnelle : L'organisation située et systématique de l'interaction sociale: *Langage et société*, (160-161), 181197. <https://doi.org/10.3917/lis.160.0181>
- Mondada, L. (2008b) "Documenter l'articulation des ressources multimodales dans le temps : la transcription d'enregistrements vidéos d'interactions", in M. Bilger (ed.) *Données orales, les enjeux de la transcription*. Perpignan: Presses Universitaires de Perpignan, pp. 127-155.
- Mondada, L. (2008a). Production du savoir et interactions multimodales : Une étude de la modélisation spatiale comme activité pratique située et incarnée. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 2, 2(2), 219. <https://doi.org/10.3917/rac.004.0219>
- Mosley, A. (2007). Objects, texts and images in the history of science. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 38(2), 289302. <https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2007.03.002>
- Mulkay, M., & Gilbert, G. N. (1982b). Joking Apart : Some Recommendations concerning the Analysis of Scientific Culture. *Social Studies of Science*, 12(4), 585613.
- Mulkay, M., & Gilbert, G. N. (1982a). Accounting for Error : How Scientists Construct their Social World when they Account for Correct and Incorrect Belief. *Sociology*, 16(2), 165183. <https://doi.org/10.1177/0038038582016002001>
- Mulkay, M. J. (1979). *Science and the sociology of knowledge*. G. Allen & Unwin.

- Ochs, E., Jacoby, S., & Gonzales, P. (1994). Interpretive journeys : How scientists talk and travel through graphic space. *Configurations*, 2, 151171.
- Nicolas, L. (2015). La méthode d'entretien « combinée » comme mode d'accès à la fabrique de l'action enseignante : Complémentarité de l'auto-confrontation et de l'explicitation. *Recherches en didactique des langues et des cultures*, 12(2). <https://doi.org/10.4000/rdlc.645>
- Pang, A. S.-K. (1997). Visual Representation and Post-Constructivist History of Science. *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, 28(1), 139171. <https://doi.org/10.2307/27757789>
- Pauwels, L. (Éd.). (2006). *Visual cultures of science : Rethinking representational practices in knowledge building and science communication*. Dartmouth College Press : University Press of New England.
- Peneau, J. (2023). *Dynamique dispositive et structure temporelle de la co-conception : Une analyse du travail de design en agence* [Thèse de doctorat, Institut Polytechnique de Paris]. <tel-04071268>
- Pentimalli, B., & Rémerly, V. (2020). La fabrique du regard : Apprentissage et transmission au sein de communautés de pratique. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 14(3). <https://doi.org/10.4000/rac.10911>
- Perini, L. (2012). Image Interpretation : Bridging the Gap from Mechanically Produced Image to Representation. *International Studies in the Philosophy of Science*, 26(2), 153170. <https://doi.org/10.1080/02698595.2012.703478>
- Perrotta, M. (2012). The Study of Technoscientific Imaging in STS. *Tecnoscienza – Italian Journal of Science & Technology Studies*, 163-176 Pages. <https://doi.org/10.6092/ISSN.2038-3460/17060>
- Pestre, D. (1995). Pour une histoire sociale et culturelle des sciences. Nouvelles définitions, nouveaux objets, nouvelles pratiques. *Annales. Histoire, Sciences Sociales*, 50(3), 487522. <https://doi.org/10.3406/ahess.1995.279379>
- Pickering, A. (2008). Culture : Science Studies and Technoscience. In T. Bennett & J. Frow (Éds.), *The SAGE Handbook of Cultural Analysis* (pp. 291310). SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.4135/9781848608443.n15>

- Pickering, A. (1999). Explanation and the Mangle : A Response to My Critics. *Studies in History and Philosophy of Science*, 30(1), 167171.
- Pickering, A. (1993). The Mangle of Practice : Agency and Emergence in the Sociology of Science. *American Journal of Sociology*, 99(3), 559589. <https://doi.org/10.1086/230316>
- Pickering, A. (1992b). From Science as Knowledge to Science as Practice. In A. Pickering (Ed.), *Science as Practice and Culture* (pp. 1-26). University of Chicago Press. <https://doi.org/10.7208/9780226668208-002>
- Pickering, A. (Éd.). (1992a). *Science as practice and culture*. University of Chicago Press.
- Pickering, A. (1989). Big science as a form of life. *The Restructuring of the Physical Sciences in Europe and the United States, 1945-1960*, 4254.
- Pickering, A. (1981b). The Hunting of the Quark. *Isis*, 72(2), 216236.
- Pickering, A. (1981a). Constraints on Controversy : The Case of the Magnetic Monopole. *Social Studies of Science*, 11(1), 6393. <https://doi.org/10.1177/030631278101100104>
- Pickering, A., & Guzik, K. (Éds.). (2008). *The mangle in practice : Science, society, and becoming*. Duke University Press.
- Pinch, T. (1985). Towards an Analysis of Scientific Observation : The Externality and Evidential Significance of Observational Reports in Physics. *Social Studies of Science*, 15(1), 336. <https://doi.org/10.1177/030631285015001001>
- Pinch, T. J. (1981). The Sun-Set : The Presentation of Certainty in Scientific Life. *Social Studies of Science*, 11(1), 131158. <https://doi.org/10.1177/030631278101100106>
- Pinch, T. J., & Bijker, W. E. (1984). The Social Construction of Facts and Artefacts : Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology might Benefit Each Other. *Social Studies of Science*, 14(3), 399441. <https://doi.org/10.1177/030631284014003004>

- Prentice, R. (2005). The Anatomy of a Surgical Simulation : The Mutual Articulation of Bodies in and through the Machine. *Social Studies of Science*, 35(6), 837866. <https://doi.org/10.1177/0306312705053351>
- Prpa, M., Fdili-Alaoui, S., Schiphorst, T., & Pasquier, P. (2020). Articulating Experience : Reflections from Experts Applying Micro-Phenomenology to Design Research in HCI. *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 114. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376664>
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies: approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin.
- Ratcliff, M. J. 2016. Les organismes invisibles au dix-huitième siècle. In *Genèse d'une découverte : La division des infusoires (1765-1766)*. Publications scientifiques du Muséum. doi : <https://doi.org/10.4000/books.mnhn.3345>
- Renon, A.-L. (2020). *Design & sciences*. Presses universitaires de Vincennes.
- Renon, A.-L. (2016). *Design et esthétique dans les pratiques de la science*. Ecole des hautes études en sciences sociales.
- Reunkrilerk, D. (2022). *La force du signal faible : Rôle des médias pour l'intégration du design au sein des organisations : Une contribution sémiopragmatique de la médiation au design*. [Thèse de doctorat, Institut Polytechnique de Paris].
- Rigot, E. (2022). *Design & savoirs sensibles : Une recherche-crédation sur les technologies 3D et l'ingénierie du vivant au sein de l'anthropocène*. [Thèse de doctorat, Université Toulouse 2 - Jean Jaurès.]
- Rioufreyt, T. (2018). La transcription outillée en SHS. Un panorama des logiciels de transcription audio/vidéo. *Bulletin of Sociological Methodology/ Bulletin de Méthodologie Sociologique*, 139(1), 96133. <https://doi.org/10.1177/0759106318762455>
- Rudwick, M. J. S. (1985). *The great Devonian controversy : The shaping of scientific knowledge among gentlemanly specialists*. University of Chicago Press.

- Rudwick, M. J. S. (1976). The Emergence of a Visual Language for Geological Science 1760—1840. *History of Science*, 14(3), 149–195. <https://doi.org/10.1177/007327537601400301>
- Rudwick, M. J. S. (1974). Darwin and Glen Roy : A “great failure” in scientific method? *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 5(2), 97185. [https://doi.org/10.1016/0039-3681\(74\)90024-7](https://doi.org/10.1016/0039-3681(74)90024-7)
- Ruse, M., & Taylor, P. (Eds.) (1991). Pictorial Representation in Biology. *Biology and Philosophy*, 6(2), Edition spéciale.
- Schinckus, C. (2008). 5. Constructivisme et relativisme ou l'expression de la postmodernité dans les sciences sociales. In M. Jacquemain & B. Frère (Éds.), *Epistémologie de la sociologie : Paradigmes pour le XXIe siècle* (pp. 97120). De Boeck.
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner : How professionals think in action*. Basic Books.
- Seidel, M. (2011). Karl Mannheim, Relativism and Knowledge in the Natural Sciences – A Deviant Interpretation. In *The Problem of Relativism in the Sociology of (Scientific) Knowledge* (pp. 183214). De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110325904.183>
- Shapin, S. (1990a). La politique des cerveaux : la querelle phrénologique au XIXe siècle à Édimbourg. In M. Callon et B. Latour (Ed.), *La science telle qu'elle se fait* (fichier ePub). La Découverte. (Article original en anglais publié en 1979).
- Shapin, S. (1988a). The House of Experiment in Seventeenth-Century England. *Isis*, 79(3,), 373404.
- Shapin, S. (1988b). Understanding the Merton Thesis. *Isis*, 79(4), 594605.
- Shapin, S. (1985). Une pompe de circonstance. La technologie littéraire de Boyle. *Culture Technique*, 14, 70-87.
- Shapin, S. (1982). History of Science and its Sociological Reconstructions. *History of Science*, 20(3), 157211. <https://doi.org/10.1177/007327538202000301>

- Sicard, M. (1997). Les paradoxes de l'image. *Hermès*, 21. <https://doi.org/10.4267/2042/15041>
- Smets, A., & Lüthy, C. (2009). Words, Lines, Diagrams, Images : Towards a History of Scientific Imagery. *Early Science and Medicine*, 14(13), 398439. <https://doi.org/10.1163/157338209X425632>
- Smith, M. L., Zwan, S., van Dijk, L., Bruineberg, J. P., & Hummels, C. C. M. (2023). Sketching theory: Introducing the pictorial format. *Journal of Human Technology Relations*, 1(1), pp.1-10. <https://doi.org/10.59490/jhtr.2023.1.7026>
- Suchman, L. (2007). *Human-Machine Reconfigurations : Plans and Situated Actions* (2e éd.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511808418> (Ouvrage original publié en 1987.)
- Suchman, L. (1988). Representing practice in cognitive science. *Human Studies*, 11(23). <https://doi.org/10.1007/BF00177307>
- Star, S. L. (1983). Simplification in Scientific Work : An Example from Neuroscience Research. *Social Studies of Science*, 13(2), 205228. <https://doi.org/10.1177/030631283013002002>
- Tabboni, S. (2003). Robert K. Merton (1910-2003) : Le sociologue de l'ironie. *Hermès*, n° 37(3), 261. <https://doi.org/10.4267/2042/9411>
- Theureau, J. (2010b). Les entretiens d'autoconfrontation et de remise en situation par les traces matérielles et le programme de recherche « cours d'action ». *Revue d'anthropologie des connaissances*, Vol 4, 2(2), 287. <https://doi.org/10.3917/rac.010.0287>
- Theureau, J. (2010a). La constitution de savoirs dans l'action. *Intellectica. Revue de l'Association pour la Recherche Cognitive*, 53(1), 95127. <https://doi.org/10.3406/intel.2010.1180>
- Theureau, J. (2004). L'hypothèse de la cognition (ou action) située et la tradition d'analyse du travail de l'ergonomie de langue française. *Activites*, 01(2). <https://doi.org/10.4000/activites.1219>
- Travis, G. D. L. (1981). Replicating Replication? Aspects of the Social Construction of Learning in Planarian Worms. *Social Studies of Science*, 11(1), 1132. <https://doi.org/10.1177/030631278101100102>

- Traweek, S. (1993). An introduction to cultural and social studies of sciences and technologies. *Culture, Medicine and Psychiatry*, 17(1), 325. <https://doi.org/10.1007/BF01380596>
- Traweek, S. (1992). *Beamtimes and lifetimes : The world of high energy physicists* (First Harvard University Press paperback edition). Harvard Univ. Press. (Ouvrage original publié en 1988.)
- Toumey, C., Nerlich, B., & Robinson, C. (2015). Technologies of Scientific Visualization. *Leonardo*, 48(1), 6163. https://doi.org/10.1162/LEON_a_00896
- Van Fraassen, B. C. (1980). *The scientific image*. Clarendon Press ; Oxford University Press.
- Varela, F. J., Thompson, E., & Rosch, E. (1991). *The embodied mind : Cognitive science and human experience*. MIT Press.
- Venturini, T. (2012). Great expectations : méthodes quali-quantitative et analyse des réseaux sociaux. In J.-P. Fourmentraux (Ed.), *L'Ère Post-Media. Humanités digitales et Cultures numériques* (Vol. 104, pp. 39–51). Paris: Hermann.
- Vermersch, P. (2019). *L'entretien d'explicitation* (9e éd.). ESF sciences humaines. (fichier ePub)
- Vertesi, J. (2014). Drawing as: Distinctions and Disambiguation in Digital Images of Mars. In J. Vertesi, C. Coopmans, M. Lynch, & S. Woolgar (Eds.), *Representation in Scientific Practice Revisited* (pp. 15–36). The MIT Press. <http://www.jstor.org/stable/j.ctt9qf5hv.5>
- Vinck, D. (2009). De l'objet intermédiaire à l'objet-frontière : Vers la prise en compte du travail d'équipement. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 3, 1(1), 51. <https://doi.org/10.3917/rac.006.0051>
- Vinck, D. (2007). Retour sur le laboratoire comme espace de production de connaissances. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 1, 2(2), 159. <https://doi.org/10.3917/rac.002.0159>
- Vinck, D. (1999). *Ethnographie des activités de conception et d'innovation : Le cas du maquettage numérique*. 13.

-
- Waquet, F. (2015), *L'Ordre matériel du savoir. Comment les savants travaillent, xvie-xxie siècles*, CNRS Éditions.
- Wise, M. N. (2006). Making visible. *Isis*, 7582.
- Woolgar, S. (1988). Time and documents in researcher interaction : Some ways of making out what is happening in experimental science. *Human Studies*, 11(23). <https://doi.org/10.1007/BF00177303>
- Woolgar, S. (1984). Sociologie des laboratoires : Un bilan critique. In *Cahiers STS* (Editions du CNRS, p. 7691). (Article original en anglais publié en 1982.)
- Woolgar, S. (1982). Laboratory Studies : A Comment on the State of the Art. *Social Studies of Science*, 12(4), 481-498. <https://doi.org/10.1177/030631282012004001>
- Woolgar, S. (1981b). Critique and Criticism : Two Readings of Ethnomethodology. *Social Studies of Science*, 11(4), 504-514.
- Woolgar, S. (1981a). Interests and Explanation in the Social Study of Science. *Social Studies of Science*, 11(3), 365-394. <https://doi.org/10.1177/030631278101100304>
- Whitley, R. D. (1970). Black Boxism and the Sociology of Science : A Discussion of the Major Developments in the Field. *The Sociological Review*, 18(1_suppl), 61-92. <https://doi.org/10.1111/j.1467-954X.1970.tb03176.x>
- Zenzen, M., & Restivo, S. (1982). The mysterious morphology of immiscible liquids : A study of scientific practice. *Social Science Information*, 21(3), 447-473. <https://doi.org/10.1177/053901882021003004>

WEBOGRAPHIE

La commande de design graphique (CNAP). (n.d.) In *Centre National des Arts plastiques*. Consulté le 12/09/2023 sur <https://www.cnap.fr/ressource-professionnelle/guides-telechargeables/la-commande-de-design-graphique>

Centre national de ressources textuelles et lexicales (CNRTL). (n.d.). Dessin. In *Portail Lexical*. Consulté le 16 décembre 2023, sur <https://www.cnrtl.fr/definition/dessin>

ADOBE PHOTOSHOP (n.d). Accueil. Consulté le 16 décembre 2023, sur <https://www.adobe.com/fr/products/photoshop.html>

Centre national de ressources textuelles et lexicales (CNRTL). (n.d.). Mutuel. In *Portail Lexical*. Consulté le 16 décembre 2023, sur <https://www.cnrtl.fr/definition/mutuel>

Centre national de ressources textuelles et lexicales (CNRTL). (n.d.). Réciproque. In *Portail Lexical*. Consulté le 16 décembre 2023, sur <https://www.cnrtl.fr/definition/r%C3%A9ciproque>

ICY (n.d). *Accueil*. Consulté le 16 décembre 2023, sur <https://icy.bioimageanalysis.org/>

Images opérationnelles : agencements utilitaires des images en mouvement (Images Secondes). (21/07/2023). In *Calenda*. Consulté le 16 décembre 2023 sur <https://calenda.org/1081694>

Phage display. (n.d.). In *Wikipédia*. Consulté le 16 décembre 2023, sur https://fr.wikipedia.org/wiki/Phage_display

UCSF Chimera (n.d.). *Accueil*. Consulté le 16 décembre 2023, sur <https://www.cgl.ucsf.edu/chimera/>

Serial Cloner (n.d). *Accueil*. Consulté le 16 décembre 2023, sur http://serial-basics.free.fr/Serial_Cloner.html

ANNEXES
de thèse



Formulaire de consentement

École Telecom Paris
19 Place Marguerite Perey,
91120 Palaiseau

Bonjour 😊

Nom de(s) Chercheur(s), Université, Département, Téléphone & Email

Estelle Chaillat, Doctorante, Telecom Paris, SES, [REDACTED]

Chercheurs associés pour l'analyse de données

Annie Gentes, Maître de Conférence HDR, Telecom Paris, SES, [REDACTED]

Dorian Reunkrilerk, Doctorant, Telecom Paris, SES, [REDACTED]

Justine Peneau, Doctorante, Telecom Paris, SES, [REDACTED]

Laurent Merz, Doctorant, Telecom Paris, SES, [REDACTED]

Ambre Charpier, Doctorante, Telecom Paris, SES, [REDACTED]

Titre du projet

Exploration de données du biologiste : vers une traduction informationnelle

Financement du projet :

Ce travail est supporté par une bourse publique de l'Agence Nationale Française de Recherche (ANR), dans le cadre du programme "Investissement d'Avenir", au travers du projet "IDI 2017" financé par l'IDEX Paris-Saclay, ANR-11-IDEX-0003-02

Ce formulaire de consentement, dont une copie vous a été remise, n'est qu'une partie du processus de consentement éclairé. Si vous voulez plus de détails sur quelque chose mentionné ici ou si des informations ne figurent pas ici, vous devez vous sentir libre de les demander. S'il vous plaît, prenez le temps de lire attentivement et de comprendre toutes les informations contenues dans ce document.

Obectif général

Nous cherchons à comprendre comment vous analysez vos données.

1

05/03/2020 – ConsentForm_ExploDonneeInfo_V3



Formulaire de consentement

École Telecom Paris
19 Place Marguerite Perey,
91120 Palaiseau

Sujet de l'étude :

Nous étudions comment les biologistes chercheurs font sens des données issues de leurs expériences dans le cadre de leurs recherches en laboratoire. Dans ce contexte, nous nous intéressons plus particulièrement à la mobilisation des formats de l'image visuelle.

Par « formats de l'image visuelle » nous entendons toute forme de représentation visuelle qui ne soit pas littéraire (texte rédigé) ou mathématique (formalisme mathématique).

Que vous sera-t-il demandé de faire ?

Cette étude se compose en quatre temps.

Le temps alloué exclusivement à l'interaction avec la chercheuse n'excède pas 3h00.

- 1) Nous convenons avec vous d'un ensemble d'activités que vous consentez d'être filmées et enregistrées.

Ces activités doivent inclure une phase de récolte de données et d'analyse de données.

- 2) Nous vous suivons pour observer votre ensemble d'activités susmentionnées.

Durant ce temps, nous vous observons silencieusement et filmons vos activités. La durée de ce temps dépend de la nature des activités que nous aurons convenues ensemble. Nous précisons que la chercheuse étant en posture de retrait, ce temps ne doit pas modifier le cours de vos activités.

- 3) Nous nous retrouvons pour une durée d'1h30 à 2h00 dans la limite d'une semaine depuis le déroulement des activités, afin de réaliser un entretien d'élicitation filmé et enregistré.

Cet entretien a pour objectif de comprendre plus en détail votre expérience lors d'une activité que nous avons sélectionnée parmi les enregistrements.

Pour ce faire : Nous vous montrons des extraits vidéo de l'enregistrement de votre activité. Nous vous demandons ensuite de nous raconter cette activité comme si vous la viviez au présent. Il vous sera donc demandé de vous remémorer votre expérience de l'activité et de nous la raconter dans son déroulement. Il s'agit d'un entretien de type itératif : nous reviendrons sur différentes séquences de ce déroulé pour les détailler davantage. Les questions pourront vous sembler répétitives. Ce type d'entretien peut impliquer la remémoration de moments qui évoquent des ressentis et vécus plus ou moins intimes, aussi rappelez-vous que vous pouvez vous retirer de cette étude à tout moment.

- 4) Nous vous contactons dans un délai de 10 jours à compter de l'entretien d'élicitation, pour réaliser un entretien semi-directif. (1h00)

2

05/03/2020 – ConsentForm_ExploDonneeInfo_V3

[ANNEXE #1] Formulaire de consentement.



Quel sera le lieu de cette enquête ?

Cette enquête prend place sur votre lieu de travail de laboratoire. L'entretien prendra place dans la même structure, dans une salle réservée à cet effet afin de garantir le calme pour le déroulé de l'entretien, et le caractère privé de nos échanges.

Comment seront utilisées vos données ?

Les données vidéos récoltées durant l'ensemble d'activité seront montées en séquence d'activité afin de pouvoir être visionnées pour l'entretien d'élicitation, lui-même filmé et enregistré. Les données brutes récoltées durant l'ensemble d'activité, l'entretien d'élicitation, et l'entretien semi-directif seront ensuite retranscrites intégralement par écrit afin de permettre leur analyse. L'ensemble de ces documents, bruts et retranscrits, seront accessibles à l'ensemble des chercheurs cités sur le présent formulaire, afin d'être analysés. L'étape d'analyse consiste à la lecture et au visionnage de la totalité des documents produits : enregistrement audio et filmé de votre ensemble d'activité, enregistrement audio et filmé de l'entretien d'élicitation, audio de l'entretien semi-dirigé, ainsi que toutes les retranscriptions. Les données récoltées et les résultats de leur analyse pourront faire l'objet d'une publication scientifique après l'anonymisation totale des données (voir « Qu'advient il des informations que je fournis ? »).

Quel genre d'informations personnelles vont être collectées ?

Si vous acceptez de participer à cette étude, vous serez invité à fournir certaines coordonnées personnelles et des données démographiques, telles que votre nom, votre adresse e-mail, votre âge, votre statut, et vos objets de recherche impliqués dans les activités enregistrées.

Vous devez choisir entre plusieurs options si vous décidez de prendre part à cette recherche. Vous pouvez toutes les choisir, ou juste certaines ou aucunes d'entre elles. S'il vous plaît mettez une croix pour accorder votre autorisation aux chercheurs sur les lignes correspondante (s):

Je donne ma permission pour l'enregistrement audio	Oui: ___ Non: ___
Je donne ma permission pour être filmé	Oui: ___ Non: ___
Je donne ma permission afin que les images sur lesquelles je travaille soient collectées.	Oui: ___ Non: ___
Je donne ma permission pour que des citations anonymes de ce que j'ai dit durant l'étude soient publiées dans la présentation des résultats de recherche.	Oui: ___ Non: ___
Je donne ma permission pour que des extraits courts de vidéo enregistrées puissent être publiés durant la présentation des résultats de recherche.	Oui: ___ Non: ___

3



Formulaire de consentement

École Telecom Paris
19 Place Marguerite Perey,
91120 Palaiseau

Quels sont les risques et des bénéfices si je participe à cette recherche?

Il n'y a pas de préjudices connus associés à votre participation à cette recherche. L'avantage pour vous en tant que participant est la possibilité d'obtenir une forme de recul sur votre pratique quotidienne. Il vous est aussi offert d'être photographié pour obtenir une photographie de votre portrait durant la période du 17 février 2020 au 17 mars 2020, sur le lieu d'enregistrement et d'entretien (un formulaire de droit à l'image vous sera proposé à la fin de l'entretien d'élicitation, ou lors de la rencontre à cet effet).

Vous pouvez demander aux chercheurs des questions au sujet de cette étude à tout moment avant, pendant ou après l'étude. Avec votre permission, nous pouvons utiliser des extraits vidéo ou des images fixes de la vidéo dans des présentations et des publications, mais cela ne peut se produire que si vous avez donné votre accord ci-dessus. Tous les clips ou images fixes de la vidéo ne seront pas associées à votre nom ou à vos coordonnées. Si le consentement est donné aux présents clips vidéo et / ou photographies, aucun anonymat peut être garanti et vous pourriez être clairement reconnaissables en tant que participant à cette étude.

Qu'advient-il des informations que je fournis ?

Vous êtes libre de vous retirer de cette étude à tout moment. Si cela se produit, nous cesserons immédiatement la collecte de données vous concernant. Veillez à ce que seules les données pour lesquelles vous avez donné votre consentement soit utilisé. Toutes les données reçues à partir de cette étude seront conservées indéfiniment dans un endroit sûr. Seuls les chercheurs indiqués dans le présent formulaire auront accès aux données brutes. Dans les publications et rapports créés sur la base de cette étude, vous serez représenté de manière anonyme, en utilisant un pseudonyme ou numéro de participant (par exemple Participant 4). Aucune information personnelle ou confidentielle ne sera publiée.

Signatures

Votre signature sur ce formulaire indique que 1) vous comprenez les informations fournies au sujet de votre participation à ce projet de recherche, et 2) que vous êtes d'accord pour participer en tant que sujet de recherche.

En aucun cas cet accord vous fait renoncer à vos droits légaux ni ne libère les enquêteurs, les commanditaires ou les institutions impliquées de leurs responsabilités légales et professionnelles. Vous êtes libre de vous retirer de ce projet de recherche à tout moment. Vous devriez vous sentir libre de demander des éclaircissements ou de nouvelles informations tout au long de votre participation.

Nom du participant: _____ Date: _____

4

05/03/2020 – ConsentForm_ExploDonneeInfo_V3

[ANNEXE #1] Formulaire de consentement.



Formulaire de consentement

École Telecom Paris
19 Place Marguerite Perey,
91120 Palaiseau



Signature du participant: _____

Nom du chercheur: _____ Date: _____

Signature du chercheur: _____

Questions / Demandes

Si vous avez n'importe quelle question ou demande de clarification à propos de cette recherche, s'il vous plait vous pouvez contacter

Estelle Chaillat, Telecom Paris, Département SES, _____

Une copie de ce formulaire de consentement doit vous être donné afin que vous puissiez le conserver dans vos dossiers. Le chercheur doit aussi garder une copie du formulaire de consentement.



Synchronisation des différents fichiers vidéos

EE1 == EV: 04:46-15:00
Decallage EE1 N°1
EV: 00:04:26
EE1: 00:00:00 (-4:26mn)

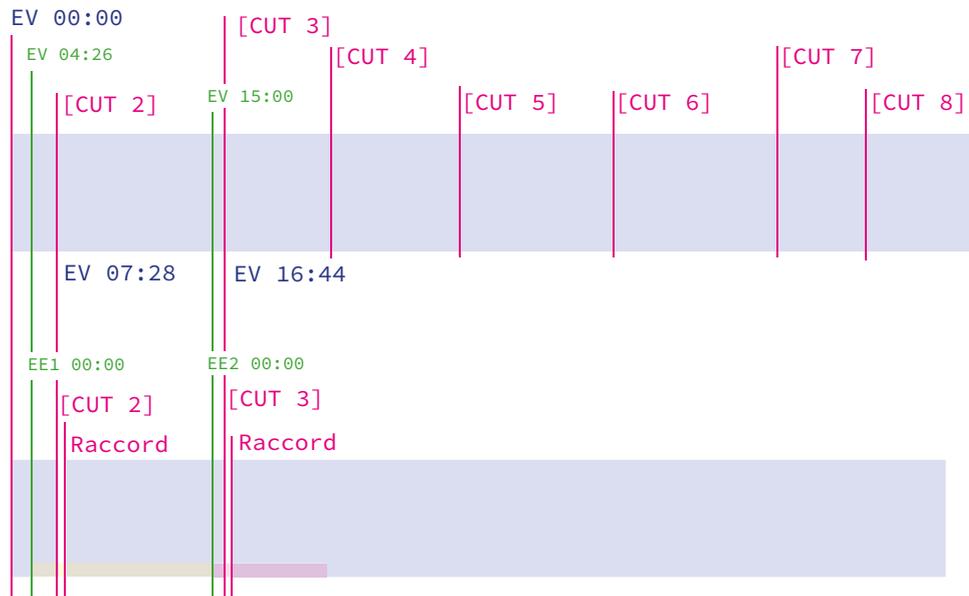
Durées Fichiers :
EV : 54:10
EE1 : 11:52
EE2 : 07:14

Decallage EE1 N°2 (suite à CUT 2 EV:07:28)
EV: 00:07:29
EE1: 00:04:23* (-3:06mn)

EE2 == EV: 15:00-22:11
Decallage EE2 N°1
EV: 00:15:00
EE2: 00:00:00 (-15mn)

Decallage EE2 N°2 (suite à CUT 3 EV:16:44)
EV: 00:16:46
EE2: 00:01:49 (-14:57)

EV CUTS + EV/EE PERTES



MONTAGE :Fichier monté :

BASE_ENTRETIEN_1_Ju_sA_J12_SEQUENCE_3_SEQUENCE_4_CLEANED == 54:10mn

Métrages :

Séquence 3 == 23 :05mn

MVI_0598 : 00 :33 mn (début enregistrement : 13h40)

MVI_0599 : 06 :56 mn (début enregistrement : 13h41)

MVI_0600 : 09 :16 mn (début enregistrement : 13h49)* (perte de +1mn
entre ce rush et le précédent dû au problème technique de coupure
toutes les 10mn)

MVI_0601 : 05 :40 mn (début enregistrement : 13h59)

MVI_0602 : 00 :40 mn (début enregistrement : 14h04)

Séquence 4 == 31 :06mn

MVI_0603 : 09 :47mn (début enregistrement : 14h58)

MVI_0604 : 10 :00mn (début enregistrement : 15h08)

MVI_0605 : 04 :01mn (début enregistrement : 15h19)

MVI_0606 : 07 :18mn (début enregistremnt : 15h23)

CUT EV :[CUT 1] > Insert MVI_0599 (+00:31 == MVI_0598) (perte 2sec dû au
montage)

[EV: 00:31]

[CUT 2] > Insert MVI_0600 (+06:57 == MVI_0599)

[EV: 07:28]

EE1 de 03:03 à 04:23* (1mn20) n'est pas enregistré dans EV.

[CUT 3] > Insert MVI_601 (+09:16 == MVI_0600)

[EV: 16:44]

[CUT 4] > Insert MVI_0602 (+05:40 == MVI_0601)

[EV: 22:25]

[CUT 5] > Insert MVI_0603 (+00:40 == MVI_0602)

[EV: 23:05]

[CUT 6] > Insert MVI_0604 (+09:47 == MVI_0603)

[EV: 32:52]

[CUT 7] > Insert MVI_0605 (+10:00)

[EV: 42:52]

[CUT 8] > Insert MVI_606 (+04:01)

[EV: 46:53]

Domaine	Détail	Notes	Verbatims
Explicatif Déclaratif Intentionnel	Sujet expliqué		
	Domaine abordé		
Expérimental			
Affects	Attentes		
	Ressenti		
Lieu			
Procédural	Stade antérieur		
	Stade		
	Tâche antérieure		
	Tâche		
	Objectif		
	Opérations		
	Actions		
	Actions Logiciel : <i>(réalisées par le logiciel)</i>		
	Obtenu		
	Outils utilisés		
Outils antérieurs			
Temporalité			
Domaines de connaissances			
Focus de l'attention :			
Qualificatifs employés			
Format Visuel	Propriétés		
	Qualités		
	Modalité		
Thèmes			

[ANNEXE #3] Synthèse de la grille thématique
ayant émergé de l'analyse des entretiens.

Stade : Préparation image pour quantification

Objectif : Faire une figure (« pour que ce soit visuel », avant de quantifier)

Tâche n°1 : Ouverture des résultats sous FIJI

- Se met à l'ordinateur

Sous-Tâche n°1 : Récupération des fichiers

- Ouvre le fichier où ses données déjà transférées se trouvent
 - Plusieurs types de fichier => Ouvre les fichiers TIF

Sous-Tâche n°2 : Ouverture du fichier

- Ouvre fichier sur FIJI

Tâche n°2 : Traitement et Sélection de la version d'acquisition

Buts : scientifique Choisir l'acquisition qui sera utilisée => pour faire une image la plus contrastée possible, qui « montre les différences » observées

Sous-Tâche n°1 : Organisation du plan de travail (fait pendant qu'ouvrait les acquisition, au fur et à mesure)

- **Action** Ouvre 3 acquisitions en parallèles : 2 Channels/Couleurs différent.e.s == 6 fenêtres

[ANNEXE #4] *Extrait du document de travail d'un récit procédurale obtenu au fur et à mesure de l'analyse thématique.*

1

ACTEUR :
J.
ACTIVITÉ :
Analyse Western Blot
DATE ACTIVITÉ :
19/02/2020
FICHIER VIDÉO :
ANNEXE_VIDEO_EV_J
FICHIERS ENREGISTREMENT ÉCRAN :
ANNEXE_VIDEO_EE_J

TÂCHE N°1
[00:08-00:42]

Ouverture des résultats sous Fiji

SOUS-TÂCHES :

[00:00-00:07]

0) J. a démarré l'activité avant l'enregistrement écran : il va refermer ses fenêtres pour reprendre (approximativement) du début.

[00:08-00:11]

1) Récupération des fichiers

[00:12-00:43]

2) Ouverture du fichier + Organisation fenêtres

3

TÂCHE N°4
[22:42-25:29]

Impression de la figure

SOUS-TÂCHES :

[22:42-23:02]

1) Ouverture de la figure .PDF sous Adobe Acrobat + Consultation

[23:03-23:23]

2) Re-ouverture de la figure sous Power Point + Re-enregistrement format img .PNG + Lancement impression

[23:24-23:34]

3) Impression de la figure + Réception de la figure à l'imprimante

[24:34-25:29]

4) Ajustement de la figure à la main

TÂCHE N°5
[25:29-35:24]

Acquisition Quantification du Western Blot

SOUS-TÂCHES :

[24:41-25:32] [EV:23:48-24:35]

0) Explications concernant l'étape qui va suivre.

[25:29-26:40]

1) Ouverture logiciel Studio Lite + Ouverture fichiers Western Blot sous Image Studio Lite

[26:40-27:19]

2) Ajustement des images de Western Blot : réglage des contrastes

[27:20-29:36]

3) Quantification du Western Blot 800 (test/vert)

[29:37-33:32]

4) Transfert quantification du Western 800 (test/vert) vers EXCEL + Mise en forme EXCEL

[33:32-34:06]

5) Quantification du Western 700 (contrôle/rouge)

[34:06-35:24]

6) Transfert quantification Western 700 (contrôle/rouge) vers EXCEL

2

TÂCHE N°2

[00:44-03:10]

Sélection et traitement de la version d'acquisition**SOUS-TÂCHES :**

[00:12-00:43]

0) Ouverture fichier + Organisation plan de travail (tâche préparatoire à la tâche actuelle)

[00:44-01:21]

1) Inversion des couleurs

[01:28-02:01]

2) Réglage des contrastes 800.tif (test)

[02:01-02:12]

3) Fermetures fenêtres non retenues

[02:13-02:25]

4) Réglage des contrastes 700-2.tif (contrôle)

[02:25-02:51]

0) - Interruption extérieure (pause midi)

[02:51-03:10]

5) Inversion de la symétrie de l'image

TÂCHE N°3

[03:11-22:41]

Montage d'une figure sous Power-Point**SOUS-TÂCHES :**

[03:11-03:44]

1) Ouverture PowerPoint + Transfert images Western-Blot vers PowerPoint.

[03:49-04:32]

0) Explication par J. à propos de ce qu'il fait.

[04:32-05:26]

2) Isolement des parties de l'image pertinente pour la figure.

[05:27-05:39]

0) Explication par J. à propos de ce qu'il fait.

[05:39-05:45]

3) Fermeture des fenêtres de Western-Blot ouvertes sous FIJI.

[05:45-08:26]

4) Annotation des conditions expérimentales

[08:26-10:38]

5) Annotation des donneurs

[10:39-11:20/32]

6) Annotation des protéines marquées

[11:32-19:57]

7) Annotation des poids moléculaires ([12:47-13:32] (45sec) Souris totalement immobile. [EV:11:53] : J. m'indique ce qu'il cherche + sortie [EV: 12:05] du bureau pour récupération d'une référence [EV:12:44] J est revenu à son bureau.)

[19:58-22:01]

8) Finalisation des alignements

[22:01-22:41]

9) Enregistrement de la figure + Fermeture des fenêtres PowerPoint, Navigateur Internet et FIJI.

4

TÂCHE N°6

[35:24-39:54]

Analyse du Western Blot par EXCEL**SOUS-TÂCHES :**

[35:24-39:16]

1) Normalisation + Mise en forme conditionnelle de la normalisation

[39:16-39:54]

2) Enregistrement du EXCEL d'analyse.

TÂCHE N°7

[39:54-48:46]

Réalisation des graphes de synthèse de l'analyse**SOUS-TÂCHES :**

[39:54-40:28]

1) Ouverture du logiciel PRISM par Ouverture d'un fichier de manip à compléter

[40:28-48:06]

2) Transfert des données de l'analyse dans le logiciel PRISM + Création des Graphes

[48:06-48:11]

3) Lancement impression des graphes

[48:12-48:46]

4) Enregistrement des graphes + Fermeture de EXCEL et PRISM

[ANNEXE #5] Exemple de récit procédurale (possible) obtenue par croisement des différentes données.

[A]

Accountability (*ethnométhodologie*)

(basé sur Lynch, 1993 ; Theureau, 2004)

L'utilisation conjointe des termes observabilité et descriptibilité est une traduction personnelle du concept ethnométhodologique d'accountability.

Lynch (1993, p.14) indique que le terme accountability peut être substitué, en anglais, par observable-and-reportable, ou simplement observable-reportable. Nous avons ici repris Lynch en traduisant observable-and-reportable par observable et descriptible, que nous avons ensuite utilisé sous une forme substantive comme le terme accountability. Theureau (2004) utilise lui-aussi une traduction de l'accountability en français sous le terme de « descriptibilité » (p.15), a priori issue de la traduction en français, datée de 1985, de trois articles de Garfinkel. Dans la littérature francophone, il nous a semblé que la notion d'accountability étant cependant souvent citée dans sa forme originale anglaise.

Activité cognitive (*étude de l'activité*)

Dans le cadre de cette thèse, une activité est dite cognitive dans la mesure où elle permet d'articuler des réflexions et de comprendre des contenus.

Actualisation/Actualisé

Mise en œuvre d'une potentialité (par exemple, une lettre dans un texte est potentiellement un signe. Cette lettre devient signe lorsque je lit le texte). Ce qui rend à nouveau *opérant*.

Analysabilité (*ethnométhodologie*)

Capacité d'une chose, d'un phénomène, à être analysée

Artefact (*étude de l'activité*)

(basé sur Rabardel (1995))

terme neutre permettant de désigner une entité sans qualifier a priori sa relation à une autre entité.

Artefact technique (*STS*)

caractéristique morphologique d'une image qui ne provient pas de l'objet imagé mais du dispositif technique. Nous utilisons artefact technique et artefact de recherche de manière synonyme.

Artefact de recherche (STS)

Voir *Artefact technique*

[B]

Boîte noire

(basée sur Latour, 1999)

Pour une définition de ce qu'est une « boîte noire », nous nous reportons à Latour (1999) : c'est le résultat « d'un processus qui rend la production réciproque des acteurs et des artefacts entièrement opaque » (p.183).

[C]

Capacité de projection (thèse)

Capacité d'un acteur à envisager le flux expérientiel de l'activité suivant au flux expérientiel qu'il expérimente à l'instant T.

ø Capacité de projection émotionnelle : capacité de projection qui repose sur les émotions du sujet en tant qu'elles se rapportent au devenir de l'activité

ø Capacité de projection pratique : capacité de projection qui articule l'organisation future de l'activité dans la réalisation d'une action présente.

Capacité signifiante

La capacité signifiante désigne la capacité potentielle d'une chose (artefact, entité) à transmettre/émettre du sens. Nous avons conscience que la transmission et l'émission ne peuvent se confondre : il s'agit en fait plutôt d'une potentialité signifiante, qui devient capacité signifiante lorsque cette potentialité est actualisée en situation. La capacité signifiante est notamment conditionnée par les *propriétés sémiotiques* de la chose.

Caractéristiques morphologiques (thèse)

(basé sur nos lectures croisées en sémiotique)

Dans cette thèse, nous employons le terme caractéristiques morphologiques de l'image pour désigner les éléments sensibles de l'image, qui lui donnent forme et qui procèdent d'une certaine logique relationnelle entre elles. Nous utilisons caractéristiques morphologiques et *éléments morphologiques* de manière synonyme.

Cognition (*étude de l'activité*)

Dans le cadre de cette thèse, la cognition réfère de façon très large à la capacité de réflexion d'un être humain, à ce qui lui permet de penser et comprendre. Le terme adjectival « cognitif » ne doit donc pas être compris comme un mécanisme neurobiologique mais comme référent à ce qui permet de penser et comprendre et ce qui influence cette capacité de pensée et de compréhension, qu'il s'agisse de mécanismes sociaux, culturels, d'actions, d'appartenances idéologiques... En revanche, si la cognition implique des processus, elle ne correspond pas à ces processus ou plutôt elle ne peut pas, en elle-même, définir ces processus. Par exemple, les pratiques manipulatoires des scientifiques leurs permettent de penser en conditionnant l'interprétation des images. Mais se faisant, elles permettent aussi de construire un objet de recherche : cela à certes un effet sur la capacité des scientifiques à se figurer quelque chose, donc à raisonner à propos de cet objet de recherche, mais cela a aussi, dans le même temps, un effet sur l'entité conceptuelle qu'est l'objet de recherche et qu'on ne doit pas confondre avec le scientifique lui-même.

Commensurabilité (*STS*)

La commensurabilité désigne la capacité de comparaison d'un objet à des standards ou à des relations attendues entre des éléments, généralement en se basant sur des théories.

Communication médiatique (*INFOCOM*)

Désigne une communication productive d'un excédant qui n'existe pas a priori de la communication mais qui va être produit en interaction dans la situation de communication.

Congruence (*général*)

Désigne la coïncidence de deux choses entre elles, un rapport cohérent en fonction d'un cadre d'évaluation.

Contexte (*étude des pratiques*)

Désigne les « co-textes » qui accompagnent un objet, une pratique. Ce sont les éléments périphériques à la pratique qui ont une influence sur cette dernière. Par exemple, le contexte de l'étude pour laquelle est produite une image (objectifs, choix expérimentaux, disponibilité des matériaux, etc.)

Continuité diagrammatique (*thèse*)

Désigne la conservation d'une *commensurabilité* entre différents *diagrammes* dans une même activité mais aussi entre le diagramme et son objet.

Corporeité (*étude de l'activité*)

Désigne l'incarnation d'un agissement dans le corps de celui qui produit cet agissement.

Classe d'objet (*sémiotique*) (*lecture d'image*) (basé sur Allamel-Raffin (2004a))

Une classe d'objet est un objet identifié de façon récurrente dans un certain contexte.

Champ perceptif (*Gestalt*) (*étude de l'activité*) (*esthétique*)

Le champ perceptif est un champ en présence pouvant être perçu par un être humain, c'est l'environnement perceptible.

Champ informationnel

Voir *Champ Sémiotique*. Connote davantage le rapport du champ à la nécessité, en activité, d'obtenir certaines informations particulières.

Champ sémiotique

Désigne le champ perceptible, considéré par un acteur en situation, en tant qu'il peut être lu par lui comme étant signifiant (potentialité signifiante). Nous utilisons *champ sémiotique* et *champ informationnel* de manière synonyme.

Culture visuelle (*histoire de l'art*) (*études visuelles*) (basé sur Dupré, 2010)

La culture visuelle désigne le « spectre des images caractéristiques d'une culture particulière à un moment donné » (Dupré, 2010, p.620).

Alt. Peut désigner la familiarité avec ce spectre des images.

[D]

Déroulé procédural

Déroulé d'une activité du point de vue des tâches, des opérations et des actions *réellement effectuées par un acteur*.

Descriptibilité (*ethnométhodologie*)

Capacité d'une chose, d'un phénomène, à être décrit.

Détection (*lecture d'image*)

(basé sur Allamel-Raffin (2004a))

détection d'une qualité dans un champ perceptif

Design expérimental (*biologie*)

Désigne la conception d'une expérimentation, son organisation, le type de substances biologiques mobilisés, le type de dispositif technique employés, l'organisation de ces substances dans et via des ustensiles, etc.

Diagramme

Signe qui entretient un rapport de *commensurabilité* avec son référent par l'organisation, dans ses parties de relations analogues à celle des parties de l'autre entité.

Dev. *Signe* qui de par cette organisation permet de réaliser des opérations d'exploration du premier objet au travers du second en étant constitué de *modules* manipulables qui fonctionnent selon une *organisation notationnelle*.

Diagrammaticité

Désigne une chose qui procède de *rapports diagrammatiques* avec d'autres choses est permet à son travers de réaliser des opérations sur ces autres choses.

Dev. La diagrammaticité des images désigne le fait qu'elles fonctionnent selon une *logique diagrammatique* qui organise, d'une part, un *rapport diagrammatique* entre elles et les objets d'étude et, d'autre part, entre les différents éléments qui composent l'image et qui sont commensurables aux objets d'études, permettant alors de les opérer pour explorer l'objet d'étude car la substance et la forme des images sont organisées en un *système notationnel* qui les rend *opérables*.

Extrait. « Cet ensemble de relations constitue la diagrammaticité des images

scientifiques : le fait qu'elles procèdent de rapports diagrammatiques avec les objets d'étude jusque dans l'organisation de leur substance et de leur forme ce qui les rend opérables et leur donne une valeur expérimentale. »

Dev. 2 La *diagrammaticité* concerne aussi les rapports diagrammatiques entre les différents diagrammes mobilisés dans une activité, qui leur permet de conserver une commensurabilité avec les objets qu'ils représentent.

Dimension concrète (étude de l'activité) (vécu)

(Basé sur Nicolas (2015) et Vermersch (2019))

Dans le cadre du vécu d'action, désigne les actions réellement réalisées

Dimensions de l'action (étude de l'activité)

Désigne les différentes dimensions qui permettent de décrire l'action.

ð Dimension procédurale (déroulé concret, effectif, des actions dans l'action)

ð Dimension intentionnelle (objectifs/buts, intentions)

ð Dimension déclarative (savoir théorique, formalisé et normatif à propos de l'activité)

ð Dimension contextuelle (environnement, circonstances)

ð Dimension évaluative (opinions, croyances, évaluations subjectives)

Dimension déclarative (étude de l'activité) (action)

(Basé sur Nicolas (2015) et Vermersch (2019))

Dimension de l'action qui se rapporte au savoir théorique, formalisé et normatif à propos de l'activité.

Dimension sensorielle (étude de l'activité) (vécu)

(Basé sur Vermersch (2019))

Dans le cadre du vécu d'action, désigne les sensations éprouvées

Dimension émotionnelle (étude de l'activité) (vécu)

(Basé sur Vermersch (2019))

Dans le cadre du vécu d'action, désigne les émotions ressenties

Dimension expérientielle

Désigne la dimension de l'*expérience vécue*

Dimension intentionnelle (*étude de l'activité*) (*action*)

(Basé sur Nicolas (2015) et Vermersch (2019))

Dimension de l'action qui se rapporte à ses objectifs et ses intentions.

Distinction (*lecture d'image*)

(basé sur Allamel-Raffin (2004a))

procédé par lequel on distingue une qualité d'une autre afin de l'identifier.

Nous utilisons *Distinction*, *Discrimination* et *Différenciation* de manière synonyme.

Discrétisable (*général*)

L'adjectif discrétisable désigne la possibilité d'isoler dans un champ de présence collectif un élément individuel. On dit que l'élément est *discrétisable*.

Discrimination (*lecture d'image*)

Voir *distinction*

Dispositif bienveillant

(basé sur Belin (1999))

Nous comprenons que cela désigne un dispositif dont la *logique permet de manipuler certains objets afin de les explorer, de façon congruente à un certain contexte*.

Dispositif d'institutionnalisation

Voir *dispositif institutionnalisant*

Dispositif d'une image (*thèse*)

Le dispositif d'une image est l'ensemble logique qui organise le rapport entre *substance* et *forme* de l'image. Dans cette thèse, nous observons que le *dispositif de l'image* est lui-même ancré –et contraint par– dans un *dispositif institutionnalisant*. Dans le cas des images scientifiques, ce dispositif institutionnalisant est celui de la recherche scientifique.

Dispositif institutionnel

Voir *dispositif institutionnalisant*

Dispositif institutionnalisant (sémiotique) (STS) (basé sur Dondero (2009a))

Dans le cadre de cette thèse, le dispositif institutionnalisant réfère au dispositif global de la recherche scientifique : critères de validation, organisation des laboratoires, environnements matériels, administratifs... Qui sont disposées de certaines façons, qui entretiennent donc des relations particulières qui guident la pratique scientifique. En ce sens, le dispositif correspond davantage au sens Foucauldien exposé par Belin (1999) où le dispositif est le « réseau qu'on peut établir » entre les éléments ordonnés (Belin, 1999, p.251, citant Foucault, 1994, p.29). Nous nous basons sur le travail de Dondero (2009a) mais utilisons le terme dispositif institutionnalisant plutôt que dispositif communicationnel, le second terme nous semblant plus sujet à confusion quant à l'usage que nous faisons de ce terme. Nous nous sommes aussi appuyé sur notre lecture de Dondero (2010b). Lorsqu'on évoque ce dispositif sans forcément aborder ses effets on peut parler de dispositif institutionnel. Nous utilisons les termes *dispositif institutionnalisant* et *dispositif d'institutionnalisation* de manière synonyme.

Dispositif matériel

Un dispositif matériel, dans un sens très limité, est une entité –ayant des *propriétés matérielles*– qui ordonne d'une certaines façons d'autres choses et donne à les envisager sous un certain rapport.

Dispositif technique (STS)

Le dispositif technique désigne l'ensemble des procédures, procédés, agents, normes, conventions, contraintes pragmatiques, se rapport à la mise en œuvre d'une technique. Par exemple, le dispositif technique des techniques d'imagerie désigne non seulement les machines qui permettent de traduire un spécimen sous une certaine forme visuelle (par exemple, un microscope électronique), mais aussi les procédures et procédés, humains et non humains, qui sont employés dans l'utilisation de ces appareils. Par exemple, le dispositif technique de la microscopie électronique en transmission comprend un microscope électronique, mais aussi un ensemble méthodologique de préparation du spécimen à imager, qui mobilise des savoir-faire, et s'accompagne de contraintes organisationnelles et humaines relatives à l'utilisation du microscope voire même concernant l'accessibilité des substrats qui composent le spécimen à étudier (à ce sujet voir par exemple Zenzen et Restivo (1982)).

Dispositif technique imageant

Désigne le dispositif technique d'une technique consacrée à transformer une entité en format visuel. Par exemple, la cytométrie en flux nécessite de préparer d'une certaine façon les cellules dont on souhaite étudier les composants (ex : des protéines), mais elle intègre aussi un processus de transduction spécifique qui lui permet de traduire le visible en visuel (sur la base de mesures acquises qui permettent de représenter sous un format visuel l'état des cellules et l'expression par ces cellules de certaines protéines). Ce dispositif intègre aussi le *design expérimental* duquel dépend certaine modalité de la transduction (e.g. : le design expérimental va faire exprimer de la fluorescence, pour que cette fluorescence indique quelque chose, on réfléchit à des conditions spécifiques, etc.).

Dotplot (*visualisation de données*) (*biologie*)

Un dotplot est un type de représentation graphique de données en nuage de point sur 2 dimensions : chaque point est placé dans le dotplot en fonction de deux paramètres

Drawing-as (*STS*) (basé sur Vertesi (2014))

Le drawing-as est un concept proposé par Vertesi (2014) pour qualifier les actions permettant la mise en forme scientifique d'un champ graphique permettant par ce biais l'analyse d'un objet d'étude. C'est en ce sens le processus engagé par ces actions.

Dynamisation

Désigne une *propriété praxéologique* (réalisée en action) ayant un effet de délinéarisation d'un déroulé d'activité.

[E]

Économie de l'attention (*thèse*)

Désigne les modalités par lesquelles l'attention d'un être est dans un certain état (entretenue, flottante, etc.).

Effets de basculement (*thèse*)

Effet produit en pratique qui fait passer un agent d'une posture particulière à une autre en situation d'activité.

Éléments plastiques

Dans cette thèse, désigne la *forme* et la *substance du plan de l'expression* d'une image.

ð Leur *configuration* est organisée par le *dispositif de l'image* et participe à conditionner la *manipulabilité* de l'image. La configuration des éléments plastiques de l'image configure donc la façon dont les *éléments morphologiques* de l'image peuvent être appréhendés (comment ils se présentent, mais aussi comment ils peuvent être manipulés).

Éléments morphologiques (*thèse*)

(basé sur nos lectures croisées en sémiotique, e.g. Dondero (2020) et Allamel-Raffin (2004a))

Les éléments morphologiques de l'image sont les éléments sensibles de l'image composés par des *modalités visuelles* comme la texture, la forme ou la couleur. Elles donnent forme à l'image et procèdent d'une certaine logique. Nous parlons d'éléments morphologiques car on considère que les éléments qui donnent forme à l'image (morpho) procèdent eux-mêmes d'une certaine logique qui participe des *propriétés sémiotiques* de l'image, c'est-à-dire de la façon qu'elle a d'articuler du sens. En d'autres termes, les éléments morphologiques de l'image sont des leviers des propriétés sémiotiques de l'image. Nous utilisons les termes *éléments morphologiques* et *caractéristiques morphologiques* comme synonymes.

Enaction (*étude de l'activité*)

(basé sur nos lectures croisées de Hutchins (2010) et Theureau (2004))

Le concept de l'enaction a été développé –sur la base des travaux des biolo-

gistes Humberto Maturana et Francisco Varela (Hutchins, 2010 ; Theureau, 2004)– au travers des travaux d'étude de l'activité humaine. Pour définir ce qu'il implique concernant les pratiques visuelles, nous nous reposons sur cet extrait de définition par Hutchins (2010) : « L'enaction est l'idée que les organismes créés leur propre expérience au travers de leurs actions. Les organismes ne sont pas des récepteurs passifs des inputs de l'environnement, mais sont des acteurs dans l'environnement de telle sorte que ce qu'ils expérimentent (expérience) est formé (shaped) par la façon dont ils agissent » (traduit, p.428). Il précise ainsi que : « En appliquant le concept d'enaction à la perception, Noë (2004) dit que la perception est quelque chose que nous faisons, pas quelque chose qui nous arrive. » (*Ibid.*) Nous nous reposons aussi sur notre lecture de Theureau (2004), qui nous permet de résumer très sommairement que le concept postule que l'individu fait sens de ses agissements et de sa situation d'activité au sein d'un monde qu'il crée lui-même en interagissant de façon sélective avec son environnement. Suivant Boutrais (2018, note 2), le terme enaction provient « (...) du verbe anglais to enact : émerger, survenir. C'est la raison pour laquelle il ne prend pas d'accent. » (Boutrais, 2018, note 2). Nous conserverons sa forme anglaise sans accent mais l'adaptions : pour le reste du manuscrit nous utiliserons : enaction pour désigner le phénomène, enactée pour la forme adjectivale et enactment pour désigner le produit du phénomène (i.e, « X a réalisé un enactment. »).

Encyclopédie d'objets (*lecture image*)

Voir *répertoire encyclopédique d'objets* et *répertoire encyclopédique formel*

Entité (*lecture image*)

Une entité est une qualité identifiée (réifiée) par *discrimination*. Par exemple, une zone de blanc (qualité) est discriminée d'un fond gris (qualité), elle est identifiée comme une ligne blanche (entité).

Environnement (*étude de l'activité*)

Dans le cadre de cette thèse, l'environnement d'une activité désigne l'ensemble des éléments en présence lors d'une l'activité, qu'il d'humains ou de non-humains. Selon le niveau d'analyse, cet ensemble peut être limité, pour les besoins de l'analyse, à certains éléments qui forment ainsi un environnement spécifique.

Espace d'expérimentation sémiotique (*thèse*)

Moyen par lequel, lieu dans lequel, des façons plurielles de signifier des informations à propos de quelque chose sont expérimentées. **Alt.** Désigne un espace, objet, dont la manipulabilité permet d'expérimenter les propriétés sémiotiques en reconfigurant la forme par la manipulation des caractéristiques morphologiques.

Espace informationnel sensible (*thèse*)

Désigne l'espace sensible/perceptible accessible à un acteur, qui articule des éléments sémiotiques susceptibles de signifier une information. Nous l'utilisons de manière similaire à *champ sémiotique* et *champ informationnel*, en connotant néanmoins davantage la dimension *matérielle de cet espace*.

Expérience phénoménologique (*phénoménologie*)

Dans le cadre de cette thèse, une expérience phénoménologique est une expérience étudiée en tant qu'elle met en jeu des perceptions et une expérimentation vécue d'un phénomène. Ainsi, lorsqu'on cherche à étudier un phénomène comme une expérience phénoménologique, on s'intéresse à la façon dont, en pratique, ce phénomène est vécu et expérimenté en engageant des perceptions et des sensations.

Expérience productive de l'image (*sémiotique*)

Procédé par lequel une image est produite, comme par exemple la transduction d'un objet « visible » (ex : une propriété) en « visuel » (une image).

Expérience sensible

Désigne ce qui peut être perçu et expérimenté par un agent.

Expérience vécue (*étude de l'activité*)

Désigne le vécu d'un acteur tel qu'expérimenté par ce dernier. Voir *Vécu*

Expérimentation / on-the-spot experiment (basé sur Schön, 1984)

Test de possibilités d'action (actualisation) au travers d'une pratique matérielle, qui a pour effet un renouvellement du *champ sémiotique* de la situation pour laquelle l'expérimentation a été menée.

Expérimentation sémiotique

Désigne une pratique matérielle/visuelle au travers de laquelle le champ sémiotique est reconfiguré volontairement pour explorer des significations.

Expressivité des images (*études visuelles*)

(basé sur Elkins, 1999 ; Renon, 2020)

capacité à suggérer des significations variées, elle-même obtenue par des pratiques de mise en forme volontaire.

[F]

Fonctionnement diagrammatique (*sémiotique*)

Fonctionnement d'un diagramme qui permet de réaliser des opérations sur un objet au travers de la manipulation des unités constitutives du diagramme qui se rapportent à des parties de l'objet que le diagramme permet de visualiser.

Forme (*sémiotique*)

(basé sur les lectures croisées de Dondero (2020) et Dondero & Reyes-Garcia (2016))

Au niveau du *plan de l'expression* de l'image, correspond au niveau des formes organisées relationnellement entre elles à la surface de l'image. C'est un des deux *éléments plastiques* du *plan de l'expression* d'une image.

[G]

Gate (*biologie*) (*terrain*)

Une gate en analyse de cytométrie en flux via le logiciel FlowJo est une délimitation par tracé fermé d'un ensemble de points du *dotplot*. Les points à l'intérieur de la gate constituent les données correspondant au *gating* : par exemple, si l'on souhaite isoler des cellules singulées, on réalise un premier gating sur un premier dotplot qui présente l'ensemble des cellules passées au Cytomètre. Cette première gate génère ensuite un second dotplot, composé uniquement des points présents dans la première gate. On peut ensuite tracer une autre gate qui isole des points selon d'autres critères et ainsi de suite.

Gating (*biologie*) (*terrain*)

Opération de traçage d'une gate sur un *dotplot* de cytométrie en flux. Peut aussi être générée automatiquement sur la base d'un espace de travail déjà configuré.

Gestes DAMPI (*étude de l'activité*)

(basé sur (Lefebvre (2008))

Désigne une classification, par Lefebvre (2008) du type de gestes réalisés par des acteurs en situation d'activité. DAMPI est l'acronyme pour Déictique, Adaptateur, Métaphoriques, Ponctuateurs, Interacteurs. Dans ce cadre, le geste iconique est placé dans la catégorie des gestes métaphoriques. Néanmoins, dans les classifications résumées par l'auteur, geste iconique et geste métaphorique se différencient de par la relation qu'ils entretiennent avec le contenu sémantique du langage. On précise ici iconique pour souligner que les gestes dont nous parlons entretiennent une « (...) relation formelle avec le contenu sémantique du langage » qui correspond à un « un objet concret ou un événement. » (p.42)

Glyphe (*typographie*)

Une glyphe est une représentation visuelle d'un signe typographique ou d'un ensemble de signes typographiques.

[H]

Heatmap (*visualisation de données*) (*biologie*)

Une Heatmap est un type de visualisation de données qui associe une couleur à une valeur et permet ainsi de comparer différentes valeurs selon leur modalité chromatique. Dans le cas de l'analyse de microscopie confocale en fluorescence GFP Split, la Heatmap associe à chaque puits (à l'ensemble des images d'un même puits) une teinte bleue plus ou moins foncée en fonction de l'aire de fluorescence calculée associée à ce puits. Cette aire de fluorescence a été calculée par le logiciel du microscope sur la base notamment des réglages du seuillage. En résultat, la Heatmap affiche, selon l'ordre du plan de plaque, des carrés bleus.

Histogramme (*visualisation de données*) (*biologie*)

Un Histogramme est un type de visualisation de données permettant de comparer des ensembles de données. Le long de l'axe des abscisses sont indiquées les valeurs que l'on souhaite répertorier. Sur l'axe des ordonnées sera indiqué le nombre de fois où chaque valeur a été enregistrée. On obtient ainsi un rectangle dont la hauteur indique le nombre de fois où une même valeur a été enregistrée. Dans le cas de l'analyse de microscopie confocale en fluorescence GFP Split, l'histogramme rassemble donc en abscisses les valeurs de puits similaires.

[I]

Identification (*sémiotique*) (*lecture d'image*) (basé sur Allamel-Raffin (2004a))

Identification d'une qualité comme étant une certaine *entité*.

Index

Fonction d'une chose qui sert de référence à une autre chose pour son interprétation et qui entretiennent pour ce faire une certaine relation de similarité entre elles.

Index virtuel de Similarités Typiques (*thèse*)

Un Index virtuel de Similarités Typiques (IvdST) est une image idéalisée qui est constituée d'éléments discriminants que le scientifique va pouvoir mettre en comparaison de son image concrète issue du dispositif d'imagerie.

Dev1. L'Index virtuel de Similarités Typiques (IvdST) est une image mentale qui est le produit de la synthétisation, dans l'esprit d'un acteur, d'un ensemble d'images concrètes et mentales intégrées par un scientifique dans le but d'établir un index pour la lecture et l'analyse d'une image concrète, en fonction de l'objet d'étude qu'elle doit aider à renseigner et de l'expérience scientifique ayant produit l'image (voir *Structure de l'expérience des images*). Il permet d'évaluer si l'image analysée présente des caractéristiques attendues : donc si l'image analysée est similaire à l'index. Les Index virtuels de similarités typique peuvent être préalables à l'activité d'analyse en soit mais ils peuvent aussi être synthétisés durant l'activité du fait de la consultation d'images au cours de l'activité.

Dev2. La synthèse de l'IvdST repose sur un ensemble d'images concrètes et mentales intégrées par le scientifique au cours de son expérience pratique de chercheur (voir *répertoire formel* et *répertoire encyclopédique formel*) mais elle repose aussi sur une connaissance de la situation particulière de recherche : *design expérimental*, *dispositif technique imageant* et *dispositif technique d'analyse* s'y rapportant (logiciel par exemple). Ainsi, elles intègrent justement certaines spécificités locales, celles qui sont jugées déterminantes pour parvenir à lire les images concrètes auxquelles sont confrontés les scientifiques.

Interprétant (*sémiotique*)

Dans le cadre de cette thèse, désigne la personne qui interprète un signe (qui lui-même peut être un ensemble de signes, qui sont interprétés individuellement, collectivement...). (Ne correspond donc pas tout à fait à la notion d'interprétant Peircien).

Image opérationnelle (*sémiotique*)

(basé sur Dondero (2011b, 2010b, 2010c, 2009a))

Voir *Valeur opérationnelle*

Image opérative (*sémiotique*)

(basé sur Dondero (2011b, 2010b, 2010c, 2009a))

Voir *Valeur opérative*

Images pictoriales (*sémiotique*)

(basé sur Dondero (2009a))

Les images pictoriales sont un type d'image particulier : les éléments qui la composent les caractéristiques morphologiques sont continus, inséparables. Nous reprenons et adaptons ici le terme « pictorialité » employé par Dondero (2009a, p.12) qui désigne des images avec un « maximum de densité syntaxique et sémantique des éléments qui composent l'image » (*Ibid.*). Voir *pictorialité*

IMP (*STS*)

(basé sur Perini (2012) Dondero & Fontanille (2014), Fontanille (2007))

Acronyme pour Images Mécaniquement Produites. Ce sont des images qui intègrent une phase d'acquisition mécanique passant par « une interaction entre un spécimen et une technologie d'imagerie, qui produit une aire visible bidimensionnelle qui est imprimée ou affichée sur écran » (Perini, 2012, p.154). Cette interaction peut être comprise comme une exploration physique du spécimen étudié (Fontanille, 2007 ; Dondero & Fontanille, 2014, Chap.1) et c'est cette « connection automatisée entre spécimen et figure » (Perini, 2012, p.154) qui identifie la catégorie d'image qui nous intéresse particulièrement dans cette thèse.

Impressions (*Gestalt*) (*lecture d'image*)

Effet produit chez un être humain par une sensation.

Impression iconique (*sémiotique*)

(basé sur Dondero & Fontanille, 2014 ; Fontanille, 2007)

Concerne la reconnaissance de formes

Impression référentielle (*sémiotique*)

(basé Dondero & Fontanille, 2014 ; Fontanille, 2007)

Concerne la génération de l'impression d'une présence dans un champ

[J]

Jeu gestaltien (*Gestalt*)

pratique et effets produits de manipulation des *qualités sensibles* d'un artefact matériel.

[L]

Laboratoire P1, P2, P3, P4

Une unité de recherche en biologie a généralement accès à un laboratoire dit *laboratoire P1* ou P2, P3, P4... Dans ce cadre, « laboratoire » désigne spécifiquement un espace physique dédié aux expérimentations biologiques. Ces expérimentations peuvent présenter des risques pour la santé humaine, et d'autre part, les agents biologiques peuvent nécessiter d'être manipulés dans des conditions évitant leur propre contamination. Pour ces raisons, selon le type d'agent biologique manipulé, différents niveaux dits de « confinement » sont nécessaires. Ces différents types de laboratoires sont régulés par des normes architecturales : organisation de l'espace, procédure d'entrée et de sortie dans l'espace, instruments à disposition... Un laboratoire P1 sert à manipuler des substances biologiques qui ne présentent aucun danger pour l'homme, les plantes, ou les animaux, et ne présente généralement pas d'organisation architecturale particulière à l'exception d'un vestiaire avant son entrée. A contrario, un laboratoire P4, qui sert à manipuler des agents biologiques présentant un taux très élevé de risque pour la santé humaine est précédé d'un vestiaire et d'un SAS avec une douche.

Local (*étude des pratiques*)

Est local ce qui prend en compte que la pratique se déroule dans un certain contexte. Une approche locale prends en compte le contexte, l'environnement et le déroulé d'une activité.

Logique dispositive

(basé sur Belin (1999))

Nous comprenons que la logique dispositive réfère à une certaine « mise en place de condition » (Belin, 1999, p.251) qui permet une médiation par la mise en place d'un certain *rapport au réel*.

Logique Diagrammatique

La logique diagrammatique consiste à organiser une *commensurabilité* entre des éléments selon un *rapport diagrammatique* : en organisant dans les parties d'un des deux éléments, de relations analogues à celles des parties de l'autre élément. Elle consiste aussi à organiser, dans l'élément devant fonctionner comme un diagramme, une forme de *modularité* permettant de manipuler ses parties

pour explorer le second élément à son travers.

Ligature (*typographie*)

Une ligature est une glyphe qui correspond à plusieurs signes typographiques.

Littératie visuelle (*esthétique*)

(tirée de Wikipédia, littératie visuelle, 2023)

« La littératie visuelle est la capacité d’interpréter, de traiter et de tirer un sens d’une information présentée visuellement. »

[M]

Malléabilité (*image*)

Voir *manipulabilité*

Manipulabilité (*image*)

La manipulabilité de l’image correspond à la capacité de l’image à être modifiée selon certaines conditions. Cette capacité est conditionnée par la conjugaison de la *forme* de l’image et de sa *substance*.

Dev. Cette manipulabilité confère à l’image un potentiel d’action qui s’actualise au travers de la manipulation des images : on parle de *propriétés matérielles*. La manipulabilité, dans son actualisation en pratique (manipulation des propriétés matérielles), permet de faire valoir la *valeur expérimentale* des images, sous certaines conditions. En effet, pour avoir une *opérativité* dans le cadre d’une activité, la manipulabilité d’une image doit être en congruence aux exigences portées par le cadre dans et pour lequel elle est mobilisée, ce qui correspond au *dispositif institutionnalisant* de la recherche dans le cas des images scientifiques. Nous utilisons *manipulabilité*, *malléabilité* et *transformabilité* de manière synonyme.

Matérialité (thèse)

Synth. La matérialité est ce qui configure les propriétés matérielles et conditionne les propriétés sémiotiques d'une image.

Synth Dev. La matérialité des images est entendue comme l'articulation de leurs *éléments plastiques* –substance et forme– par leur dispositif (*dispositif de l'image*), qui permet à l'image d'être manipulable (*manipulabilité*) et de présenter des possibilités d'actions (*propriétés matérielles*) qui actualisent, selon leur mobilisation, des façons de faire sens (*propriétés sémiotiques*) de l'image.

Dev. Dans le cadre de cette thèse, le concept de matérialité d'une image réfère à son fonctionnement dynamique en activité, tel qu'il est permis par l'organisation des éléments de son *plan d'expression* (*forme* et *substance*) au travers d'une structure organisante (le *dispositif de l'image*) qui permet à l'image d'être manipulable (*manipulabilité*).

ø En résultat, la matérialité de l'image est ce qui confère à l'image des *propriétés matérielles* –des possibilités d'actions dûes à la manipulabilité de l'image, qu'elle articule à des *propriétés sémiotiques* –des façons qu'a l'image d'articuler du sens.

C'est donc un concept qui réfère au fait qu'en pratique la matérialité d'une image configure ses propriétés matérielles et donc les possibilités d'action mais aussi des opérations symboliques (formation de sens).

Néanmoins, la structure organisante qui conditionne cette matérialité (le *dispositif de l'image*) est elle-même organisée par un dispositif plus large (*dispositif institutionnalisant*) dans lequel s'inscrit l'image comme *objet médiatique*.

ø La matérialité d'une image désigne ainsi à la fois, d'une part, ce qui règle le fonctionnement de l'image comme objet de manipulation (*manipulabilité, propriétés matérielles*) et comme signe (*capacité signifiante, propriétés sémiotiques*) et, d'autre part, le fait qu'elle ai une valeur pour l'action, selon le contexte pour lequel elle est mobilisée.

Matériau

Dans cette thèse, nous comprenons le matériau comme un artefact dont un considère les propriétés matérielles.

Médiation (INFOCOM)

(basée sur (Gentès, 2022), (Berten, 1999) et (Davallon, 2003))

Phénomène communicationnel, introduisant une production dans la communication : un excédant qui n'existe pas a priori de la communication mais qui va être produit en interaction dans la situation de communication. La médiation est ainsi un phénomène communicationnel transformatif, d'une part, où les différentes parties engagées dans le processus de la médiation sont mutuellement modifiées, et créatif, d'autre part, car productive de contenu.

La médiation engage donc :

- Une mise en relation
- Deux entités cherchant à communiquer
- Une troisième entité qui permet de lier les deux entités, de réaliser des interactions
- La production d'information au travers de l'interaction
- La transformation des deux entités communicantes

Média (1)

Dans le cadre d'une première définition, le média est un objet tangible et matériel qui, dans la communication médiatique, permet de mettre en lien deux entités qui cherchent à communiquer et de réaliser le phénomène de médiation.

Média (2) + Médium

(basé sur des lectures croisées de Davallon, 2003 ; Gentès, 2022 ; Gentès & Marcocchia, 2023)

Dans cette thèse nous considérons qu'un média et un médium sont les deux faces d'une même pièce : celle de l'objet médiatique, un objet tangible qui, au travers de sa mobilisation par un agent, permet d'organiser un phénomène de médiation entre plusieurs entités.

La mobilisation de l'*objet médiatique* est nécessaire pour qu'il opère cette médiation et elle correspond à une manipulation de l'objet par l'agent.

ð Dans le cadre de sa manipulation se faisant, l'objet est *médium*. Cette manipulation peut engager différentes modalités selon le médium mobilisé.

La nécessité de mobiliser l'objet pour activer sa valeur médiatique retourne du fait que sa capacité à organiser un phénomène de médiation se réalise dans la manipulation de ses propriétés matérielles elles-mêmes articulées à des propriétés sémiotiques.

ð Lorsque l'objet est envisagé dans son inscription signifiante à l'intérieur d'un

contexte, autrement dit, en considérant ce qui fonde son fonctionnement, son *opérativité*, l'objet médiatique est alors un *média*.

Milieu (*étude des pratiques*) (*thèse*)

Dans cette thèse, le milieu est une notion analogue à celle d'environnement mais conotte la position de l'acteur en son sein et le caractère relationnel des éléments de l'environnement entre eux, comme se conditionnant mutuellement.

Mimèsis (*esthétique*)

La mimèsis est une conceptualisation de la représentation comme imitation du monde. Dans ce cadre, les formats visuels représentent le monde en l'imitant, elles ne le construisent pas.

Modalité sémiotique

(basé sur (Alac, 2011) et (Jewitt & Oyama, 2001))

une modalité sémiotique est une modalité par laquelle du sens peut être construit (ex : gestuelle, manipulation matérielle...). Nous utilisons *modalité sémiotique* et *ressource sémiotique* de manière synonyme.

Modalités visuelles (*sémiotique*)

(basé sur Allamel-Raffin (2004a) et Granjon (2016))

Nous utilisons *modalités visuelles pour désigner les ensembles et sous-ensembles de ce que le Groupe μ désignerait* comme un énoncé plastique : la texture, la couleur (ou dominante chromatique) et la forme. Ainsi une modalité visuelle peut être l'utilisation d'une certaine teinte ou d'une certaine saturation pour former une certaine couleur.

Modèle médiatique de la communication

(basé sur (Gentès, 2022) et (Davallon, 2003))

Modèle de la communication qui considère l'organisation tripartite de la communication entre interlocuteurs (négociateurs du sens), média (médiateur, espace potentiel) et texte (signes). Considère la transformation d'un quatrième terme : le sens/l'information tirée de cette médiation.

Module

(inspiré par Dondero, 2010b)

Dans cette thèse, un module est une *unité faisant partie d'une composition plus globale, dont le sens est relatif* à l'ensemble dans lequel il s'inscrit, mais dont les composants peuvent être modifiés individuellement. Pour Dondero (2010b) il s'agit d'un « ensemble de données homogénéisées et regroupées en fonction d'un paramètre choisi qui (...) possède la caractéristique d'être transférable et de devenir un élément d'une notation » (p.139).

Modulaire

Désigne un objet composé de modules qui a la capacité d'être manipulé par *parties plutôt que seulement dans sa globalité*.

Morphologie d'une image

La morphologie d'une image désigne l'ensemble visuel formé par les éléments visuels de l'image (caractéristiques/morpho-) et la logique qui organise ces éléments visuels de l'image (-logique).

Motifs rythmiques (thèse)

Désigne des structures de rythme pouvant être identifiées dans le déroulé d'une activité par le biais d'une analyse rythmologique.

[N]

Nature phénoménologique (phénoménologie)

Dans cette thèse, la nature phénoménologique désigne le fait qu'une chose (propriété, relation...) existe au travers de la réalisation sensible de l'expérience. A priori, on peut considérer que toute chose a une nature phénoménologique, mais toute chose n'est pas forcément étudiée du point de vue de cette nature. Par exemple : Les relations entre scientifique et images sont dites phénoménologique dans le cadre de l'interprétation des données expérimentales en tant qu'elles mettent en jeu les qualités sensibles des formats visuels mais aussi l'incarnation et l'enactment des propriétés des objets explorés interactivement avec les images. Ainsi, c'est l'expérience de cette multimodalité par le scientifique qui réalise la construction d'une « réalité scientifique » (Lynch, 2006/1998, p.38)

Nature sémiotique (thèse)

Dans cette thèse, la *nature sémiotique* d'une image désigne le type de *transformation* de ses éléments morphologiques que permettent ses *propriétés matérielles*. Par exemple, dans le cas d'une image scientifique numérique, la nature sémiotique de l'image numérique permet de manipuler ses *caractéristiques morphologiques* par la modification des gammes numériques associées à des pixels.

[O]

Objet (1)

(basé sur Conein *et al.*, 1993)

artefact qui fait montre de « potentiel cognitif et pratique » (Conein *et al.*, 1993) et peut être mobilisé dans l'action, qui présente des *éléments plastiques* (formels et substantiels) pouvant être manipulés (propriétés matérielles).

Objet (2) (sémiotique) (lecture d'image)

(basé sur Allamel-Raffin (2004a))

Un objet est une entité identifiée par rapport à la coordination récurrente de différentes qualités dans un champ d'observation donné. Par exemple, si on observe régulièrement des « (...) zones rondes, à l'aspect grunleux, gris foncé et peu lumineuses. » (Allamel-Raffin, 2003, p.6), alors cette entité peut être identifiée comme un objet : le grain.

Objet concret

(basé sur Davallon, 2004)

Un objet concret est une chose telle qu'elle existe sans être rapportée, par une observation humaine, à des rapports particuliers.

Objet scientifique

(basé sur Davallon, 2004)

Un objet scientifique est une « représentation déjà construite du réel » (Davallon, 2004, p.32) sur la base d'une théorisation.

Objet de recherche

(basé sur Davallon, 2004)

Un objet de recherche est un objet scientifique construit de sorte à pouvoir être étudié d'une certaine façon. Nous utilisons objet de recherche et objet d'étude de manière synonyme.

Objet médiatique

Objet ayant une capacité à organiser et/ou participer à un phénomène de médiation. Dimension d'un objet qui se rapporte à sa valeur de média et à sa valeur de médium, soit à sa valeur médiatique.

Objet sémiotique (général)

dimension d'un objet qui se rapporte à ses *propriétés sémiotiques* et donc à son *potentiel signifiant (capacité signifiante)* qui lui-même enjoint à considérer les *éléments morphologiques* de l'objet et ses *propriétés matérielles*.

Dev. Dans le cadre de ce manuscrit, sur la base de nos lectures, nous comprenons que le terme objet sémiotique réfère à la dimension de l'objet qui se rapporte à ses propriétés sémiotiques et donc à son potentiel signifiant (*capacité signifiante*), qui lui-même enjoint à considérer les *éléments morphologiques* de l'objet et leur dimension matérielle.

Observabilité (ethnométhodologie)

Capacité d'une chose, d'un phénomène, à être observable en soi.

Opérant.e (thèse)

Qualifie une propriété en tant qu'elle permet, en activité, de poursuivre cette activité.

Opération (grille d'analyse des postures rythmiques)

Dans le cadre de notre grille d'analyse des postures rythmiques, une opération désigne un ensemble d'actions ayant un effet.

Opération de figuration (thèse)

Dans le cadre de cette thèse, une opération de figuration signifie une opération de mise en forme, de définition de forme : par exemple, en ajustant des contrastes, je participe à définir visuellement des entités.

Opérativité

Propriétés et mécanismes qui permettent à une chose, dans une activité, d'avoir

une certaine valeur pour l'action.

Opérativité de l'image (sémiotique)

(basé sur Dondero (2011b, 2010b, 2010c, 2009a))

Propriétés et mécanismes qui permettent à une image d'opérer d'une certaine façon, d'avoir une certaine *valeur pour l'action*.

Opérations symboliques

Dans le cadre de cette thèse, désigne des opérations sémiotiques : qui permettent de reconfigurer, de former, du sens.

Organisation notationnelle

Voir *système notationnel*

Overlay (terrain)

En analyse de microscopie en fluorescence par le logiciel du microscope Opera Phenix, désigne la zone de l'image que le logiciel va considérer comme des zones de fluorescence, qui est alors signifiée visuellement (par l'application de différents effets, comme un effet de filtre couleur, ou l'encadrement de forme par un tracé, etc.)

[P]

Paralysie de l'attention/de l'activité (thèse)

Phénomène qui provoque un arrêt de l'activité en cours qui ne peut être poursuivie. Ce phénomène se produit lorsque les *possibilités d'action* sont neutralisées.

Paramètres morphologiques (thèse)

(basé sur nos lectures croisées en sémiotique)

Voir *caractéristiques morphologiques*

Plan d'expression d'une image (sémiotique)

(basé sur une lecture croisée de Dondero, 2020 et Dondero & Reyes-Garcia, 2016)

Le plan d'expression de l'image est le plan par lequel elle exprime un contenu.

Le plan de l'expression articule la *forme* (formes organisées à sa surface, figures de l'image) et la *substance* (support des formes, consistance de l'image) de l'expression (de l'image).

Plan de plaque (*terrain*) (*biologie*)

Plan de plaque : notation de l'organisation des conditions (échantillons) d'une expérience permettant d'identifier les puits d'une plaque à leur condition respective.

Phénomène médiatique (*thèse*)

Dans cette thèse, l'expression phénomène médiatique désigne la *médiation* comme phénomène, c'est-à-dire, la médiation considérée du point de vue de son achèvement se faisant et des conditions permettant cet achèvement. Nous utilisons *phénomène de médiation* de manière synonyme.

Phénoménologique (*phénoménologie*)

Adjectif qui qualifie la *dimension expérientielle* d'un phénomène ou d'une action. Par exemple, le concept de seeing-as présenté par Hanson est *phénoménologique* car il caractérise une certaine modalité de l'expérience du voir, ou plutôt de l'expérience par laquelle on rencontre les choses que l'on souhaite observer

Phase (*thèse*) (*activité*)

Désigne, du point de vue de l'activité, le type de posture dans laquelle se trouve le scientifique au cœur de l'activité.

Pictogramme (*design*) (*typographie*)

Un pictogramme est un dessin schématique qui vise à représenter quelque chose.

Pictorialité

Adjectif qui qualifie une image pictoriale dans certaines de ses propriétés sémiotiques spécifiques. Voir *images pictoriales*

Possibilités d'action

Désigne les actions qu'un artefact permet en tant qu'outil dans une situation, qui sont des actions possibles mais non réalisées. L'affordance d'un objet dans ce cadre, nous la comprenons comme sa capacité à indiquer à un tiers ces possi-

bilités d'actions.

Posture (*thèse*) (*activité*)

Désigne un certain positionnement (émotionnel, d'attention, manières de faire) du scientifique dans l'activité et vis-à-vis de son activité. Ces postures engagent des types d'opérations, des types rythmes, des types de ressentis, et des types d'attention.

Potentialisation (*sémiotique*) (basé sur Dondero & Fontanille, 2014)

Nous comprenons qu'il s'agit de rendre la mobilisation d'un agent comme une *potentialité* (elle est possible mais non actualisée) plutôt que de rendre active la mobilisation (actualisation) de cet agent.

Potentialisés (*sémiotique*)

Qui a fait l'objet d'une potentialisation, état résultant d'une potentialisation.

Potentialité signifiante (*sémiotique*)

Potentiel d'une entité à signifier quelque chose, ce potentiel est actualisé (voir *actualisation*) lorsqu'un *interprétant* lit cette chose comme un *signe*.

Potentiel informationnel

Désigne la variété d'informations qui peuvent être interprétées dans un champ sémiotique, du fait d'une certaine organisation de ce champ.

Pratique matérielle (*thèse*)

Pratique au travers de laquelle on engage les *propriétés matérielles* d'artefacts.

Pratiques visuelles des scientifiques (*thèse*)

Dans le cadre de cette thèse, les pratiques visuelles des scientifiques désigne la mobilisation, en pratique, de format visuel pour analyser des données expérimentales et explorer voir stabiliser des informations concernant des objets de recherche/d'étude.

Praxéologique (*général*)

Dans le cadre de cette thèse, l'adjectif praxéologique qualifie les propriétés d'une chose en tant qu'elles se rapportent à un faire se faisant.

Propriétés actionnelles (thèse)

Dans cette thèse, l'expression « propriétés actionnelle » désigne les propriétés d'un objet qui sont réalisées par sa mobilisation en action. Nous utilisons *propriétés actionnelles* et *propriétés praxéologiques* de manière synonyme.

Propriétés matérielles (sémiotique) (thèse)

Dans cette thèse, les propriétés matérielles d'une image réfèrent aux possibilités d'action offertes par la *manipulabilité* de ses *éléments morphologiques*.

Cette *manipulabilité* elle-même dépend de la configuration des *éléments plastiques* d'une image par le *dispositif de l'image*. Nous utilisons *propriétés matérielles* et *caractéristiques matérielles* de façon synonyme.

Propriétés praxéologiques (thèse)

Voir *propriétés actionnelles*.

Propriété projective des formats visuels (thèse)

Dans cette thèse, désigne la possibilité d'*actualiser*, au travers de l'activité, une *capacité de projection* du côté des scientifiques acteurs.

Propriété rythmique des formats visuels (thèse)

Dans cette thèse, réfère à la façon qu'ont les formats visuels d'intervenir dans le déroulé du flux de l'activité.

Propriétés sémiotiques (sémiotique) (thèse)

Dans cette thèse, les propriétés sémiotiques de l'image désignent les façons par lesquelles elle peut articuler et/ou transmettre du sens, mais aussi par prolongement les *façons dont le « texte » de l'image peut être lu en fonction des éléments morphologiques* de l'image et de leurs *modalités visuelles*.

Dev. Dans un cas, la propriété sémiotique est une certaine façon d'organiser un rapport entre la forme de l'image et des éléments d'un objet (ex : une heatmap qui par carré coloré représente une valeur, la couleur se rapporte à la valeur selon un rapport particulier (e.g. plus le bleu est foncé, plus la valeur numérique est haute)).

Dans un autre cas, la propriété sémiotique réfère aussi au sens qui peut être perçu dans l'image selon son état, selon donc les *modalités visuelles* de ses *éléments morphologiques* : si dans la Heatmap le carré n°1 est très foncé, alors la

valeur est très haute. Si je modifie par quelque moyen l'image et que le carré n°1 devient plus clair, alors la valeur est moins haute : le sens perçu a été modifié, mais la logique de représentation (façons par laquelle l'image articule du sens) est demeurée identique.

[Q]

Qualité sensible (*lecture images*)

Une qualité est un stimulus perçu. Par exemple, en regardant une image, je perçois une zone de blanc. En touchant la surface de l'image, je perçois une texture irrégulière. Nous utilisons les termes *qualité* et *qualité sensible* de manière synonyme.

Qualités matérielles (*lecture images*)

(basé sur Allamel-Raffin (2004a))

Une qualité matérielle est une qualité perçue qui est due à une certaine organisation de la *substance* d'une image comme *forme* : réfère aux *modalités visuelles*.

Qualité réifiée (*lecture images*)

(basé sur Allamel-Raffin (2004a))

Qualité identifiée comme *entité* au moyen d'opérations de différenciations/*discrimination*.

[R]

Rapport Diagrammatique

(basé sur Innis (1998) ; Dondero, 2021)

Dans cette thèse, désigne un rapport de *commensurabilité* entre plusieurs entités, de par l'organisation, dans les parties d'une des deux entités, de relations analogues à celles des parties de l'autre entité.

Dev. Une chose qui fonctionne comme un signe en entretenant un rapport diagrammatique avec une autre chose est un *diagramme*. En effet, chez Peirce, le diagramme « représente les relations (...) des parties d'une chose par relation analogue dans leurs propres parties » (C.P. 2.277, trad. Deledalle, cité par Innis, 1998).

Réactivité des formats visuels (*thèse*)

Capacité de certains types d'image à re-articuler immédiatement, suite à une action, un contenu sémiotique sous un *régime visuel* similaire à celui précédant sa transformation ou dans un régime visuel *commensurable* à celui du régime visuel précédent.

Recadrement

(basé sur Schön (1984) et Gentès & Marcocchia (2023))

Processus par lequel un praticien re-interprète et re-formule la situation de pratique dans laquelle il se trouve. Correspond au concept de *frame experiment* de Schön (1983) ou *reframing*.

Ressource sémiotique

(basé sur Jewitt et Oyama (2004))

Le terme « ressources sémiotique » est employé par Jewitt et Oyama (2004, traduit, p.134). Il désigne l'idée que pour faire sens d'une situation les acteurs mobilisent différentes ressources qu'ils interconnectent pour « créer leurs propres interprétations nouvelles » (*Ibid.*). Autrement dit, le terme conotte l'idée qu'interpréter ce n'est pas seulement « décoder » (*Ibid.*) en suivant des règles pré-établies, mais que c'est un processus ouvert qui se réalise au travers d'ajustements contingents. Nous employons ressource sémiotique et *modalité sémiotique* de manière synonyme.

Régime de croyance de l'image (*sémiotique*)

(basé sur (Dondero & Fontanille, 2014) et (Fontanille, 2007))

régime par lequel nous pouvons donner du sens aux images, implique un système par lequel le sens est articulé, voir *système de croyance de l'image*.

Régime de croyance ordinaire / Foi perceptive (*sémiotique*)

(basé sur (Dondero & Fontanille, 2014) et (Fontanille, 2007))

régime de croyance de l'image ordinaire basé sur la congruence du traitement physiologique de la vue avec l'expérience visuelle de l'image. Aussi appelé Foi perceptive / Foi perceptuelle.

ø *Système du réalisme ordinaire* basé sur la correspondance entre notre expé-

rience sensible et l'expérience visuelle de l'image.

Régime de croyance mythique / Équivalence généralisée (sémiotique)

(basé sur (Dondero & Fontanille, 2014) et (Fontanille, 2007))

Régime de croyance de l'image basé sur la mise en correspondance d'entités différentes sur la base de similarités arbitraires (forme, couleur, impressions)

ð *Système du réalisme mythique*, basé sur un principe d'équivalence généralisé (toutes choses entretiennent des similarités avec toutes choses)

Régime de Croyance Phénoménal de Transformabilité (sémiotique)

(basé sur (Dondero & Fontanille, 2014) et (Fontanille, 2007))

régime de croyance de l'image basé sur la congruence des transformations visuelles de l'image avec le système de règle de lecture (expérience conceptuelle) tel qu'il se rapporte à un *dispositif technique imageant* (expérience scientifique), qui permet de relier l'expérience visuelle (image) à un référent (expérience sensorielle).

ð *Système du réalisme pratique*, basé sur un principe de validité scientifique où « ce qui est transformable existe d'une certaine façon » (traduit de Dondero & Fontanille, 2014, p.39). C'est la transformabilité de l'expérience visuelle, expérimentée par la pratique, qui permet de relier expérience sensorielle (référent) et expérience scientifique productive de l'image en réactualisant, au travers de transformations, l'expérience conceptuelle qui est déterminée par l'expérience scientifique.

Dev. Alt. Régime de croyance de l'image basé sur la *congruence* des transformations visuelles de l'image avec les règles conceptuelles de lecture de l'image qui désignent les relations entre les *caractéristiques morphologique* de l'image (expérience visuelle) et l'agent de l'expérience sensorielle (référent), en fonction du *dispositif technique imageant* (expérience scientifique). Cette *congruence* mobilise pour son appréciation une connaissance de l'*expérience productive de l'image* (dans le cas des images scientifiques, réfère à l'expérience scientifique qui réfère alors à la technique d'imagerie, au *dispositif imageant*).

Régime dense de l'image (sémiotique)

(basé sur Dondero (2020, 2010b))

Le régime dense désigne un régime de l'image où les éléments de l'image sont indissociables les uns des autres : par exemple, les aplats de peintures formant une image sont indissociables de leur toile et les effets visuels produits sont du fait de la solidarité entre les différents aplats (comme un fondu). Nous nous basons sur Dondero (2020, 2010b) qui reprend et adapte le travail du philosophe Nelson Goodman (1968).

Relations phénoménologiques (phénoménologie)

Dans cette thèse, les *relations phénoménologiques* désignent des relations qui unissent des entités (humain, non-humain) de par leur mise en lien au travers de l'*expérience sensible*.

Régime naturaliste (études visuelles)

Le *régime naturaliste* est défini par sa visée : obtenir une fidélité vis-à-vis d'un objet. Il ne définit donc pas précisément les conventions puisqu'elles dépendent, comme nous cherchons à le montrer ici, de la discipline ou du domaine qui réalise ce régime.

Régime naturaliste des images scientifiques (STS)

Provient du transfert du concept de régime naturaliste des études visuelles pour l'étude des régimes visuels scientifiques. Désigne la visée d'une image à être scientifique et donc à correspondre à des conventions, des habitudes, des pratiques propres à une discipline et à l'institution de la recherche.

Régime notationnel de l'image (sémiotique)

(basé sur Dondero (2020, 2010b))

Le régime notationnel désigne un régime de l'image où les éléments sont organisés en une grammaire (un système) de modules discrets permettant ainsi une modularité des composants de l'image. Nous nous basons sur Dondero (2020, 2010b) qui reprend et adapte le travail du philosophe Nelson Goodman (1968).

Régime visuel (*études visuelles*)

Dans cette thèse, correspond à un ensemble de conventions (expérience conceptuelle) par lesquelles les caractéristiques morphologiques (expérience visuelle) d'une image se rapportent aux caractéristique d'un objet du monde sensible (expérience sensible).

Renouvellement informationnel

Dans le cadre de cette thèse, désigne un renouvellement du *champ sémiotique* dû à une transformation matérielle. Nous utilisons renouvellement informationnel et *renouvellement sémiotique* de manière synonyme.

Renouvellement sémiotique

Voir *renouvellement informationnel*.

Répertoire encyclopédique d'objets (*lecture d'image*)

(basé sur Allamel-Raffin (2004a))

Il s'agit d'un « système donné de classement d'entités distinguées selon leurs qualités et auxquelles on attribue certaines interactions » (Klinkenberg, 2000, cité par Allamel-Raffin, 2004a, p.174). Nous l'utilisons de manière synonyme à *répertoire encyclopédique formel*.

Répertoire encyclopédique formel (*lecture d'image*)

(basé sur Allamel-Raffin (2004a) et Knorr-Cetina & Amann (1990))

Dans le cadre de la lecture d'image, le répertoire encyclopédique formel est un ensemble de qualités, d'entités, d'objets et de classes d'objets virtuellement intégrées par un praticien, qu'il peut mobiliser en les nommant ou en les montrant sur la surface de l'image en cours d'interprétation. Ce répertoire encyclopédique formel repose lui-même sur un répertoire encyclopédique plus large fait d'expériences pratiques, de connaissances théoriques, etc. Il semble plus élaboré et exigeant qu'un *répertoire formel* car ils engagent non seulement une capacité d'identification de la forme comme objet mais aussi des relations entre ces classes d'objets. Autrement dit, un répertoire encyclopédique formel est/engage un type de répertoire formel, tandis qu'un répertoire formel n'est pas forcément un répertoire encyclopédique formel. Nous utilisons *répertoire*

encyclopédique formel et *encyclopédie d'objets* de manière synonyme dans le texte de la thèse.

Répertoire formel

Dans le cadre de la lecture d'image, désigne l'ensemble des formes qui sont identifiées par un praticien comme certains types d'objets, sur la base d'un apprentissage préalable.

Respécification (ethnométhodologie)

(basé sur Lynch (1993))

Le concept de respécification vient de l'ethnométhodologie (Lynch, 1993). Il désigne la spécification d'un concept sur la base de l'étude locale de sa mobilisation en pratique. Autrement dit, il s'agit en fait d'explorer comment un concept théorique a une pertinence en pratique et ce qu'il signifie localement et effectivement, ainsi mobilisé.

Richesse sémiotique (thèse)

Dans le cadre de ce manuscrit, la richesse sémiotique désigne la multiplicité de moyens par lesquels une modalité sémiotique peut *effectivement fait preuve d'une capacité signifiante* (en d'autres termes, la multiplicité de moyens par lesquels sa potentialité signifiante est *actualisée*). Cela implique qu'une même *modalité sémiotique* au sens de Alač (2011), intègre différentes *propriétés sémiotiques* : différentes façons par lesquelles elle articule du sens. Ainsi, une image en tant que modalité sémiotique a différentes façons de pouvoir articuler du sens et donc de signifier (de fonctionner comme un signe).

[S]

Savoirs encyclopédiques (*pratique*) (*lecture d'image*) (basé sur Allamel-Raffin (2004a))

Désigne une variété de savoirs individuels et collectifs spécialisés dans un domaine de pratique, qui sont hétérogènes (théoriques, pratiques, expérimentiels, concrets) et reliés entre eux, dont la sédimentation se fait au cours du temps (long) de la pratique professionnelle. Par exemple, les *répertoires encyclopédiques formels* constituent une partie des savoirs encyclopédique d'un chercheur, au coté de la connaissance théorique et pratique d'un appareil d'imagerie, d'une procédure expérimentale, d'une tradition de recherche, etc.

Seuil (*terrain*)

En analyse de microscopie en fluorescence par le logiciel du microscope Opera Phenix, le seuil désigne la valeur (calculée, indiquée...) qui permet de réaliser le seuillage.

Seuillage (*terrain*)

En analyse de microscopie en fluorescence par le logiciel du microscope Opera Phenix, désigne 1) la tâche qui consiste à fixer le seuil à partir duquel le logiciel doit considérer qu'une certaine aire de pixel dans l'image émet de la fluorescence. Le seuillage nécessite, du coté du logiciel, l'effectuation de calculs mathématiques (il ne suffit pas d'indiquer « toute valeur d'intensité au dessus de » pour que ce dernier soit probant). 2) désigne le résultat de la fixation du seuil.

Seuillage absolu (*terrain*)

En analyse de données expérimentales acquises par microscopie en fluorescence confocale, un seuillage absolu est un réglage qui se base sur deux valeurs : maximum et minimum qui réfèrent à l'intensité qu'un pixel doit avoir pour indiquer une fluorescence.

Seuillage relatif (*terrain*)

En analyse de données expérimentales acquises par microscopie en fluorescence confocale, un seuillage relatif qui se base sur un pourcentage permettant d'identifier dans chaque image le niveau de fluorescence représenté par les pixels de l'image.

Substance (sémiotique)

(basé sur Dondero (2020) et Dondero & Reyes-Garcia (2016))

Au niveau du *plan de l'expression de l'image*, la substance correspond au niveau de ce qui compose l'image, c'est la chaire des formes. C'est un des deux *éléments plastiques* du plan de l'expression d'une image.

Signe (sémiotique)

Dans le cadre de cette thèse, désigne toute entité considérée en tant qu'elle peut émettre un sens en se rapportant à une autre (des autres) entités.

Situé (étude des pratiques)

(basé sur nos lectures croisées de Suchman (2006/1987) et Theureau (2004))

Ce qui prend en compte les contingences liées au contexte mais aussi au lieu et au temps moment-par-moment. En d'autres termes, intègre l'évènement/l'accomplissement de la pratique comme ici et maintenant. Est située toute action considérée dans son intégration à l'intérieur d'un contexte local, dont les variables contingentes vont influencer le déroulé (Suchman, 2006/1987 ; Theureau, 2004). Une approche située prend en compte comment, durant le déroulé continu de l'activité, les éléments locaux exercent une influence sur l'action.

Situation (étude des pratiques)

La situation réfère à l'ensemble contexte-environnement-acteur-temporalité. Selon le type d'analyse, elle peut intégrer l'étude du vécu de l'acteur.

Structure actionnelle

Désigne la structure procédurale, actions par actions, d'une séquence d'activité.

Structure de l'expérience des images (sémiotique)

(basé sur Dondero & Fontanille (2014))

Structure du *système de l'image*.

Système appréciatif

(basé sur Schön (1983))

Désigne un ensemble de critères plus ou moins formalisés qui guident la pratique. À partir de ces critères, le praticien évalue si le déroulé de son activité est cohérent, congruent, avec les conditions selon lesquelles sa pratique doit se mener.

Système de l'image (sémiotique)

(basé sur (Dondero & Fontanille, 2014) et (Fontanille, 2007))

Système qui permet à un *régime de croyance de l'image* de se réaliser et d'interpréter cette image dans le cadre de ce régime de croyance.

Système notationnel

(basé sur (Dondero, 2020, 2010b, 2009a))

Désigne un système qui fonctionne comme un « alphabet de modules qui vise à offrir un plan de commensurabilité entre particularités » (Dondero, 2009a).

[T]

Tâche (*analyse du terrain*)

Dans le cadre de notre analyse de terrain, nous avons considéré comme « tâche » le but que des ensembles de sous-tâches, composées d'opérations réalisées par une suite d'actions, devaient permettre d'accomplir.

Traitements (*image*)

Opérations appliquées à l'image qui ont un effet sur elle, notamment sur ses *caractéristiques morphologiques*.

Transaction

(basé sur Schön (1984) et Foucart (2013))

Réfère à une action transformatrice mutuelle entre deux entités, qui agit à la fois sur la relation entre ces deux entités, mais sur les deux entités elles-mêmes

Transformabilité (*image*)

Voir *manipulabilité*

Transformation analytique

(Basé sur Allamel-Raffin (2004a))

Les transformations analytiques sont des transformations d'une image par un traitement mathématique. Basé sur la sémiotique du Groupe μ .

Transformation matérielle

Désigne l'effet d'une action en tant qu'elle reconfigure une certaine organisation de la forme d'un objet, de l'organisation à la surface sensible de l'objet de ses *caractéristiques morphologiques*. Dans certains cas, peut aussi concerner la réorganisation du rapport entre *forme* et *substance* (e.g. si on considère les *données de l'image comme « l'une » des substances de l'image (cas particulier des images numériques) alors une action peut entraîner une modification de ces données qui reconfigure les rapports entre forme et substance : la forme de l'image ne se rapporte plus à ces données par un codage symbolique A mais par un codage symbolique B*).

Transformation optique

(Basé sur Allamel-Raffin (2004a))

Les transformations optiques sont des transformations d'une image qui procèdent par modification des *éléments morphologiques* de l'image par manipulation de leurs *modalités visuelles* (ajout de couleur, obtention d'un meilleur contraste). Basé sur la sémiotique du Groupe μ .

Transformation sémiotique

Désigne une *transformation matérielle* du point de vue qu'elle transforme les *propriétés sémiotiques* de l'objet modifié : ses façons de transmettre du sens ou de l'articuler, ou la configuration des *éléments morphologiques* de l'image. Cela par exemple peut être une transformation optique, qui modifie les *modalités visuelles* des éléments morphologiques d'une image, ou une transformation analytique, qui peut modifier jusqu'au *dispositif de l'image*.

[V]

Valeur actionnelle / Valeur pour l'action

Désigne la valeur d'une propriété vis-à-vis de l'action qu'elle doit permettre d'effectuer. En d'autres termes, en tant que cette propriété permet à l'action de se dérouler. On dit que la propriété est *opérante*.

Valeur expérimentale (thèse)

Dans le cadre de cette thèse, la valeur expérimentale désigne la capacité d'un objet à soutenir l'exploration de significations au travers de sa manipulation.

Valeur médiatique

(basé sur Gentès (2022))

Dans cette thèse la *valeur médiatique* d'un objet réfère à sa valeur comme *média* et comme *médium*, c'est-à-dire comme objet permettant d'opérer une *communication médiatique*.

Valeur de médium

(basé sur Gentès (2022))

Voir *Média/Médium*

Valeur opérationnelle

(basé sur Dondero (2011b, 2010b, 2010c, 2009a))

Qualifie la capacité de l'image à permettre d'explorer un objet d'étude au travers de sa mobilisation.

Valeur opérative (sémiotique)

(basé sur Dondero (2011b, 2010b, 2010c, 2009a))

qualifie la capacité de l'image à stabiliser des informations à propos d'un objet d'étude (et à stabiliser l'objet par ce biais).

Valeur scientifique (thèse)

Dans le cadre de cette thèse, qualifie la capacité d'une image à être mobilisée dans des travaux de recherche de façon congruente aux exigences du *dispositif institutionnalisant* de la recherche scientifique. Chez Dondero et Reyes-Garcia (2016) il nous semble que cela se définit comme le statut scientifique de l'image : « En effet, même dans le cadre de la production numérique,

s'est instaurée une pluralité de statuts selon les domaines d'utilisation ; on peut ainsi obtenir des images artistiques, scientifiques, publicitaires, de divertissement, images- interfaces, etc. » (Dondero & Reyes-Garcia, 2016, p.11)

Vécu expérientiel (*étude de l'activité*)

Désigne l'expérience vécue d'un acteur. Le vécu expérientiel se compose de différentes dimensions.

Dimension concrète (*vécu concret*) : les actions réellement réalisées

Dimension sensorielle (*vécu sensoriel*) : les sensations éprouvées

Dimension émotionnelle (*vécu émotionnel*) : les émotions ressenties

Dans cette thèse, nous utilisons *vécu expérientiel*, *vécu* et *vécu d'action* de manière synonyme.

Vécu concret (*étude de l'activité*)

Voir *vécu expérientiel*

Vécu sensoriel (*étude de l'activité*)

Voir *vécu expérientiel*

Vécu émotionnel (*étude de l'activité*)

Voir *vécu expérientiel*

Visualité (*esthétique*)

(inspiré de Bigg (2012) et Renon (2020))

Ce qui caractérise les modalités d'existence visuelle d'un ensemble d'entités. Dev. Nous empruntons ce terme à Bigg (2012) et Renon (2020) : il désigne l'étude de tout ce qui a une existence visuelle dans les sciences et est étudié vis-à-vis de ce que cette existence visuelle configure dans/pour la recherche, sans se limiter aux images *per se*. Par exemple, l'adoption d'un certain *régime visuel* réfère non pas à une image en particulier mais à un ensemble de standards esthétiques, techniques, pratiques, épistémologiques. Ici, la visualité est donc un terme générique pour évoquer la diversité des travaux que nous évoquons dans cette introduction.

*TABLE
DES FIGURES*

- P.2** **[FIG.A]** Rassemblement de trois images scientifiques : (a) un dotplot ou graphique en nuage de points ; (b) une microscopie en fluorescence ; (c) un Western Blot
- P.8** **[FIG.B]** Interface de l'outil courbe de Adobe Photoshop (a) ; Interface de l'outil histogramme et colormap de ICY (b). Les deux outils permettent de manipuler les pixels d'une image en réglant une courbe sur un histogramme qui recense les intensités des pixels d'une image. En (c) : un schéma qui décrit le fonctionnement de l'histogramme croisé à la colormap : une image numérique est composée de pixels ayant chacun une valeur. Les pixels de valeur commune sont rassemblés en abscisse dans l'histogramme. La colormap leur indexe un type de couleur.
- P.189** **[FIG.1]** Schéma réalisé à partir du principe mobilisé par Alač (2011, p.75) : ici nous schématisons une personne devant son ordinateur qui pointe quelque chose affiché à l'écran.
- P.190** **[FIG.2]** Schéma basé sur une figure de Mondada (2008b, p.145) : les flèches qui partent de la partition permettent d'indiquer leur correspondance à des extraits vidéos et ainsi de montrer le déploiement de la gestuelle au cours du temps..
- P.192** **[FIG.3]** Schéma basé sur une figure de Mondada (2008b, p.148). Les lignes en pointillé sont les transcriptions de parole, les lignes noires transcrivent les gestes réalisés en précisant la localisation dans le champ de l'image par numéro. Les points rouges indiquent les astérisques qui permettent à Mondada d'indiquer précisément dans le flot de parole le moment où le geste matériel débute.
- PP.201-202** **[FIG.4]** Schéma qui représente les différents types de matériaux que nous avons récoltés.
- P.202** **[FIG.5]** Photographie d'un plan de plaque tracé sur le couvercle de la plaque qui sert à accueillir des échantillons biologiques.
- P.210** **[FIG.6]** Extraits des tentatives d'élaboration d'une méthode de transcription des entretiens d'explicitation permettant d'articuler leur contenu à leur déroulé. a) : une tentative de notation par description textuelle des marqueurs non verbaux ; b) : une tentative d'élaboration d'une grille d'annotations de la transcription pour permettre la mise en page colorée et typographique des entretiens automatiquement sous InDesign ; c) une tentative d'élaboration de pictogrammes pour représenter les différents types de gestes réalisés en nous basant sur la classification DAMPI de Lefebvre (2008) ; d) Une grille textuelle permettant une ligne sur deux d'insérer les pictogrammes.
- P.212** **[FIG.7]** Photographie des feuilles de transcriptions de la dimension procédurale réalisées à la main. a) Transcription de la séquence de Lu. b) Elaboration d'un système de pictogrammes au fur et à mesure de la transcription.
- P.212** **[FIG.8]** Aperçu global des glyphes de la typographie PROCESS-ing. Elle est composée au 17/12/2023 de 109 glyphes.
- P.214** **[FIG.9]** Exemple de ligature. a) texte de la transcription affiché en PROCESS-ing. Le mot « window » est en train d'être écrit. ; b) le mot « window » a été écrit. Il correspond à un symbole ligature de PROCESS-ing, qui est affiché chaque fois que la suite de lettre (w+i+n+d+o+w) est écrite. Le symbole est donc affiché. ; c) La ligature (symbole) a été sélectionnée. L'aire de sélection semble plus large que le symbole : cela est dû notamment au fait que pour les logiciels de traitement de texte, cette ligature est toujours une ligne de six lettres. Le symbole affiché occupe ainsi l'espace nécessaire à ces six lettres, qui sont comprimées. ; d) Le mot « window » affiché en typographie Cambria.
- P.216** **[FIG.10]** Inventaire des glyphes génériques procédurales : les (actions sur ordinateur) symbolisent les action génériques réalisées durant une activité sur ordinateur. Les (objets) : symbolisent les objets génériques du champ d'un écran d'ordinateur.
- P.218** **[FIG.11]** Inventaire des glyphes spécifiques : elles symbolisent des actions et des objets propres à des logiciels spécifiques.
- P.219** **[FIG.12]** Inventaire des glyphes de spatialisation

- P.219** [FIG.13] *Inventaire des glyphes relationnelles*
- P.219** [FIG.14] *Inventaire des glyphes rythmiques*
- P.220** [FIG.15] *Inventaire des glyphes déictiques.*
- P.220** [FIG.16] *Inventaire des glyphes d'effets.*
- P.220** [FIG.17] *Inventaire des glyphes d'évènement image.*
- P.220** [FIG.18] *Inventaire des glyphes de notes.*
- P.223** [FIG.19] *Schéma du format éditorial sous Adobe InDesign où nous avons rassemblé différents extraits de matériaux. Pour conserver les indentations entre les différents types de planches (a), les planches ST (Sous-Tâche) (c) et TO (Opération) (d) nécessitent d'avoir un nombre de pages minimum placé au niveau de la « reliure » (trait gris qui dépasse des différentes planches). a) Aperçu de l'interface utilisateur de navigation dans InDesign (reconstruction à partir de captures) ; b) Gabarit de la planche de présentation d'une tâche ; c) Gabarit de la planche de présentation d'une sous-tâche (ST) ; d) Gabarit de la planche de présentation d'une opération (TO) ; e) Aperçu de certaines planches avec des marqueurs visuels permettant de relier différentes explorations du contenu (extrait d'images, extraits de l'enregistrement vidéo de l'activité, etc.) : dans ces planches, différents gabarits permet tent d'organiser des captures des enregistrements vidéos pour détailler l'activité seconde par seconde.*
- P.230** [FIG.20] *Figure détaillant le fonctionnement des ligatures et la difficulté d'ajout de symboles dans une transcription déjà réalisée. a) texte de la transcription affiché en typographie Cambria ; b) texte de la transcription affiché en typographie PROCESS-ing. La ligne verticale grise marque l'endroit où l'on souhaite insérer un contenu dans notre transcription, entre deux symboles. c) Comme la ligature produite à l'écran est moins large que son équivalent textuel, nous effaçons par erreur une lettre au milieu de la ligature d'un des deux symboles. La ligature est brisée, le symbole disparaît et laisse place à des lettres. d) La place indiquée par la ligne grise est le début exact de la ligature.*
- P.241** [FIG.21] *Photographies personnelles de nos expérimentations sur boîte de Petri pour la culture de bactéries, 2016.*
- P.242** [FIG.22] *Photographies personnelles de notre projet de diplôme de DSAA intitulé « MICROBIOTA », partie d'une exposition fictive sur le microbiote humain, 2016.*
- P.244** [FIG.23] *Photographies personnelles du département de biologie (DER) de l'ENS Paris-Saclay, où l'on peut voir une diversité de formats visuels : affichages sur les murs, inscription sur les ustentiles de la recherche (2017).*
- P.245** [FIG.24] *Photographies personnelles des étudiants du département de biologie (DER) de l'ENS Paris-Saclay, manipulant des pipettes. ENS Paris-Saclay (2017).*
- P.246** [FIG.25] *Photographies personnelles du tableau de la salle de travaux pratique où l'on voit des représentations schématiques tracées au tableau. ENS Paris-Saclay (2017).*
- P.250** [FIG.26] *Schéma représentant la logique d'affichage d'une image numérique, pixels par pixels et expérimentation visuelles sous le logiciel ICY. Haut : Image originale de Juliette Hugueny, Institut Pasteur, Laboratoire de Biologie Cellulaire de l'Infection Microbienne, 2017. Bas : Image originale de Fabrice Dechaumont, Institut Pasteur Paris, Institut Pasteur de Lille, 2017.*
- P.254** [FIG.27] *Photographie du bureau (rond vert) où nous étions installée lors de notre première période d'observation terrain.*

- P.254** [FIG.28] Photographie du bureau (rond vert) où nous étions installée lors de notre seconde période d'observation terrain.
- P.269** [FIG.29] Images de la membrane du Western Blot, en ton inversés pour les besoins d'une figure. Ces deux images proviennent de la même membrane : un procédé spécifique permet de faire l'acquisition de deux « channels » qui différencient le contrôle du test.
- P.269** [FIG.30] Figure réalisée par J. avec les conditions annotées. Les images de la membrane ont été inversées horizontalement pour les besoins de la figure. Une ligne du Western Blot test n'apparaît plus : il s'agissait d'une protéine non spécifique, ignorée pour l'analyse.
- P.272** [FIG.31] Ju. devant l'écran de l'ordinateur de la salle de l'Opera Phenix. Au milieu de l'écran, en gris et vert, est affichée une image de puit. Sur la droite de l'écran, un menu affiche le plan de plaque et permet de naviguer entre les différents puits tandis qu'en dessous du plan de plaque, une interface utilisateur permet de naviguer dans les différentes images acquises pour le puits sélectionné.
- P.276** [FIG.32] En haut : exemple de cytogramme qui se présente sous la forme d'un dotplot. Selon les paramètres choisis, la position des points indique l'état des cellules. En bas : écran d'ordinateur de Lu. affichant ce cytogramme via le logiciel FlowJo. Sur la gauche se trouve le menu des échantillons.
- P.286** [FIG.33] Photo-montage qui montre J. en train d'ajuster les contrastes de son image channel 700 (contrôle) sous le logiciel de quantification de Western Blot.
- P.288** [FIG.34] Photo-montage qui montre Ju. ayant ajusté son seuillage, qui observe, à la suite, plusieurs images centrales de puits de sa plaque.
- P.290** [FIG.35] Photo-montage qui montre Lu. faisant défiler différents dotplots associés aux données de chaque échantillon de sa cytométrie en flux.
- P.292** [FIG.36] Exemple d'overlay dans le logiciel du microscope Opera Phenix.
- P.294** [FIG.37] Exemple d'overlay dans le logiciel du microscope Opera Phenix.
- P.296** [FIG.38] Overview générée par le logiciel du microscope Opera Phenix.
- P.299** [FIG.39] Extrait de l'interface du logiciel FlowJo d'analyse de Cytométrie en Flux. Il s'agit de la fenêtre principale où est affiché notamment : la liste des groupes d'échantillon (empty ou spike) et la liste de l'ensemble des échantillons (A1.fcs en vert correspond à A1 spike, puis A1.fcs en bleu correspond à A1 empty puis A2.fcs en vert correspond à A2 spike etc.).
- P.301** [FIG.40] Schématisation de la disposition topographique d'un nuage de point indiquant un « beau marquage » dans un dotplot de Cytométrie en Flux : l'échantillon marqué (spike) doit être bien dans la gate et l'échantillon contrôle correspondant (empty) doit être bien en dessous. Les deux nuages ne doivent pas être coupés par la gate.
- P.304** [FIG.41] Représentation hypothétique de l'Index virtuel de Similarités Typiques mobilisé par Ju.
- P.305** [FIG.42] Ju. observe la vue d'ensemble de son acquisition en microscopie confocale.

- P.308** [FIG.43] *Lu. devant son ordinateur modifie la gate lui permettant d'isoler les cellules valables pour son analyse (vivantes, bon état).*
- P.309** [FIG.44] *Transcription procédurale de Lu. modifiant la gate des Cells sur le dotplot d'un échantillon (EE Lu. : 04:07-04:16)*
- P.310** [FIG.45] *Transcription procédurale de Lu. vérifiant le gating du marquage des cellules en faisant défiler plusieurs dotplot d'échantillon. (EE Lu. : 04:39-04:53)*
- P.312**
P. 313 [FIG.46] *Vignette qui transcrit sous différents régimes (pictographique, photo-montage de l'écran d'ordinateur) une séquence de l'activité où Ju. observe le seuillage de ses images de puits.*
- P.314**
P. 315 [FIG.47] *Vignette qui transcrit sous différents régimes (pictographique, photo-montage de l'écran d'ordinateur) une séquence de l'activité où Lu. observe la qualité du marquage des cellules valables pour l'analyse.*
- P.319** [FIG.48] *Extrait de l'interface du logiciel du microscope Opera Phenix où sont situés les « blocs d'analyse » évoqués par Ju.*
- P.320** [FIG.49] *Vignette qui présente les différentes captures de l'enregistrement vidéo écran de la séquence où J. se trompe de bouton pour ouvrir le réglage des contrastes du channel test de son western blot (channel 800/vert).*
- P.325** [FIG.50] *Transcription procédurale du réglage des contrastes du Western Blot de test (Channel 800) par J. Les triples flèches indiquent un enchainement d'actions extrêmement rapide, qui peuvent éventuellement en observant les enregistrement écrans sembler se réaliser en un même temps. (EE J. : 27:07-27:18 ; 11 secondes)*
- P.325** [FIG.51] *Transcription procédurale d'une étape de réglage du seuillage par Ju. Après avoir réglé une première fois le seuil, Ju. navigue dans les différentes images de puits. Puis s'arrête, deux secondes. Et va régler à nouveau le seuillage, une fois, deux fois, avant de retourner à la consultation des images de puits. (EV Ju. : 04:21-04:49 ; 28 secondes)*
- P.328** [FIG.52] *Vignette qui montre en détail les micro-marqueurs non verbaux (haussement de sourcils) durant la séquence de défilement des dotplots des marquages par Lu..*
- P.329**
P.333 [FIG.53] *Vignette qui montre en détail l'alternance des différents dotplots dans la séquence de défilement des dotplots des marquages par Lu. Les ronds colorés indiquent des moments de pause, transcrits pictographiquement par les crochets encadrant des points bleus (un point == une seconde).*
- P.336**
P.337 [FIG.54] *Vignette qui montre l'exploration des images de puits par Ju. après réglage de son seuillage. Les pictogrammes bleus en haut de certaines images marquent le changement d'un puits suite auquel Ju. réalise généralement des réglages de Seuil. (Dans le cas d'un tirage sous format livre, les extraits vidéos se lisent en ligne inter-pages).*
- P.342** [FIG.55] *Extrait de la Heatmap de Ju. en train de charger. On peut voir que les carrés n'indiquent pas des variations similaires à l'overview. (EE1 Ju. : 06:35 + 06:42)*
- P.343** [FIG.56] *Extraits des différents réglages des paramètres d'affichage d'une même image de puits par Ju.*
- P.P.346** [FIG.57] *Exemples de différentes images de puits qui présentent un overlay, affichées sur le logiciel de l'Opera Phenix dans la session d'analyse.*

- P.348** [FIG.58] a) Le puits tel qu'affiché par l'overview b) Le puits tel que présenté lors du problème de Seuillage c) Exemple de puits avec un overlay qui correspond mieux.
- P.349** [FIG.59] Index virtuel de Similarités Typiques d'un « beau marquage » pour Lu. Il fonctionne par paire, pour l'échantillon test (spike) et l'échantillon contrôle (empty). et lui permet d'évaluer pour chaque image la qualité du marquage.
- P.350** [FIG.60] Extraits des enregistrements vidéos de l'activité de Lu. qui montrent le passage à l'affichage d'une gate dénombrent les cellules singulées.
(EE Lu. : 04:01+04:02)
- P.352** [FIG.61] Extrait de la vidéo d'enregistrement qui montre les modifications de la même image d'un puits suite à modification du seuillage et de différents paramètres.
- P.374** [FIG.62] Les données des échantillons ont fait l'objet d'un gating progressif : isolement des singulées (a+b), isolement des cellules valides pour l'analyse (c+d+e), isolement des cellules exprimant la protéine S (f).
- P.374** [FIG.63] Les différents échantillons A1 spike à A7 empty. (Lu. EE : 04 :39-04 :52)
- P.376** [FIG.64] Incongruence entre le niveau de fluorescence indiqué par l'overlay (a) et celui indiqué par l'overview (b).
- P.377**
- P.379** [FIG.65] Ju. a mis en rapport différents formats de visualisation de ses données suite à un problème de seuillage : a) L'Index virtuel de Similarité Typique issu de l'overview et les Index en découlant pour chaque puits ; b) La visualisation des images de puits sans seuillage, sous différents modes d'affichage ; c) La visualisation des images de puits avec overlay ; d) L'affichage des moyennes de fluorescence pour chaque puits restituées par Heatmap ; e) L'affichage du rassemblement des données de puits ayant une aire de fluorescence de même valeur par Histogramme.
- P.385** [FIG.66] Ju. consulte la plaque qu'il a posée devant lui : il s'agit du couvercle de sa plaque d'échantillon sur lequel ont été inscrites les différentes conditions.
- P.387** [FIG.67] Lu. consulte le plan de plaque (une photographie des plaques utilisées sur le couvercle desquelles ont été indiqués les différentes conditions) posé en dessous de l'écran d'ordinateur qu'elle utilise pour analyser sa cytométrie en flux.
- P.388** [FIG.68] Lu. ajuste à différents moments la gate (S) de ses échantillons, au fur et à mesure du défilement de ses différents échantillons. Finalement, elle transfère le gating (S) de C8 empty à tous ses échantillons contrôle puis le gating (S) de C3 empty à tous les échantillons test.
- P.389**

- P.392** **[FIG.69]** *Affichage d'une même image de puits selon différents paramètres, le schéma (b) en dessous des images indique le placement du puits sur le plan de plaque.*
- P.392** **[FIG.70]** *Modification très finement d'une même image de puits suite à une modification de seuillage.*

