



HAL
open science

**Vers une phénoménologie des inscriptions numériques.
Dynamique de l'activité et des structures
informationnelles dans les systèmes d'interprétation.**

Yannick Prié

► **To cite this version:**

Yannick Prié. Vers une phénoménologie des inscriptions numériques. Dynamique de l'activité et des structures informationnelles dans les systèmes d'interprétation.. Interface homme-machine [cs.HC]. Université Claude Bernard - Lyon I, 2011. tel-00655574

HAL Id: tel-00655574

<https://theses.hal.science/tel-00655574>

Submitted on 30 Dec 2011

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.

Habilitation à diriger les Recherches
en
INFORMATIQUE

présentée et soutenue publiquement le 18 novembre 2011 par
YANNICK PRIÉ

**Vers une phénoménologie
des inscriptions numériques :**

**Dynamique de l'activité et des structures
informationnelles dans les systèmes
d'interprétation**

Laboratoire LIRIS - UMR 5205 CNRS
École Doctorale "Informatique et Information pour la Société"

COMPOSITION DU JURY

| | | | |
|------|--------------------------|------------|--|
| Mme. | AUSSENAC-GILLES Nathalie | Rapporteur | Directeur de Recherche, CNRS, Toulouse |
| M. | BACHIMONT Bruno | Rapporteur | Enseignant-Chercheur HDR, UT Compiègne |
| Mme. | LELEU-MERVIEL Sylvie | Rapporteur | Professeur, Université de Valenciennes |
| M. | BEAUDOUIN-LAFON Michel | Examineur | Professeur, Université Paris-Sud |
| Mme. | GARBAY Catherine | Examineur | Directeur de Recherche, CNRS, Grenoble |
| M. | MILLE Alain | Examineur | Professeur, Université Lyon 1 |
| M. | SALEMBIER Pascal | Examineur | Professeur, UT Troyes |

Version 1.2 — 30 décembre 2011.

Merci d'envoyer commentaires et corrections éventuelles à yannick.prie@liris.cnrs.fr

À Marie-Gabrielle et Thomas

Remerciements

La rédaction de ces pages scelle l'achèvement d'un processus d'écriture au long cours et il m'est tout à fait agréable de sacrifier à cet usage. En effet, si la rédaction du mémoire est individuelle, les participants en sont en fait très nombreux, dont l'auteur est le débiteur.

Mes remerciements vont tout d'abord aux membres du jury interdisciplinaire qui ont accepté d'y participer dans des délais fortement contraints. J'espère sincèrement avoir l'occasion de discuter plus précisément d'un point ou d'un autre avec chacun, et — pourquoi pas — de travailler ensemble dans le cadre de projets plus formels.

Nathalie-Aussenac Gilles est la brillante co-animatrice de la communauté Ingénierie des Connaissances. Elle s'intéresse depuis plusieurs années à mon travail et m'a fait l'amitié d'accepter la tâche ardue de rapporter sur ce document dont l'objet principal d'IC se dissimule sous des thématiques entremêlées.

Bruno Bachimont était déjà dans mon jury de thèse, nos chemins se croisent régulièrement depuis ce moment. J'ai été heureux de profiter de la rédaction de ce mémoire pour faire un point personnel sur la théorie du support (et lui lancer quelques piques), je suis encore plus heureux de l'intérêt qu'il a bien voulu trouver à mes propositions et à la démarche associée.

Sylvie Leleu-Merviel travaille en Sciences de l'Information et de la Communication sur la sémiotique des inscriptions et des représentations que sont les documents et les traces. Je la remercie amicalement pour la lecture précise qu'elle a su faire de ce mémoire, agrémentée de conseils avisés qu'il ne me reste plus qu'à suivre.

Pilier des communautés Interaction Homme-Machine française et internationale, Michel Beaudouin-Lafon m'a fait l'insigne honneur d'accepter de venir à Lyon depuis Stanford et de manifester son intérêt pour les travaux que j'ai présentés en écho à certaines de ses propositions.

Catherine Garbay promeut et pratique l'interdisciplinarité au CNRS depuis de nombreuses années ; sa présence me semblait donc naturelle dans ce jury, je la remercie qu'il en ait été de même pour elle.

Je croise régulièrement Pascal Salembier comme animateur de la communauté d'ergonomie cognitive française, dont la pratique dépasse l'analyse et va jusqu'à la conception d'artefacts. J'ai été honoré de sa participation à ce jury.

Encadrant de ma thèse de doctorat, Alain Mille a dirigé les équipes CEXAS puis SILEX dans lesquelles j'ai pu trouver la liberté de mener mes recherches, tant sur la question des systèmes d'interprétation que sur celle de l'ingénierie de l'expérience tracée, sujet sur lequel notre partenariat intellectuel perdure depuis toutes ces années. Je l'en remercie chaleureusement.

Julien Laflaquière, Alain Mille, Olivier Aubert et Amaury Belin ont accepté de relire les différents chapitres de ce mémoire pendant l'été 2011, qu'ils en soient remerciés. Mon père Pierre Prié a fait une dernière relecture, traquant nombre de virgules mal placées et me

donnant l'occasion d'apprendre quelques règles de français. Bien entendu, toutes les erreurs et omissions qui subsistent sont les miennes.

Mes remerciements vont ensuite aux personnes avec lesquelles j'ai pu travailler au jour le jour. Olivier Aubert est la cheville ouvrière et le coordonnateur général des développements des différents projets logiciels dont il rend l'existence possible, je l'en remercie profondément. Pierre-Antoine Champin me fait l'honneur d'être à mes côtés sur nombre de directions de recherche et il est toujours des plus agréables de partager un tableau blanc avec lui. Julien Laflaquière est passé de stagiaire à collègue et ami, j'ai grand plaisir à travailler avec lui et à bénéficier de sa culture et de la précision de ses remarques. Stéphanie Pouchot, Magali Ollagnier-Beldame, Raphaël Troncy, Benoit Encelle et Karim Sehaba me font la joie de m'accompagner sur certains de mes projets, ainsi que les doctorants Leila, Bertrand, Lotfi-Sofiane, Olivier et Amaury, je leur transmets à tous mon amitié.

Je remercie également le reste de l'équipe Silex, anciens et nouveaux membres, ceux avec lesquels j'ai commencé à travailler, et ceux avec lesquels il reste à monter des collaborations, avec une attention toute spéciale pour Nathalie Guin, qui assume avec brio la lourde charge de responsable de l'équipe.

Mes pensées vont ensuite aux différents collègues du bâtiment Nautibus et d'ailleurs, membres du LIRIS et/ou du Département informatique, dont la fréquentation à une occasion ou l'autre est toujours enrichissante. Je pense particulièrement à Lionel Médini dont je partage le bureau depuis de nombreuses années, et que je remercie amicalement de me supporter depuis tout ce temps, et à Stéphanie Pouchot avec laquelle j'ai également eu le plaisir de monter et de réaliser de nouveaux enseignements.

Un certain nombre de collègues m'ont accompagné intellectuellement et amicalement au cours de ces années, Joëlle Le Marec, Igor Babou, Nicolas Grégori, Olivier Gapenne, Pierre De Loor, Charles Lenay, Vincent Puig, Nicolas Guichon, Mireille Bétrancourt et tous ceux que j'oublie et prie de bien vouloir m'en excuser.

Mes remerciements vont pour terminer à mes parents qui m'ont offert une tranche de vie monacale au cours de l'été 2011, à Marie-Gabrielle qui veut bien m'accompagner depuis toutes ces années, et a supporté l'ensemble des moments difficiles liés à la rédaction de ce mémoire. Thomas a quant à lui sagement attendu le lendemain de la soutenance pour venir au monde, considérant sans doute qu'il fallait passer une habilitation après l'autre.

Résumé

Ce mémoire est l'occasion de présenter nos travaux à l'Université Claude Bernard Lyon 1. Il est composé de trois parties, la première visant à proposer une thématization originale des liens entre activité et inscriptions numériques de l'activité sous la forme de structures informationnelles, les deux suivants étant consacrés à nos thématiques principales de recherche qui sont, d'une part la lecture active audiovisuelle et les systèmes d'interprétation, et d'autre part les systèmes à base de traces modélisées.

Le premier chapitre est consacré à l'exploration des liens entre l'activité informatiquement médiée et les représentations qui y sont impliquées. Une première étude critique décrit la notion d'inscription de connaissances proposée par B. Bachimont au sein d'une théorie du support pour permettre de penser la rencontre ou l'expérience qu'une conscience fait des dispositifs technologiques et des inscriptions. Cette proposition vise à thématiser la numéricité des inscriptions et nous intéresse donc à ce titre, mais elle se révèle à notre sens insuffisante pour penser un individu actif engagé dans un processus de manipulation d'inscriptions. Une seconde étude est alors consacrée aux liens entre action, activité et inscriptions dans les théories dites « post-cognitivistes » de la cognition. Les inscriptions soutiennent l'activité et la sous-tendent tout à la fois, et nous nous intéresserons particulièrement aux inscriptions dans leur perception et leur manipulation par un être humain suivant la théorie instrumentale. Cependant, les inscriptions en tant qu'elles peuvent être *numériques* ne sont que peu thématisées. Notre dernière étude est orientée autour de la proposition de penser la notion de structure informationnelle et les instruments associés comme permettant d'articuler le monde numérique à l'activité humaine et l'activité humaine au monde numérique. Une structure informationnelle est une inscription numérique en acte, objectivable, mais non obligatoirement canonique, c'est-à-dire manipulée explicitement par le système. Cette proposition permet de penser le côté humain de l'activité instrumentée tout en conservant le calcul et les représentations associées comme préoccupation informatique. Nous présentons également la notion d'espace informationnel qu'un utilisateur énonce, et les directions de recherche ouvertes par nos propositions.

Le deuxième chapitre est principalement consacré à la présentation de nos travaux sur les systèmes de lecture active audiovisuelle. Nous proposons d'abord une étude rapide sur le cadre général des technologies intellectuelles comme soutenant le travail intellectuel, l'activité ouverte d'interprétation et de manipulation d'inscriptions de connaissances personnelles. De telles inscriptions et réinscriptions se font au sein de ce que nous proposons d'appeler des systèmes d'interprétation qui offrent aux utilisateurs la possibilité de manipuler consciemment des structures informationnelles de toutes sortes, par exemple sous la forme de données, de schémas ou de feuilles de style et de formulaires, et de partager celles-ci comme réifications de pratiques. La lecture active audiovisuelle est une activité intellectuelle qui s'effectue dans un système d'interprétation permettant de construire des hypervidéos à partir d'annotations. Nous présentons alors nos travaux autour du projet Advène (*Annotate Digital Video, Exchange on the NET*), notamment les modèles associés, l'outil générique Advène pour l'an-

notation et la construction d'hypervidéos, ainsi que quelques applications de lecture active associées à l'analyse des interactions et la critique filmique. Nous pouvons alors tirer un bilan des presque dix ans de ce projet et proposer quelques directions pour la suite.

Le troisième et dernier chapitre présente essentiellement nos travaux sur les traces numériques. Nous définissons d'abord la notion de trace en général comme inscription permettant de viser le passé au cours d'une interprétation et présentons comment les traces d'activité médiées sont largement utilisées au sein de systèmes variés allant de l'analyse à la réflexivité. Nous considérons que l'enjeu est de manipuler des traces numérique explicites définies comme « inscriptions canoniques temporellement orientées » dans des systèmes d'interprétation orientés trace. Nous pouvons alors présenter la notion de trace modélisée comme un certain type de trace explicite, ainsi que nos travaux dans ce cadre depuis plus de dix ans : l'approche Musette, le cadre général des systèmes de base de traces modélisées (SBTm) ainsi que la formalisation des traces et des transformations pour construire des systèmes de gestion de bases de traces (SGBT). Différents travaux applicatifs sont ensuite présentés qui permettent d'illustrer les différentes utilisations des traces modélisées dans des contextes applicatifs variés, visant notamment le support à l'*awareness*, à la remémoration, à la réflexivité, à la redocumentation et au partage, ou encore à la reprise d'activité.

Table des matières

| | | |
|----------|--|------------|
| 1 | Introduction | 3 |
| 1.1 | Plan du mémoire et contributions | 4 |
| 1.2 | Éléments de configuration personnelle. | 5 |
| 2 | Inscriptions numériques et activité | 7 |
| 2.1 | Inscription et technique : théorie du support | 8 |
| 2.2 | Activité et inscriptions | 27 |
| 2.3 | Structures informationnelles | 61 |
| 3 | Systèmes d'interprétation et lecture active audiovisuelle | 97 |
| 3.1 | Technologies intellectuelles | 98 |
| 3.2 | Systèmes d'interprétation | 106 |
| 3.3 | Lecture active audiovisuelle : le projet Advène | 117 |
| 4 | Systèmes d'interprétation de traces numériques | 143 |
| 4.1 | Traces numériques explicites | 144 |
| 4.2 | Modéliser et manipuler les traces d'activité | 165 |
| 4.3 | Travaux autour des traces modélisées | 181 |
| 5 | Conclusion | 207 |
| 5.1 | Bilan des travaux | 207 |
| 5.2 | Perspectives | 208 |

1

Introduction

Sommaire

| | |
|---|----------|
| 1.1 Plan du mémoire et contributions | 4 |
| 1.2 Éléments de configuration personnelle. | 5 |

L'objectif principal de ce mémoire est de décrire de façon synthétique les travaux que nous avons menés ces dernières années au sein de l'équipe SILEX¹ du LIRIS². Notre travail se déroule en effet dans une branche de l'informatique appelée « ingénierie des connaissances » au sens large qui s'occupe de façon générale de systèmes interactifs mettant en jeu des représentations et des modèles, une discipline par nature proche de plusieurs autres branches, telles que l'intelligence artificielle, l'ingénierie documentaire, l'ingénierie des systèmes d'information, la gestion des connaissances des organisations et des collectifs, l'interaction homme-machine et l'ergonomie, *etc.*

Au cours des dernières années, la plus grande part de notre travail a consisté à forger des concepts, à concevoir des modèles, à construire des outils, et à développer des méthodologies à propos de systèmes — que nous présenterons largement dans la suite — qui mettent notamment en œuvre des représentations numériques de *documents* d'une part et d'*activité* d'autre part (traces). Nous avons par exemple étudié la question des annotations documentaires dans le Web sémantique, mis en place des outils de lecture active, c'est-à-dire d'annotation de vidéos, de construction et de partage d'analyses pour des chercheurs et des critiques de films. Nous nous sommes également intéressé aux traces numériques d'activité des utilisateurs et à la manière dont celles-ci pouvaient être réutilisées pour l'assister automatiquement, mais surtout pour les lui présenter de telle sorte qu'il puisse interagir avec elle, les interpréter et construire sa propre assistance.

Au travers de ces travaux, différentes problématiques plus générales se sont révélées, liées à l'étude :

- des liens entre les dimensions formelles et informelles des représentations impliquées ;
- des liens entre les structures dites documentaires et celles dites de connaissances, de la

1. *Supporting Interaction and Learning with Experience*, équipe pilotée par Alain Mille jusqu'à fin 2010 <http://liris.cnrs.fr/silex/>

2. Laboratoire d'InfoRmatique en Image et Systèmes d'information, <http://liris.cnrs.fr/>

- question de la multi-structuralité documentaire ;
- des questions de lecture, d’interprétation, d’écriture de telles structures, notamment dans la lecture active de documents ;
- plus généralement de la construction et la gestion d’espaces de connaissances personnels au cours d’une activité intellectuelle ;
- de l’interaction avec des structures spécifiques comme inscriptions de sa propre activité.

Ces questions relèvent finalement d’une interrogation récurrente qui ne porte pas tant sur les modèles et les représentations que sur la manière dont les utilisateurs les interprètent, interagissent avec eux, les construisent et les modifient, *etc.* Il s’agit de s’interroger sur la *manière dont modèles et représentations sont étroitement intégrés aux pratiques des utilisateurs que les systèmes accompagnent dans leur activité.* En conséquence, le problème théorique qui nous a animé, concerne la façon dont il est possible de *thématiser les liens entre des humains en train de mener une activité informatiquement médiée et les représentations numériques impliquées par cette activité*, lesquelles constituent le fond de commerce du chercheur en ingénierie des connaissances ou documentaire. Un de nos objectifs principaux dans ce mémoire sera donc d’étudier la question des liens entre les inscriptions numériques et l’activité.

1.1 Plan du mémoire et contributions

Le mémoire est organisé en trois chapitres.

Le premier chapitre intitulé « *Inscriptions numériques et activité* » est consacré à l’exploration des liens entre l’activité informatiquement médiée et les représentations qui y sont impliquées. Une première étude critique (section 2.1 : *Inscription et technique : théorie du support*) décrit la notion d’inscription de connaissances proposée par Bruno Bachimont (2004a) au sein d’une théorie du support pour permettre de penser la rencontre ou l’expérience qu’une conscience fait des dispositifs technologiques et des inscriptions. Cette proposition vise à thématiser la numéricité des inscriptions et nous intéresse donc à ce titre, mais elle se révèle à notre sens insuffisante pour penser un individu actif engagé dans un processus de manipulation d’inscriptions. Une seconde étude (section 2.2 : *Activité et inscriptions*) est alors consacrée aux liens entre action, activité et inscriptions dans les théories dites « post-cognitivistes » de la cognition. Les inscriptions soutiennent l’activité et la sous-tendent tout à la fois, et nous nous intéresserons particulièrement aux inscriptions dans leur perception et leur manipulation par un être humain suivant la *théorie instrumentale*. Cependant, les inscriptions en tant qu’elles peuvent être *numériques* ne sont que peu thématisées. Notre dernière étude (section 2.3 : *Structures informationnelles*) est orientée autour de la proposition de penser la notion de structure informationnelle et les instruments associés comme permettant d’articuler le monde numérique à l’activité humaine et l’activité humaine au monde numérique. Une structure informationnelle est une inscription numérique en acte, objectivable, mais non obligatoirement canonique, c’est-à-dire manipulée explicitement par le système. Cette proposition permet de penser le côté humain de l’activité instrumentée tout en conservant le calcul et les représentations associées comme préoccupation informatique. Nous présentons également la notion d’espace informationnel qu’un utilisateur énonce, et les directions de recherche ouvertes par nos propositions.

Contribution principale : Notion de *structure informationnelle*

Contributions secondaires : Présentation résumée de la théorie du support, Étude orientée inscriptions des théories post-cognitivistes.

Le deuxième chapitre est intitulé « *Systèmes d'interprétation et lecture active audiovisuelle* », il est principalement consacré à la présentation de nos travaux sur les systèmes de lecture active audiovisuelle. Nous proposons d'abord une étude rapide sur le cadre général des technologies intellectuelles comme soutenant le travail intellectuel, l'activité ouverte d'interprétation et de manipulation d'inscriptions de connaissances personnelles (section 3.1 : *Technologies intellectuelles*). De telles inscriptions et réinscriptions se font au sein de ce que nous proposons d'appeler des systèmes d'interprétation (section 3.2 : *Systèmes d'interprétation*) qui offrent aux utilisateurs la possibilité de manipuler consciemment des structures informationnelles de toutes sortes, par exemple sous la forme de données, de schémas ou de feuilles de style et de formulaires, et de partager celles-ci comme réifications de pratiques. La lecture active audiovisuelle est une activité intellectuelle qui s'effectue dans un système d'interprétation permettant entre autres de construire des hypervidéos à partir d'annotations. Nous présentons alors nos travaux autour du projet Advene (*Annotate Digital Video, Exchange on the NEt*), notamment les modèles associés, l'outil générique Advene pour l'annotation et la construction d'hypervidéos, ainsi que quelques applications de lecture active associées à l'analyse des interactions et la critique filmique (section 3.3 : *Lecture active audiovisuelle : le projet Advene*). Nous pouvons alors tirer un bilan des presque dix ans de ce projet et proposer quelques directions pour la suite.

Contribution principale : modèles et outils pour la lecture active audiovisuelle, projet Advene.

Contribution secondaire : notion de système d'interprétation comme espace de manipulation de structures informationnelles explicites partageables.

Le troisième et dernier chapitre, intitulé « *Systèmes d'interprétation de traces numériques* » présente essentiellement nos travaux sur les traces numériques. Nous définissons d'abord la notion de trace en général comme inscription permettant de viser le passé au cours d'une interprétation et présentons comment les traces d'activité médiées sont largement utilisées au sein de systèmes variés allant de l'analyse à la réflexivité. Nous considérons que l'enjeu est de manipuler des traces numériques explicites définies comme « inscriptions canoniques temporellement orientées » dans des systèmes d'interprétation orientés trace (section 4.1 : *Traces numériques explicites*). Nous pouvons alors présenter la notion de trace modélisée comme un certain type de trace explicite, ainsi que nos travaux dans ce cadre depuis plus de dix ans (section 4.2 : *Modéliser et manipuler les traces d'activité*) : l'approche Musette, le cadre général des systèmes de base de traces modélisées (SBTm) ainsi que la formalisation des traces et des transformations pour construire des systèmes de gestion de bases de traces (SGBT). Différents travaux applicatifs sont ensuite présentés qui permettent d'illustrer les différentes utilisations des traces modélisées dans des contextes applicatifs variés, visant notamment le support à l'*awareness*, à la remémoration, à la réflexivité, à la redocumentation et au partage, ou encore à la reprise d'activité (section 4.3 : *Travaux autour des traces modélisées*).

Contributions principales : Cadre générique des systèmes à base de traces modélisées, Applications à base de traces modélisées.

Contribution secondaire : Clarification de la notion de trace comme inscription numérique.

1.2 Éléments de configuration personnelle.

Avant d'aller plus loin, et en matière de contexte général, il nous semble intéressant de décrire rapidement quelques éléments de posture générale qui sont les nôtres, et qui éclaireront

sans doute nos choix et nos propositions dans la suite de ce document.

Notre abord de la recherche (Prié, 1995) nous a permis de travailler sur la *sémantique interprétative*, une théorie linguistique sémantique particulière due à François Rastier (1987) qui pose l'autonomie du sémantique, privilégie l'unicité de toute interprétation et considère celle-ci comme résultant d'une co-détermination du local des sèmes et du global du texte. Une telle entrée en matière nous a dès le départ donné comme viatiques le goût de l'*interdisciplinarité* et un intérêt certain pour les *sciences cognitives* notamment post-cognitivistes, que nous conservons encore aujourd'hui. Notre pratique est en effet souvent interdisciplinaire, et nous avons pu travailler par exemple avec des chercheurs en linguistique, analyse de l'interaction, sciences du langage ou psychologie. Nous avons par ailleurs pu rencontrer l'ARCo³ à cette occasion et la proximité de ses animateurs principaux de la théorie de l'énaction (Varela et collab., 1993) et de l'« École de Compiègne »⁴.

La théorie de l'énaction s'inscrit dans le courant plus général du constructivisme et privilégie une pensée systématiquement dynamique de la vie ou de la cognition, considérant que sujet et monde co-adviennent dans un même processus et évoluent en permanence dans un couplage mettant en jeu différentes causalités circulaires. La pensée de l'émergence est au cœur d'une telle approche, pour laquelle toute stabilité ne peut être conçue que comme équilibre jamais définitif. L'accent est par ailleurs mis sur l'importance de prendre en compte le sujet et son expérience vécue, sur le « primat de l'intrinsèque » (Theureau, 2004a)

L'École de Compiègne se caractérise également par une thématisation de la Technique qui s'inscrit dans la continuité de penseurs tels que Leroi-Gourhan (1964), Simondon (2001) ou Stiegler (1994a) pour poser que celle-ci est anthropologiquement constitutive (Steiner, 2010), ce qui signifie que l'humain est d'entrée de jeu technique, et que le fait technique constitue ce qu'est la pensée humaine. L'homme ne peut penser qu'à partir d'objets techniques comme dispositifs de couplage avec le monde (Havelange et collab., 2002), et les objets matériels qui permettent un tel couplage ont été fabriqués indépendamment de lui, à un autre moment. Ces objets sont ce que Stiegler (1994a) définit comme des *réentions tertiaires* qui portent la mémoire⁵ des hommes et de leurs pratiques, dont l'utilisation doit être apprise. Stiegler propose alors le concept d'« organologie générale » comme étude des relations entre organes physiologiques (corporels), organes artificiels (artefacts, œuvres, outils, supports de mémoire au sens large) et organisations sociales. Il s'agit notamment de comprendre comment le corps et la pensée sont co-définis avec les objets techniques⁶.

3. Association pour la Recherche Cognitive <http://www.arco.asso.fr/>, au Conseil d'Administration de laquelle nous avons pu siéger entre 2002 et 2006.

4. Nous utilisons ce qualificatif pour désigner l'ensemble des travaux et des chercheurs liés au laboratoire COSTECH fondé par Bernard Stiegler en 1993. On pourra se reporter au numéro spécial coordonné par Steiner et Stewart (2010) pour un ensemble de contributions issues du séminaire PhiTeCo (Philosophie, Technique, Cognition) que ce laboratoire organise tous les ans.

5. Alors dite épiphylogénétique car ni génétique (genèse), ni épigénétique (mémoire humaine d'un individu).

6. L'Institut de Recherche et d'Innovation (IRI) qu'il dirige vise à mener ce type d'études au travers de séminaires mais également par la production d'outils technologiques.

2

Inscriptions numériques et activité

Sommaire

| | | |
|------------|--|-----------|
| 2.1 | Inscription et technique : théorie du support | 8 |
| 2.1.1 | Technique, Nature, Culture | 9 |
| 2.1.2 | Théorie du support et raison computationnelle | 10 |
| 2.1.3 | Ingénierie des connaissances | 20 |
| 2.1.4 | Bilan critique | 23 |
| 2.2 | Activité et inscriptions | 27 |
| 2.2.1 | Post-cognitivism | 27 |
| 2.2.2 | Actions et activité | 30 |
| 2.2.3 | Artefacts, outils, inscriptions et activité | 38 |
| 2.2.4 | Artefacts numériques | 51 |
| 2.2.5 | Bilan critique | 58 |
| 2.3 | Structures informationnelles | 61 |
| 2.3.1 | Inscriptions numériques effectivement mobilisées dans l'activité | 61 |
| 2.3.2 | Activité et médiation numérique | 65 |
| 2.3.3 | Quelques travaux | 85 |
| 2.3.4 | Bilan | 89 |

Ce chapitre est l'occasion de proposer la notion de structure informationnelle comme une manière de penser les liens entre humains en train de mener une activité informatiquement médiée et les inscriptions numériques impliquées par cette activité. Avant d'en arriver à cette notion, nous menons deux études.

Remarquons tout d'abord que le problème particulier que nous nous posons correspond à celui plus philosophique de l'articulation humain/calcul, le calcul — manipulation d'information sous forme réglée par des descriptions elle-mêmes décrites comme information — étant le noyau de l'informatique, tandis que l'humain en est le concepteur et utilisateur qui rencontre le calcul, le « vif » qui saisit le « mort » qu'est le système à calcul (Stiegler, 2005). Il est alors naturel que notre première étude (section 2.1) concerne essentiellement les propositions philosophiques de Bruno Bachimont (2004a) autour de la technique et du numérique. Nous présentons notamment comment il considère que connaissances et inscriptions

de connaissances se co-déterminent, sa proposition d'une théorie du support et d'une raison computationnelle liée aux inscriptions de connaissances numériques, sa thématisation enfin de ce que sont les systèmes d'ingénierie des connaissances. Nous verrons cependant que si la notion d'inscription de connaissance permet de penser la rencontre ou l'expérience qu'une conscience fait des dispositifs, la proposition semble parfois insuffisante pour penser non pas une conscience abstraite mais bien un individu engagé dans une pratique, une activité, un collectif.

Notre seconde étude (section 2.2) aura par conséquent pour objectif de mener un large tour d'horizon de théories appartenant au champ « post-cognitivist » des sciences cognitives, mobilisées dans les disciplines de l'interaction homme-machine et des systèmes collaboratifs, en nous focalisant sur les notions d'action et d'activité, notamment en lien avec les inscriptions qui y sont mobilisées dans des interactions significantes. Le bilan que nous en tirerons sera celui de la pertinence de considérer les multiples niveaux d'organisation de l'activité dans leurs liens aux artefacts ; de l'intérêt de l'approche instrumentale pour thématiser la médiation entre le sujet et son objet en mêlant artefacts-outils et schèmes ; enfin de l'importance de l'action significative émergente et du vécu du sujet.

En tant qu'informaticien, et sur la constatation que d'une part les inscriptions numériques sont partout et ont des rapports variés à l'activité, d'autre part qu'une inscription est significative pour le sujet avant de l'être pour la machine, notre objectif sera alors de nous concentrer sur les inscriptions numériques effectivement *mobilisées* dans l'activité. Nous pourrons alors proposer le concept de structure informationnelle (section 2.3) comme permettant d'articuler les inscriptions numériques à l'action et à l'activité humaine à différents niveaux, adapté à leur dynamique intrinsèque. Une structure informationnelle est une inscription numérique avec laquelle l'utilisateur interagit pendant un laps de temps donné en mobilisant un instrument donné, mais elle n'est pas obligatoirement identifiée dans le système (canonique). Nous pourrons également discuter de la notion d'espace informationnel énoncé par l'utilisateur au cours de son activité.

2.1 Inscription et technique : théorie du support

Bruno Bachimont s'inscrit dans l'« École de Compiègne ». Il poursuit dans ses travaux plusieurs objectifs, tels que :

- proposer une analyse des liens entre l'homme et la technique, notamment numérique, dans un cadre philosophique mêlant nature et culture, historicité et co-détermination ;
- penser le système technologique dans sa rationalité et son déploiement, en prenant usages et normes comme modes d'utilisations toujours variés (les notions d'interprétation et de sémiotique des cultures, en lien avec les travaux de F. Rastier sont ici très importantes) ;
- donner des fondations solides et légitimer l'Ingénierie des Connaissances en tant que discipline, alors définie comme ingénierie des inscriptions de connaissances et critique de leur intégration dans des pratiques.

Nous présentons ci-dessous quelques concepts et étapes du raisonnement mené dans [Bachimont \(2004a\)](#)¹, que nous considérons comme essentiels, avant d'en proposer un bilan critique.

1. Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches, dont, sauf mention contraire, les citations qui suivent seront extraites.

2.1.1 Technique, Nature, Culture

L'abord de la question de la technique par Bruno Bachimont vise à articuler en une voie moyenne deux approches scientifiques, sciences « dures » et « molles » pour le dire de façon triviale, ou sciences de la Nature et de la Culture pour le dire avec des majuscules.

Deux thèmes liés à la technique se trouvent au centre des raisonnements menés : celui de la technique comme contrôle du déroulement temporel, et celui d'une interdépendance originaire de l'humain et de la technique.

Technique comme dispositif. La technique est considérée essentiellement comme dispositif, lui-même défini comme « configuration spatiale permettant de reproduire un déroulement temporel » (p. 31), comme négation de l'indétermination du futur. Le dispositif est également par essence (Bachimont, 1996a) un calcul, au sens où il met en œuvre un algorithme. Cette vision informationnelle des dispositifs permet de comprendre l'introduction de l'informatique dans tous les systèmes techniques considérés comme systèmes ayant pour objectif de répéter, de reproduire pour contrôler l'a-venir. Cependant, la liberté n'est pas niée, car « la construction technique altère et modifie la nature de ces événements futurs à venir. Autrement dit, la technique reconfigure notre rapport au possible et au nécessaire » (p. 40), « la technique arraisonne le devenir pour le réduire en un à-venir, mais ce faisant, elle construit les conditions pour que de nouveaux devenirs soient possibles et lui échappent » (p. 41).

Technique et humain. On retrouve ici l'idée de co-développement permanent, d'individuation de la technique et de l'humain, que Bruno Bachimont théorise en utilisant et en étendant le schématisme kantien pour montrer que le dispositif permet de redéfinir les cadres de la pensée, en étendant le domaine de ce qui est pensable. La technique « modifie la pensée car elle innove à travers des objets que l'on sait reproduire et nous force à construire le concept associé. » (p. 45) : elle est alors considérée comme élément perturbant, changeant la manière de penser le monde. Le dispositif est plongé dans un monde qui ne permet pas de le penser dans le monde, et il devient nécessaire de penser autrement pour le penser. « La technique est un schématisme externalisé qui construit des objets pour lesquels on ne dispose pas forcément de concepts, qui devront donc être néanmoins élaborés pour penser ces objets » (p. 44). Les modifications du monde et de la connaissance du monde, de la technique et des modes de pensées sont donc concomitants, co-déterminés, ce qui permettra plus tard de définir la raison computationnelle comme mode de pensée spécifique au numérique.

Par ailleurs, le destin n'est pas écrit, mais toujours à faire sien. Il s'agira de se l'approprier, c'est-à-dire de construire une manière de le vivre le mieux possible afin de pallier la « complexification de la nature » introduite par la techno-science qui nécessite « d'autres ressources rationnelles que les modèles mathématique ou logique pour aborder la décision et la gestion des affaires humaines » (p. 50).

Technique entre naturalisation et sémiotisation. Dans cet objectif, l'approche consiste à faire appel aux sciences de la culture, en considérant une double cohérence du dispositif et de l'artefact technique. D'une part, celui-ci possède une *cohérence interne* dépendant des lois et donc des sciences de la Nature, relevant du domaine de la reproduction certaine. D'autre part, il possède une *cohérence externe* liée aux contextes humains d'utilisation, qui devra être étudiée suivant les sciences de la culture, et relève plus du domaine de l'observation.

Il est alors possible de considérer la technique comme « articulation entre procédé interne et interprétation externe », comme point de rencontre possible entre « deux paradigmes

épistémologiques distincts et souvent opposés » (pp. 19-20), qui se manifesteront dans les notions de techno-science et de techno-culture. Le dispositif peut être considéré à la fois suivant l'approche de naturalisation/objectivation issue des sciences de la Nature, et suivant l'approche de sémiotisation/caractérisation des sciences de la culture. *Caractérisation* étant ici définie comme détermination de normes culturelles et historiques (et non explication de tout fait singulier comme objectif), et *sémiotisation* comme « une attitude selon laquelle on construit une interprétation du monde, en dégageant les faits humains et culturels pertinents et en les décrivant selon une sémiotique des cultures » (où « l'intelligibilité procède davantage de l'argumentation rhétorique que de la démonstration formelle dite scientifique ») (p. 50).

Bruno Bachimont peut spécifier la double mission de l'ingénierie, qui doit aborder le dispositif technique à la fois comme nature et comme fait culturel. L'ingénieur est à la fois le scientifique qui construit des dispositifs et le rhéteur qui en pense et en décrit les usages. Mettant en œuvre aussi bien la logique et les mathématiques que le langage humain, il est au cœur de l'art technique, et doit contribuer à ce que « la technique, si elle doit aller au bout de sa logique, [intègre] les sciences de la culture sans changer sa nature, mais en l'accomplissant » (p. 55).

La notion de représentation est à cet égard fondamentale : « l'ingénierie doit articuler ces deux dimensions et se doter des outils nécessaires pour les expliciter et les rationaliser. Ces outils sont les outils de représentation, représentation de la nature à l'œuvre dans le dispositif, représentation et explicitation de l'interprétation de l'usage du dispositif » (p. 54). Il s'agit donc de représenter tant les dispositifs visés que les pratiques associées. Le numérique étant considéré comme facteur d'*intégration des représentations*, il faudra alors penser spécifiquement les changements et ruptures induits, et thématiser l'ingénierie des connaissances comme la discipline associée. Une manière de le faire est d'aller plus avant dans la théorisation de la technique comme quelque chose qui change la manière de penser, au travers d'une théorie du support.

2.1.2 Théorie du support et raison computationnelle

Un des objectifs de Bruno Bachimont est de définir ce qu'est l'*ingénierie des connaissances* (IC), en liant connaissance et technique par le biais de la notion d'inscription de connaissances. La théorie du support décrit alors l'activité cognitive comme une dynamique d'interprétation et de ré-inscription sur des supports techniques variés, artefactuels ou corporels.

2.1.2.1 Une démarche pour fonder l'ingénierie des connaissances

La définition de l'IC contre laquelle Bruno Bachimont s'inscrit en faux consiste à considérer que celle-ci serait ingénierie des *connaissances comme objets techniques*. Bien au contraire, la connaissance n'est pas un objet, mais doit toujours être appréhendée comme relevant de l'interprétation d'objets techniques appelés *inscriptions de connaissances*. L'ingénierie des connaissances « met en place des dispositifs de manipulation des inscriptions en vue de leur interprétation, [elle] reçoit donc son appellation d'une métonymie où l'ingénierie des inscriptions de connaissances devient l'ingénierie des connaissances » (p. 64).

Mais « pour que cette métonymie soit légitime et productive, il convient qu'il y ait une relation nécessaire et organique entre la connaissance et son inscription » (ibid). C'est tout l'enjeu de l'argumentation autour de la théorie du support que de développer cette relation. Dans un sens, il est évident que si on considère que les connaissances peuvent être inscrites, explicitées dans des inscriptions de connaissances qui sont des objets matériels, alors il est pos-

sible d'en faire une ingénierie qui porte sur les représentations et les manipulations associées. Cependant, cela ne suffit pas pour dire que cette ingénierie traite en droit de connaissances. Il est alors nécessaire de considérer l'autre sens de la relation : « l'ingénierie des connaissances [n'est] légitime [que] dans la mesure où *toute connaissance ne peut s'objectiver et se considérer qu'à travers son inscription matérielle*² (ibid) Pour montrer cela, il sera nécessaire d'« élargir la notion d'inscription à tout ancrage matériel de la connaissance, que ce soit dans le corps biologique, le corps propre, l'environnement, les outils de transformation, d'inscription et d'organisation » (ibid). Il sera également nécessaire de considérer les notions de connaissance et d'interprétation au sens large et de ne pas se limiter à des inscriptions liées aux technologies intellectuelles numériques, qui sont pourtant celles visées par l'ingénierie des connaissances³.

Une fois établi le lien de co-constitution entre connaissance et inscription, « dans la mesure où l'inscription est toujours inscription d'une connaissance, et la connaissance toujours connaissance exprimée par une inscription », il devient possible de considérer en tant que telle une technique « se saisissant des connaissances via leur inscription » (p. 62). Ceci a plusieurs conséquences. Tout d'abord, en tant qu'objets matériels, les inscriptions pourront notamment être abordées suivant un point de vue issu des sciences de la nature, ce qui signifie que la connaissance peut être abordée en droit selon des approches de modélisation, de transformation, *etc.* qui pourront mener à des technologies de la connaissance. Ensuite, s'il est possible de définir au niveau technique des « classes d'inscriptions » (liées à des classes de supports), on pourra en droit se poser la question de l'existence éventuelle de classes de *modes de connaissances* voire de *modes de pensées* associés : pour les inscriptions numériques, on pourra notamment envisager une « raison computationnelle ». Enfin, l'ingénierie des connaissances sera « tout particulièrement concernée par l'inscription numérique des connaissances, c'est-à-dire les techniques d'inscription mobilisant le support numérique pour l'expression, la transmission, le partage et l'appropriation des connaissances » comme ensemble homogène de procédés techniques.

Dans la suite, nous présentons d'abord les arguments de Bruno Bachimont permettant de lier connaissance et technique, puis les thèses de la théorie du support.

2.1.2.2 Connaissance et technique

Le lien entre connaissance et technique est établi par la notion d'action. La connaissance est tout d'abord définie comme un potentiel d'action intentionnelle, comme « capacité à accomplir une action pour atteindre un but. »⁴ (p. 70). Ensuite, sur la constatation que la capacité d'action peut « rencontrer dans l'environnement des éléments permettant de faciliter et piloter sa réalisation », Bruno Bachimont définit ces éléments comme techniques à partir du moment où ils constituent une « partie structurelle de l'environnement ». On a donc une nouvelle définition de la technique, directement liée à la notion d'action : « est

2. Nous soulignons. Dans les termes de Simondon, inscriptions et connaissance se co-définissent : « toute connaissance repose sur une inscription matérielle avec laquelle elle est en relation transductive » (p. 62), « toute connaissance est d'essence technique dans la mesure où elle correspond à l'interprétation d'une inscription, et que l'inscription correspond à l'individuation de la connaissance. » (p. 64)

3. Ceci a pour conséquence que le texte de [Bachimont \(2004a\)](#) oscille parfois entre une définition précise d'objets techniques « intentionnels » (i.e. considérés pour ce qu'ils ne sont pas) liés à des technologies qualifiées d'« intellectuelles » – la notion d'interprétation consistant alors à déterminer ce que ces signes permettent de viser – et une conception généralisante des objets et de la technique liés à l'activité humaine considérée en général comme dynamique d'interprétation (théorie du support).

4. L'objet de la connaissance en est également défini comme le corrélat, définition pragmatique et non ontologique, car l'objet dépend alors de l'action et de la pratique considérée, et non d'un référent externe

technique tout ce qui, par sa structure matérielle, prescrit et commande la réalisation d'actions possibles » (ibid).

La technique comme inscription de connaissances. Il est alors possible de lier connaissance et environnement technique :

« L'environnement prescrit ainsi des actions possibles : or, selon nos définitions, la capacité de réaliser une action possible est une connaissance ; *l'environnement permet de mettre en œuvre des connaissances en réalisant les actions qui les définissent*. Il ne s'agit donc pas de détermination, mais de sur-détermination, c'est-à-dire de conditionnement : la structure matérielle joue ainsi le rôle d'une condition de possibilité pour une action.

Si la structure matérielle de l'environnement n'est pas la connaissance, elle en est la marque, ou l'inscription, puisqu'elle permet à l'action de se réaliser de manière plus directe et systématique. Le pouvoir de répéter l'action, consubstantiel à la connaissance, est délégué à l'environnement, déchargeant la conscience humaine du savoir lié à l'action, puisqu'il suffit de suivre les prescriptions de l'environnement pour savoir quelles actions exécuter et comment. »⁵ (p. 71)

Il s'ensuit que

« La technique peut donc se définir comme l'inscription matérielle des connaissances. Inscription, parce que la structure de l'objet matériel qu'est l'inscription est isomorphe pour un certain point de vue à la connaissance associée. L'origine d'un tel isomorphisme est aisée à percevoir : il n'existe pas du fait d'une coïncidence miraculeuse entre notre cognition et notre environnement, mais tout simplement parce que nos connaissances se sont constituées en fonction des structures matérielles proposées par l'environnement. Les connaissances sont par conséquent induites par les structures matérielles qui peuvent en être l'inscription. Cette thèse est fondamentale : elle postule en effet que *la connaissance n'est pas le fruit d'une spéculation mentale indépendante du monde matériel, mais procède directement de notre environnement matériel en tant qu'il propose une structure technique, c'est-à-dire des prescriptions à agir et à répéter les mêmes actions*. »⁶ (ibid)

La connaissance comme capacité d'action est ainsi liée à la possibilité de répétition autorisée par l'environnement technique matériel⁷, ce qui signifie en outre que « tout dispositif technique est une mnémotechnique » car « l'environnement, qui se fait alors technique, se souvient comment réaliser une action. En prescrivant l'action, il la mémorise. Ce fait est général à tout dispositif technique. » (p. 73)

Toute connaissance est d'origine technique. Nous ne présentons que la première ligne d'argumentation⁸ en faveur de cette thèse qui — rappelons-le — vise à lier indéfectiblement la connaissance à la technique.

5. Nous soulignons.

6. Nous soulignons.

7. Bruno Bachimont poursuit : « Comment peut-on savoir que l'on a affaire à un environnement technique, prescrivant des actions répétables, ou à un environnement matériel, qui ne prescrit rien en particulier, pour lequel toute action est possible mais aucune n'est particulièrement répétable ? La réponse est qu'il n'existe aucune solution ou principe de démarcation. En effet, l'action prescrite et répétable n'est telle qu'à partir du moment où une conscience s'empare de cette prescription pour la suivre. Ainsi, pour un même environnement donné, il sera technique pour celui qui s'en sert comme tel, et matériel pour celui qui l'ignore. Cela implique qu'il n'y a de connaissances constatées que pour celui qui en dispose déjà. » (p. 72)

8. La seconde prend appui sur les trois synthèses kantienne pour proposer que l'objet technique peut en prendre une partie à sa charge. En tant qu'objet construit et culturel, celui-ci participe donc aux structures de la connaissance, ce qui introduit la possibilité d'une thématization des limites de la connaissance, en introduisant une historicité dans l'approche transcendantale. Un tel souci nous semble proche de celui de Michel Bitbol (2010, p. 395) « Une origine transcendantale inscrite dans le temps représente une bonne transcription conceptuelle de ce trait singulier de la notion de connaissance. Car l'origine transcendantale ne cesse de re-constituer son domaine d'objets interconnectés. Elle reprend à chaque instant l'oeuvre par laquelle

Cette thèse stipule que si

« la connaissance est le pouvoir de répéter une action, de là provient son caractère idéal et pas seulement matériel. Mais, pour qu'il y ait répétition, il faut qu'il y ait mémoire du même. Or, il ne peut y avoir mémoire que s'il existe une persistance matérielle dans l'environnement permettant de reproduire le même. En effet, pour qu'il y ait mémoire, il faut qu'il y ait une persistance dans le temps, c'est-à-dire une structure spatiale définie indépendamment du temps. Or, selon nos définitions, toute structure matérielle prescrivant une répétition est d'ordre technique. Par conséquent toute connaissance n'est possible qu'en tant qu'elle dépend de la technique puisque toute mémoire est technique. La mémoire peut être interne, et reposer sur le corps propre, ou externe, et renvoyer à des instruments, spécialement façonnés ou non. Cela revient à considérer que le corps propre est un objet technique, objet particulier sur le statut duquel il conviendra de revenir. » (p. 73)

Les notions de répétition et de stabilité sont ici fondamentales, la connaissance en tant que capacité à répéter une action trouve sa possibilité dans la stabilité du support avec lequel elle s'individue :

« Toute connaissance renvoie à une inscription technique qui en révèle la possibilité et permet sa genèse. En effet, une connaissance n'existe en tant que telle que s'il existe un objet technique correspondant. Une connaissance n'est pas en effet un objet idéal, renvoyant à un univers d'êtres intelligibles. Une connaissance est simplement l'abstraction d'une classe d'actions. Cette abstraction renvoie au support comme à sa possibilité. Cette possibilité est comprise comme possibilité de sélection et de répétition : l'objet technique prescrit une action particulière plutôt qu'une action quelconque, car sa structure matérielle, par sa forme, suggère spontanément une action privilégiée. » (p. 77)

2.1.2.3 Les thèses de la théorie du support

Le support en question dans la théorie du support est défini comme support matériel dans lequel s'inscrivent des formes appelées inscriptions. En tant que substrat, les propriétés physiques du support, sa structure, déterminent celles des inscriptions accueillies, notamment celles liées à leur interprétation :

« La théorie du support reprend les thèses de la conception de la technique exposée plus haut. Toute connaissance, comprise comme la capacité d'effectuer une action possible, s'inscrit matériellement dans un support technique, dont la structure physique prescrit son usage et les actions correspondantes. Prescrivant des actions qu'il rend possible, l'objet technique est l'inscription matérielle de connaissances. Par conséquent, tout objet technique est le support d'une connaissance dont il prescrit les actions associées. La théorie du support est une théorie de l'inscription matérielle de connaissances. » (Bachimont, 2004a)

L'encadré 2.1 présente la thèse principale de la théorie du support et les thèses associées, que nous discutons pour certains ci-dessous.

Le support comme substrat et format. En ce qui concerne la thèse principale tout d'abord, il apparaît que la notion de support matériel est finalement assez vague : c'est pourquoi la définition se concentre au final sur le « substrat physique d'inscription », et le « format physique de l'inscription » dont il s'agit d'étudier les propriétés qui conditionnent le sens à accorder aux inscriptions.

se trouve posé quelque chose de stable et d'universel devant des sujets qui l'accomplissent et simultanément se redéfinissent en l'accomplissant. L'origine transcendente participe au réseau interconnecté de son monde sans prétendre le clôturer ; elle donne forme à ce monde en restant ouverte à ses transformations viables. »

Thèse principale : les propriétés du substrat physique d'inscription et du format physique de l'inscription, conditionnent l'intelligibilité de l'inscription.

Thèses associées :

1. une connaissance est la capacité d'effectuer une action dans un but donné.
2. un objet technique prescrit par sa structure matérielle des actions. L'objet technique est l'inscription matérielle d'une connaissance.
3. toute connaissance procède d'une genèse technique. Seule la répétition, prescrite par les objets techniques, de l'action permet d'engendrer la connaissance comme capacité à exercer une action possible.
4. la connaissance, engendrée par la technique, prescrit une transformation dans le monde des choses (l'objet technique est alors un instrument) ou une explicitation dans le monde des représentations (l'objet technique est alors une inscription sémiotique).
5. une pensée est une reformulation effectuée par la conscience sur le support corporel qu'est le corps propre. Penser, c'est s'écrire. Toute pensée, comprise comme reformulation, a pour cible de réécriture le corps propre, et comme origine, le corps propre ou une inscription externe quelconque.
6. la conscience est un pur dynamisme intentionnel, source des réécritures considérées comme des interprétations et non comme un mécanisme.

TABLE 2.1 – La théorie du support en une thèse principale et six thèses associées (p. 78)

« Les propriétés matérielles du support doivent être considérées sous un double aspect : d'une part, il s'agit du substrat matériel dans lequel les inscriptions seront portées. C'est par exemple le papier et l'encre, sa structure de codex ou de volumen, *etc.* D'autre part, il s'agit des formes matérielles inscrites dans le support. Ces formes matérielles ne sont pas quelconques : elles doivent constituer un code et leur manipulation doit être compatible avec les propriétés du support. Ainsi, l'inscription subit-elle une double contrainte matérielle : le format des formes matérielles et le substrat d'inscription. Substrat et format sont donc les deux dimensions sous lesquelles considérer l'influence du support sur l'intelligibilité de l'inscription. » (p. 77)

En ce qui concerne les thèses secondaires ensuite, les trois premières découlent directement des liens entre connaissance et technique et nous ne reviendrons pas dessus. Les trois suivantes visent à préciser la conception de Bruno Bachimont de la conscience comme dynamique d'interprétation et d'inscription.

L'action comme interprétation et reformulation dans un monde technique. À partir du moment où sont scellés les liens entre connaissance et technique, il est possible de considérer qu'à des classes de techniques correspondent des classes de connaissances : le savoir-faire est lié au geste, le savoir-penser à la reformulation et à l'explicitation. Les objets techniques peuvent en effet déterminer deux types d'actions : « des actions de transformation dans le monde des choses, des actions d'explicitation dans le monde des représentations. »⁹ (p. 77) Les actions de transformation dans le monde des choses sont prescrites par des inscriptions instrumentales (ou instruments), tandis que les actions d'explicitation dans le monde

9. La séparation entre les deux dépend du regard qu'on y porte. Ainsi, une chose sera une représentation « quand elle est considérée de manière intentionnelle, quand elle est considérée en fonction de ce à quoi elle renvoie » (p. 78).

des représentations le sont par des inscriptions sémiotiques. Alors il devient possible de considérer que toute action est en relation transductive avec une inscription, et peut se considérer comme une réécriture :

« Toute action dans ce cadre est une espèce de réécriture ou reformulation, au sens large. S'il s'agit d'une action de transformation, l'objet technique prescripteur favorise la production d'une nouvelle chose, qui à son tour devient prescriptrice d'autres transformations possibles. La question est de savoir s'il peut exister des choses purement choses, qui ne soient pas des objets techniques. Ces choses seraient brutes, sans actions privilégiées possibles. D'un certain point de vue, la réponse est positive. En effet, il est facile d'imaginer des objets qui soient neutres, qui ne renvoient à rien en particulier. Mais, en revanche, comment peut-on percevoir de tels objets ? Peut-on percevoir ce qui est totalement inutile, c'est-à-dire ne renvoyant à aucun système d'actions en particulier ? La réponse est alors non. On ne peut percevoir que ce qui est manipulable. » (p. 78)

L'environnement humain est donc intégralement composé d'objets techniques ou inscriptions. « Nous vivons dans un monde d'objets qui s'adressent à nous à travers les actions dont elles sont le support. Comme le rappelle souvent François Rastier, l'homme est un animal sémiotique : tout pour lui fait sens, ou alors n'existe pas. Et un objet fait sens quand il oriente notre action, lui donne une direction, un sens, et nous permet d'agir et donc d'exister » (p. 79).

La conscience comme dynamisme intentionnel. L'évocation du « savoir-penser » est l'occasion pour Bruno Bachimont de congédier l'idée de langage de la pensée, au profit d'une notion de conscience comme dynamique de réinscription sans intériorité propre. L'idée est que l'interprétation d'inscriptions matérielles peut produire d'autres inscriptions dans l'esprit, appelées inscriptions corporelles.

« Notre conception présentée ici, reprenant nos conclusions de [Bachimont, 1996], soutient que la conscience n'est qu'une pure dynamique de réinscription, ne possédant aucune intériorité propre. Puissance interprétative, la conscience est pure intentionnalité, c'est-à-dire pur renvoi vers le dehors, vers l'altérité. Ainsi, toute interprétation d'une inscription menée par la conscience ne consiste-t-elle pas en une intériorisation du sens de l'inscription, mais en une réinscription de cette première inscription en une seconde, mentale celle-ci. Mais, et c'est le point important, cette inscription mentale n'est pas dans la conscience, et lui est extérieure tout comme l'inscription matérielle. L'extériorité de l'inscription mentale renvoie à l'extériorité du corps propre pour la conscience : extérieur à la conscience, il entretient avec elle un rapport privilégié cependant qui le distingue radicalement des autres supports externes, supports d'inscriptions matérielles. Il convient donc de parler d'inscriptions corporelles pour les opposer aux inscriptions matérielles, et abandonner la notion d'inscriptions mentales, trop sujette à confusion. » (p. 75)

Le corps propre (corps vécu) joue alors un rôle important. Extérieur à la conscience, il est support d'un type particulier, à la fois vivant (il évolue et se transforme continuellement) et privé (accessibles à la seule conscience, ses inscriptions ne peuvent qu'être réinscrites dans d'autres supports pour pouvoir être partagées). On peut trouver dans (Bachimont, 2010) des éléments sur la manière dont se passerait cette réécriture, en tout cas lorsque les inscriptions *externes* (ici appelées traces) servent une remémoration :

« A ce moment-là, on comprend mieux le rôle de la trace : la trace est l'outil permettant d'interrompre le flux de la conscience et de lui imposer une reproduction qui n'est ni sa perception, ni son imagination. En imposant à la conscience un ordre qui n'est pas le sien, la trace véhicule un ailleurs et une précedence. Ailleurs car c'est imposé, précedence car la trace est déjà-là. Donc on revit l'écoulement suscité par la trace comme étant un déjà vécu, le déjà-là de la trace impliquant un déjà vécu. »¹⁰ (ibid)

10. L'*imagination* étant comprise comme réécriture basée uniquement sur des inscriptions corporelles.

Dans ce contexte, « une pensée est une action d'inscription sur le corps propre comme support [, penser] c'est s'écrire, ou encore se réécrire » et interpréter, c'est reformuler une inscription à travers une autre inscription. La pensée n'est pas le résultat de l'interprétation, mais le processus même de l'interprétation » (p. 79). Il s'ensuit, en accord avec une sémantique interprétative (Rastier, 1987), qu'une inscription n'a pas de sens propre, mais des sens possibles dont l'actualisation peut changer en fonction du contexte d'interprétation. Nous ajoutons qu'il s'ensuit également que toute interprétation est nouvelle, différente des interprétations précédentes, même si bien sûr une signification plus ou moins abstraite peut être dérivée des sens toujours uniques.

Conscience et temps d'appréhension. La conscience se situe à la confluence de deux systèmes techniques constitués d'une part du corps propre et des inscriptions corporelles, d'autre part des outils et inscriptions extérieures. En reprenant les synthèses kantienne, Bruno Bachimont (p. 87) propose trois concepts associés à une telle rencontre. Celle-ci se fait d'une part pendant un « temps d'appréhension » lié au processus temporel de la conscience ; il est d'autre part nécessaire qu'un « espace de présentation » (matériel ou corporel) rassemble le divers temporel ; lequel sera finalement structuré par une « structure de présentation » permettant son unification cohérente par la reproduction (sa synthèse).

Deux catégories d'outils peuvent alors être considérés, en se basant essentiellement sur leur rapport au temps de l'appréhension. Dans la première catégorie on trouve

« les outils proposant un espace et une structure de présentation, mais n'agissant pas sur le temps d'appréhension. Cela signifie que le temps vécu par la conscience qui s'empare de l'outil n'est pas prescrit par l'outil. C'est par exemple le livre qui propose un espace, les feuilles, une structure, la typographie et la mise en page, mais qui ne prescrit pas le rythme de lecture. » (ibid)

La seconde catégorie concerne

« les outils prescrivant un temps d'appréhension [qui] déterminent le flux temporel de la conscience, où la conscience, si elle s'empare de l'outil, doit se conformer au rythme temporel qu'il prescrit. C'est par exemple le cas des enregistrements sonores où, pour réaccéder au contenu, il importe que la conscience se conforme au flux temporel acoustique reconstitué par l'outil. Dans ce cas, l'espace de présentation est le corps propre, qui retient les éléments du flux vécu et les sélectionne. C'est la raison pour laquelle, même si le temps de l'appréhension est déterminé par l'outil, il n'en résulte pas que l'on entende la même chose puisque l'espace et la structure de présentation, reproduction et sélection peuvent varier et évoluer d'un temps à un autre. »¹¹ (ibid)

2.1.2.4 Raison computationnelle

La théorie du support affirme que les propriétés matérielles du support contraignent l'interprétation des inscriptions, et que toute connaissance conçue comme capacité d'action se co-définit avec le support qui la détermine. Différentes classes d'outils, différentes catégories techniques de support correspondent à différents modes d'interprétation. La question qui se pose alors est celle des conséquences éventuelles du caractère numérique des supports sur les interprétations qu'ils permettent, et donc sur la détermination d'un domaine de connaissance associé. Sur la constatation que le numérique contribue à une intégration sans précédent des systèmes de représentation, Bruno Bachimont propose d'envisager celui-ci comme donnant lieu à une rationalité spécifique qu'il appelle « raison computationnelle ».

11. Bruno Bachimont voit là le corps propre comme « rempart de la liberté », qui bien que se technologisant, se « prothétisant », n'en reste pas moins la chair vivante à travers laquelle vit l'esprit.

L'intégration des systèmes de représentation. Pour cela, il repart de la définition de la technique comme dispositif, « organisation spatiale d'éléments dont la configuration permet de produire un comportement dans le temps répétable et reproductible à l'identique. » (p. 89) En conséquence, la technique « [idéalis[e] et formalis[e] les éléments constituant le dispositif pour les soumettre à *l'algorithme*¹² permettant d'obtenir le résultat désiré » (ibid), et différents types de formalisations correspondant à différents dispositifs et classes de techniques peuvent être distingués. Ainsi, les techniques de transformation visent à produire des objets matériels par la formalisation des sciences de la nature ; les techniques d'inscription sont les technologies intellectuelles qui formalisent les inscriptions et leurs transformations ; enfin les techniques d'organisation sont des méthodes portant sur les collectifs sociaux, qui en formalisent les composantes humaines et matérielles.

Il se trouve que les techniques d'inscription ont un rôle central, car les techniques de transformation et d'organisation font appel à elles pour la manipulation des inscriptions correspondant à leurs formalisations respectives. Par ailleurs, ces techniques d'inscription sont fondamentalement des techniques de la représentation, c'est-à-dire que la représentation elle-même, conçue comme intériorisation d'une manipulation, peut à son tour devenir objet technique, donc manipulable, avec des conséquences importantes en termes cognitifs.

Techniques de la représentation. Bruno Bachimont utilise ici la notion de manipulation liée à l'action humaine : « il ne peut y avoir d'interprétation, autrement dit, d'accès au sens, que s'il y a manipulation. [...] comprendre le monde, c'est agir sur lui avec nos mains car c'est à travers cette agitation manuelle, cette « manipulation » que le monde s'offre à nous en éléments dont nous pouvons nous saisir et qui par conséquent revêtent un sens pour nous. » (p. 91)

Par ailleurs, la manipulation considérée comme fait humain suit une dialectique d'intériorisation et d'extériorisation. Il y a intériorisation lorsqu'une manipulation physique est reproduite mentalement¹³. Il y a extériorisation quand l'imagination permet de prolonger les possibilités de manipulation actuelles par un artefact technique (outil ou prothèse), voire substituées (machine). Cette conceptualisation permet de retrouver l'idée de co-évolution de l'homme et de la technique, car toute modification technique modifie les manipulations possibles, qui en retour modifient la façon de les penser : « La technique devient alors le support du déploiement du sens en déployant nos possibilités d'action. Les éléments dégagés par ces manipulations techniques, les combinatoires et lois qu'elles vérifient peuvent alors être intériorisées pour donner lieu à de nouveaux espaces de pensée intérieure et d'imagination. » (p. 92)

« Toute représentation [procédant] de l'intériorisation d'une manipulation technique, et toute manipulation technique [étant] une extériorisation d'un projet qu'elle transforme d'ailleurs en lui donnant corps », les représentations sont naturellement liées à la technique. Cette affirmation ne prête pas forcément à conséquence dans le cas des représentations (dans l'esprit) liées à la simple manipulation de choses, mais a des conséquences importantes lorsque « la manipulation porte sur des inscriptions qui sont des symboles de ces choses ». En effet, des représentations désormais *externes* peuvent être considérées (i.e. des inscriptions intentionnelles) et manipulées techniquement. On se trouve alors confronté à la possibilité d'une « technique de manipulation des représentations elles-mêmes : après une représentation de la technique, une *technique de la représentation*. »

Les techniques de la représentation permettent donc d'intérioriser (dans l'esprit) des re-

12. Nous soulignons.

13. Ce qui par exemple correspond à des étapes du développement de l'enfant, ou, dans l'évolution, peut être considéré comme ayant donné lieu au langage.

présentations des manipulations techniques des représentations qui ont été auparavant extériorisées, ouvrant la voie à des évolutions majeures de la rationalité. L'écriture notamment « a permis [...] d'avoir un rapport explicitement technique avec le langage d'une part, et la pensée d'autre part. Non que l'écriture soit un outil qui pense, mais c'est plutôt un outil pour penser autrement. »¹⁴

« La représentation est devenue un objet technique singulier [qui] possède un double statut, un statut matériel manipulable au sein d'un dispositif, et un statut sémantique de représentation du savoir et de la connaissance. » (p. 93) Avec le numérique, les choses s'accroissent, du fait d'une double révolution qui a eu lieu au 20^{ème} siècle. La première, liée à la cybernétique, a permis « de comprendre les systèmes physiques en termes d'information et donc d'envisager leur comportement en termes de contrôle et pas simplement de transformation d'énergie ». « La physique des systèmes [devenant] une physique de l'information », il est devenu possible de représenter un système physique de façon formelle. La seconde, issue du « formalisme hilbertien [...] a permis de comprendre l'expression et la représentation comme une technique de manipulation formelle », ce qui a ouvert la voie à l'informatique comme possibilité de description homogène des manipulations et de leurs résultats. « Alors que le savoir et la connaissance [avaient] toujours mobilisé des inscriptions matérielles émanant d'une élaboration technique (la papier, l'encre, l'imprimerie, etc.), pour la première fois l'élément de manipulation [était] congruent à l'élément de l'expression¹⁵. »

Convergence et intégration numérique. Une telle congruence a une conséquence importante qui est l'intégration des systèmes de production et de représentation.

« Le numérique permet d'une part d'objectiver l'information contenue dans un système et de contrôler son comportement, le numérique est alors une représentation de l'action du système ; d'autre part le numérique permet de représenter par des symboles matériels nos connaissances, le numérique est alors une technique de la représentation. La même instance manipulatoire porte donc à la fois sur la technique et la représentation, permettant d'unifier dans un même système nos connaissances et l'effet de ces connaissances. » (p. 92)

Il devient dès lors possible de surveiller, de contrôler, de faire interopérer les systèmes physiques, et de les penser et de les concevoir au sein de systèmes de représentation intégrés. Par ailleurs, les systèmes de représentation (documentaires notamment) eux-mêmes convergent du fait de l'instrumentation informatique de nos pratiques intellectuelles. L'homogénéité du numérique comme support universel tend donc à l'intégration de tous ces systèmes au sein d'un « système numérique global »¹⁶. Cette tendance de fond a pour conséquence que « le numérique, présent dans tous les dispositifs techniques, se trouvera influencer et conditionner les actions mobilisant ces dispositifs. Un enjeu particulièrement important est donc de déterminer le mode de penser induit par le numérique [puisqu'un] principe technique [engendre] une rationalité spécifique. » (p. 98)

La raison graphique comme inspiration. La diffusion massive du numérique, l'intégration des systèmes entraînent un changement important dans la société, on ne peut que le constater tous les jours. L'hypothèse que fait Bruno Bachimont est que nous ne sommes pas seulement dans une prolongation de la révolution de l'écriture, mais que le numérique a un

14. Sont ici visées notamment les propositions de Goody (raison graphique) et celles de Auroux (grammatization rendue possible par l'écriture) (Auroux, 1995).

15. Nous soulignons.

16. Nous définissons un tel système comme l'ensemble des inscriptions numériques, outils, systèmes d'information, etc. mises en réseau au niveau mondial.

caractère spécifique qui pourrait entraîner un nouveau mode de rationalité. Sa proposition est alors d'essayer de penser une raison computationnelle par analogie avec la raison graphique.

La raison graphique a été proposée dans Goody (1979) pour thématiser ce que serait une logique propre à l'écriture, par opposition à l'oralité qui prévalait seule auparavant. Le caractère révolutionnaire de l'écriture est venu de la stabilité et de la spatialité extérieure des inscriptions. La stabilité a permis de s'affranchir du contexte temporel court de l'énonciation, en permettant notamment la conservation, la diffusion et le partage des inscriptions, et donc le progrès cumulatif et systématique lié aux sciences. La spatialité permise par la stabilité a donné le temps de l'interprétation, et autorisé la mise en œuvre de synthèses spatiales : les éléments sémiotiques et graphiques ont pu désormais être facilement comparés, mis en liste, abstraits, vérifiés, *etc.* L'écriture a entraîné une révolution dans les connaissances et les modes d'organisation des sociétés humaines, par l'établissement de sociétés centralisées et de la science.

L'écriture permet différents types de *synthèses spatiales* et Goody en propose trois principales. La liste comme séquence permet l'énumération d'entités qui ont à voir ensemble, elle donne accès à la catégorie qu'elle constitue, ouvrant la voie à la classification. Le tableau, organisation de deux listes, permet de définir un système spatial de rapports, il permet également de construire de la nouveauté (une case vide se repère instantanément et appelle à la conceptualisation de ce qu'on pourrait y écrire). La formule enfin est manipulable en tant que forme, indépendamment de la signification qu'elle porte, ce qui est à la base des mathématiques, de la logique formelle, et donc des représentations numériques.

Cela est tout à fait cohérent avec la théorie du support, qui spécifie que les caractéristiques techniques du support ont une influence sur l'interprétation possible des inscriptions. Le raisonnement de Bruno Bachimont est alors le suivant : si la raison graphique permet de considérer l'apport de l'écriture comme synthèse essentiellement spatiale conduisant à une forme de rationalité, il convient de poser la question des synthèses autorisées par le numérique et le calcul si l'on veut appréhender leur influence :

« Quel serait l'apport cognitif ou phénoménologique du calcul formel et de l'informatique à la connaissance, à l'instar de l'écriture qui propose une synthèse synoptique spatiale de ce qui est dispersé dans le temps ; d'autre part quelles seraient les structures de pensée fondamentales suscitées par l'informatique, à l'instar de ce que sont la liste, le tableau et la formule pour l'écriture ? » (p. 103)

Raison computationnelle. Poser la question de la synthèse (au sens kantien) rendue possible par le numérique revient à s'interroger sur la caractéristique principale des supports numériques, qui est celle de leur dynamique temporelle pilotée par un algorithme. On a ici affaire à une « synthèse calculée, dans la mesure où l'espace où se meut l'informatique n'est pas l'espace physique, mais celui du calcul. »¹⁷ En conséquence, « en fixant un rapport dans le temps, le calcul donne comme virtuellement présent ce qui ne l'est pas encore, ce qui le sera au terme du calcul »¹⁸. Le calcul est par conséquent un nouveau mode d'être ensemble, un nouveau mode d'être posés (thèse) ensemble (syn-), d'être syn-thétisés. » (Bachimont, 1996b).

Alors que l'écriture permet la synthèse du temps dans l'espace (le temporel oral devient appréhendable spatialement), l'informatique amène en supplément la possibilité de déployer l'espace en temps (de l'algorithme écrit — et de l'espace du calcul qu'il définit — vers le

17. Comme argumenté dans (Bachimont, 1996a,b), l'algorithme est en effet une figure temporelle, et l'algorithme une physique du calcul.

18. Nous soulignons.

futur). Spécifié par l'algorithme, l'espace du calcul permet de jouer du temps, ce qui fait que le numérique a également pour caractéristique d'être l'aboutissement de la classe des techniques qui prescrivent le temps d'appréhension, qui prescrivent un déroulement temporel à une conscience.

La raison computationnelle est « le concept proposé pour rendre compte de l'impact cognitif du numérique » (p. 61) et des « nouvelles structures conceptuelles [qui] sont en train de se constituer devant nous, comme les structures graphiques à l'aube de l'écriture. » (Bachimont, 1996b) S'il est donc fort difficile de savoir quelles sont ces structures, Bruno Bachimont propose (p. 104) quelques éléments de réflexion. Selon lui, « la fonction cognitive du calcul correspondant à la spatialisation synoptique de l'écriture [est] la notion d'exploration systématique » d'un espace de calcul. Les structures conceptuelles associées sont alors les notions de programme, de réseau, et de couche. Tout d'abord, alors que la liste de la raison graphique permet de classifier systématiquement, le programme « permet de spécifier un parcours systématique : l'exécution du programme n'est alors que le déploiement temporel de la structure spatiale symbolique qu'est le programme. » Ensuite, à la structuration systématique du tableau dans la raison graphique, répond le réseau, qui « propose un mode de communication et répartition entre les cases du tableau. C'est un tableau dynamique » qui peut être exploré grâce au numérique et devenir intelligible. Enfin, alors que la formule permettait de « considérer la forme abstraction faite du contenu, la couche permet de considérer des relations calculatoires entre des unités, abstraction faite des calculs sous-jacents impliqués. La notion de couche en informatique, via celle d'implantation et de compilation, permet de représenter les structures formelles en faisant abstraction des calculs élémentaires induits, comme la formule permet de s'abstraire du sens. »

Les structures conceptuelles proposées correspondent à une pensée des systèmes non plus classificatoire et hiérarchique, mais les considérant comme constitués de réseaux d'éléments suivant différents niveaux, dont le déploiement temporel obéit à des calculs qu'il s'agit de comprendre. Au final, « ces structures cognitives sont fondamentales et affectent désormais nos modes de pensée. La raison graphique a produit la raison classificatoire, la raison computationnelle produit la pensée en réseau et le temps de la prévision. » (ibid)

2.1.3 Ingénierie des connaissances

Poursuivant l'analyse des conséquences du numérique en se focalisant cette fois-ci sur l'interprétation et la manipulation de contenus (en lien avec son travail sur les archives numériques), Bruno Bachimont met en avant deux problèmes ressortissant au déficit d'extériorité du numérique.

Tout d'abord, se posant la question de l'essence du numérique, de son noème, il propose la manipulation comme réponse : « ça a été manipulé » en référence au « ça a été » de Barthes à propos de la photographie. Le propre du numérique est en effet « de décomposer le procédé ou le contenu en unités formelles pour librement les recombinaisonner » (p. 102). Cela lui permet de souligner le *caractère autothétique du calcul* qui ne peut que poser sa propre effectivité, par opposition au caractère orthothétique de l'écriture, qui pose de manière exacte la parole humaine. Conséquence importante, une orthothèse numérique n'est pas possible, une trace numérique ne pose rien d'autre qu'elle-même, et n'a aucun lien avec une extériorité mondaine. Cela implique que toute trace est falsifiable, que seule l'interprétation peut donner du sens à une inscription numérique.

Ensuite, l'intégration numérique a pour conséquences de démultiplier massivement les inscriptions et les possibilités d'y accéder, de les manipuler, de les agréger sans qu'existe en

même temps une perception des multiples calculs associés ou une unité minimale permettant la présomption de sens. Le risque est alors que l'interprétation ne mène à rien, si ce n'est à une perplexité qui empêchera l'action, à une perte de sens par perte de l'envie d'interpréter. Une telle *désorientation symbolique* doit être combattue par la mise à disposition de médiations qui permettent de construire une présomption de sens. Bruno Bachimont en propose trois : médiation philologique (d'où vient l'inscription ? est-elle identifiable ?), médiation herméneutique (sous quelles conditions lui donner du sens ?) et médiation rhétorique (en quoi reconnaît-on suffisamment un « nous » dedans pour pouvoir lancer une interprétation personnelle ?). Ce sera le rôle de l'ingénierie des connaissances que de les instrumenter afin de surmonter la désorientation.

2.1.3.1 Caractérisation de l'ingénierie des connaissances

Autonomisation de la discipline. Il s'agit de justifier l'existence de l'IC indépendamment de l'IA et de la représentation des connaissances qui en sont à l'origine, mais aussi de la fonder en tant que discipline autonome. L'ingénierie des connaissances devient une métonymie de l'*ingénierie des inscriptions de connaissances* que l'utilisateur manipule au cours de son activité, de leurs modèles et des manipulations qu'ils permettent. L'autonomie de l'ingénierie des connaissances, son unité scientifique et technique et sa cohérence lui viennent alors de l'universalité du support numérique. « L'ingénierie des connaissances peut prétendre à être une discipline autonome du fait de l'homogénéité du numérique et pertinente du fait de l'universalité du numérique, qui devient le médium général de représentation des connaissances, dans lequel on retrouve et modifie les procédés techniques de traitement des autres supports d'inscription comme le papier, le support vidéo, le support film, *etc.* » (Bachimont, 2004b).

L'ingénierie des connaissances comme technique et critique. Ensuite, on a déjà vu qu'il s'agit de nier le statut d'objet à la notion de connaissance, pour au contraire parler d'inscriptions de connaissance. « L'ingénierie des connaissances ne cherche pas à modéliser le monde ou la pensée, ni à opérationnaliser des modèles venus d'ailleurs, mais à instrumenter et outiller le travail de la connaissance. » (ibid) On donne ainsi un statut technique aux inscriptions de connaissance, dont peut alors s'emparer une discipline informatique qui en fera l'ingénierie (technique de représentation) mais qui devra impérativement s'intéresser — sous la forme d'une critique — à l'intégration de ces mêmes inscriptions dans des pratiques interprétatives humaines au sein d'organisations (médiation pour surmonter la désorientation). L'ingénierie des connaissances se situe ici clairement du côté des techniques d'inscription évoquées plus haut, des technologies intellectuelles.

L'ingénierie des connaissances doit être à la fois une « technique des inscriptions formelles et une critique de leur interprétation. » (ibid) En effet, l'outil « logico-formel du numérique et de l'informatique, [ne] peut traiter des expressions de connaissances que comme des objets qu'elle décontextualise et manipule de manière calculatoire. » Et si l'interprétation de ces inscriptions n'est pas de son ressort — puisque c'est « aux praticiens et utilisateurs de mettre en œuvre les parcours interprétatifs pertinents eu égard au contexte car seuls les êtres humains peuvent assumer une interprétation dans toute sa complexité » (p. 233) — l'ingénierie des connaissances n'est pourtant pas qu'une simple ingénierie des supports, qui ne s'occuperait que de définir et de valider technologiquement le comportement des modèles et des systèmes qu'elle construit. En effet, elle doit être *en même temps* « critique des connaissances dont [ces supports] deviennent les inscriptions en fonction des contextes interprétatifs dans lesquels ils sont plongés. » (p. 234) Cela signifie qu'elle doit également définir en quoi ces supports

sont *inscriptions de connaissances* mobilisées et interprétées dans des pratiques. Ce type de savoir n'est pas formel : il consiste à documenter le fonctionnement des systèmes dans les organisations, à y reconnaître des normes et des usages, en reconnaissant que si les parcours interprétatifs y sont toujours singuliers, ils doivent cependant se faire sur un fond commun d'intelligibilité.

En résumé, l'enjeu est d'« articuler la matérialité de l'inscription à la connaissance qu'elle exprime » (Bachimont, 2004b) au sein d'une « ingénierie élaborant des dispositifs numériques de manipulation d'inscriptions de connaissance et mobilisant des méthodologies réglant leur adoption sociale, cognitive et culturelle. » (p. 9) L'ingénieur-réthoricien des connaissances accomplit finalement « un art pratique mobilisant des sciences de la nature et des sciences de la culture. Au croisement des arts et sciences des inscriptions numériques, l'ingénierie des connaissances est donc un projet technologique (comment réaliser des outils pour la pensée et l'intelligence) et un enjeu scientifique (quels problèmes scientifiques pose l'ingénierie des connaissances). » (p. 63)

Missions de l'ingénierie des connaissances. Les missions que Bruno Bachimont (2004a,b) propose à l'Ingénierie des Connaissances en tant que discipline dérivent des problèmes qu'il a identifiés comme liés au numérique. Il s'agira donc principalement de surmonter l'autothéticité du numérique et la désorientation découlant de l'intégration des inscriptions. Face à cette désorientation et à la destruction du sens qu'elle induit, l'ingénierie des connaissances devra donc se concentrer sur l'interprétabilité des inscriptions symboliques numériques qu'elle définit. C'est une véritable philologie instrumentée qu'elle doit construire, en élaborant « des outils de la connaissance permettant de gérer et mettre en place les médiations philologiques, herméneutiques et rhétoriques. » (p. 111) À partir du moment où le niveau des représentations est autonome, c'est-à-dire qu'il n'est pas gagé sur la réalité matérielle (sémantique de la référence), pas plus que sur une métaphysique (sémantique vériconditionnelle), le salut ne peut en effet venir que d'une herméneutique (sémantique interprétative) associée à des pratiques et à des normes¹⁹.

2.1.3.2 L'ingénierie des connaissances en pratique

En lien avec ses travaux, Bruno Bachimont propose de considérer deux principales déclinaisons des inscriptions numériques de connaissances : les représentations formelles (ontologies) et les inscriptions documentaires (documents), qui correspondent à deux manières d'aborder la connaissance. Dans la première il s'agit de s'appuyer sur une sémantique formelle permettant de s'assurer que les manipulations sont pertinentes dans le cadre qu'elle définit. Dans la seconde, les manipulations formelles sont au service d'une interprétation extérieure au formalisme.

Bruno Bachimont (2004b) reconnaît que la sémantique formelle liée aux ontologies n'est finalement pas très importante, car le système d'IC est à la fin un système d'ordre documentaire, que l'ontologie soit cachée derrière les documents, ou bien qu'elle en soit un moyen

19. S'interrogeant plus récemment sur la question de la mémoire en lien avec l'archive, Bachimont (2010) essaye de définir en quoi une archive peut jouer le rôle de trace, ce qui nécessite une réactivation permanente des inscriptions en tant qu'inscriptions qu'on interprète comme ayant un rapport au passé. Maintenir une certaine pérennité du passé ou de la mémoire nécessite alors de maintenir une tradition, une culture comme réactivation de souvenirs. On retrouve naturellement ici la thématique de la nécessité d'une renouveau philologique et herméneutique comme mode d'appréhension culturelle des inscriptions numériques, comme « rapport fiable et confiant à notre passé » permettant de contrôler le mieux possible les conséquences de l'orthotéticité du numérique.

d'accès. Une ontologie formelle s'insèrera donc au final dans la structure d'un système et sa validité sera gagée sur le succès des manipulations qu'elle permet au sein d'une activité extérieure à elle. Les propositions de Bruno Bachimont se concentrent alors sur les besoins fondamentaux liés à l'interprétation de contenus numériques documentaires au sein de corpus variés²⁰. Un document est pour lui « une trace d'expression permettant d'échanger des contenus et de les fixer dans la permanence d'un support. Rendre numérique ces supports et ces contenus permet de les traiter automatiquement et de les parcourir systématiquement » (Bachimont, 2004b). Par ailleurs,

« Les documents sont des objets privilégiés pour une théorie du support : exprimant un contenu pour l'inscrire dans la permanence d'un support, un document le transmet pour une appropriation future conditionnée par la structure et la forme matérielle du support. Objet physique permettant la permanence et donc la transmission, le document ne vaut que pour les interprétations qu'il suscitera. Il n'existe pas pour lui-même, mais il ne vaut que pour le contenu qu'il n'est pas mais qu'il exprime. Objet particulier donc où on peut toucher du doigt la matérialité du sens et son irréductibilité à une représentation matérielle. » (ibid)

Cet important paragraphe permet d'expliquer en quoi le passage au numérique pose plus de problèmes qu'il n'en résout. Alors qu'un document inscrit sur un support stable (e.g. papier) prescrit un mode de parcours interprétatif privilégié par sa forme même (dans laquelle on reconnaîtra un exemplaire du genre auquel il appartient), la possibilité offerte par le numérique d'isoler et de manipuler indépendamment chacun des éléments documentaires risque de briser l'unité documentaire — dans le cas de l'hypertexte, on se retrouve en fait face à un « hypotexte » (Bachimont, 1999b) — et de laisser le lecteur désorienté (ne sachant comment interpréter). L'enjeu est alors de lier la manipulation des documents à leur interprétation, c'est-à-dire de s'assurer que les manipulations autorisées préservent les parcours interprétatifs, ou au moins permettent la construction d'intelligibilité sur fond de consensus. Pour cela, l'interprétation se base sur deux opérations : l'objectivation permet de définir l'objet à interpréter dans son existence consensuelle, tandis que l'appropriation en est la reformulation idiosyncrasique. L'absence d'expérience qui fait le titre de (Bachimont, 2004b) est finalement logique : toute interprétation d'inscription ne peut avoir lieu qu'en contexte, et un contexte est par définition non répétable. La confirmation expérimentale d'un système d'ingénierie des connaissances sera finalement donnée par sa capacité à accompagner ses utilisateurs, à « intégrer et objectiver les écarts d'interprétation qui surviennent lors de chaque utilisation effective » (ibid). Pour cela il faudra expliciter les normes d'interprétation (i.e. présenter les normes et conventions du système) et permettre d'inscrire les différences (comme écart à la norme) pour enrichir le système. Ainsi, « le système d'IC permet la mémoire de ses utilisations [...] L'explicitation des normes assure l'intelligibilité du système, l'inscription idiographique son utilisabilité » (ibid).

2.1.4 Bilan critique

Après cette présentation des propositions de Bruno Bachimont, dont nous espérons qu'elle rend justice à une pensée extrêmement riche, un bilan s'impose. Nous concluons cette section sur la théorie du support par quelques-unes de nos réactions.

20. En lien avec les travaux applicatifs menés sur le dossier patient, l'ingénierie documentaire, les archives numériques, notamment audiovisuelles.

2.1.4.1 Théorie du support et ingénierie des connaissances

La technique est doublement définie par Bruno Bachimont, d'une part formellement comme dispositif de reproduction temporelle, et d'autre part anthropologiquement comme prescription, par sa structure matérielle, d'actions possibles, c'est-à-dire comme inscription de connaissances. La première définition a l'avantage de permettre de penser spécifiquement la technique dans ses rapports avec le numérique. La seconde thématise son caractère anthropologiquement constitutif et sa co-détermination permanente avec l'humain, en accord avec les thèses de Bernard Stiegler (1994a), tout en ouvrant sur une caractérisation renouvelée de l'ingénierie des connaissances. La théorie du support qui résume ces thèses nous semble fondamentalement juste, notamment dans la proposition de considérer la conscience comme pure dynamique, dans l'importance donnée au support dans la connaissance et dans l'action ou l'interprétation au sens large, et dans l'idée que classes de techniques et classes d'actions se co-constituent.

Il demeure que les propositions restent très théoriques et abstraites (notions d'inscription, de support d'inscription, d'action comme interprétation généralisée, *etc.*), ce qui peut nuire à la recherche pratique d'illustrations ou d'exemples convaincants dans le cas général²¹. Certaines généralisations peuvent ainsi paraître rapides, comme la notion d'instrument comme objet technique inscrit, qui si elle capture adéquatement la connaissance mise en œuvre par les outils matériels, ne dit pas grand chose de la manière dont une telle inscription serait ré-inscrite, ou des liens entre le monde des choses et le monde des représentations, ou encore des outils comme inscriptions permettant d'agir sur d'autres inscriptions (ce qui est le cas dans le monde numérique). Il reste également à clarifier en quoi un objet technique peut être considéré comme prenant appui sur, voire être conçu comme inscription corporelle²². La notion de support conserve de même une certaine ambiguïté, même précisée en tant que substrat matériel d'une part et format matériel d'autre part, et il se révèle peu évident de trouver des supports dans la nature et d'étudier les inscriptions et réinscriptions qu'ils permettent.

L'ingénierie des (inscriptions de) connaissances a pourtant cette mission en ce qui concerne le numérique. Il s'agit de fabriquer des « dispositifs de manipulation des inscriptions en vue de leur interprétation » (p. 64), les inscriptions numériques étant des objets informatiques qui doivent être étudiés comme tels d'une part, et selon une approche culturelle d'autre part, en étudiant leur modes d'interprétation et en fournissant des outils d'interprétation. Nous sommes d'accord avec cette proposition qui correspond à notre propre pratique. Cependant, si les inscriptions pensées par Bruno Bachimont sont essentiellement documentaires, et en conséquence étudiées selon une approche herméneutico-philologique orientée rhétorique, on verra que nous nous intéressons finalement à des inscriptions plus dynamiques et moins stabilisées, d'une certaine manière plus locales. Nous voulons ainsi articuler la matérialité de l'inscription à la connaissance qu'elle exprime en nous focalisant sans doute plus sur l'action et l'activité au sein desquelles les inscriptions sont mobilisées, l'intelligibilité se construisant de toute façon.

2.1.4.2 À la recherche de la raison computationnelle

Par ailleurs, s'inscrivant d'une certaine manière dans le thème de la *rupture numérique*, Bruno Bachimont postule que le numérique serait à l'origine d'une raison computationnelle

21. Lenay (2003) amène cependant quelques propositions qui nous semblent en accord, dans une pensée générale de l'écriture comme action et de la lecture comme interprétation et perception.

22. On verra plus loin que le concept d'instrument de l'approche instrumentale peut permettre d'aborder cette question en utilisant la notion de schème.

comparable à la raison graphique qu'avait permise l'écriture.

Tout d'abord, parler *du* numérique permet d'affirmer que le numérique entraîne la désorientation ou de fonder l'ingénierie des connaissances sur le numérique comme homogène. Cette homogénéité est vraie à deux titres : le calcul existe bien en tant qu'idéal théorique²³, et l'intégration des systèmes de production et de représentation existe bien en tant que phénomène pratique de convergence numérique rendue possible par cet idéal. Cependant, cela suffit-il pour autant à définir une classe générale de systèmes, les systèmes numériques, tels qu'on puisse en dire quelque chose d'intéressant au niveau d'une raison computationnelle comme mode de pensée ? Cela ne nous semble pas le cas, car la pervasivité même de l'informatique entraîne qu'on utilise *in fine* le numérique dans des systèmes qui ne sont plus intrinsèquement numériques, du numérique par rebond dirions-nous. Si on se limite aux ordinateurs et autres systèmes qui se présentent comme des machines numériques permettant d'interagir avec des formes numériques, alors la question nous semble plus pertinente, et la recherche d'une raison computationnelle possible. Ceci nécessite bien entendu de faire l'hypothèse que des formes générales du numérique existent et s'y manifestent.

Ensuite, Bruno Bachimont propose de thématiser la rencontre entre inscriptions numériques et humains en définissant, on l'a vu, les notions d'espace de présentation et de structure de présentation associées au temps d'appréhension définissant une synthèse. Il fonde sa réflexion sur le fait que l'essence du numérique est l'arrondissement du temps, ce qui lui permet d'affirmer qu'existent essentiellement deux types d'outils, ceux qui offrent espace et structure de présentation (le livre), et ceux qui prescrivent le temps de l'appréhension (l'enregistrement audio), le numérique « [dégageant] le principe même des techniques qui prescrivent le temps d'appréhension » (p. 89). Cette présentation de deux extrêmes, utile pour réfléchir sur la technique, ne nous semble cependant plus suffire dès qu'on dépasse le temps d'appréhension plus ou moins instantané — qui peut alors être contrôlé — de la synthèse pure. Il s'agit alors de s'intéresser à l'appréhension *également temporelle* d'un outil, au couplage qui se réalise au cours d'un processus interactif mobilisant à la fois le calcul par la discrétisation spatiale et temporelle qu'il impose et l'humain qui dispose.

En fait, il nous semble que les propositions de Bruno Bachimont autour de la raison computationnelle mais aussi la théorie du support font l'économie d'un certain nombre d'éléments importants qui gagneraient sans doute à être introduits dans la réflexion pour étudier l'interaction concrète et *située* avec une structure numérique et ce qu'elle propose. Ces éléments sont en quelques sorte inscrits en creux dans ses propositions.

Tout d'abord, parler d'inscriptions abstraitement évite ainsi de parler de l'individu qui est confronté aux inscriptions, dans ses pratiques, ses actions et son activité. Les pratiques

23. Le calcul comme pure formalité abstraite est idéal dégagé de la contingence matérielle. L'approche purement théorique du calcul est une figure construite au cours de l'histoire de l'informatique, comme le montre de façon convaincante Triclot (2008). La description « idéaliste » de l'informatique, « repose en général sur une ontologie implicite du symbole » due à Turing, dans laquelle l'information existe en tant que telle. Dès que se pose la question de l'implémentation physique, « à partir du moment où on se demande comment est-ce que l'information naît ou subsiste dans le bruit, on ne considère plus l'information comme une forme-symbole indépendante du milieu matériel, mais comme l'expression d'un milieu matériel ». On peut alors, comme Von Neumann, différencier information-symbole et information-signal, et considérer que « le symbole n'a pas d'existence en soi, [il est] un effet du signal. *Notre logique à base de marqueurs et de symboles n'est possible que sur le fond d'une autre logique statistique et non symbolique. La logique du symbole s'enracine dans une logique du signal* » (nous soulignons). Le niveau informationnel est donc un niveau de description supplémentaire du physique. D'autres critiques de la nature purement abstraite du calcul remarquent qu'un calcul se déroule toujours sur une machine dans un monde, laquelle machine fait partie du monde, et interagit avec son environnement, par exemple humain. Il est alors possible de proposer des théorisations de la notion de calcul dans lesquelles cette interaction est réintégrée (Goldin et Wegner, 2008).

de lecture et d'inscription, les outils de manipulation des inscriptions, la temporalité de l'interprétation et de l'inscription même, ou encore le développement du manipulateur (apprentissage) ne sont pas évoqués. Il nous semble que c'est l'activité de l'individu, son action²⁴ qui sont ici négligées. Penser toute activité comme interprétation et réécriture par la conscience fait courir le risque d'une vision abstraite du côté humain. Rien n'étant finalement externe à des inscriptions considérées dans leur mécanique algorithmique, à part une réécriture d'une conscience, celle-ci ne peut être que pure et hors de toute activité. Le corps biologique est par exemple évoqué comme vivant, à partir duquel et sur lequel le flux de conscience conçu comme pure dynamique inscrit et réinscrit, mais sa chair semble finalement éloignée des préoccupations de Bruno Bachimont. Le corps comme support se révèle ainsi relativement désincarné²⁵.

Ensuite, si l'homme est certes le pôle opposé dans la relation aux inscriptions, s'il en est l'interprète, il ne nous semble pas vivre spécialement ou être actif. Le temps de l'activité vécue, le temps de l'utilisation du système n'existent pas. Par exemple, si l'interprétation et la reformulation de la pensée sont thématiques dans la présentation de la théorie du support, il nous semble que l'écriture ou l'inscription dans un support matériel ne sont pas étudiées dans leur profondeur, en tant qu'actions. L'écriture est finalement absente. Evidemment, on perçoit là une difficulté, au sens où l'écriture se passe à la fois dans le monde des choses et dans celui des représentations. Sans prétendre résoudre ce problème, remarquons que savoir-faire et savoir-penser ne sont peut-être pas aussi éloignés qu'il pourrait sembler dans le cadre d'une dichotomie simple entre geste sensori-moteur et pensée symbolique, qu'une interaction avec un outil numérique est après tout aussi gestuelle, et que l'inscription pourrait bien relever d'un savoir-faire.

Le social enfin, tel que thématique dans les propositions de Bruno Bachimont, est également abstrait, et se retrouve dans les genres, usages ou normes, bref dans les éléments de stabilité des inscriptions associées à des pratiques collectives, mais sans que le collectif ou même la communication humaine soit considérés en tant que tels. Si nous ne pouvons qu'être d'accord avec la nécessité de réconcilier à chaque instant sciences de la nature et sciences de la culture, il nous semble que Bruno Bachimont focalise sa réflexion sur les normes, les usages, les organisations (et les documents et structures de connaissances associés) et n'a pas vraiment l'individu comme point d'intérêt (négligeant du coup d'autres types d'inscriptions, potentiellement locales, évanescents). Les sciences de la culture évoquées ne sont pas des sciences de l'activité, ou praxéologiques, elle semblent se concentrer sur la philosophie ou la sémiotique. Il nous semble qu'est manquée ici la grande importance du social dans l'activité individuelle (Dourish, 2001, p. 99), et le caractère adressé de toute action (Grégori et Brassac, 2001).

Une partie de ces remarques nous semblent en cohérence avec des propositions plus récentes de Bruno Bachimont²⁶ qui propose désormais de penser la raison computationnelle en lien avec le fait que le numérique engendre sa propre matérialité, qu'il y a une *matérialisation de*

24. Notion importante, puisqu'on a vu qu'elle constitue un nœud de l'argumentation qui permet de mettre en relation technique (comme inscription, support d'action) et connaissance (comme capacité d'action d'un être pensant) en passant par la notion d'action, au final peu étudiée et singulièrement absente du glossaire de (Bachimont, 2004a).

25. C'est ici qu'on pense que des études tant psychologiques qu'anthropologiques (les techniques du corps par exemple) ou phénoménologiques pourraient se révéler intéressantes pour éprouver les concepts liés à la raison computationnelle.

26. Notamment dans son intervention à la journée *Couplage et artefacts numériques* qui a eu lieu à Paris en juin 2008.

l'information dans les usages (malgré la métaphysique du calcul comme abstrait, asémantique et éternel). La raison computationnelle doit alors se construire entre l'abstraction idéalisante du calcul et la concrétisation vécue, comme incarnation spatiale et temporelle. Il nous semble reconnaître dans ces propositions une réintroduction de l'activité, de l'humain dans la rencontre avec les inscriptions, un retour du concret et de l'incarné, et de la temporalité du vécu, en vue d'étudier une véritable « phénoménologie du numérique ».

La question principale que nous avons posée en introduction de ce chapitre consiste à se demander *comment thématiser les liens entre des humains en train de mener une activité informatiquement médiée, et les représentations numériques impliquées par cette activité*. La théorie du support nous amène une manière générale stimulante de penser le lien entre inscriptions techniques et humain, en visant essentiellement le support technique et ses formes en lien avec l'action comme interprétation. Nous retenons ces principes. Cependant l'inscription en tant que processus est moins thématisée, et la théorie du support est moins opératoire quand il s'agit de considérer des individus interagissant avec des inscriptions numériques au sein de pratiques concrètes et situées. La suite de notre cheminement consiste à étudier ce que certaines théories appartenant au courant « post-cognitivist » ont à nous dire des rapports entre l'action et les inscriptions d'individus engagés dans une activité, vivant concrètement la signifiante de celle-ci.

2.2 Activité et inscriptions

Notre objectif est ici d'étudier quelques-unes des propositions issues d'un courant de pensée que l'on peut qualifier de « post-cognitivist » (Kaptelinin et Nardi, 2006) dans leurs approches de l'action et de l'activité en lien avec les inscriptions et les artefacts. Nous essayerons de définir comment ces propositions conceptualisent l'action ou l'activité et les inscriptions matérielles associées. Cette section n'est pas le lieu d'une présentation exhaustive ou même détaillée de ces théories, qui est régulièrement réalisée dans un certain nombre de thèses. Il nous importe surtout ici *d'enquêter* sur la façon d'y penser les inscriptions, afin d'amener un complément à la théorie du support, mais également de présenter un certain nombre de concepts qui nous seront utiles dans la suite. Nous présentons d'abord le cadre post-cognitivist, puis les différentes manières d'y considérer l'action et l'activité, avant de nous focaliser sur les inscriptions, notamment numériques.

2.2.1 Post-cognitivist

2.2.1.1 Eléments historiques

Le mouvement d'abord anti-cognitivist, puis post-cognitivist affirme depuis plus de 30 ans — et tire son unité de — la nécessité d'aller au-delà du cognitivist (encadré 2.1) pour expliquer les processus cognitifs et l'activité elle-même. La critique est en premier lieu *théorique* (Searle, 1990), pointant par exemple le fait que les expériences sont le plus souvent artificielles (i.e. que le cadre expérimental ne correspond à aucune tâche réelle), que l'on néglige le vécu du sujet ou que des questions difficiles (e.g. l'intentionnalité) sont en fait de fausses questions. Cette critique est également *pratique*, du fait de l'inadéquation au final du paradigme cognitivist à fournir des concepts descriptifs ou explicatifs suffisant à expliquer la perception, l'improvisation, l'interprétation, *etc.* Considérer l'activité cognitive comme une résolution de problème permanente prenant appui sur des représentations symboliques intra-craniennes d'individus considérés comme des machines cognitives formelles se révèle

Encadré 2.1 – Cognitivism

Le paradigme cognitiviste a pris place dans la continuité de la première cybernétique dans les années 50. Les tenants de ce courant considèrent qu'il est pertinent de concevoir la cognition et la pensée comme manipulations de représentations symboliques formelles supposées correspondre à un monde extérieur structuré objectivement. L'enjeu est alors de déterminer l'organisation et les traitements correspondant aux grandes fonctions de la cognition, telles que mémoire, langage, apprentissage, *etc.*, la perception étant considérée comme une prise d'information sur le monde, la décision comme calcul mobilisant ces informations et la mémoire, l'action comme exécution de plans à partir de leurs représentations. S'intéresser à une question liée à la cognition consiste en une modélisation de son fonctionnement possible le plus souvent comme résolution de problème, qu'on cherchera à valider expérimentalement au cours d'expériences très contrôlées. L'Intelligence Artificielle classique (*GOFAI – Good Old-Fashioned AI*) s'inscrit dans le cognitivism et la logique formelle, elle postule l'existence d'un niveau des connaissances (*Knowledge Level*) indépendant du substrat physique d'implémentation (cerveau ou ordinateur), ce qui signifie qu'il est d'une part possible d'étudier la cognition en machine, d'autre part de la reproduire dans des systèmes intelligents. La propension du cognitivism à décrire tout processus cognitif comme interaction d'un ensemble d'éléments fonctionnels représentés par des boîtes a été critiquée comme donnant lieu à une « boxologie » (Sengers, 1999).

extrêmement réducteur et surtout peu fécond. Ceci implique de chercher d'autres concepts et méthodes plus pertinents pour décrire l'activité humaine, et la nécessité de changer de point de vue.

Le courant post-cognitiviste naît à la fin des années 1970 avec des chercheurs comme Gibson, Dreyfus, Cole (Theureau, 2004b), et se cristallise au milieu des années 1980 avec Lucy Suchman (1986), Winograd et Flores (1987) ou Philip Agre (1988), et poursuit sa structuration et gagne en visibilité au cours des années 1990, avec par exemple le numéro spécial du journal *Cognitive Science* sur l'action située (Norman, 1993), la cognition distribuée (Hutchins, 1995) ou la Théorie de l'Activité (Nardi, 1995). Ce mouvement prend souvent appui sur des concepts issus de courants théoriques plus anciens, notamment du début du XXème siècle, qu'il contribue à réactiver (Brassac, 2007), et on retrouve fréquemment Husserl et la phénoménologie, les pragmatistes américains, Wittgenstein, voire Marx et Engels pour la Théorie de l'Activité.

Le mouvement post-cognitivism élargit le point de vue et tourne son attention vers des thématiques souvent négligées par le cognitivism, parmi lesquelles :

- attention au corps vivant (vs. intellect pur), notion d'*embodiment*, considération que la cognition a lieu dans un espace et un temps déterminés (Brooks, 1991 ; Dourish, 2001 ; Lakoff et Johnson, 1999 ; Varela et collab., 1993) ;
- attention à l'expérience de la vie de tous les jours, au monde et aux connaissances ordinaires (vs. résolution de problème) (Agre, 1988), aux situations naturelles « *in the wild* » (Hutchins, 1995)(vs. les conditions de laboratoire) ;
- importance de la non-détermination de l'action, de l'improvisation (vs. suivi de plans) Suchman (1986), unicité de toute action (Béguin et Clot, 2004) ;
- attention au contexte et à la situation, à la dimension matérielle, technique et sociale de l'environnement de la cognition, à l'activité collective et à la cognition comme fait social (Leontiev', 1984), aux contextes socialement partagés ; thématization de la technologie en lien avec l'être humain (Winograd et Flores, 1987).

On le voit, il s'agit — par opposition au réductionnisme cognitiviste — de reconnaître

la complexité socio-technico-cognitive, et d'affronter celle-ci avec des approches d'inspiration multi-disciplinaire mêlant différents niveaux d'analyse et différentes temporalités (de la micro-dynamique de l'action à l'évolution de la société ou de la culture, en passant par le temps d'une vie humaine).

Le mouvement post-cognitivistique offre une unité assez remarquable, même si des lignes de démarcations théoriques importantes voire essentielles existent (Kaptelinin et Nardi, 2006). Trois théories principales sont souvent comparées (Nardi, 1996) qui sont l'Action Située, la Cognition Distribuée et la Théorie de l'Activité. En France, le mouvement se retrouve principalement autour de l'ergonomie, des études dites praxéologiques, des revues *@ctivité*, *Revue d'Anthropologie des Connaissances* ou *Intellectica*. L'ergonomie « de langue française » (Rieu et collab., 2004) a suivi un cheminement parallèle, et a depuis longtemps proposé des méthodologies d'étude de terrain de la cognition équivalentes, notamment dans la cadre de l'analyse du travail (Salembier et collab., 2001). François Rastier (1991) s'est également positionné contre la linguistique cognitive et le cognitivisme, et l'approche de Bruno Bachimont nous semble prendre sa place dans le mouvement post-cognitivistique (quoique de façon non-explicite).

2.2.1.2 Technologie et post-cognitivistique

Nombre d'études reliées au mouvement post-cognitivistique ont des liens étroits avec la recherche technologique, et on peut sans doute affirmer que le développement de ce mouvement s'est fait en lien avec la technologie, que ce soit pour l'étude de l'utilisation d'outils, des collectifs instrumentés et du changement organisationnel en lien avec l'informatique, ou encore la conception de systèmes interactifs. Trois disciplines informatiques ont principalement été concernées par, voire ont accompagné, le mouvement post-cognitivistique.

Intelligence Artificielle. L'intelligence artificielle symbolique et ses systèmes experts ont pu être considérés comme la branche armée du cognitivisme, contre laquelle se sont élevés avec force des chercheurs d'autres disciplines telles que la sociologie, l'ethnographie ou l'anthropologie (Dourish, 2001, p. 57), mais aussi des chercheurs originaires de l'IA, à des titres variés. Phil Agre propose par exemple (Agre et Chapman, 1987) de ne pas s'intéresser aux plans, mais à l'improvisation moment après moment, et propose une réorientation de la discipline « vers l'activité plutôt que vers les pensées » (Agre, 1997). Rodney Brooks (1991), dans le champ de la robotique, propose une « intelligence sans représentation » ouvrant la voie à la robotique moderne. Terry Winograd affirme avec Fernando Flores (1987) que le langage ne décrit pas un monde objectif mais sert essentiellement à la coordination de l'activité sociale entre humains. Clancey enfin affirme que la cognition est située, et que la connaissance consiste à être capable d'agir dans un environnement changeant. Une telle connaissance est « construite socialement », ce qui signifie que « la connaissance se développe et est utile au sein de l'activité, et que les activités sont construites socialement » (Clancey, 1997)²⁷.

Travail collaboratif. Le champ du CSCW²⁸ (Schmidt et Simone, 1996 ; Twidale et Nichols, 1998) est né dans les années 1980 et a historiquement rassemblé des informaticiens et des chercheurs de la psychologie ou des sciences sociales, avec la double volonté d'analyser

27. De façon intéressante, Clancey (2011) continue dans la même veine et étudie comment certains chercheurs en intelligence artificielle « classique » n'en sont pas à la même étape de leur chemin de Damas (notamment J. Hendler et J.-G. Ganascia).

28. *Computer-Supported Collaborative Work*.

des situations collectives instrumentées (communautés de pratique, adoption et modification de pratiques, *etc.*), et de concevoir des systèmes technologiques. Penser le social comme une somme de cognitions formelles individuelles n'a que peu d'intérêt pour étudier des situations et des systèmes socio-technologiques concrets, d'où la nécessité de thématiser de façon spécifique l'action dans un contexte social et technique. L'inspiration principale des théories utilisées provient de l'éthnométhodologie (Garfinkel, 2007), de la théorie de l'acteur réseau (Callon, 1986) ou de la cognition distribuée (Hutchins, 1995 ; Hollan et collab., 2000). Les théories post-cognitivistes sont donc naturellement utilisées dans le champ des technologies collaboratives principalement de façon analytique. Il est en effet rapidement apparu que si les théories descriptives étaient à même d'expliquer la réussite ou non d'un système, elles ne permettraient cependant pas de prévoir ce qui marcherait et donc de concevoir des systèmes.

Interaction homme-machine. Née dans les années 1980, la discipline de l'interaction homme-machine s'est dès le départ inspirée des théories cognitivistes, consistant à modéliser l'homme comme « machine cognitive » dont le fonctionnement serait fondamentalement le même que celui des machines (Bannon et Bødker, 1991), par exemple le modèle MHP Model-Human Processor (Card et collab., 1983). Ceci a donné lieu par exemple à des modèles opérationnels comme GOMS (*Goals, Objects, Methods, Selection rules*) pour décomposer l'interaction entre la machine et l'opérateur à l'aide d'opérations cognitives informationnelles élémentaires (perception visuelle, auditive, traitement, action motrice, *etc.*) suivant un processus tel que formation d'une intention, sélection d'une action, exécution de l'action, évaluation du résultat (Shneiderman, 1987). De telles approches basées sur la description de tâches, qualifiées de « rationalistes » par Winograd (1993, 2006), ont certes le mérite de simplifier la façon dont homme et ordinateur peuvent fonctionner ensemble en tant que parties homogènes et relativement passives d'un même système. Elles ont cependant été mises en défaut dès le milieu des années 1980 (Suchman, 1986 ; Winograd et Flores, 1987) donnant lieu à de nombreux travaux (Kaptelinin et Nardi, 2006, p. 15-16) « orientés design » utilisant l'ethnographie, la phénoménologie, la psychologie écologique, *etc.* L'article de Bannon et Bødker (1991) est généralement considéré comme marquant une rupture importante dans la façon de voir les artefacts dans leur pratique d'utilisation, les conditions matérielles, sociales et historiques de cette utilisation, tandis que Bannon (1991) propose de considérer le contexte de l'activité dans laquelle utilisateur et ordinateur sont impliqués, en passant « des facteurs humains aux acteurs humains ».

2.2.2 Actions et activité

Après avoir présenté quelques éléments généraux sur le post-cognitivism, nous pouvons nous intéresser de façon plus précise aux notions d'action et d'activité. Ne plus penser l'activité comme simple interaction entre un système cognitif humain intra-crânien et un monde pré-donné nécessite de changer l'angle d'analyse et de considérer environnement et acteur comme un tout. La cognition ne peut être séparée de la situation, étudier la cognition nécessite d'étudier le couplage activité / situation comme unité de base. Nous nous intéresserons aux caractéristiques à notre sens importantes des notions d'action et d'activité, principalement au travers des approches de l'*action située* et de la *Théorie de l'Activité*.

Encadré 2.2 – Action située

L'arrière fond de l'action située est clairement ethnométhodologique (Salembier et collab., 2001). L'éthnométhodologie (Garfinkel, 2007) est une approche sociologique originale issue de la phénoménologie pour laquelle le social est re-construit en permanence par les acteurs au cours de leur activité journalière à la fois en rendant visibles, rapportables et descriptibles (*accountable*) leurs actions par autrui, et en décrivant pratiquement les actions d'autrui. Toute action vise ainsi à produire le social, à créer des comportements descriptibles qui permettent de réitérer en permanence ce qu'est le social. Il s'agit alors pour l'ethnométhodologue d'étudier minutieusement des situations concrètes et la manière dont les acteurs y construisent leurs interactions, en refusant toute théorisation abstraite du fait social, une approche anti-théorique qui a été critiquée (Kaptelinin et Nardi, 2006, pp. 17-22).

Dans son influent livre *Plans and situated action*, Lucy Suchman (1986) s'oppose de front au cognitivisme et à la notion de plan associée. Dans la vision classique, les plans comme représentations internes contrôlent et génèrent l'action. Or l'action est située, c'est-à-dire qu'elle dépend du contexte et de la situation spécifique immédiate, le cours d'action est dépendant à tout moment de circonstances matérielles et sociales uniques qui doivent être prises en compte de façon *ad hoc* et improvisée, l'ordre concret de l'action ne peut jamais être déterminé à l'avance. L'action des autres acteurs est par exemple inspectée en permanence comme un des éléments de la situation par rapport auquel s'orienter. Bref, « la structure de l'activité n'est pas quelque chose qui précède mais qui ne peut que se développer directement à partir de l'immédiateté de la situation » (Nardi, 1996, p. 72). Les plans existent certes, mais ce sont des « illusions rétrospectives » mises en place *après* l'action. Ce sont également des ressources pour l'action, mais qui ne la *pilotent* pas. Au final, « la cognition ne se situe pas dans la tête, mais dans un entre-deux, entre l'acteur et la situation, dont font partie les autres acteurs. » (Theureau, 2004b).

2.2.2.1 L'action située comme improvisation

La formulation suivante, attribuée à Agre, résume ce qu'est l'action située : « toute action est improvisée à l'intérieur d'un champ de significations organisées socialement » (Salembier et collab., 2001). L'action située est donc l'action telle qu'elle s'accomplit *hic et nunc*, elle est la façon dont les acteurs (ré-)agissent dans une situation, la cognition étant dans l'action en train de se réaliser²⁹. La notion a été proposée par Suchman (1986) (cf. encadré 2.2), qui stipule de plus que « l'organisation de l'action située est une propriété émergente des interactions instant après instant entre les acteurs, et entre les acteurs et l'environnement de leur action » (p. 179).

Le contexte matériel et social de l'action. Le champ de signification organisé socialement qui définit la situation du ou des agents est composé d'objets matériels et d'acteurs sociaux, qui constituent autant de ressources auxquelles s'ajuster d'instant en instant. L'environnement est considéré à la fois comme support et guide de l'action. L'environnement matériel est composé des différents objets, outils ou inscriptions visés, utilisés ou consultés ; tandis que l'environnement social donne accès à ce que font les autres, permettant coordination et apprentissage³⁰.

L'action comme signifiante. L'action comme improvisation est signifiante (au sens *sense-making*), ce qui veut dire qu'à tout moment l'acteur rend le monde et son action signifiants, que ce soit pour lui-même ou pour les autres. L'action est d'une certaine manière le fait même de créer le sens, Suchman (1986, p. 178–179) proposant ainsi de considérer le « *lively, moment by moment assesment of the significance of particular circumstances* » et d'explorer « *the relation of knowledge and action to the particular circumstances in which knowing and acting invariably occur* »³¹.

Dourish (2001, p. 116) affirme que « [le sens de l'action] est à trouver dans la manière dont il se révèle à nous comme disponible pour nos actions. C'est seulement au travers de ces actions et de la possibilité d'action que le monde se rend accessible à nous (*affords us*), que nous pouvons trouver le monde signifiant à la fois dans ses manifestations physiques et sociales ». On retrouve ici la notion de signification immédiate de l'objet-pour-l'action ou du monde-pour-l'action de la théorie écologique, dans laquelle on perçoit directement la valeur fonctionnelle des objets et leur signification pratique (Béguin et Clot, 2004). Au niveau social, on retrouve le fait qu'une interaction réussie suppose la co-production d'une intelligibilité mutuelle dans un environnement de ressources partagées, ce qui correspond aux propositions de l'éthnométhodologie liées à la production sociale de significations au travers des pratiques locales de production et de reconnaissances d'objets (Crabtree, 2004). De façon cohérente, Wenger (1998, p. 51, cité dans (Dourish, 2003)) parle d'une pratique comme étant « avant toute chose un processus par lequel nous pouvons faire l'expérience du monde comme significatif et nous y confronter », les communautés de pratiques étant alors une manière de

29. On retrouve dans cette façon de penser l'action des échos des idées de Maturana et Varela (1987) pour lesquels action et cognition sont équivalentes, de Clancey (1993) qui considère que percevoir le monde consiste à y agir ou encore de la pensée de la perception comme une action guidée par la perception dans la théorie énactive (Varela et collab., 1993).

30. « L'action est sociale dans ce sens que nous comprenons son développement selon les façons dont nous l'avons construite dans le cours d'interaction avec les autres » (Theureau, 2004b)

31. Ceci fait écho à Bruner — cité par Brassac (2003) et Rabardel (1995a, p. 36) — expliquant que l'objectif pour lui et d'autres dans les années 1950 était de s'intéresser à la dimension de la signification, du sens dans l'action, mais que cela s'est très vite perdu dans le paradigme dominant de la cognition comme traitement de l'information, la signification se noyant dans l'information, l'action signifiante se réduisant au comportement.

Encadré 2.3 – Énaction

La théorie de l'énaction (Varela et collab., 1993 ; Torrance, 2005) est une théorie constructiviste de la cognition, qui se caractérise par une pensée toute orientée vers la notion de couplage dynamique. Elle est issue du travail de Francisco J. Varela et Humberto Maturana sur la théorie autopoïétique (Varela, 1989), qui définit la vie comme maintien de son identité dans un environnement. Un système vivant est défini comme autonome, ou opérationnellement clos, car l'ensemble des processus dont il est constitué visent à le maintenir en tant qu'identité. Une telle clôture détermine à tout moment un monde signifiant pour le système, c'est-à-dire un monde à la fois perçu et agi de façon viable et signifiante, que l'on va dire « énéacté » et qui ne peut être défini à l'avance. Le système vivant et le monde co-émergent ; ce qu'est l'individu à tout moment est le résultat de l'histoire de son couplage opérationnel. La cognition est définie comme couplage avec l'environnement, dans lequel action et perception sont identifiées, avec une co-détermination dynamique permanente du sujet et de l'objet, de l'individu et du monde dans lequel il vit. La théorie de l'énaction s'oppose avec force au représentationnalisme cognitif, et ouvre la voie à une redécouverte de l'importance du corps vivant et de la sensori-motricité dans la cognition mais aussi de la fécondité de la prise en compte de l'expérience vécue du sujet, notamment pour les neurosciences avec l'approche neurophénoménologique (Varela, 1996). L'énaction est à la base un paradigme biologique. Certaines de ses notions, notamment celle de couplage opérationnel sont cependant largement réutilisées de façon métaphorique, par exemple en analyse de l'action ou en science des organisations.

partager des pratiques, c'est-à-dire des significations liées à des objets ou des actions, le sens n'y étant jamais figé, mais se renégociant en permanence.

Le sens vécu de l'action. Terminons cette section sur l'action en évoquant le *cours d'action*, méthode développée par J. Theureau (2004a, 2006) en se basant sur une approche issue de l'énaction (voir encadré 2.3) plaçant la clôture opérationnelle de l'acteur et son environnement au cœur de la réflexion. L'acteur est considéré comme faisant émerger à tout instant un monde signifiant, non déterminé par avance, qui dépend de l'histoire de son couplage avec l'environnement (matériel et social : artefacts et autres acteurs), les limites du système considéré varient en permanence. Cela conduit à « aborder l'activité humaine comme à la fois cognitive, autonome, incarnée, située, à la fois individuelle et collective (individuelle-sociale), techniquement constituée, cultivée et vécue » (Theureau, 2004b). La description de l'activité passe par la description du « domaine cognitif » de l'acteur en faisant droit au vécu du sujet (lequel est considéré comme négligé par l'éthnométhodologie). Il s'agit alors de décrire l'action et son cours en mettant en relation le point de vue externe du chercheur interprétant le comportement de l'acteur, et celui interne lié à la « conscience pré-réflexive des acteurs qui est présente à chaque instant de leur activité pratique ». La méthode consiste à identifier « ce qui, dans l'interaction avec l'environnement, est effectivement perçu et interprété par l'utilisateur », en dégageant itérativement des unités significatives (appelées signes tétradiques puis hexadiques) qui correspondent à des moments de stabilité de l'expérience de l'acteur, éventuellement enchassés dans des unités plus longues qui caractérisent l'engagement à plus long terme dans la situation (Haué, 2004). Une telle approche est centrée sur l'action située, mais permet, sans doute mieux que l'éthnométhodologie, de prendre en compte l'histoire de l'acteur et son développement, ce que la Théorie de l'Activité propose également.

Encadré 2.4 – Éléments historiques sur la Théorie de l'Activité

S'inscrivant dans la continuité de la psychologie historico-culturelle de Vygotsky, la Théorie de l'Activité a été proposée par le psychologue soviétique Leontiev' (Leontiev', 1984), puis par différents chercheurs qui l'ont utilisée dans le cadre de recherches technologiques ou organisationnelles. Vygotsky a fondé la psychologie historique-culturelle en proposant un ensemble de concepts forts. S'intéressant prioritairement au côté concret et pratique de la conduite humaine dans des circonstances sociales et matérielles, Vygotsky propose notamment la notion de médiation de la pensée et de l'action par les outils techniques ou psychologiques. L'activité est toujours pensée dans son développement ce qui permet de penser l'évolution du sujet (au cours de toute sa vie) et des outils, principalement par internalisation comme redistribution entre les composants internes et externes de ceux-ci. Les fonctions mentales supérieures sont considérées comme d'abord sociales ou inter-individuelles (par exemple un dialogue, une activité commune, l'utilisation d'un d'outil), puis deviennent intra-individuelles par intériorisation (permettant de mettre en place une pensée de plus en plus abstraite). Vygotsky est également connu pour avoir défini la notion de zone proximale de développement comme la zone entre ce qu'un apprenant est capable d'accomplir seul et ce qu'il saurait faire avec de l'aide extérieure. Élève de Vygotsky, Leontiev' se focalise sur la notion d'activité comme équivalente à la vie : les êtres vivants ont des besoins, et vont les réaliser au travers d'activités significatives ayant des objets les motivant biologiquement ou culturellement. « *Activity theory seeks to understand the unity of consciousness and activity. It is a social theory of human consciousness, construing consciousness as the product of an individual's interactions with people and artifacts in the context of everyday practical activity. Consciousness is constituted as the enactment of our capacity for attention, intention, memory, learning, reasoning, speech, reflection and imagination. It is through the exercise of these capacities in everyday activity that we develop; indeed, this is the basis of our very existence [...] Activity theory proposes that consciousness is realized by what we do in everyday practical activity.* » (Kaptelinin et Nardi, 2006, p. 8). L'activité est structurée en actions et opérations, elle correspond à des processus internes et externes, elle est médiée par des outils physiques et symboliques qui sont co-construits et évoluent au sein de cultures. Les outils sont donc porteurs de la culture, de sa transmission et de son évolution. Les écoles nordique et américaine de la Théorie de l'Activité ont poursuivi et enrichi ces travaux autour du changement technologique et organisationnel (Engeström), des interfaces homme-machines (Kuuti, Nardi, Kaptelinin, Bødker, etc.). Les principaux représentants de la Théorie de l'Activité en France sont Yves Clot et Pierre Rabardel qui se situent dans la tradition de l'ergonomie de langue française.

2.2.2.2 L'activité, son objet, sa structure, son développement

La Théorie de l'Activité est une théorie très riche avec une histoire déjà longue et complexe (cf. encadré 2.4). La notion d'activité correspond à l'unité de base de l'analyse, au « contexte signifiant minimal pour comprendre les actions d'un individu » (Kuutti, 1996), qui intègre les caractéristiques aussi bien sociales que matérielles et cognitives des conduites. Il s'agit d'intégrer l'action individuelle dans un espace analytique large au niveau temporel et social, qui inclut aussi bien les comportements externes et des éléments externes que les processus mentaux. « *The activity of any subject is understood as the purposeful interaction of the subject with the world, a process in which mutual transformations between the pole of "subject-object" are accomplished* (Leontiev' 78) » (Kaptelinin et Nardi, 2006, p. 31).

L'activité médiée et son objet. L'activité du sujet se caractérise par une direction, des processus motivationnels, des buts conscients. Cette direction est portée par l'objet, élément analytique premier qui permet de distinguer une activité d'une autre. Le besoin lié à l'activité se traduit en un objet. L'objet porte l'intentionnalité, il détermine partiellement l'activité et maintient l'action dans sa direction. Kaptelinin et Nardi (2006, p. 59,61) rappellent que d'après Leontiev' « une motivation est un objet qui rencontre un certain besoin du sujet », le besoin stimule d'abord le sujet, de sa rencontre avec un objet émerge l'activité, le besoin devenant « dirigeant ». L'objet peut alors être conçu comme un objectif, comme « motivation objectivée » (Nardi, 1996). Un tel objet peut être matériel, comme un objet du monde à transformer (rénover une maison) ou à construire (un roman), ou plus immatériel (se faire des amis), il y a alors un résultat à l'activité. Par ailleurs, l'objet est ce qui caractérise le fait même de l'orientation de l'activité, le fait qu'elle soit une activité « orientée-objet »³². Enfin, si un objet peut changer au cours du développement d'une activité, il n'en a pas moins une certaine stabilité en tant que concept définitoire de celle-ci. Kaptelinin et Nardi (2006, p. 148) proposent également de considérer des activités poly-motivées pour lesquelles plusieurs motivations (*motives*) correspondant à plusieurs besoins (*needs*) peuvent former l'objet d'une activité.

L'activité met en relation un sujet et un objet. Comme l'a proposé Vygotsky, cette activité n'est pourtant pas une activité directe sur le monde, elle est médiée par un artefact. La Théorie de l'Activité est une Théorie de l'Activité humaine en tant qu'outillée et sociale, et l'unité d'analyse choisie doit permettre de penser aussi bien les individus que les outils culturels utilisés, lesquels sont des médiations entre le sujet et l'objet. L'activité consiste alors pour le sujet à transformer l'objet de l'activité (matériel ou non) en un résultat (*outcome*) par la médiation d'un outil ou d'un artefact. On trouve là le fameux triangle sujet - outil - objet complété de son résultat (Kuutti, 1996) (figure 2.1, à gauche en haut).

Ce triangle analytique a été étendu (figure 2.1, à gauche, complet) par Engeström (1987) pour permettre de penser l'activité comme collective, en considérant désormais une relation entre sujet, objet et communauté, et en ajoutant les deux médiateurs entre sujet et communauté et communauté et objet que sont les règles et la répartition des tâches (considérées de façon générale comme des artefacts). Une telle approche permet d'appréhender un *système d'activité* et son développement comme déséquilibre permanent entre ses pôles (du fait de tensions, de perturbations ou d'innovations) avec des phases de stabilité relative, ce qui est

32. Kaptelinin et Nardi (2006, p. 139) présentent les deux mots utilisés par Leontiev' en russe : *Objekt* comme objet du monde, *Predmet* comme contenu de pensée ou d'une action. L'objekt est dans le monde matériel objectif auquel le sujet se confronte, qui lui résiste, il est un des deux pôles de la relation sujet/objet qui définit l'activité comme transformations mutuelles. Le predmet porte plus le fait que l'activité ait une orientation.

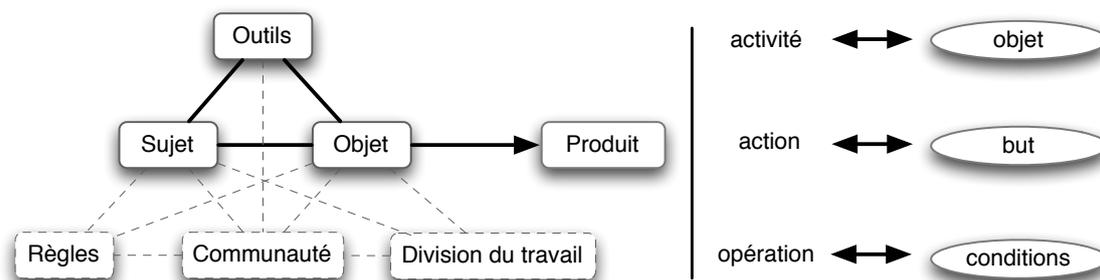


FIGURE 2.1 – À gauche : médiations selon Leontiev' (triangle réduit) et Engeström (triangle complété). À droite : structuration d'une activité, à chaque niveau correspond une orientation (Kaptelinin et Nardi, 2006, p. 62)

pertinent dans le cadre de l'étude du changement organisationnel et technologique. Kaptelinin et Nardi (2006, p. 143) remarquent que le véritable sujet d'une telle approche est le collectif, ce qui signifie que l'objet de l'activité est en fait collectif, et relève plus de la production d'un résultat commun (*objekt*). Ils soulignent que le cadre d'Engeström ne doit pas être confondu avec celui de Leontiev', l'objet étant plus chez Leontiev' ce qui motive l'individu (*predmet*).

Une activité structurée. Trois niveaux de structuration de l'activité sont proposés par Leontiev' (1984), qui permettent de prendre en compte différentes dimensions temporelles de l'activité : ce sont les niveaux de l'activité, des actions et des opérations. L'activité implique la réalisation d'actions, qui sont composées d'opérations (cf. figure 2.1, à droite). Nous nous basons principalement sur (Kaptelinin et Nardi, 2006, p. 62 et suiv.) dans cette présentation.

L'activité a un objet que le sujet cherche à atteindre, avec une temporalité longue. Le sujet peut pour cela mener des actions variées qui ne sont pas forcément directement liées à cet objet. Une action est consciente, et est associée à un but explicite dont le sujet a conscience (alors qu'il n'a pas forcément conscience à tout moment de l'objet de son activité). Une action peut impliquer l'utilisation d'un plan pour l'action ou d'une répétition mentale avant l'action³³. Une action peut avoir des sous-actions et des sous-but conscients. Enfin, les actions sont composées d'opérations. Les opérations sont réalisées de façon non consciente, et doivent être analysées comme des ajustements des actions à la situation concrète, à l'environnement, elles sont orientées vers les conditions nécessaires à la réalisation de l'action. Le sujet n'est pas conscient de ses opérations, et ajuste son activité à la situation à tout moment de l'action. Il n'est pas non plus conscient des conditions qui peuvent être aussi bien des outils que des objets, des espaces, des structures organisationnelles, etc.

Un exemple permettra de clarifier ces concepts : on peut considérer qu'*embellir sa maison* (objet) peut consister à *mettre un tableau au mur* (but) qui nécessitera entre autre de *convaincre* d'autres habitants de l'achat d'un tableau précis (but) peut-être au cours d'une *visite dans une galerie* (but), de *mettre un cheville* (but) pour pouvoir *visser un crochet* (but) mais également de *trouver une perceuse et une mèche dans l'atelier* (but) ce qui nécessitera d'*ouvrir la porte* et d'*allumer la lumière* (conditions) sans vraiment s'en rendre compte.

Les niveaux des actions et des opérations ne sont pas fixés une fois pour toute : au cours du

33. (Kuutti, 1996) parle d'IPA (*internal plane of action*) associé à une phase d'orientation de l'action « *before action is performed in the world, it is typically planned in the consciousness using a model* ».

développement du sujet les actions peuvent devenir des opérations si elles sont automatisées (j'ai dû apprendre où se trouve l'interrupteur et répéter l'allumage de l'atelier plusieurs fois avant de pouvoir le faire non consciemment), tandis que les opérations qui se passent mal peuvent redevenir des actions par « conscientisation » (si un obstacle, par exemple un balai mal rangé, se trouve entre l'interrupteur et ma main, je vais devoir consciemment enlever cet obstacle puis enclencher l'interrupteur).

Activité, sujet et développement. Une notion fondamentale de la Théorie de l'Activité est celle du développement permanent (de l'évolution) de l'activité. Un tel développement permet de penser l'évolution des sujets, des objets, des outils en considérant des échelles de temps variées : temps court de l'action (microgenèse), par exemple quelques secondes (Brasac, 2003), temps de l'histoire de l'individu (ontogenèse), histoire culturelle-historique et histoire de l'espèce (phylogenèse) (Cole et Engeström, 1993). Une telle vision est dynamique : il n'y a jamais de stabilité de l'activité ou des capacités et connaissances du sujet, le développement est permanent.

L'activité est le moteur du développement, elle se situe entre le stable, le déjà créé, l'histoire du sujet et ses invariants, et la situation et ses obstacles qui doivent être dépassés, donnant le cas échéant naissance à de nouveaux invariants (Béguin et Clot, 2004). Cela se traduit par un sujet actif, créateur, improvisateur, réflexif, résistant que décrivent Kaptelinin et Nardi (2006, p. 208 et suiv.). Le développement de l'activité vient des *contradictions* qui se manifestent sous la forme de problèmes, ruptures³⁴, *clashes*, etc. (Kuutti, 1996 ; Engeström, 2000) et qui peuvent l'amener à faire évoluer l'objet de l'activité, mais aussi ses outils ou bien encore lui-même, à des échelles de temps variées. Dans un contexte social ou organisationnel, ces contradictions apparaissent en permanence, en général du fait d'autres activités qui modifient certains éléments de l'activité considérée et sont moteurs d'innovation, de changement organisationnel, d'évolution des pratiques, etc.

Théorie de l'Activité et Action située. Une première remarque « œcuménique » consiste à considérer que l'action située correspond au niveau action et opération de la Théorie de l'Activité (pour peu qu'on oublie la notion de but de l'action) (Nardi, 1996 ; Kaptelinin, 1996). Mais des désaccords plus profonds se font jour, qui tiennent au fait que selon les chercheurs de la Théorie de l'Activité, l'action située, en mettant tous les déterminants de l'activité dans la situation, a remplacé une psychologie du sujet par une psychologie de la situation, comme si le mouvement de balancier pour remettre dans le monde ce qui en avait été ôté pour l'attribuer au sujet était allé trop loin (Béguin et Clot, 2004). L'action située a alors perdu la possibilité de s'intéresser aux régularités et aux phénomènes stables au-delà des situations, en même temps qu'elle perdait de vue le sujet (Nardi, 1996).

L'action située considère le sujet comme purement réactif à la situation (comme le serait une boule de flipper) alors que pour la Théorie de l'Activité celui-ci possède, au-delà de sa réactivité au niveau opérationnel, une motivation, un objectif, un but qui organisent l'activité³⁵. Nardi (1996) souligne également le manque de pouvoir explicatif de l'action située par rapport à l'intentionnalité : la signification ne peut pas être juste construite moment après moment, car le sujet veut faire quelque chose — et surtout y arrive — ce qui serait

34. *breakdowns* au sens de Winograd et Flores (1987) comme « *situation of non-obviousness* » nécessitant une autre manière de considérer les choses.

35. La Théorie de l'Activité s'autorise par exemple à utiliser la notion de plan prospectif dans la phase d'orientation de l'action, plan qui est non directif, mais qui donne une organisation à l'action qui pourtant sera effectivement réalisée en fonction des contingences de la situation.

Encadré 2.5 – Approche instrumentale

L'approche instrumentale a été développée par P. Rabardel et ses collègues à l'Université Paris 8, (Rabardel, 1995a ; Rabardel et Bourmaud, 2003). L'approche, inscrite dans l'ergonomie de langue française, se place dans le cadre général de la Théorie de l'Activité et en développe particulièrement la notion de médiation de la relation sujet-objet par les outils. Ceux-ci sont des moyens d'action pour le sujet et n'existent que dans leur utilisation par le sujet qui les mobilise à l'aide de schèmes (Piaget). C'est le terme d'*instrument* qui est préféré à celui d'outil. Un instrument est composé d'artefact(s) et de schèmes qui peuvent être construits par le sujet ou bien résultent de l'appropriation de schèmes sociaux d'utilisation pré-existants. En tant qu'invariant, un instrument organise l'activité et il possède un champ fonctionnel qui correspond à ce qu'il permet de réaliser. Avant d'être utilisé de façon routinière, un instrument est *construit* au cours d'un processus de genèse instrumentale, issu d'un double mouvement dirigé à la fois vers l'artefact et vers les schèmes. L'approche instrumentale est utile pour analyser les situations d'utilisation ou de construction d'instrument, elle peut également permettre d'anticiper la manière dont les utilisateurs développent leurs instruments et transforment les situations d'activité.

inexplicable sans objectifs ou buts. Par ailleurs, au niveau social et culturel, différents auteurs considèrent que l'action située n'a pas grand chose à dire, critiquant en fait au-delà l'éthnométhodologie, sa volonté athéorique (Kaptelinin et Nardi, 2006) et son indifférence aux artefacts culturels (Latour, 1994), au contraire de la Théorie de l'Activité (ou de la théorie de l'acteur-réseau), qui s'autorisent à considérer normes, procédures, signes ou outils comme autant d'artefacts impliqués dans l'activité. Si la description d'une situation peut servir à expliquer le déroulement de l'action qui s'y déroule, elle ne peut expliquer le pourquoi de cette action, ou bien un changement sociétal, ou encore le développement du sujet. L'histoire du sujet n'est d'ailleurs pas vraiment thématisée ou expliquée, pas plus que l'émergence de stabilité, de routines à partir de l'activité concrète dans sa temporalité (et pas simplement de la structure spatiale stable de l'environnement (Béguin et Clot, 2004)). Enfin, l'action située est critiquée pour ignorer le sujet, alors que la Théorie de l'Activité le valorise comme être intentionnel et moteur de développement, créatif, réflexif et résistant (Kaptelinin et Nardi, 2006, p. 199) qui au sein de l'activité rentre dans une relation créative avec la situation. « Même le geste le plus répétitif du travailleur à la chaîne est toujours unique » soulignent Béguin et Clot (2004) qui considèrent les invariants à la fois comme étayant l'action et comme construits par cette même action.

2.2.3 Artefacts, outils, inscriptions et activité

Après avoir éclairci les notions d'action et d'activité, nous pouvons désormais nous focaliser sur les artefacts dans leurs liens à ces notions. Ce sera l'occasion de nous intéresser de façon plus précise à la médiation de l'activité, aux liens entre les artefacts et la structure de l'action, aux artefacts comme construits au cours de l'activité et constituants de l'humanité. Si l'approche instrumentale est la plus utilisée ici, nous évoquerons également la cognition distribuée.

2.2.3.1 Artefacts, outils, médiation

Si Vygotsky puis Leontiev ont défini et thématisé la notion de médiation de l'activité, c'est nous semble-t-il Pierre Rabardel (Rabardel, 1995b ; Béguin et Rabardel, 2000 ; Rabardel et

Bourmaud, 2003) qui est allé le plus loin sur ces questions au sein de l'approche instrumentale (encadré 2.5).

La médiation dans la Théorie de l'Activité. Nous avons déjà évoqué rapidement la notion d'outil comme permettant de médiatiser l'activité, la relation entre sujet et objet de l'activité, entre humains et environnement³⁶. La notion de médiation a l'avantage d'inciter à penser un artefact du point de vue de son *utilisation* dans l'action et l'activité humaine significative en évitant de se concentrer uniquement sur des caractéristiques externes ou objectives trop liées à une utilisation alors pensée comme fixe (un tournevis ne servirait qu'à visser). L'outil, le couplage humain-artefact comme organe fonctionnel³⁷, est construit et utilisé dans l'action et l'activité, il est ce qui permet au sujet d'atteindre son objectif en facilitant et en contraignant l'activité. Les outils sont le résultat d'un processus historico-culturel, ils incorporent l'« expérience collective » d'une communauté, car ils ont été créés et transformés au cours de l'activité et de son développement et transmis au cours des générations, c'est pourquoi on les appelle également artefacts culturels.

Vygotsky a insisté³⁸ sur la fonction de médiation des artefacts culturels, qui peuvent être selon lui des outils matériels ou psychologiques qui régulent l'interaction du sujet avec l'environnement (transformation) et avec lui-même et les autres (régulation). Un outil psychologique (ou signe) est appelé ainsi car il est dirigé vers le psychisme, il médiatise la relation entre le sujet et lui-même ou les autres, il peut être interne ou externe. Parmi les outils psychologiques, le langage est sans doute le plus important étudié par Vygotsky, mais on trouve également des systèmes de comptage, des œuvres d'art, des mnémotechniques, des diagrammes, des signes ou des cartes, *etc.* Les outils psychologiques permettent d'expliquer le développement de processus mentaux supérieurs chez les humains.³⁹

Très récemment Gillespie et Zittoun (2010) ont proposé de regrouper les notions d'outil, d'instrument, de ressources sémiotiques, *etc.* sous le terme général de *ressources* utilisées dans l'activité significative humaine, et que seule l'utilisation permettra d'analyser (au contraire de caractéristiques physiques par exemple). Suivant Vygotsky, ils proposent de distinguer deux types principaux de ressources, celles pour agir sur le monde (outils) et celles pour agir sur soi ou les autres (signes). Ils considèrent également deux grands modes d'utilisations : l'utilisation non-réflexive, qu'ils appellent médiation, et l'utilisation réflexive, qui est la conscience réflexive de la ressource utilisée. Il s'agit ensuite de considérer les quatre catégories d'utilisations définies, et les passages entre-elles. Une telle approche est cohérente avec la Théorie de

36. « Individuals, in this perspective, never directly confront reality, but they experience and internalize it through activities using cognitive tools » (Netchine-Grynberg, 1995) cité par Kim et Reeves (2007).

37. Les organes fonctionnels sont des « configurations de ressources internes (mentales) et externes (outils, autres individus), intégrées fonctionnellement et orientées selon un but » (Kaptelinin, 1996).

38. Cole et Wertsch (1996) : « *in the year before his death he went so far as to write that the central fact about our psychology is the fact of mediation.* »

39. Un outil psychologique est utilisé dans une activité (alors appelée « acte instrumental ») qui articule processus mentaux naturels (ceux par exemple observés chez les animaux), processus mentaux supérieurs déjà existants (médiatisés) et processus externes (comportements). L'internalisation permet d'intégrer des opérations externes utilisant des instruments psychologiques matériels en opérations internes, en nouveaux processus mentaux supérieurs. Il y a redistribution développementale des composants internes et externes au sein d'une fonction. Au final, Vygotsky propose une théorie de la médiation visant à expliquer le développement par le sujet de productions intellectuelles de plus en plus élaborées à partir de fonctions sensori-motrices. « Le sujet n'est pas un reflet passif du milieu, pas plus qu'il n'est un esprit existant préalablement au contact des choses et des personnes. Il est au contraire fruit de la relation. Et la conscience n'est pas, pour ainsi dire, une source d'où seraient originaires les signes, mais le résultat des signes mêmes. Les fonctions supérieures ne sont pas seulement un prérequis à la communication, mais elles sont le résultat de la communication même » (Rivière cité par Brassac (2003)).

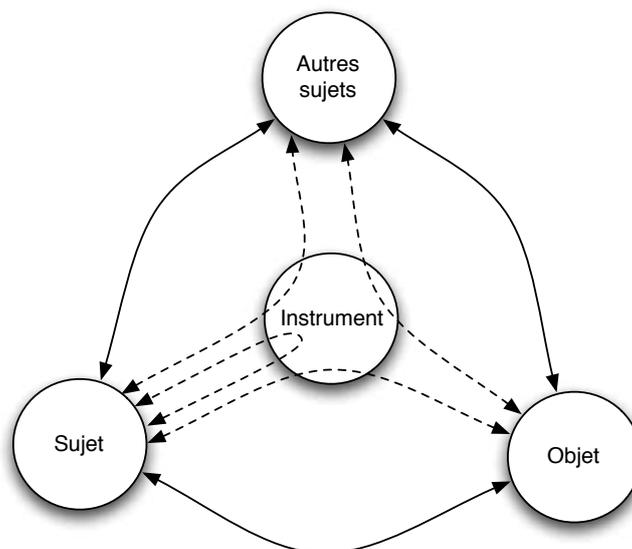


FIGURE 2.2 – Une situation d’activité instrumentée met en jeu une médiation principale entre le sujet et l’objet qui est celle de l’instrument. D’autres médiations peuvent être considérées.

l’Activité, même si elle oppose médiation et utilisation réflexive.

La médiation dans l’approche instrumentale. Deux grandes orientations de la médiation sont définies dans l’approche instrumentale (Rabardel, 1995a, p. 72). La médiation épistémique, de l’objet vers le sujet, vise à connaître l’objet de l’activité, l’outil permettant cette prise de connaissance. La médiation pragmatique, du sujet vers l’objet, vise à agir sur l’objet, l’outil est alors le moyen d’une action transformatrice (au sens large : contrôle et régulation) dirigée vers l’objet. Ces deux dimensions de la médiation sont en interaction constante au sein d’une activité.

Ces deux orientations permettent d’introduire deux types d’activités (Samurçay et Rabardel, 2004). L’activité *productive* est l’usage d’un artefact pour transformer le monde ou modifier le contexte de l’activité, par exemple en construisant un objet, en aménageant un environnement, en fournissant un service ou un enseignement. L’activité *constructive*, souvent associée à l’activité productive, est la pensée associée à l’action, la production des conditions et des moyens de l’activité future. Elle vise la prise d’information sur l’action en vue de son contrôle ou de son évaluation, la comparaison à des activités passées ; elle implique également émotions et affects dans la mobilisation et la transformation de soi pendant ou après l’action, la réflexivité, la projection dans l’action future, *etc.* L’activité constructive donne lieu à apprentissage et développement, appropriation. Activités productive et constructive sont deux faces de l’activité humaine qui s’enrichissent et se transforment réciproquement : une difficulté rencontrée au plan productif pourra donner lieu à un développement de ressources au plan constructif qui, en retour, va modifier les formes et les conditions des activités productives.

Enfin, l’approche instrumentale définit le modèle des situations d’activité collective instrumentée (SACI) (Rabardel, 1995a, p. 62) (figure 2.2) qui articule les classiques pôles sujet et objet de l’activité en y ajoutant les « autres sujets », l’outil se situant au milieu comme médiateur, permettant trois types de rapports : du sujet à l’objet de l’activité, à lui-même et à autrui.

- Comme déjà évoqué, la médiation orientée vers l’objet de l’activité peut-être médiation *pragmatique* (action sur l’objet, la transformation) ou *épistémique* (connaissance du monde, de ses caractéristiques). Dans ce dernier cas, l’outil peut à la fois informer sur l’état de l’objet en cours de transformation, et, portant les buts qui lui ont été assignés par ses concepteurs, rappeler l’activité en cours et son objet.
- La médiation *interpersonnelle* est orientée vers les autres sujets dans le contexte d’une activité collective ou sociale. Elle peut-être épistémique (voir ce qu’a fait quelqu’un) ou pragmatique (lui faire faire quelque chose).
- La médiation *réflexive* est orientée vers le sujet lui-même, se connaissant (épistémique), se régulant et se transformant (pragmatique) au moyen de l’outil, dans un rapport dialogique à lui-même, qui peut faire intervenir le soi du passé ou celui du futur dans une perspective développementale.

Rabardel et Bourmaud (2003) soulignent que tout outil peut potentiellement jouer le rôle de médiateur pour les trois relations sujet-objet, sujet-autre(s) sujet(s) et sujet-sujet des SACI, montrant qu’une « table d’activité » utilisée par des planificateurs d’interventions réseau joue effectivement ces trois rôles. Rabardel (1995a, p. 72) distingue au final quatre types principaux d’instruments et d’actions associées : instruments matériels (action sur le monde : outil à main, marteau), outils cognitifs (prise de décision), instruments psychologiques (gestion de l’activité propre), outils sémiotiques (interaction avec un objet sémiotique ou autrui).

Schémas d’utilisation d’un artefact. Les schémas d’utilisation d’un artefact sont relatifs à la gestion des caractéristiques et propriétés particulières de l’artefact mais aussi aux activités orientées vers l’objet de l’activité, et pour lesquelles l’artefact est un moyen de réalisation (Rabardel, 1995a, p. 91 et suiv.) :

- les schémas d’usage sont en lien avec les actions et activités spécifiquement liées à l’artefact (comment tenir un marteau) ;
- les schémas d’action instrumentée ont une signification liée à l’objet de l’activité (comment taper sur un clou tordu), ces schémas incluent les schémas d’usage.

Ajoutons que le statut d’un schème peut varier suivant l’activité (par exemple le schème d’action instrumentée d’un novice correspondra au schème d’usage d’un expert). Les schémas d’utilisation sont pluri-fonctionnels et remplissent des fonctions épistémiques (compréhension de la situation), pragmatiques (obtention de résultats), heuristiques (orientation et contrôle de l’activité). Un schème a par ailleurs une dimension privée (individuelle) et une dimension sociale (élaborée collectivement) et peut faire l’objet d’une transmission plus ou moins formalisée. Un schème fonctionne par assimilation à des situations nouvelles, mais peut donner lieu à accommodation pour des situations trop différentes des situations connues.

Un schème peut enfin être objet d’une activité en cas d’orientation épistémique réflexive de celle-ci. Et on peut trouver des schémas à différents niveaux, par exemple à celui de l’activité d’utilisation d’un instrument, mais aussi celui des actions dans lesquelles l’instrument est inséré en tant que moyen, ou encore celui des coordinations d’action entre acteurs différents, hommes et machines (Rabardel, 1995a, p. 143).

Instruments. Les artefacts culturels incorporent une partie de l’expérience de leur utilisation dans leur structure. La notion d’instrument de l’approche instrumentale permet finalement de penser la partie schématique de l’utilisation. Un instrument peut être considéré comme un organe fonctionnel composé d’une composante artefactuelle (un artefact, une partie d’un artefact ou un groupe d’artefacts) et d’une composante schématique (le ou les schémas

Encadré 2.6 – Cognition distribuée

Développée à l'Université de Californie San Diego autour de Hutchins et Hollan, la cognition distribuée (Hutchins, 1995 ; Hollan et collab., 2000) est une théorie d'anthropologie cognitive visant à rendre compte du fonctionnement de situations de travail technologiquement instrumentées sous la forme de systèmes cognitifs dits « socio-techniques », composés d'agents individuels et d'artefacts. La cognition est distribuée entre agents humains et artefacts, elle se passe aussi bien de façon interne aux agents qu'externe dans et entre les artefacts. Les principes d'une approche computationnelle et représentationnelle de la cognition ne sont pas remis en cause, mais appliqués au-delà de l'individu (externalisation de la cognition, qui se passe aussi bien dans la tête que dans le monde). Le système global en fonctionnement a un objectif, il transforme et propage des états représentationnels à travers différents types de médias pour atteindre celui-ci. Les études de la cognition distribuée consistent en des descriptions minutieuses du pilotage d'un avion ou d'un navire, du fonctionnement d'un atelier en analysant précisément le rôle des artefacts (papiers, notes, tableaux de bord, indicateurs, etc.) et des individus comme médias permettant l'introduction, le stockage, la transformation, la diffusion de représentations considérées comme appartenant au système global. Une information peut par exemple entrer dans le système sous la forme d'un mail, puis passer dans la mémoire d'un individu, avant d'être écrite sur un *post-it*, puis finalement lue au téléphone. Les caractéristiques des artefacts, informatiques ou non, ont des conséquences variées sur les calculs qu'ils implémentent (par exemple un sextant) et sur les trajectoires informationnelles qu'ils permettent dans le système. Les agents humains sont considérés à partir de leur horizon d'observation (la partie du système que l'agent surveille), leur compréhension partagée de la tâche, les trajectoires d'information rendues possibles par cet horizon et cette compréhension, et enfin les connaissances générales partagées.

d'utilisation associés). L'instrument organise l'activité, il possède un champ fonctionnel qui correspond à ce qu'il permet de faire. Plusieurs instruments peuvent être organisés dans un système d'instruments articulés par un instrument pivot tendant vers une co-extensivité au système d'activité (Rabardel et Bourmaud, 2003).⁴⁰ Un instrument peut être éphémère, il peut évoluer au cours d'une genèse instrumentale, comme nous le verrons plus loin.

Nous utiliserons désormais le terme d'instrument dans le sens d'artefact culturel de la Théorie de l'Activité composé d'une partie artefactuelle et d'une partie schématique.

2.2.3.2 Artefacts et représentations

La cognition distribuée (cf. encadré 2.6) fait une utilisation intensive du concept de représentation : un système socio-technique est une machine à transmettre et à transformer des représentations entre des acteurs humains et des artefacts (au sens général). On peut la voir comme une évolution de la psychologie cognitive classique intracrânienne vers la prise en compte du milieu externe dans la cognition. Il s'agit alors de reconnaître la prise en charge d'une partie des processus cognitifs de l'activité par un environnement composé de symboles, d'artefacts représentationnels (simples signes permettant par exemple l'orientation ou objets plus complexes, *checklist* ou sextant par exemple)⁴¹. Dans la cognition distribuée, certains

40. Une notion qui semble cohérente avec celle de « *web of mediators* » organisés en chaînes et en niveaux de Bødker et Andersen (2005).

41. Depuis la Théorie de l'Activité, la question se pose de l'originalité d'une telle approche. Cole et Wertsch (1996) considèrent que la cognition distribuée ne fait là que redécouvrir et justifier une fois de plus les intuitions de Wundt, Munsterberg et l'école psycho-culturelle soviétique sur le rôle déterminant des artefacts

objets matériels sont ainsi considérés comme traitant de l'information, comme computationnels, ce que Norman (1991) appelle des *artefacts cognitifs*⁴².

L'environnement est considéré au final comme déchargeant les processus mentaux humains d'une grande complexité (mémoire, calculatoire) par distribution temporelle et sociale, les processus humains se ramenant à des processus simples (par exemple une comparaison entre deux grandeurs, un choix) menés à partir de représentations. Ceci est illustré par Norman (1991) qui propose de considérer une triade sujet-artefact-tâche et deux points de vue, utilisant une certaine notion de médiation. Du point de vue système (extérieur), l'artefact amplifie les capacités du système composé du sujet et de l'artefact au regard de la tâche (cognition distribuée); du point de vue personnel du sujet (interne), l'artefact modifie les processus cognitifs et les capacités cognitives tandis que la tâche change. Norman propose également de différencier représentation interne d'un objet (son fonctionnement) et représentation de surface (ce que l'utilisateur en perçoit), tout l'enjeu étant que la représentation de surface corresponde à la représentation interne, permette d'agir sur l'objet et de percevoir les changements d'état induits en même temps. Il s'agit pour le sujet de porter tour à tour attention aux propriétés de la représentation, à celles des objets représentés, voire à fondre les deux (la représentation permettant de penser et de manipuler directement l'objet considéré) (Hollan et collab., 2000).

Kaptelinin et Nardi (2006) soulignent que la cognition distribuée est en phase avec la Théorie de l'Activité quand elle s'intéresse à la performance humaine et à la médiation de l'outil⁴³. Si nous reprenons la question des représentations — particulièrement importante dans notre questionnement propre, car liée directement à l'écriture et au marquage symbolique — celle-ci peut être envisagée depuis la Théorie de l'Activité comme se retrouvant à plusieurs niveaux :

- Certains des objets ou résultats de l'activité sont symboliques, qu'il s'agit d'interpréter et de construire (un document, un tableau d'affectation de personnes à des tâches, un niveau de danger, *etc.*).
- Certains instruments médiateurs sont ou font usage de représentations symboliques externes au niveau artefactuel (un tableau à remplir, une fiche d'instructions, un ensemble

externes dans les processus mentaux humains. Kaptelinin et Nardi (2006, p. 203-204) remarquent que la notion de distribution de la cognition remonte d'une certaine manière à Vygotsky et à sa proposition — dans une perspective développementale d'internalisation — que toute fonction psychologique est d'abord distribuée entre l'individu et les autres individus ou les outils.

42. « Outil cognitif », « technologie cognitive », « technologie intellectuelle », « artefact cognitif » sont des termes souvent utilisés quand il s'agit de penser l'homme instrumenté par un dispositif numérique. Sans prétendre nous appuyer sur une étude exhaustive, nous proposons de considérer trois cas. Les *technologies cognitives* au sens large concernent tous les outils techniques construits par l'homme et qui en sont constitutifs dans une approche considérant la technique comme constitutive (Steiner, 2010) (cf. § 2.2.3.4). On pourra alors s'intéresser à la modification des possibilités cognitives humaines associée à l'évolution des techniques. Les *outils* ou les *artefacts cognitifs* sont des technologies cognitives mettant en jeu des représentations. Il s'agit alors de les étudier, souvent dans le cadre d'une distribution de la cognition entre l'artefact et l'acteur, suivant le point de vue du système qui voit augmenter ses capacités cognitives, ou de l'acteur qui voit sa tâche modifiée. Norman (1991) les définit comme « *those artificial devices that maintain, display, or operate upon information in order to serve a representational function and that affect human cognitive performance* » et donne des exemples de calendriers, listes de choses à faire, ordinateurs, ou nœuds dans un mouchoir. Au niveau théorique, il s'agit par exemple d'étudier une approche externaliste de la pensée (Steiner, 2007). Au niveau pratique on pourra s'intéresser aux environnements de travail et à la distribution des informations, ou encore, à la manière dont l'utilisation de tels outils plus ou moins « intelligents » par des apprenants leur permet d'acquérir des connaissances dans les EIAH (Kim et Reeves, 2007). Enfin, les *technologies intellectuelles* sont des artefacts cognitifs qui mettent en jeu l'activité intellectuelle de représentation externe, de manipulation de représentations, *etc.* Il s'agit d'outils qui aident à penser, sur lesquels nous reviendrons.

43. Ce qu'elle est moins lorsqu'elle considère un système composé de nœuds humains et artefactuels, ce qui la rapproche de la théorie de l'acteur-réseau.

de voyants, *etc.*), qu'il y a alors lieu d'interpréter en tant que telles pendant l'activité pour atteindre l'objet, et qui mettront éventuellement en œuvre des transformations de représentations symboliques.

Par ailleurs, la notion de « représentation mentale » du fonctionnement d'un système ou d'une situation est plus ou moins utilisée dans la Théorie de l'Activité en lien avec le processus d'internalisation. D'une part nous l'avons déjà évoqué en parlant du *internal plan of action* permettant l'orientation. Kaptelinin et Nardi (2006, p. 217) parlent de ces représentations comme permettant un mode d'action putatif, permettant la créativité et citent Wartofsky qui insiste d'ailleurs sur l'*activité de représenter* plutôt que sur les représentations. D'autre part Rabardel n'hésite pas thématiser la notion de « représentation pour l'action » en lien avec les schèmes d'utilisation d'un instrument, montrant par exemple que deux instruments différents de commande d'un robot pédagogique peuvent donner lieu à la construction de deux types de « représentations pour l'action » différents (Rabardel, 1995a, p. 144). Nous considérons personnellement que ces diverses représentations n'existent que dans le langagier au sens large, soit dans le dialogue intérieur, soit dans l'extériorisation verbale, textuelle, graphique qui permettra de l'atteindre de façon intersubjective.

2.2.3.3 Artefacts et structure de l'action

Marteau, voiture, paire de lunettes, crayon, papier, application informatique, porte, robinet... toutes sortes d'artefacts (au sens large) existent avec lesquels l'acteur (inter-)agit pour mener son action ou son activité. Ces artefacts contribuent *en tant que tels* à la structuration de l'action et de l'activité, nous présentons dans la suite quelques manières de penser celle-ci.

Affordances et pilotage de l'action. L'action située se concentre sur la situation pour y repérer les déterminants de l'action que sont les objets signifiants présents (avec les autres sujets). Cette position se rapproche de la psychologie écologique de Gibson (1986) dans laquelle les affordances⁴⁴ sont caractérisées par la perception *directe* d'objets signifiants, notamment d'une signification immédiate pour l'action, d'une possibilité d'action (Béguin et Clot, 2004). Il n'y a donc pas vraiment de médiation, la perception de la possibilité d'action ainsi que l'action sont directes, c'est la situation qui met en relation acteurs et objets significatifs dans une action toujours à construire. Les artefacts sont alors directement structurants de l'action.

Représentations spatio-symboliques et action. La cognition distribuée met particulièrement l'accent sur la structuration de l'action et de l'activité par des représentations extérieures spatio-symboliques formées par un ou plusieurs artefacts. Norman (1991) considère par exemple que les objets contrôlent ainsi l'action, soit en la représentant (pour faciliter la manipulation ou l'exécution de la tâche) soit en servant de support informationnel pour la réalisation de celle-ci (mémoire et traitement). Les artefacts normatifs purement symboliques tels que les règles, procédures, consignes, *workflows* ou recettes présentent ce qu'il y a à faire, et participent également à la structuration de l'activité. Les artefacts spatio-symboliques

44. L'objectif de Gibson était de lutter contre un modèle représentationnaliste de la perception dans lequel l'objet est d'abord représenté en mémoire avant d'être traité. La notion d'affordance dans le design a été introduite en 1988 dans la première édition de (Norman, 2002) pour considérer les propriétés des objets et la manière dont leur conception affecte l'acteur et la tâche, mais Norman (2010) reconnaît que le concept a été mal compris. Notamment, différents auteurs en sont arrivés à séparer affordances et perception (McGrenere et Ho, 2000), les rendant indépendantes des capacités des acteurs à les percevoir. Norman préfère désormais parler de la notion de signifiant pour remplacer ce que les designers appelaient affordances, à savoir tout signe utile dans le cadre d'une activité.

utilisent en plus la notion d'espace pour présenter à l'acteur l'état d'un processus en cours (par exemple pour la gestion d'avions dans une tour de contrôle avec des *strips* (Salembier et collab., 2001), ou bien l'ensemble des opérations déjà menées sur un objet), mais aussi de fournir un guidage de l'action (ce qu'il reste à faire pour une recette de cuisine est directement visible dans les ingrédients restant sur un plan de travail). Cette notion est proche de celle d'asservissement de l'environnement, qui consiste à structurer celui-ci, à le préparer de façon à faciliter la réalisation de la tâche. Hollan et collab. (2000) rappellent ainsi que les acteurs ont un corps orienté dans l'espace et que certains arrangements spatiaux simplifient les choix ou la perception, tandis que les arrangements « spatio-dynamiques » simplifient la computation interne de l'acteur. Une partie de l'action consiste alors entre autres à préparer la situation pour l'action (Kirsh, 1995), à « projeter des plans dans l'environnement » (Conein et Jacopin, 1999) très souvent de façon inconsciente, l'environnement étant considéré comme un « allié dans le contrôle de l'activité ».

Pré-structuration de l'activité et de l'action. La Théorie de l'Activité considère que l'activité a un objet qui joue le rôle de contrainte endogène et qu'elle est toujours sous-déterminée par les artefacts : le moteur de l'activité est humain et les opérations sont des ajustements de la réalisation des actions à la situation. Les objets physiques tout à la fois *permettent* au sujet de réaliser l'objet de son activité et *limitent* son action en masquant une partie du potentiel de transformation (Nardi, 1996). Ils reflètent l'expérience de leur utilisation par d'autres qui ont cherché à résoudre des problèmes similaires ou les ont améliorés. Cette expérience est accumulée dans leur structure (forme, matériel) mais aussi dans la connaissance sur la manière dont l'objet est utilisé (Kaptelinin et Nardi, 2006, p. 70). Dans le cadre de l'approche instrumentale, Pierre Rabardel (1995a, p. 140 et suiv.) propose à nouveau une réflexion très riche sur la notion de *pré-structuration* de l'activité, qu'il appelle « activité requise » (même si, bien entendu, restent d'infinies variations des possibilités d'action). La pré-structuration de l'activité se base sur diverses contraintes qui sont :

- les contraintes de modalité d'existence, ou pré-structuration artefactuelle, qui dépendent des propriétés de l'artefact en tant qu'il est objet matériel ;
- les contraintes de finalisation qui sont liées à l'activité et à ses objets, l'artefact n'étant ici pas seulement matériel, mais servant à mener des actions ;
- les contraintes de structuration de l'action de l'utilisateur qui sont liées à l'anticipation par les concepteurs du fonctionnement de l'artefact.

La pré-structuration de l'activité peut être passive (un marteau), passive organisée (un programmeur de chauffage), ou bien active (un système qui réagit à un modèle de l'utilisateur actualisé au fur et à mesure de l'activité). Elle dépend également bien entendu à un instant des modifications de l'objet qu'elle a déjà entraînées, notamment dans le cadre d'une activité constructive. Enfin les schèmes participent aussi à la pré-structuration de l'activité, ce que Rabardel appelle pré-structuration instrumentale d'une activité relativement requise.

Artefacts et coordination sociale. La dimension sociale de l'activité, qu'elle soit reconstruite en permanence comme dans l'action située ou l'ethnométhodologie, ou bien point de départ de l'internalisation des fonctions mentales supérieures dans la Théorie de l'Activité, part de la proximité spatio-temporelle des acteurs dans les situations. On parlera alors de co-présence et de communication, de production d'intelligibilité commune, d'accès conjoint aux ressources, de partage d'action intentionnel ou non (Salembier, 2007, p. 75), d'horizon d'observation (cognition distribuée), *etc.* Dès qu'il s'agit d'aller au-delà de cette proximité spatio-temporelle, la coordination de l'activité passe forcément par l'utilisation d'artefacts, ce que Latour (1994) appelle des « non-humains » : « en déhanchant l'interaction pour nous

associer à des non-humains, nous pouvons durer au-delà du temps présent, dans une autre matière que celle de notre corps et interagir à distance, chose absolument impossible à un babouin ou à un chimpanzé ». D'une certaine manière, une grande partie des travaux du champ du CSCW concernent la coordination entre les individus au sein de collectifs et aux artefacts qui rendent possible celle-ci (Schmidt et Simone, 1996). Salembier et collab. (2001) montrent qu'on peut pour cela utiliser des outils de workflow directifs ou bien des outils plus ouverts qui permettent à la régulation d'émerger, auquel cas il suffit de « médiatiser l'interaction ». D'autres travaux s'intéressent à la médiation fournie par les artefacts dans la construction de communautés ou le fonctionnement de communautés, tels les « objets frontières » (Star et Griesemer, 1989), les « objets intermédiaires » (Vinck, 2009) ou l'histoire des interactions telle qu'elle est conservée dans un système qui en change la signification pour les utilisateurs (Dourish, 2001, p. 187). De tels objets médiatisent aussi bien la construction de connaissances communes que les interactions. Une approche similaire peut être considérée dans la théorie des transactions communicationnelles (Zacklad, 2004) avec par exemple la notion de « Document pour l'action ».

Artefacts et action réflexive. Les artefacts matériels sont souvent impliqués dans la réflexivité (cf. encadré 2.7) de l'action et de l'activité. On considère en général trois cas correspondant à trois orientations.

- L'orientation vers *l'action immédiate ou juste passée* (conscience), où les artefacts sont des miroirs de l'activité, ses traces « instantanées » qui peuvent soit la guider (*affordances* par exemple) soit sont des supports d'une prise de conscience de celle-ci en tant que telle. Le « dialogue avec la situation » actif et intuitif proposé par Schön (1984) s'appuie sur la situation présente dans ses composantes matérielles. Les artefacts « *ReflectOn* » de Pattie Maes rentrent dans cette catégorie.
- L'orientation vers *l'activité passée* ensuite (rétrospection), où les artefacts sont des traces persistantes de l'activité passée qui permettent un dialogue avec celle-ci (et avec soi-même au passé en train de la mener). Objets ou outils manipulés portent les marques du déroulement processuel de l'action (Ollagnier-Beldame, 2006) et peuvent être support d'une conceptualisation de celle-ci en tant que telle, qui peut donner lieu à développement, narration de soi-même (Bationo-Tillon, 2006), construction ou amélioration de ses outils, etc.
- L'orientation vers une *activité future* enfin (mémoire prospective), où les artefacts sont modifiés (par exemple tracer trois colonnes sur une feuille de papier) ou disposés (par exemple poser un objet près d'une porte, un outil sur une table) en vue d'une l'action ou d'une interprétation future, ce qui correspond à la pré-structuration de l'activité que nous évoquons plus haut.

2.2.3.4 Artefacts et développement

Nous continuons ici notre enquête en nous intéressant à la transparence ou non des outils dans l'activité, à leur construction au cours de l'activité et enfin à leur caractère constitutif.

Encadré 2.7 – Réflexivité

La réflexivité est la faculté d'entrer en relation avec soi-même, son activité, ses processus, elle se base sur des inscriptions mnésiques ou matérielles. Au niveau cognitif, la faculté réflexive du sujet permet la régulation inconsciente de l'action, le contrôle conscient de celle-ci, et est source de développement et d'apprentissage par construction de représentations à partir du réfléchissement de formes signifiantes (Piaget, Vygotsky). Elle est souvent associée à la notion de métacognition issue de la psychologie cognitive, très utilisée dans la recherche en EIAH, qui définit les connaissances métacognitives comme connaissances sur soi-même et ses processus cognitifs et les compétences associées comme liées à la régulation effective de celle-ci (Gagnière, 2010). La notion même de réflexivité peut être critiquée si on considère que toute pensée est toujours déjà réflexive, prenant appui sur ce qui l'a précédée — pensées, organisation matérielle de la situation — et donc que toute activité est également réflexive. La réflexivité est utilisée dans un cadre scientifique afin de confronter un sujet à des traces de son activité, afin de le faire par exemple verbaliser la dimension signifiante de celle-ci (autoconfrontation) ; il est également possible de chercher à atteindre la dimension pré-réfléchie de l'expérience et à expliciter celle-ci, en assistant la rencontre du sujet avec celle-ci suivant un « acte réfléchissant » (Vermersch, 1994) avant d'en explorer les dimensions cognitives, affectives, corporelles.

La réflexivité est également considérée comme importante dans le cadre scolaire — réflexion individuelle et de groupe pour l'apprentissage collaboratif (Yukawa, 2006), les tâches créatives (Johnson et Carruthers, 2006) — et la formation professionnelle (pratique du debriefing, analyse et conceptualisation de l'action, séminaires de retours sur pratiques, *etc.*). Les pratiques professionnelles sont par ailleurs supposées en bénéficier notamment dans le cadre de la « réflexion dans l'action » (Schön, 1984) qui consiste à être capable de prendre conscience de son manque de connaissances ou des limites de ses connaissances théoriques et d'être ouvert au « retour » (*backtalk*) de la situation quand cela est nécessaire. La réflexion *a posteriori* sur l'action consiste en un retour sur sa pratique, voire à l'analyse de sa pratique comme moyen d'investigation pour un chercheur (surtout en anthropologie). Issue de la pensée critique (notamment liée au *gender studies*), la réflexion critique consiste pour un praticien à chercher à critiquer en permanence son attitude, sa pratique, ses valeurs, son identité et ses outils afin d'en expliciter les aspects tenus pour acquis et chercher à mettre en œuvre les connaissances gagnées dans une démarche de transformation (Sengers et collab., 2005).

Une question importante est celle de l'événement déclenchant une activité réflexive, qui arrête le cours d'action standard pour amener un individu à prendre sa propre activité comme objet. Une réponse classique est que de tels éléments découlent souvent de ruptures externes, d'empêchements de l'action, qui forcent le passage de la connaissance dans l'action à la réflexion en action. Un autre type d'événement est l'avènement d'une signification quelconque au cours de l'action, qui prend le pas (par exemple émotionnellement) sur celle-ci.

Transparence de l'outil. Un outil est transparent⁴⁵ quand son utilisateur ne se rend pas compte qu'il l'utilise, c'est-à-dire que l'outil médiatise une relation entre le sujet et l'objet de l'activité qui apparaît comme directe, l'outil se faisant alors « oublier ». Plusieurs auteurs ont repris cette notion de médiation directe. Winograd et Flores (1987) et Dourish (2001) se basent dans un cadre technologique sur la distinction proposée par Heidegger entre objets « *ready-to-hand* » (*Zuhanden*, que l'on peut étudier) et objets « *present-at-hand* » (*Vorhanden*, qui d'une certaine manière ont été incorporés et donc disparaissent de l'horizon de connaissance). Bannon et Bødker (1991) proposent de parler d'objets « *Thing* » et « *In use* ». Lenay et collab. (2007) distinguent outils « en main » et outils « déposés ». Les outils en main, transparents, sont devenus au cours de l'appropriation une partie du corps propre du sujet et ont disparu de sa conscience. Ce qui différencie les outils techniques des organes sensori-moteurs biologiques ou des cadres de la pensée est qu'ils peuvent être déposés pour être réparés, fabriqués, inventés. Une particularité essentielle des outils techniques provient du va-et-vient entre ces deux modes.

Rabardel a également étudié la question de la transparence, en posant comme principe que les propriétés des artefacts dépendent uniquement de leur pertinence pour l'action (Rabardel, 1995a, pp. 146–147), et que la transparence doit être référée à l'utilisateur et à son activité : elle ne se décrète pas. Il décrit la dialectique entre l'outil transparent et l'outil apparent comme classique dans le champ de la conception. Il différencie les approches « boîte noire » et les approches « boîte de verre », dans lesquelles l'artefact ou une partie de l'artefact doit être visible afin que le sujet puisse en tenir compte dans son activité, de telle sorte que les utilisateurs puissent comprendre les caractéristiques importantes des systèmes⁴⁶. Se situant dans une approche boîte de verre à l'instar de Dourish (2001), il propose (p. 151) la notion de *transparence opérative* comme permettant de déterminer les propriétés caractéristiques de l'instrument pour l'action de l'utilisateur, ainsi que la manière dont l'instrument les rend accessibles, compréhensibles, voire perceptibles par l'utilisateur. Ces caractéristiques comprennent la structure, le fonctionnement, le comportement de la machine elle-même ; l'objet sur lequel l'opérateur agit à l'aide de l'artefact, ses caractéristiques et propriétés, telles qu'elle sont prises en compte par l'artefact et pertinents en fonction de l'action ; et enfin les interactions entre l'artefact et l'objet (nature, forme, contenu). Il remarque également que la transparence opérative est inscrite dans le temps, car les caractéristiques peuvent faire référence au présent (action présente, retour d'action), au passé (interprétation de la situation présente en regard des situations passées, notamment dans une perspective de construction de schèmes) ou au futur (anticipation des effets des actions, condition du maintien de schèmes).

Construction et évolution d'outils. La question de l'évolution des outils est liée au sens large au développement de l'activité, elle peut être considérée à des échelles temporelles variées. Au temps long, l'objet peut changer, mais de manière mesurée. Sur des temps plus courts, on a vu que Samurçay et Rabardel (2004) proposent de considérer une composante de l'activité comme constructive donnant lieu à évolution des instruments associés par élaboration de ressources internes et externes : modification de l'artefact (la partie artefactuelle de l'instrument devient objet de l'activité), modification de soi-même (schèmes, savoirs). Bien

45. La notion de transparence a également été utilisée par Weiser (1991) qui affirme dans un cadre informatique que « *the most profound technologies are those that disappear. They weave themselves into the fabric of every day life until they are indistinguishable from it* ». De tels concepts résonnent avec la notion de pervasivité, d'interfaces invisibles. Weiser et Brown (1996) ont précisé la notion de « technologies calmes » qui sont des dispositifs techniques qui exploitent l'attention périphérique des utilisateurs, sans que ces derniers ne soient dominés par les technologies.

46. Ce que Daniel Kaplan appelle des objets « piquants » et donc non transparents

entendu, l'activité ne peut en permanence être constructive, car l'activité productive et sa stabilité relative dépendent de la stabilité de l'instrument.

La notion proposée par Rabardel (1995a, pp. 111-117) pour conceptualiser l'émergence des instruments comme artefacts et schèmes, leur constitution par le sujet et leur évolution est celle de *genèse instrumentale*. Celle-ci est à l'initiative du sujet et possède une double orientation — éventuellement simultanée — vers le sujet et vers l'artefact. L'*instrumentation* est dirigée vers le sujet lui-même, elle consiste à construire de nouveaux schèmes d'utilisation (par accommodation, coordination, combinaison) ou à en adapter des existants (assimilation). L'*instrumentalisation* est dirigée vers l'artefact, elle consiste pour le sujet à allouer à celui-ci le statut de moyen pour l'activité, à lui attribuer une fonction ou des propriétés pertinentes pour l'action, à le conformer à ses objectifs. L'instrumentalisation peut être locale, temporaire ou conservée durablement.

Rabardel présente un exemple qui illustre ces notions dans le domaine des représentations : des sujets construisant des dessins techniques font évoluer leur instrument en détournant le symbolisme des hachures (dont le sens canonique est *plan de coupe* et *type de matériau*) en leur affectant une signification nouvelle de *zone technologiquement significative* (instrumentalisation) et en construisant les schèmes d'utilisation associés (instrumentation).

Derrière la notion de genèse instrumentale pointe la notion d'appropriation ou même de conception continue dans l'usage (Rabardel, 1995a, p. 132) dans laquelle un sujet ou un collectif prolongent la conception initiale de leurs instruments et outils. Ce type de genèse instrumentale s'inscrit dans les temporalités longues qui sont celles du développement (jusqu'à plusieurs dizaines de mois), il permet de réduire le décalage entre la logique de conception de l'artefact (fonctions constituantes dues au concepteur) et sa logique d'utilisation (fonctions constituées élaborées au cours de la genèse instrumentale). Folcher (2003) montre par exemple que la structure finalement utile de l'information dans un système de gestion des connaissances prend appui sur la structure proposée par le concepteur mais provient au final de la structure de l'activité elle-même telle qu'elle s'y inscrit, concluant que l'unité d'analyse et d'action de la conception anthropocentrique d'instrument doit prendre en compte aussi bien la conception initiale que la conception dans l'action. D'autres auteurs (Norman, 2002 ; Dourish, 2001) vont également parler d'appropriation comme le fait que les sujets rendent significatives des caractéristiques des artefacts de par leur utilisation au sein de pratiques et en conséquence insistent sur la nécessité de permettre cette appropriation, voire de concevoir *pour elle*. Edmondson et Beale (2008) s'inscrivent dans la ligne de la cognition distribuée et proposent la notion de « cognition projetée » en insistant sur l'intentionnalité de l'activité des agents, sur le caractère actif et volontaire de distribution de la cognition de la part du sujet, ce qu'on peut considérer comme la mise en place d'un instrument. La conséquence pour la conception de systèmes, surtout numériques, est que ceux-ci doivent prendre en compte la possibilité pour l'utilisateur de projeter ses intentions de distribution de l'activité et de la cognition dans l'outil en considérant spécifiquement ces moments de distribution (et de développement).

Au bilan, il apparaît que la temporalité de la modification de l'instrument peut aller de la micro-genèse instrumentale (par exemple comme improvisation dans le cadre de l'action) à la genèse dans le temps long (par exemple dans une usine, impliquant un collectif) ou encore plus long (équipement d'une communauté humaine par des outils prolongeant toujours plus la manipulation hors de la main). L'instrument est à chaque échelle temporelle un moyen de capitalisation et de transmission de l'expérience accumulée.

Artefacts techniques constitutifs. Nous terminons cette partie en décrivant un peu plus précisément cette notion que nous avons déjà rencontrée plusieurs fois.

Au-delà des trois disciplines que nous avons rapidement passées en revue, on constate dans les approches post-cognitivistes une volonté générale de penser les liens entre la technologie et les humains, leur co-définition. Nombre d'auteurs liés à ce courant sont en accord sur le fait que la technique est constitutive de ce qu'est l'humain, de façon cohérente avec les propositions philosophiques de Leroi-Gouhran, Simondon, Stiegler ou Bachimont. L'originalité est ici que cette idée est également proposée en psychologie, certains psychologues ayant explicitement argumenté en faveur de la nécessité d'étudier la technique pour étudier les phénomènes psychologiques.

Nous avons déjà évoqué Vygostky ou Leontiev' pour lesquels les artefacts ne servent pas juste à faciliter des processus mentaux qui existeraient autrement, mais fondamentalement les forment et les transforment. Cole et Wertsch (1996) ajoutent d'autres penseurs ayant insisté sur cette « *intimate connection between the special environment that human beings inhabit and the fundamental, distinguishing, qualities of human psychological processes* », une notion que l'on peut faire remonter à Hegel et Marx, mais aussi Dewey, Durkheim, Luria, ou Stern. On peut également considérer des psychologues français tels que Wallon ou Meyerson. Ce dernier, cité par Brassac (2003), affirme qu'« au sein de cette co-détermination des altérations des mondes physique et mental qui marque la conduite humaine, l'artefact technique a la part belle. Il y a constamment action réciproque du milieu et de l'agent, du technique et du mental, de l'expérience et de l'esprit. On peut même dire que les termes de ces dualités ne sont jamais que des pôles théoriques : il n'y a pas de technique qui ne soit pénétrée d'esprit, d'expérience qui ne soit modelée par la raison et réciproquement (Meyerson, 1987 : 68) ». Ceci signifie pour Rabardel (1995a, p. 31) que « l'homme doit alors être étudié où il a mis le plus de lui-même, dans ce qu'il a fabriqué, construit, institué, créé pour édifier ce monde humain qui est son vrai lieu naturel : les outils, les techniques, les langues, les institutions, la littérature, les arts, etc. ».

Certaines questions portant sur la différenciation entre les acteurs et les artefacts, sur les différents statuts que ceux-ci peuvent prendre se posent cependant. Elles révèlent des points de vue différents sur la *symétrie* éventuelle entre les hommes et les artefacts dans les théories que nous avons présentées. Du côté de la symétrie, la sociologie de la traduction ou théorie de l'Acteur-Réseau (Callon, 1986) s'intéresse au fonctionnement de réseaux d'acteurs composés d'humains et de non-humains (artefacts, organisations) qui participent à la traduction de représentations et à leurs déplacements au sein du réseau. Humains et non-humains sont pensés suivant un principe de symétrie généralisée où tous les acteurs ont une agentivité équivalente, ce qui est souvent considéré comme absurde, car un système machinique n'a pas de besoins. La cognition distribuée propose quant à elle de considérer un système fonctionnel composé de personnes et d'artefacts qui sont caractérisés par leur capacité à transformer et à véhiculer des états représentationnels. L'intelligence, la connaissance sont alors manifestées au niveau du système et non de l'individu, et sujets et objets sont considérés comme équivalents. La critique se focalise alors sur le fait de négliger l'homme en tant que moteur de l'action d'une part, sur la faible valeur heuristique de cette équivalence d'autre part. Enfin, les derniers travaux de Suchman (2006) prennent appui sur la théorie de l'acteur-réseau et sur la notion d'agentivité pour défendre une restauration des frontières entre humains et machines (mise en question par une redéfinition de l'agentivité), non en vertu d'un ordre naturel, mais comme un acte de remise en cause historiquement et culturellement spécifique. Une telle remise en cause est considérée nécessaire afin de pouvoir étudier en quoi humains et non-humains sont historiquement et culturellement constitués et en quoi des objets peuvent être considérés

comme sujets (accédant au statut d'acteur), ou des humains comme des objets (réifiant par exemple des exécutions de procédures). Salembier (2007) nous semble trouver ce discours ambigu, une analyse à laquelle nous souscrivons. Nous préférons personnellement suivre la Théorie de l'Activité et Béguin et Clot (2004), Rabardel (1995a) ou Kaptelinin et Nardi (2006) qui affirment clairement que l'homme est le moteur des processus de développement, quels qu'ils soient, et une asymétrie entre humains et artefacts.

Une dernière idée nous semble importante à considérer à propos du développement des instruments dans le temps long de l'histoire et de la culture, le fait que la technique⁴⁷, les artefacts⁴⁸ portent et transmettent la culture et l'humanité, que technique et humanité se co-déterminent, qu'il existe un monde socio-technique toujours déjà présent, qui détermine et est déterminé par l'activité humaine. La notion de médiation de la Théorie de l'Activité permet de penser cet entre-deux dans une perspective développementale et historique, les artefacts et l'activité toujours sociale étant toujours vecteurs de transmission d'expérience cristallisée au sein d'une culture. Winograd et Flores (1987) affirment que « grâce à l'apparition de nouveaux outils, nous parvenons à une conscience transformée de la nature humaine et de l'action humaine, qui en retour amène de nouveaux développements technologiques. Le processus de conception fait partie de cette "danse" grâce à laquelle la structure de nos possibilités se constitue. »

Engeström (1999) remarque que « *the idea is that humans can control their own behaviour — not "from the inside", on the basis of biological urges, but "from the outside", using and creating artifacts. This perspective is not only optimistic concerning human self-determination. It is an invitation to serious study of artifacts as integral and inseparable components of human functioning* ». Winograd et Flores (1987) disaient déjà : « *all new technologies develop within the background of a tacit understanding of human nature and human work. The use of technology in turn leads to fundamental changes in what we do, and ultimately in turn what it is to be human. We encounter the deep questions of design when we recognize that in designing tools we are designing ways of being* » ce qui signifie que « *the transformation we are concerned with is not a technical one, but a continuing evolution of how we understand our surroundings and ourselves - of how we continue becoming the beings that we are.* » Une telle prise de conscience de la nécessité de penser de façon réflexive le changement technologique entraîne un certain sens de la responsabilité du scientifique, de l'ingénieur et du concepteur à penser les conséquences à long terme des outils mis en place — par exemple les conséquences des outils de classification (Bowker et Star, 2000), qui disent quoi oublier et comment oublier.

2.2.4 Artefacts numériques

Après avoir exploré les notions d'action et d'activité, puis celle d'artefact au sein des théories post-cognitivistes, nous pouvons remarquer que tout ce que nous avons dit concerne en fait des artefacts quelconques, sans statut numérique particulier. Notre objectif étant de nous intéresser à des inscriptions *numériques*, nous portons maintenant notre exploration vers l'influence du post-cognitivism sur les questions liées aux technologies numériques. Un tel champ est évidemment très ouvert, et si nous ne prétendons pas le maîtriser, il nous semble qu'on peut analyser les choses de deux façons : l'analyse et la conception de systèmes interactifs, et l'analyse et la conception de systèmes d'activité.

47. Considérée comme mémoire de l'humanité, mettant en jeu « 1/ la capacité humaine à créer des artefacts, 2/ la capacité associée de transmettre la connaissance accumulée aux générations suivantes » (Cole, 1998) cité dans (Norman, 1991).

48. Par exemple les rétentions tertiaires de Stiegler (1994a).

La première thématique porte l'accent sur le caractère numérique des artefacts et se concentre prioritairement sur *l'action* et la notion d'interaction, le temps court, dans une évolution du design d'interface vers le design d'interaction et la prise en compte de l'expérience. Les courants post-cognitivistes amènent une façon de penser l'interaction avec les artefacts technologiques, ainsi qu'une source d'inspiration dans la discipline de l'interaction homme-machine (IHM) au sens large. La seconde thématique pense plutôt les technologies numériques en accord avec la question plus générale des technologies de l'information, en ne théorisant pas forcément la numéricité des artefacts, et en orientant la réflexion sur *l'activité*, les objets qui durent et s'échangent, la communication et la coordination, la reconception et le temps long. Les systèmes d'information permettent à des collectifs instrumentés d'agir et d'interagir dans le monde : il s'agit de penser leur analyse et leur conception, en comprenant le système technologique dans l'activité (collective) et l'organisation. La discipline principale est alors celle du travail collaboratif (CSCW).

2.2.4.1 Analyse et conception de dispositifs interactifs

Dans sa définition large, l'interaction suppose une influence ou une action réciproque entre deux éléments. L'interaction homme-machine suppose qu'un humain agisse sur une machine, laquelle exercera également une influence sur lui, ce qui exclut les dispositifs trop simples qui ne sont pas en général considérés comme interactifs. Un marteau ne sera par exemple pas généralement considéré comme un dispositif interactif avec lequel le porteur interagirait⁴⁹, tandis qu'une voiture le sera, signalant un problème ou un autre et offrant de multiples moyens d'action.

Par rapport à des systèmes physiques trop simples, les dispositifs numériques offrent l'avantage de permettre de décaler la réaction du système dans le temps (un ordinateur sera considéré comme *actif* au sens où il va mener des calculs dont il pourra faire part des résultats à l'humain) à un tel point que celui-ci peut donner l'impression d'agir spontanément sur un humain qui devra alors à son tour réagir. La question de l'agentivité de la machine dont nous avons dit un mot plus haut se pose tout de suite : dans quelle mesure peut-on dire que l'humain et le non-humain interagissent ?

L'approche classique de l'interaction homme-machine numérique des années 1970 considèrerait que l'homme en tant que processeur humain n'était au fond pas différent de la machine avec laquelle il interagissait, l'interaction homme machine se résumant alors à une interaction formelle machine-machine à travers un canal de communication. Comme on l'a dit, les limites de ce modèle ont commencé à apparaître très vite, notamment en lien avec l'apparition des interfaces graphiques et c'est avec l'ouvrage coordonné par Carroll (1991) que de nouvelles propositions ont pu être clairement exprimées pour répondre à des problèmes théoriques sérieux mais également à la non-utilisation complète des travaux théoriques par les praticiens même informés⁵⁰.

Les approches post-cognitivistes ont amené une réflexion large sur différents sujets liés à l'action située et à la médiation⁵¹, plaçant le dispositif numérique dans un contexte étendu, amenant par exemple à se poser la question de la signification de l'action vécue, ou des

49. Quoiqu'il résiste clairement à la pression des doigts et renvoie des informations.

50. Par ailleurs, la dimension intrinsèquement technique de la construction d'interfaces hommes machines a toujours amené les techniciens à construire des artefacts plus ou moins indépendamment de leur utilisation et du contexte, comme le montre par exemple le fait de considérer à la fin des années 1990 une interface comme du « sucre » sur une base de données.

51. Si nous reprenons le marteau évoqué plus haut, est-ce qu'un clou à moitié planté et la planche associée ne sont pas un dispositif interactif pour un humain équipé ?

Encadré 2.8 – Manipulation directe

La manipulation directe (Shneiderman, 1983 ; Hutchins et collab., 1985) est un « modèle d'interaction » abstrait dont le principe est de représenter explicitement les objets informatiques que l'utilisateur manipule, et de lui permettre d'agir directement dessus. Un exemple standard est la matérialisation d'un fichier par une icône, qu'il est possible de supprimer directement, ou bien le fait d'agir *directement* avec un tableau de chiffres dans un tableau). Les principes liés à la manipulation directe sont : la représentation continue des objets d'intérêt, la possibilité d'agir « physiquement sur les objets » (et non au moyen d'une syntaxe complexe), un traitement rapide, incrémental et réversible des actions donnant lieu à une modification immédiate de l'objet d'intérêt et sa représentation, une approche aisée de l'apprentissage de la manipulation. La mise au point de tels concepts visait à permettre de penser les interfaces graphiques au-delà de l'interaction avec l'ordinateur par ligne de commande. Kuutti (1996) remarque que les principes même de manipulation directe avaient été utilisés dans des systèmes concrets bien avant leur théorisation.

multiples interactions possiblement médiées par un système informatique : avec le monde et ses objets ; avec soi-même ; avec les autres dans le cas du collaboratif ; avec une partie du système lui-même ; *etc.* Certaines études ont pu se concentrer sur les objets, les outils utilisés et l'interaction tandis que d'autres insistent plus sur la notion d'expérience et de signification.

Objets, outils et interaction. Tout d'abord, Norman (2002) propose des principes essentiellement centrés sur les objets, pensés plutôt en termes de cognition distribuée, pour laquelle il s'agit de répartir les tâches entre le monde et l'humain, de telle sorte que l'interaction se passe naturellement pour ce dernier. Ces principes de conception (visibilité, feedback, contraintes, mapping, consistance et *affordances*) sont valables pour les objets matériels mais s'appliquent également aux systèmes informatiques. La notion de représentation est importante, car une représentation « appropriée » doit fournir les informations nécessaires à la tâche et seulement celles-ci, et dans certains cas permettre d'agir le plus directement possible sur l'objet.

Les artefacts cognitifs et la manière de les penser souvent en terme de distribution de la cognition et de transformation ou circulation d'information rentrent dans cette catégorie. La manipulation directe (cf. encadré 2.8) est également cohérente avec cette manière de penser. Dans certains cas par contre (comme le déplacement de l'icône d'un fichier sur un bureau qui ne signifie aucun déplacement pour l'objet fichier), ce sont les propriétés des représentations qui sont utilisées pour encoder de l'information qui n'appartient pas à la chose représentée (Hollan et collab., 2000), un comportement que la cognition distribuée permet de penser. Par ailleurs, un objet représenté dans un ordinateur doit être considéré en fonction de ses liens au monde extérieur (Bødker, 1995) : l'objet peut être présent dans l'artefact uniquement (tableau), dans le monde et représenté dans l'artefact (lettre à envoyer éditée sur un traitement de texte), ou bien présent dans l'artefact et dans le monde accessible directement (panneau de contrôle d'une machine).

Ensuite, la notion de *médiation* proposées par la Théorie de l'Activité permet de penser la notion de transparence : il apparaît par exemple qu'il n'est pas possible de décréter la transparence d'un système, car tout système peut devenir transparent. C'est le devenir-opération qui importe et il s'agit donc de faciliter ce processus (Kaptelinin et Nardi, 2006, p. 79). Par ailleurs, la notion de médiateur peut être réifiée. Par exemple, étudiant les interfaces graphiques classiques (*WIMP : Windows, Icons, Menu, Pointing device*) du point de vue des

principes de la manipulation directe, [Beaudouin-Lafon \(2000\)](#) constate qu'en fait la manipulation est bien souvent indirecte et nécessite d'utiliser d'autres éléments d'interface que les représentations des objets (menus, boîtes de dialogue, sliders, *etc.*). Utilisant la Théorie de l'Activité et la notion d'instrument, il propose un modèle d'interaction appelée « interaction instrumentale », dans laquelle s'ajoutent aux objets du domaine des « instruments d'interaction » qui permettent d'agir sur ces objets. Un instrument d'interaction est un médiateur entre l'utilisateur et l'objet. Il est la réification explicite d'un artefact considéré comme outil, ce qui permet de définir en fait deux interactions : celle entre l'utilisateur et l'instrument (action physique), et celle entre l'instrument et l'objet (commande). Un instrument sera également considéré comme un objet avec ses caractéristiques propres, qu'un méta-instrument permettra de manipuler.

Enfin, la *conception d'interaction* a pu être discutée dans un contexte post-cognitivist, surtout pour s'éloigner un peu de la conception d'interface considérée comme trop focalisée sur des éléments de très bas-niveau tels que GOMS (*Goals, Objects, Methods, Selection rules*), voire pour penser directement la conception d'« espaces pour la communication et l'interaction humaines » en général ([Winograd et Flores, 1987](#)). Si [Carroll \(1991\)](#) a pu nommer « *Designing interaction* » l'ouvrage collectif de rupture qu'il a dirigé, il est intéressant de constater que l'article « *Designing interaction, not interfaces* » ([Beaudouin-Lafon, 2004](#)) publié treize ans plus tard plaide pour le fait que « *HCI is not the science of user interfaces, just as astronomy is not the science of telescopes. HCI needs interfaces to create interaction, and we should focus on describing, evaluating and generating interaction, not interfaces.* », peut-être signe que la notion de conception d'interaction n'est pas passée dans les mœurs. De façon provocative, [Baljko et Tenhaaf \(2008\)](#) affirment qu'il est de toute façon impossible de concevoir une interaction, car la part humaine de l'interaction ne peut être conçue : tout au mieux est-il possible de concevoir un média interactif proposant des possibilités d'interaction à un humain unique qui construira une interaction unique à tout moment.

Vécu, signification, expérience. Le caractère signifiant de l'expérience immédiate mis en exergue par l'action située peut amener à concevoir des systèmes interactifs orientés expérience. Le courant appelé « *experience design* » vise d'une certaine manière à reconnaître le caractère particulier et holistique d'une expérience, et à concevoir des systèmes⁵² qui permettent de la (re-)produire avec une technologie « *which suggests meaningful, engaging, valuable, and aesthetically pleasing experiences in itself* » ([Hassenzahl, 2011](#)). L'enjeu est de concevoir des expériences d'utilisation « *enjoyable* » en prenant en compte les besoins et les émotions de l'utilisateur comme point de départ avant la conception technologique. Un tel point de vue est en accord avec la reconnaissance de l'importance de l'objet de l'activité et la nécessité d'outils qui soient en accord.

Cependant, d'autres chercheurs insistent plus sur le vécu et l'émergence de significations. [Wright et collab. \(2008\)](#) considèrent par exemple que la notion d'esthétique peut être proposée pour caractériser les interactions hommes-technologies : expérience holistique (intellectuelle, sensuelle et émotionnelle), engagement continu du soi et création de sens portant le passé et tourné vers l'avenir, approche dialogique du soi, de l'objet et de la situation dans laquelle l'expérience ne peut se terminer que par son achèvement. Ils proposent alors de prendre en compte ces éléments pour concevoir en ayant une sensibilité particulière à la manière dont un artefact s'intègre dans la vie ou le monde de quelqu'un, à la signification dans l'utilisation. Il s'agit alors d'éviter de réifier des expériences particulières dans un système, qui amènent en

52. Artefacts numériques en général et pas juste ordinateurs, à considérer dans toutes leurs dimensions (structurelles, fonctionnelles, éthiques, esthétiques) ([Löwgren et Stolterman, 2007](#)).

fait à appauvrir la notion de situation en la réduisant aux quelques paramètres d'un contexte modélisé. La nature dialogique et émergente de l'expérience doit être soutenue par le système et non guider celui-ci (Sengers et collab., 2005). Par opposition à concevoir des expériences, il s'agit ici de concevoir des systèmes « pour l'expérience ».

Enfin, signalons que différentes recherches ont eu pour objectif d'utilisation le paradigme de l'énaction en informatique, notamment en intelligence artificielle⁵³ et en interaction homme-machine, notamment du côté des « interfaces énactives » très liées au corps et à la proprioception (réalité virtuelle, interfaces haptiques, etc.). La thématization des artefacts dans la cognition considérée d'un point de vue énactif a été principalement étudiée à Compiègne (Gapenne, 2007 ; Lenay, 2006 ; Lenay et collab., 2007) en s'intéressant aux artefacts comme dispositifs de couplage à un monde propre énacté. On doit alors s'intéresser à la genèse de ce monde (dans l'approche énactive tout phénomène est toujours en devenir) ; mais aussi à ses qualités. Se pose notamment la question de savoir s'il existe des qualités spécifiques à un monde énacté au moyen des technologies du numérique.

2.2.4.2 Analyse et conception de systèmes d'activité

Un dispositif technologique n'est qu'une partie d'un système plus large dont il convient d'abord d'avoir conscience avant de pouvoir l'étudier. Les théories post-cognitivistes ont amené à la conception de dispositifs technologiques des méthodes d'analyse précises de situations, d'abord de bureau (« *empirical workplace studies* ») puis quelconques, chacune se concentrant sur des éléments particuliers de l'activité : cours d'action pour l'action située, échanges informationnels pour la cognition distribuée, étude des objets et des médiateurs pour la Théorie de l'Activité. Les études concrètes mêlent d'ailleurs bien souvent des éléments issus de l'une ou l'autre approche. Par ailleurs, l'intérêt pour les situations concrètes des approches post-cognitivistes a pu leur permettre de se dégager de la technologie pour prendre en compte aussi bien la vie de tous les jours que la place du corps et de l'interaction sociale (sur lesquelles Dourish insiste largement).

Analyse et conception orientée activité. Pour la Théorie de l'Activité, la prise en compte de la situation dans son ensemble permet de prendre du recul, et de passer de l'utilisateur au travailleur puis à l'être humain, et de l'interface utilisateur à l'outil puis à l'artefact (Kaptelinin et Nardi, 2006, p. 25). Il s'agit en effet de considérer l'utilisation de la technologie dans un contexte large de médiation et d'activité⁵⁴. Il est alors possible (Nardi, 1996) d'articuler, d'« intégrer verticalement » des concepts structurants de haut-niveau (activité, objet, etc.) au niveau opérationnel de l'action au sein d'une théorie unique⁵⁵. On parlera alors plutôt de « *computer-based activity* » voire de « *computer mediated activity* » que de « *human-computer interaction* ». Salembier (2007) résume les orientations d'analyse : inscrire l'analyse dans un horizon temporel suffisamment étendu pour comprendre effectivement

53. Nous mentionnons ici la proposition par De Loor et collab. (2009) d'une « *Enaction-based Artificial Intelligence* » dont l'objectif est de faire évoluer un système d'intelligence artificielle avec « un humain dans la boucle », ce dernier amenant ce que ne peut que difficilement faire la machine, à savoir une direction dans l'ontogenèse du système, et ce qui est impossible à la machine, à savoir la construction de sens commun à la machine et à l'homme.

54. « *It seems that we have to take the use process, and not the artifact, as the central object for our study. The way cognition is viewed in human activity theory is socially and historically situated, and it is tied to the physical conditions in which it takes place. Whatever action a human being makes in the world, this action is mediated by artifacts. In this view, the study of mediation becomes essential for HCI.* » (Bannon, 1991)

55. Bationo-Tillon (2006, p. 54) constate cependant que l'action située est mieux outillée pour décrire le décours temporel, la micro-dynamique de l'action, ce qui l'amène à utiliser le cours d'action.

les objets de l'activité ; prendre en compte de larges patterns d'activité plutôt que se focaliser sur des épisodes singuliers ; diversifier les techniques de recueil de données à des fins de croisement critique des résultats obtenus et enfin mettre l'accent sur le point de vue de l'acteur dans la documentation de ses activités. Il s'agira par ailleurs de penser les liens entre les objets informatiques et les objets du monde. Différents outils analytiques (Kaptelinin et Nardi, 2006, p. 97) basés sur la Théorie de l'Activité permettent d'analyser les situations et de donner des indications sur les problèmes et la façon de les résoudre, tels que l'« *activity checklist* » pour étudier une technologie en fonction des moyens, de l'environnement, de l'apprentissage et du développement ; ou encore l'« *activity system* » de Engeström pour les situations organisationnelles.

En ce qui concerne la conception, Bannon (1991) explique d'une part qu'il faut penser tout artefact dans son utilisation future envisagée et non seulement dans ses caractéristiques techniques, que d'autre part il convient de partir des pratiques courantes des utilisateurs, car elles sont à l'origine de la demande d'équipement technologique. Teulier et Girard (2001) proposent que l'Ingénierie des Connaissances se conçoive plutôt comme modélisant les activités, se séparant de l'IA pour se rapprocher de l'ergonomie.

Kuutti (1996) étudie systématiquement les apports potentiels des technologies de l'information mettant en relation le modèle à trois niveaux (opération/action/activité) et les différents composants de l'activité du modèle de Engeström. Il est par exemple possible d'automatiser les opérations (ce que sait le mieux faire un ordinateur⁵⁶), ce qui signifie qu'il faut quand même nommer l'opération et y accéder. Des outils numériques peuvent également permettre des manipulations et actions de transformation sur les objets, le support aux actions de « *sense making* » ou encore la communication autour des objets ou des actions à traiter (coordination). Enfin les technologies de l'information peuvent rendre possible une activité (par exemple en mettant les individus en relation) ou permettre de construire de nouveaux objets inatteignables en leur absence (par exemple construction d'un objet informatique collectif).

AODM (*Activity Oriented Design Method*) est une méthode pratique et analytique de conception d'outils numériques dans les organisations, fondée sur la modélisation d'Engeström et associée à une notation ad-hoc et une manière de mettre en relation activités et sous-activités (Mwanza, 2003). Du côté de la gestion de connaissances, Hemmecke et Stary (2004) ont utilisé des analyses type Théorie de l'Activité pour externaliser, dans des fiches dédiées, des connaissances tacites en vue de les partager. De façon plus directement liée aux outils, certains chercheurs ont également essayé de faire explicitement apparaître les activités dans les artefacts numériques. Bourguin et Derycke (2005) se sont notamment basés sur la Théorie de l'Activité pour construire des systèmes collaboratifs évolutifs. Le système UMEA permet quant à lui d'organiser différents éléments de l'activité enregistrés dans un historique au sein de contextes correspondant à des projets (Kaptelinin, 2003). Le système *Giornata* de Voids et Mynatt (2009) permet également d'organiser des artefacts numériques au sein d'un bureau correspondant à une activité. Ces études montrent qu'il est possible, mais plutôt difficile, de plaquer directement des concepts théoriques dans des artefacts technologiques utiles.

Technométhodologie. L'apport principal de l'éthnométhodologie et de l'action située est d'éviter de plaquer des schémas théoriques tout faits sur une situation. Il s'agit d'étudier les

56. Kaptelinin et Nardi (2006) remarquent que des machines ne peuvent être créées que pour automatiser et prendre en charge des opérations et des actions humaines, qu'il n'est pas possible d'automatiser une activité, car une activité a un objet correspondant à une motivation et à un besoin.

artefacts dans leur utilisation, la dynamique des pratiques instrumentées sans *a priori*, afin de documenter la situation, l'organisation précise de l'activité et les problèmes rencontrés par les acteurs. De telles analyses systématiques permettent aux concepteurs de connaître au mieux la situation pour laquelle ils vont concevoir un système. Elle permettent également d'analyser l'utilisation d'un système après que celui-ci ait été déployé, en décrivant les causes de son bon ou de son non fonctionnement. En revanche, comprendre un fonctionnement ou un dysfonctionnement d'un système ne donne pas les moyens de concevoir pour corriger, une règle empirique constatée de multiples fois dans le champ du CSCW. Deux raisons sont souvent avancées, à savoir que le développement de l'activité est imprévisible (l'activité réelle émerge toujours du système et de la manière dont il est utilisé *in situ*) et que technologues et analystes ne forment pas les mêmes personnes⁵⁷.

L'approche technométhodologique (Dourish et Button, 1998 ; Dourish, 2003) a alors pour objectif de penser tout à la fois la technologie numérique en tant que telle et son utilisation dans des systèmes socio-techniques, des ensembles de pratiques, en évolution, en intégrant les méthodes d'analyse de l'ethnométhodologie. Par exemple, constatant d'une part la rigidité des catégories dans les systèmes informatiques (en types, classes, regroupements, ce qui donne des ensembles, des listes, *etc.*), d'autre part la souplesse des catégories sociales au sens large qui ne sont pas figées mais plutôt relatives aux contextes et aux tâches, Dourish et Button (1998) proposent d'utiliser une notion repensée d'identité ou de regroupement qui apparaît dans les études ethnométhodologiques afin d'ajouter de la souplesse dans les systèmes de CSCW.

Plus généralement, Dourish (2001, pp. 81-83) considère tout système informatique comme construit sur des arrangements multiples d'abstractions qui sont la clé de la possibilité de leur implémentation (avec la notion de couche), mais en cachent le fonctionnement effectif. L'approche d'« *embodied interaction* » (p. 130 et suiv.) propose comme dimensions de la signification dans l'action médiée par un système informatique, la dimension *ontologique* (les assomptions sur la situation et la tâche qui sont réifiées dans le système et les abstractions par le concepteur) et la dimension *intersubjective* (pour penser la communication entre le concepteur et l'utilisateur à propos de cette ontologie). Sa notion de « couplage » (qui se rapproche de celle de médiation de la Théorie de l'Activité) vise à prendre en compte la réalisation effective de la signification au moyen d'un outil (exemple classique du marteau). Dans le cas d'un système informatique, le couplage se fait d'instant en instant avec une multitude d'abstractions, qui sont assemblées en outils significatifs pour l'action courante : il s'agit de sélectionner les abstractions pertinentes au sein d'outils et de les utiliser⁵⁸.

Au niveau analytique, ceci signifie que l'activité peut être mise en lien avec n'importe laquelle de ces abstractions. Au niveau pratique, Dourish (2001, chap. 6) propose un ensemble de principes⁵⁹ visant à reconnaître que la signification se crée dans l'intégration des tech-

57. Kaptelinin et Nardi (2006, p. 87) ajoutent que ces remarques découlent surtout du fait que les méthodes les plus souvent utilisées viennent de l'ethnométhodologie et tiennent l'action comme purement émergente, ainsi que de la posture par définition critique de la technologie de certains analystes, peu enclins par ailleurs à en suggérer des améliorations. Ils soulignent que la Théorie de l'Activité permet au contraire d'articuler la relative stabilité de certains éléments (tels que les objets de l'activité) et la contingence de l'émergence permanente.

58. « *We assemble a set of abstract computational representations into a tool, and [we] act through that tool to achieve some end result. Doing this involves a continual process of separation and reengagement with a world of entities and artifacts, physical and virtual, each of which carries different meanings and plays different roles in the multiple, overlapping contexts in which it appears. Coupling allows us to sift through these multiple meanings and extract a particular registration of the world that is effective for whatever purposes are at hand* » (p. 144).

59. 1- La computation comme médium permet la création et la communication de significations dans les pratiques. 2- La signification surgit à différents niveaux, au cours de différentes tâches, impliquant artefacts et représentations. Le concepteur a une part de la responsabilité des significations pour le système, mais doit

nologies dans des pratiques significantes qu'il s'agit d'accompagner. Par exemple, pour gérer les discordances entre les abstractions du système et leur utilisation, il propose d'utiliser la notion d'« *accountability* » qui signifie que l'interface doit présenter un « *account* » de ce qui est en train de se produire, lequel vise à montrer en quoi l'action du système participe à une histoire d'interaction avec l'utilisateur pour atteindre l'objectif visé par ce dernier.

Au niveau plus théorique, Crabtree (2004) propose une approche technométhodologique hybride de la conception qui laisse d'abord les techniciens construire un système, avant que les analystes analysent l'utilisation de celui-ci en se concentrant sur la mise en évidence de moments de rupture (« *breaching* ») qui amèneront des éléments de reconception.

2.2.5 Bilan critique

Nous avons dans cette deuxième partie brossé à grands traits un état des lieux des liens entre action ou activité et artefacts : nous avons présenté d'abord le cadre post-cognitivist, puis nous nous sommes intéressés aux notions d'action et d'activité, avant de focaliser sur leurs rapports aux artefacts, notamment dans un cadre numérique. Nous avons évoqué une multitude de concepts, selon des choix et une présentation que d'une part nous espérons cohérents, et qui d'autre part correspondent de fait à nos propres inclinaisons. Notre exploration ne se prétend par ailleurs pas définitive, mais nous considérons que le cadre d'analyse mis en place dans cette section est à même d'accueillir de nouveaux éléments d'ordre bibliographique.

Rappelons que notre démarche consiste à essayer de thématiser les liens entre des humains en train de mener une activité informatiquement médiée, et les représentations ou les inscriptions numériques impliquées par cette activité telles qu'elles sont alors intégrées aux pratiques des utilisateurs. Nous sommes partis de la théorie du support et des inscriptions de connaissance, pour arriver à la question de l'interaction avec les inscriptions au cours de l'activité. Nous avons montré que cette question avait été prise en charge de façon assez large par diverses théories post-cognitivistes qui ont différentes manières de penser activité, action, cognition et rôle des artefacts, éventuellement numériques.

2.2.5.1 Sur la théorie du support

De façon générale, il nous semble que l'approche proposée par Bruno Bachimont est cohérente avec les approches que nous avons présentées. Retenons parmi les points d'accord : la reconnaissance du rôle de la technique dans la constitution du fait cognitif et culturel, ce qui permet d'en penser la co-évolution historique (Théorie de l'Activité) ; le monde humain comme intégralement technique, au sein duquel se joue l'action significative (Action Située, Théorie de l'Activité) ; l'interprétation toujours renouvelée dans une action toujours nouvelle et improvisée, le vivant (le corps entre autre) comme source de variation du sens, le fait que la connaissance ne se manifeste que dans l'action (Action Située) ; la stabilité de la technique permettant de construire des domaines de signification partageables et partagés (Théorie de l'Activité, Cognition Distribuée) ; l'intériorisation/extériorisation comme mode

surtout concevoir des systèmes *ouverts* à des modes d'utilisation variés (représentations aussi bien de l'action que des objets, aussi bien iconiques que symboliques) qui permettent à la signification de l'utilisation du système dans la situation particulière de l'utilisateur de s'y matérialiser. En conséquence, 3- les utilisateurs, et non les concepteurs créent et communiquent la signification. 4- Les utilisateurs, et non les concepteurs gèrent le couplage, seule l'action réalise un couplage entre l'homme et le système. Le concepteur ne peut que suggérer, fournir des ressources pour l'interaction à l'utilisateur (action intégrée, visibilité de coordination). 5- Les technologies font partie du monde. 6- L'interaction incarnée transforme l'action en signification : si la signification n'existe que dans l'action, elle peut cependant se réifier dans les pratiques, dans l'histoire du système, dans ses modifications et à son tour influencer.

de co-développement entre le mental et l'artefactuel, notamment l'intériorisation de manipulations (Théorie de l'Activité) et enfin la différenciation entre inscriptions instrumentales et sémiotiques (notions d'artefacts symboliques ou matériels).

Les manques les plus importants à notre sens tiennent sans doute au grand écart que tente de réaliser Bruno Bachimont entre d'une part le niveau micro-génétique immédiat de l'action signifiante qui permet de faire un premier lien entre inscription et connaissance, d'autre part un fait social finalement considéré abstraitement comme stabilisation de genres d'inscriptions. Il nous semble en fait que ce sont les questions liées à la temporalité de l'action, à son déploiement qui sont juste effleurées ainsi que celles liées à la temporalité plus longue du développement des sujets (mais aussi des artefacts) au cours de leur activité et de leur vie. Par ailleurs, le social n'est pas spécialement thématiqué, que ce soit dans l'action en direction d'un autre humain ou l'action collective, et le fait que l'autre soit toujours présent dans la signification ou dans l'apprentissage du technique (Théorie de l'Activité). Il nous semble que les notions d'internalisation et d'organe fonctionnel pourraient sans doute être utilisées dans le cadre de la théorie du support, en lien avec les concepts de médiation et de schèmes, pour préciser ce que sont les inscriptions corporelles.

L'originalité de la théorie du support et de l'approche générale de Bruno Bachimont tient à la volonté d'intégrer sciences de la nature (ici informatique) et sciences de la culture, un souci que n'ont pas vraiment les autres théories que nous avons décrites; mais aussi à la conception du corps comme support source et destination de réinscriptions.

2.2.5.2 Inscriptions numériques et activité

Nous pouvons maintenant revenir à notre question principale et étudier la direction que nous voulons donner à notre réflexion sur la manière de penser les représentations numériques dans l'activité médiée, que nous présenterons dans la dernière partie de ce chapitre.

Pour commencer, remarquons qu'à de rares exceptions près⁶⁰, il nous semble que si les diverses théories que nous avons présentées prennent en compte le caractère informationnel des artefacts, leur côté numérique n'est pas considéré comme important au-delà de la communication instantanée et des capacités de stockage⁶¹. Un tel désintérêt relatif pour la thématique du calcul provient sans doute du fait qu'elle va le plus souvent de soi : on communique instantanément, le système peut rechercher, trier, composer un document en une fraction de seconde, mais on reste d'une certaine manière dans la continuité du monde physique classique. Il nous faudra pourtant, en tant qu'informaticien prendre en compte de façon centrale la dimension numérique des inscriptions.

Directions. Ensuite, plutôt que de nous inscrire dans une théorie ou l'autre, nous préférons considérer notre approche comme un faisceau d'inclinaisons. Nous pensons ainsi que la Théorie de l'Activité permet de penser de façon globale l'activité humaine instrumentée dans

60. Par exemple [Dourish \(2001\)](#) qui propose des principes visant à fournir des systèmes appropriables et intégrables dans des activités signifiantes, en insistant sur la notion d'« *accountability* » des processus informatiques au regard de l'action, ou bien [Kaptelinin \(1996\)](#) qui décrit l'ordinateur comme outil de médiation avec le monde et suggère qu'il y a plusieurs types d'organes fonctionnels basés sur l'usage d'ordinateurs, qui permettent une extension du plan interne d'action, mais sans vraiment donner d'exemple convaincant.

61. Caractéristiques qui par ailleurs peuvent n'être considérées que comme des extensions de principes artefactuels connus : il était possible de transmettre de l'« information » à distance ou de faire des calculs avant l'avènement de l'ordinateur. Sans prendre parti sur la question de la rupture numérique, remarquons que si le changement lié à l'utilisation de l'ordinateur n'est peut être pas directement qualitatif, la massivité et l'ubiquité de son usage peuvent induire un changement quantitatif qui finit par se traduire au niveau qualitatif.

un grand nombre de dimensions, technologiques, sociales ou développementales. La notion d'instrument nous semble un raffinement important, ainsi que celle de genèse instrumentale. Par ailleurs, nous considérons comme importante l'idée d'action signifiante émergente, ainsi que celle d'organisation de son espace d'action par un sujet. Enfin, nous pensons qu'il est impératif de considérer le sujet et son vécu dans toute analyse.

Par ailleurs, nous nous situons dans une pensée du couplage, de l'énaction d'un monde par le sujet. Cependant, la co-construction du monde au sens propre n'est pas notre objet, la théorie de l'énaction ne peut nous être utile directement si on en considère ses limites actuelles à la sensori-motricité et à la constitution d'espaces perceptifs. Nous voulons considérer un monde déjà construit avec des signifiants et des pratiques sociales et si nous parlerons plus loin d'un espace informationnel énaeté, ce sera dans un sens plus métaphorique.

Enfin, notre objectif, en tant qu'informaticien, en accord avec la théorie du support, sera de se concentrer sur les inscriptions numériques en tant qu'elles sont numériques et non pas seulement comme technologies intégrées vues simplement du point de vue de l'activité. Il s'agit de se situer dans une ingénierie des connaissances conçue à la fois comme ingénierie des supports et critique de leur utilisation, en lien avec des modèles et structures informatiques. Si nous avons présenté de nombreux modes d'analyses de l'activité, nous ne sommes pas seulement là pour analyser des systèmes mais également pour en concevoir. La question se pose de savoir comment faire de l'informatique, comment ramener les choses à l'informatique, dans le contexte d'ingénierie des connaissances qui est le nôtre.

Ce que nous retenons. La question qui nous sert de guide est celle de la *thématisation des liens entre humains en train de mener une activité informatiquement médiée, et les représentations numériques impliquées par cette activité*. Nous sommes en phase avec la théorie du support sur la thématization de la technique, la notion d'inscription, la présence d'une éventuelle raison computationnelle. Les théories post-cognitivistes nous amènent des moyens de thématiser l'action et l'activité, le sujet, les différentes classes d'inscription beaucoup plus précisément. Voici quelques éléments que nous retenons.

Pour le sujet, nous ne différencions pas spécialement monde physique et monde numérique : le monde est ce avec quoi il interagit de façon médiée, ce monde est à la fois physique et numérique, et de la façon la plus large, le médiateur est un instrument à la fois physique, corporel et numérique. Par contre, nous nous intéresserons dans la suite uniquement à ce qui dans le monde numérique est objet mobilisé dans l'activité. De plus, du point de vue de l'informaticien, il nous faudra certainement définir une limite entre le monde numérique au sens large et le monde physique, car il convient de considérer le premier dans sa numéricité.

Ensuite, nous tenons comme fondamental que l'action est signifiante. Le sens est toujours dans l'action située, le *hic et nunc*, même s'il y a une structure de l'activité qui permet d'aller au-delà (dans les inscriptions, dans l'objet, dans le social, *etc.*). Il nous semble alors nécessaire d'articuler les niveaux et les temporalités, le système global et l'expérience instantanée, entre le sujet vivant et le sujet en développement. En outre, les niveaux de description de l'activité sont variés et également liés à des temporalités différentes, qu'il convient d'articuler. La distinction entre actions et opérations de la Théorie de l'Activité permet par exemple de penser à la fois le pré-réflexif et le conscient. Si on peut considérer un sens lié à une action à tout instant, il est évident qu'un découpage pertinent de l'activité correspondra souvent à des suites d'actions.

Par ailleurs, il apparaît que les inscriptions mobilisées dans l'activité peuvent être considérées selon de multiples points de vue : analyse de l'activité, lien entre environnement et activité, aspect vécu de l'action, écriture et lecture symbolique, relations sociales, signes, *etc.*

Les inscriptions sont des objets matériels et signifiants (au sens interprétables, existants, définis dans une activité, *etc.*) pour qui mène l'activité, et qui l'observe. Elle peuvent prendre de multiples formes, sont potentiellement partout, numériques ou pas, sont écrites, lues, manipulées, consciemment ou non, *etc.* Pour les inscriptions numériques, on aura par exemple des fichiers, des éléments mémoire, des modèles ou du code, des éléments présentés à l'interface tels que des boutons ou des formulaires, des objets visés et des outils permettant de les viser, *etc.* De telles inscriptions sont intégrées au sein d'activités qui impliquent des humains de multiples façons : elle peuvent structurer l'activité et l'action, avec des temporalités variées, contraindre et permettre, être manipulées en vue du contrôle de l'action future ; elles sont en permanence reconfigurées, créées, modifiées, appropriées dans l'activité et dans son développement (une partie de l'activité consiste à inscrire dans le système informatique) ; elles participent en tant qu'outils à des instruments qui médiatisent des rapports à des objets, à soi-même ou aux autres ; elles représentent aussi bien des objets que des outils impliqués dans l'activité que l'activité elle-même et le sujet. Les inscriptions impliquent concepteurs et utilisateurs qui communiquent au moyen des outils informatiques et du fait de leur numéricité font système au sein du système numérique global.

Enfin, nous insistons sur l'importance du sujet conscient dont il s'agit de prendre en compte l'expérience si on veut étudier la manière dont sont constituées les inscriptions. Notamment, il est évident que les inscriptions signifiantes le sont d'abord pour lui, avant toute présence éventuelle en tant que telle dans la machine.

Notre approche générale se basera sur le fait que tout élément informatique est signe et fait partie d'une inscription. Toute la question, si on veut faire de l'informatique, est de déterminer quelles sont les inscriptions intéressantes, non pas parce qu'elles ont été conçues par les concepteurs de systèmes, mais parce qu'elles participent à l'interaction signifiante entre l'homme et son environnement. Bien entendu, ces inscriptions ne sont pas forcément les mêmes, nous proposerons donc une manière de penser les inscriptions numériques impliquées dans l'activité, que nous espérons féconde.

2.3 Structures informationnelles

Dans cette dernière section, nous proposons essentiellement de considérer des inscriptions numériques appelées *structures informationnelles* comme inscriptions effectivement mobilisées dans l'activité, et nous en discutons un certain nombre d'aspects. Nous présentons d'abord le cadre général dans lequel nous nous situons.

2.3.1 Inscriptions numériques effectivement mobilisées dans l'activité

Notre objectif général est d'identifier les inscriptions qui participent à une activité humaine, car notre travail concerne ces inscriptions dans leurs caractéristiques techniques, en lien avec l'activité humaine dans laquelle elles sont mobilisées. Nous nous intéressons d'une part au système technique numérique, d'autre part aux activités humaines médiées.

Le *système technique numérique global* est tout entier composé d'inscriptions multiples qui font système (programmes, normes, réseaux, données, *etc.*). Il s'intègre toujours plus chaque jour du fait de la convergence des représentations évoquée dans (Bachimont, 2004a). Ce système a par ailleurs pour défaut d'être sans doute inaccessible à la description en pratique (c'est-à-dire non descriptible, ou plutôt : dont la meilleure description est sans doute lui-même). Par contre, une de ses bonnes propriétés est que chacun des éléments qui le compose est accessible et descriptible en théorie du fait de l'homogénéité du numérique et de la nature

entièrement artefactuelle du système, qui a été construit comme un réseau d'ordinateurs, de leurs programmes, capteurs et effecteurs. Tout dans ce système numérique global est inscription.

Toute inscription native *identifiable* du système technique (définie par ses concepteurs et manipulée par les informaticiens) est appelée ici inscription *canonique*⁶². On y trouve des inscriptions-calcul (programmes) et des inscriptions-données. Les inscriptions données répondent à des formes stabilisées : normes, structures de données, formats de document, feuilles de style, langages exécutables, *etc.* Les formes des inscriptions peuvent elles-mêmes être des inscriptions, par exemple un schéma XML et un document XML qui lui correspond. Un octet quelconque sur un disque obéit au format de codage de cette machine, mais est aussi un élément d'un fichier, il peut correspondre à un caractère d'un texte par exemple, et être affiché sur quelques pixels. L'informaticien est gestionnaire du système technique en lien avec les inscriptions canoniques.

Deux propriétés fondamentales du système numérique global doivent être soulignées. La première est la possibilité théorique d'adresser n'importe quelle inscription du système si l'on s'en donnait les moyens, du fait de notre maîtrise théorique complète du système global numérique comme entièrement artefactuel. La seconde est la possibilité théorique d'instrumenter la recherche, la manipulation et l'articulation de n'importe quelle représentation mettant en œuvre un ensemble quelconque d'inscriptions, c'est-à-dire de les *objectifier* informatiquement (au sens de devenir-objet manipulable techniquement).

L'activité humaine implique des activités d'individus, dont une grande partie sont médiées à un moment ou un autre par le système numérique global, de manière extrêmement variée : travail sur une chaîne de production, utilisation de courriels et de réseaux sociaux, consommation de médias, utilisation de logiciels bureautiques, gestion des citoyens et de leurs impôts, utilisation d'infrastructures de transport, participation au système bancaire, conception et développement de systèmes, *etc.* L'ensemble des inscriptions liées à l'activité (qui le contraignent, qui en sont le produit) correspond à l'état de matérialisation de l'information dans les pratiques au moment considéré du couplage entre le monde numérique et l'activité humaine.

Si nous nous intéressons maintenant à l'identification des inscriptions liées à de telles activités, nous devons prendre un point de vue d'analyste de l'activité ou d'utilisateur, en tout cas d'observateur. Le point de vue de l'informaticien ne peut être valide qu'en tant qu'il est lui même analyste ou utilisateur et est capable de mettre en relation ce qu'il sait de l'activité avec ce qu'il sait du fonctionnement du système informatique.

La description d'une activité prend celle-ci comme point de départ et vise à définir, repérer et organiser un certain nombre d'éléments (individus, artefacts objets ou outils, événements) au sein d'une description signifiante, à des échelles temporelles et sociales variées, du fonctionnement d'un réseau social pendant un an à la rédaction et à l'envoi d'un mail en quelques secondes. Parmi les éléments structurés d'une telle description figurent, lorsque l'activité est médiée, un certain nombre d'inscriptions numériques. Nous en considérons tour à tour l'observation et l'objectivation, l'objectification et la réintégration (figure 2.3).

Observation d'inscriptions numériques mobilisées dans l'activité. Ces inscriptions sont numériques en tant qu'elles sont composées d'éléments quelconques du système numé-

62. Une telle inscription correspond à la réification « ontologique » (au sens de [Dourish \(2001\)](#)) de différents engagements des concepteurs à différents niveaux de construction du système.

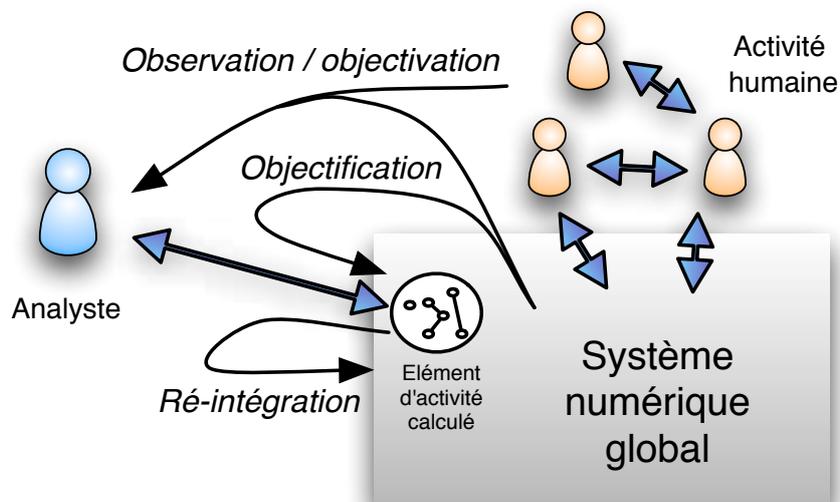


FIGURE 2.3 – Un analyste peut observer une activité et les inscriptions numériques effectivement manipulées objectivant des configurations d’inscriptions qui lui semblent significantes, il peut les objectifier en éléments d’activité calculés, nouvelles inscriptions canoniques qui pourront être réintégrées dans le système.

rique global mis ensemble dans une description signifiante de l’activité. Un octet ici ou là, une donnée sur un serveur, une commande suivie d’une autre commande, un fichier sur un ordinateur, un cercle sur un écran, un contact d’agenda, *etc.* sont des inscriptions numériques liées à l’activité⁶³ qui peuvent être mobilisées ensemble dans une analyse en tant que significantes pour l’observateur au regard de ses objectifs descriptifs, formant alors un tout cohérent articulé. Comme il est possible en théorie d’atteindre toute inscription effectivement impliquée dans l’activité, on a alors la possibilité théorique du traçage total de toute activité humaine en tant qu’elle mobilise des inscriptions. On retrouve ici l’idéal (le fantasme) de l’observation totale, de disposer d’un matériel primaire aussi détaillé que possible, de la possibilité d’articuler de façon cohérente n’importe quelle inscription au sein d’une analyse de l’activité d’un ou plusieurs individus (par exemple un nombre de passages à un péage et une audience de télévision ou le fait qu’une personne précise ait écrit un courrier électronique à une autre et une erreur dans un programme informatique).

Par ailleurs, remarquons que ces inscriptions peuvent *ne pas être canoniques* au sens où elles correspondent à la description d’inscriptions *effectivement* mobilisées au cours d’une activité signifiante, qui peuvent ne pas être identifiées dans le système. Il peut donc y avoir un décalage entre les inscriptions effectivement mobilisées dans l’activité humaine, telles que les *objective* un analyste et les inscriptions canoniques manipulées dans le système (nous reviendrons plus longuement sur cette question dans la section suivante).

D’un point de vue analytique, il est donc possible d’observer et d’objectiver les inscriptions *effectivement mobilisées*, ainsi que leur décalage aux inscriptions canoniques, par exemple pour comprendre comment un système est réellement utilisé (et comment l’activité trouve

63. On pourrait peut-être les appeler inscriptions de connaissances au sens large, comme possibilités d’action humaine individuelle et collective.

toujours à s'en accommoder), pourquoi un système ne répond pas exactement aux besoins de ses utilisateurs, comment un utilisateur mobilise plusieurs applications au cours d'une activité intégrée, ou bien quelles sont les inscriptions vraiment mobilisées au cours d'une activité collective.

Objectification d'inscriptions numériques mobilisées dans l'activité. On a vu plus haut qu'il était possible d'inscrire au sens propre l'observation d'une activité dans une inscription qui met ensemble d'autres inscriptions considérées comme signifiantes dans la pratique de l'analyse au regard de l'activité visée, pour en objectifier informatiquement les éléments pertinents. Cela signifie que si on s'en donne les moyens⁶⁴, il est possible de rendre canonique n'importe quelle inscription non-canonique constatée comme effectivement mobilisée dans l'activité. L'intérêt d'une telle approche est de pouvoir aller au-delà des limites des systèmes et des applications tels qu'ils ont été conçus pour articuler numériquement les inscriptions de l'activité effective, appréhendée par une analyse qui peut croiser des dimensions individuelles ou sociales à des temporalités et des objets variés. Cela permet par exemple de mener de véritables expérimentations permettant de vérifier des hypothèses.

Remarquons que si le web est déjà facteur d'intégration de multiples applications, l'avènement promis du web de données (dans lequel toute ressource du web peut être mise en relation avec toute autre ressource du web) pourrait amener un socle technique facilitant ces objectifications que nous évoquons. On reconnaît là certains aspects de la « science du web » (Hendler et collab., 2008), et une conséquence pourrait bien être la possibilité d'une *unification* de certains programmes et méthodes de recherche en sciences humaines et sociales, qui serait rendue possible par l'existence même du monde numérique en tant que facteur d'intégration de l'activité humaine médiée — y compris de celle des chercheurs — permettant notamment de croiser des problématiques variées. Une telle rupture est intéressante (ou effrayante) dans la mesure où on peut la voir comme allant dans la direction de la recherche d'un éventuel *homme de l'ère numérique* unifié par ses inscriptions dans le monde numérique, mettant en œuvre une éventuelle raison computationnelle.

Réintégration d'analyses des inscriptions de l'activité. D'un point de vue pratique, concevoir de nouvelles inscriptions canoniques qui soient plus cohérentes avec les activités revient à *ré-intégrer* la connaissance fournie par l'analyse des inscriptions effectivement mobilisées au sein du système.

La *ré-intégration par reconception* consiste à utiliser le décalage des inscriptions — qui peut être signe que l'activité n'est pas totalement en phase avec le système utilisé — comme source d'information pour faire évoluer le système (évolution des objets métier et de l'interface par exemple).

La *ré-intégration par extension* est un autre mode d'évolution, qui peut consister à ajouter de nouvelles inscriptions canoniques au sein de nouveaux systèmes (par exemple créer un *mashup* qui utilise les données de deux applications web), ou bien à étendre une application avec les inscriptions d'une application tierce ou encore à ajouter des fonctionnalités (par

64. S'il va de soi qu'il est probablement ingérable en pratique de relier la modification de la mémoire d'une machine quelque part dans le monde à l'action d'un utilisateur ailleurs en définissant une relation de causalité de l'une sur l'autre ou l'inverse, c'est la possibilité théorique même de le faire qui nous semble intéressante. Le monde numérique, en tant que construit, est un monde dans lequel tout est observable et peut être mis en relation dans un contexte analytique articulant des approches de l'activité variées (par exemple un enchaînement rapide d'actions, le fait de cliquer sur le même lien hypertexte à deux ans d'intervalles, ou bien la coordination d'individus dans un réseau social en lien avec l'organisation d'un événement, ou encore un phénomène de *buzz*).

exemple un indicateur visible tout le temps résumant plusieurs types de données disponibles à différents endroits d'une interface graphique).

On sait en outre que la matérialisation d'une analyse liée à une activité offre toujours la possibilité d'un retour sur les pratiques donnant lieu à développement (Clot, 2005). Ainsi, proposer à un utilisateur une objectivation d'éléments signifiants de son activité, dans le cadre d'une recherche-action sera source d'évolution de ses pratiques. Nous ne voyons pas de raisons pour lesquelles ce principe ne se généraliserait pas rapidement dans le cadre des sciences du web : si une étude met en place un calcul fournissant une objectivation d'une manière de voir une activité pertinente pour les individus qui mènent cette activité, source de développement, alors il sera possible dans certains cas de figer ce calcul et de rendre cette objectivation permanente, et intégrée dans l'activité qu'elle aura contribué à faire évoluer.

De telles évolutions correspondent à une « traduction » d'une activité humaine effective dans les systèmes et nous semble faire partie des moteurs de l'évolution du système technique numérique.

Après avoir présenté la notion très générale d'inscription effectivement mobilisée dans une activité et la manière dont de telles inscriptions peuvent être observées et objectivées, objectifiées et éventuellement réintégrées dans le système numérique global, nous pouvons nous intéresser à l'activité d'un individu, aux inscriptions qu'il mobilise effectivement au cours de cette activité que nous appellerons *structures informationnelles*. L'intérêt de notre approche est qu'elle nous fournit un point tangible de rencontre entre l'utilisateur et la machine, entre l'humain qui utilise la machine et ce que la machine manipule.

2.3.2 Activité et médiation numérique

Notre proposition de considérer des structures informationnelles vise à thématiser le point de rencontre entre activité et inscriptions à la fois par les inscriptions numériques mobilisées et les modes de rencontres (médiations) associées.

2.3.2.1 Structures informationnelles

Dans la suite de notre raisonnement, nous nous focalisons sur une activité⁶⁵ individuelle. En effet, nous considérons que l'activité individuelle correspond au niveau de l'action et du sens effectif tels qu'ils se déroulent. D'une certaine manière, rien n'existe en dehors des actions des individus, qui poursuivent leur activité et leur construction de soi dans un environnement comprenant d'autres individus ; l'émergence globale de comportements ou l'individuation de représentations n'est possible que du fait de cette action individuelle. Nous voulons considérer le rapport individuel de l'utilisateur aux inscriptions, son interaction directe avec celles-ci, même si celles-ci sont également partagées et sociales.

Par ailleurs, comme nous l'avons mentionné plus haut, le principe d'abstraction fait que n'importe quelle inscription est construite sur d'autres inscriptions cachées (couche) et est en relation potentielle avec toutes les autres inscriptions du système numérique global. On pourrait donc en droit s'intéresser à n'importe quelle inscription, et à sa participation à

65. Dans ce qui suit, nous parlerons souvent d'activité et d'action sans forcément nous placer dans le cadre strict de la Théorie de l'Activité et qui viserait à différencier l'activité comme principe organisateur de haut-niveau ayant un objet, et les actions qui permettent de le réaliser. Le plus souvent, activité signifiera simplement que l'utilisateur est actif, et l'activité ou les actions se réaliseront sur un objet-inscription qu'il s'agira d'appréhender, de manipuler, *etc.* Nous signalerons le cas échéant quand nous parlerons d'activité au sens Théorie de l'Activité.

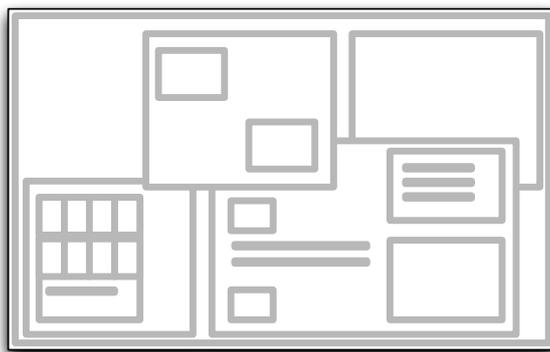


FIGURE 2.4 – Des représentations dans un espace spatial

l'activité individuelle. Mais nous ne devons pas oublier que le moteur de l'interaction avec le système que nous voulons considérer est l'utilisateur lui-même, il est donc nécessaire de se limiter à la catégorie plus spécifique des inscriptions auxquelles il se confronte, qu'il utilise, crée et manipule. Il est ici évident que le niveau social est important, mais ce sera celui du partage de formes signifiantes dans un collectif, une communauté, ce seront les normes et les modes d'interprétations partagés.

Éléments d'interfaces. Notre point de départ consiste à nous intéresser en priorité à ce qui dans l'activité médiée est lié à la perception et à la manipulation d'inscriptions, mobilisées dans l'action signifiante liée à l'utilisation d'un système informatique.

À l'interface perceptive, c'est-à-dire au lieu de l'action, se trouvent des représentations liées au système informatique avec lequel interagit l'utilisateur (figure 2.4). Ces représentations sont organisées et décomposées en éléments de plus en plus basiques, jusqu'aux formes, menus, boutons, caractères, zones de couleur, *etc.* Les éléments de l'interface représentent les points d'accès de l'humain au système informatique : ils sont bien sûr des présentations d'inscriptions numériques canoniques, ayant été exprimées dans les termes du langage de spécification d'interface (graphique, tactile, *etc.*). Ils ont par nature une certaine stabilité perceptive.

Les éléments « médias » tels que les images, sons ou vidéos, ont pour caractéristique de n'être pas perçus directement dans la formalité des inscriptions qu'ils représentent : percevoir une image consiste à oublier ses pixels (qui sont des éléments d'interface), et l'appréhension d'un son fait peu de cas de ses échantillons. Il apparaît en fait que l'élément perçu l'est dans sa globalité en tant qu'élément d'interface global (l'image, le son), indépendamment de son contenu, et qu'au-delà les découpages signifiants ne sont pas partagés entre l'humain et la machine. Par exemple une partie d'une image perçue comme signifiante par un humain n'est pas un élément d'interface, pas plus qu'un moment significatif dans une vidéo ou un morceau de musique⁶⁶.

Les éléments d'interface sont organisés de façon cohérente au sein d'applications dédiées à des tâches variées, et liées à des inscriptions canoniques spécifiques (un éditeur de photo organise des éléments d'interface servant à gérer des photos, mais également des filtres ou des mots-clés). La matérialisation des applications consiste en un ensemble d'éléments d'interface

66. On pourra sans doute dire qu'il y a des degrés d'accord homme-machine : par exemple un son court tel qu'une icône sonore pourra être considéré comme perçu dans sa globalité — et donc avoir un degré d'accord plus haut — plus facilement qu'un son de plusieurs minutes.

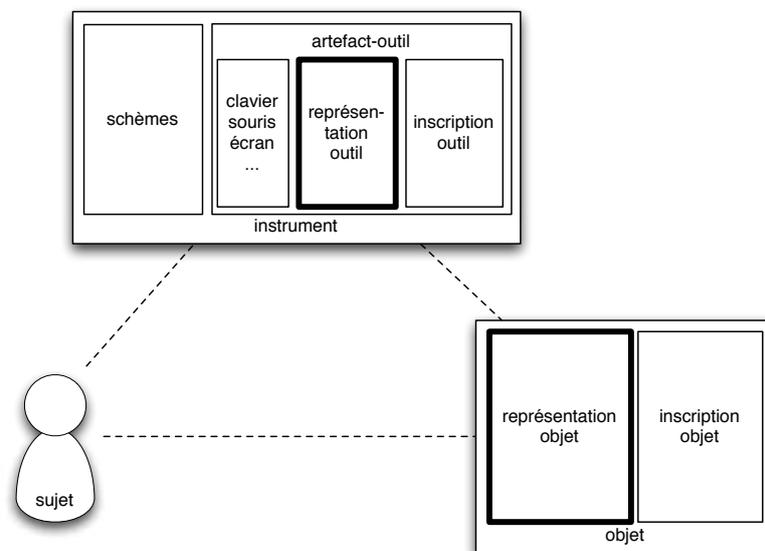


FIGURE 2.5 – La médiation de l’instrument revisitée en mettant en évidence les représentations.

qui composent la partie appréhendable des outils. On retrouve ici le fait que sont représentées sur l’interface des inscriptions qui sont, à *un niveau d’action donné*, les objets visés de l’action (par exemple un document), ou bien qui participent à sa médiation (par exemple une commande matérialisée dans un menu contextuel).

Le point important ici est que de façon générale, un utilisateur peut s’intéresser à *n’importe quelle configuration* d’éléments d’interface au cours de son activité, du moment que ses capacités perceptives le lui permettent (difficile de regarder à droite et à gauche d’un écran d’ordinateur en même temps), et que la configuration est signifiante pour lui (tenter de percevoir la configuration de deux éléments d’interface quelconques en y trouvant une signification est une expérience étrange).

Médiation et instrument. Par ailleurs, nous nous situons dans le cadre de l’activité médiée par un instrument. L’instrument est un médiateur qui permet d’agir sur une inscription-objet (figure 2.5). Cet objet est une inscription numérique, qui est manipulable au travers d’une représentation par des éléments d’interface⁶⁷. L’instrument est quant à lui composé — en accord avec l’approche instrumentale — de schèmes et d’une partie outil artefactuelle, elle-même composée d’une partie physique (clavier, souris, écran, *etc.*), d’une inscription numérique (code, paramètres, fichiers, données internes, *etc.*) également atteignable par une représentation à l’interface. L’outil peut devenir objet pour peu que sa représentation soit manipulée par un autre instrument adapté (ce que Beaudouin-Lafon (2000) appellerait un méta-instrument). Une application peut être composée d’un ou plusieurs outils canoniques.

Au moment de l’action médiée d’un utilisateur se trouvent donc parmi les représentations variées disponibles à l’interface au moins une représentation liée à l’inscription-objet visée, et une représentation liée à l’instrument utilisé. Ces inscriptions sont considérées comme

67. Plusieurs représentations sont possibles pour un même objet, par exemple une représentation textuelle et une représentation graphique d’un transparent dans un logiciel de présentation, une représentation spatiale et tabulaire d’une structure de données (Hsieh et Shipman, 2000).

mobilisées au cours de cette action signifiante. Remarquons qu'un élément d'interface peut avoir plusieurs statuts au regard de l'activité. Par exemple, un outil peut jouer un son pour confirmer l'exécution d'une commande, l'élément d'interface « son » fait alors partie de l'instrument. Mais l'utilisateur peut également appeler cette commande pour obtenir le son, transformant celui-ci en objet de l'action. L'instrument effectif peut alors être réduit à la commande à utiliser pour désormais « jouer le son ». L'inscription numérique correspondant au son peut à la fois participer à un instrument (ici son rôle canonique) et devenir objet manipulé par l'intermédiaire d'un autre instrument.

À tout instant, l'interface se compose d'un ensemble de représentations correspondant aux outils et objets disponibles. *À priori*, au moins pour l'observateur, de telles représentations correspondent aux outils tels qu'ils ont été conçus par leurs concepteurs, et aux objets⁶⁸ qu'ils permettent de manipuler (par exemple un éditeur de texte pour manipuler un texte). Ces représentations sont qualifiables de « canoniques », et inscriptions et outils considérés sont également « canoniques ».

Mais comme nous l'avons déjà souligné, au cours de son action l'utilisateur peut trouver du sens à n'importe quel ensemble d'éléments d'interface, qu'on qualifiera alors de *représentation sémiotique* au sens large. Ceci signifie qu'à tout instant, l'*action signifiante mobilise un sous-ensemble des représentations disponibles à l'interface* qui sont les représentations pertinentes pour l'utilisateur à cet instant et se limitent à celles qui sont liées d'une part à la partie artefactuelle de l'instrument qu'il est en train d'utiliser et d'autre part à l'objet qu'il est en train d'appréhender.

Un point important est que la représentation de l'objet manipulé au cours de l'action signifiante *pour lui* et la représentation d'outil mobilisée *peuvent être différentes* des représentations canoniques des outils et objets disponibles. Alors les inscriptions *effectivement* perçues et manipulées par l'utilisateur peuvent être différentes des inscriptions telles qu'elles sont connues et manipulées par le système, ce qui correspond à ce que nous avons appelé *inscriptions effectivement mobilisées dans l'activité* plus haut.

Structures informationnelles. Nous appelons *structure informationnelle* (cf. figure 2.6) un objet *effectivement* manipulé et appréhendé par un utilisateur au cours de son activité, que cet objet corresponde à une inscription canonique ou non. Une structure informationnelle est une inscription au sens où elle existe pour l'utilisateur qui l'utilise comme telle, elle est numérique au sens où chacun de ses éléments est numérique, elle est objectivable au sens où son unité peut être reconnue réflexivement, elle n'est pas forcément objectivée dans la mesure où son unité en tant que structure peut ne pas être connue du système.

La notion de structure informationnelle est du côté de l'humain, avec des attaches fortes dans la machine qui de façon définitoire *doivent* exister pour en autoriser l'objectification. Si elle correspond à une inscription numérique canonique manipulée par un outil canonique, une structure informationnelle est objectivée. Dans tous les autres cas elle est bien une inscription numérique (tout élément qui la compose est bien élément numérique), mais ce n'est pas une inscription effectivement manipulée en tant que telle par le système.

Nous qualifions ces inscriptions de *structures* car une inscription numérique est toujours une structure numérique de données au sens large, et d'*informationnelles* pour souligner qu'elles sont composées d'éléments d'information. La notion de structure nous semble par ailleurs intéressante, car c'est une notion analytique très générale, tout en étant nativement adaptée au monde numérique (cf. encadré 2.9). Enfin, à notre connaissance le terme n'est

68. Qu'on pourrait appeler « du domaine » comme en conception orientée-objet.

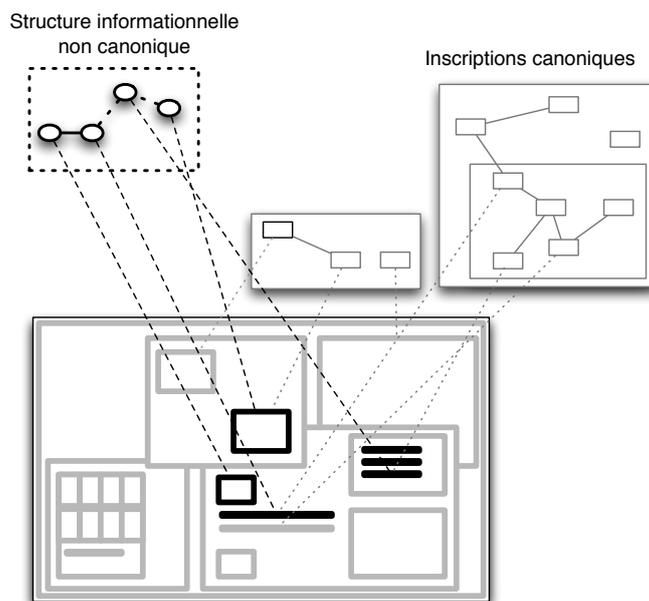


FIGURE 2.6 – Une structure informationnelle est une inscription numérique qui peut mettre en jeu différentes inscriptions canoniques mais n’est pas obligatoirement canonique.

utilisé qu’en linguistique (*information structure*), ce qui nous permet de l’utiliser sans que cela ne pose de problème spécifique ici. Dans la suite, nous pourrions être amené, quand il n’y aura pas d’ambiguïté, à utiliser le terme *structure* pour *structure informationnelle*.

Illustrations. Nous présentons ci-dessous quelques exemples de structures informationnelles et d’instruments associés pour que le lecteur comprenne mieux ce que nous visons.

Structure informationnelle canonique. Un contact dans un agenda contient différents champs : nom, adresse, numéro de téléphone. Une interface graphique permet de visualiser les données d’un contact et de modifier chacun de ces champs à travers différents formulaires textuels. Le contact est l’objet, c’est une structure informationnelle canonique car l’application permet justement de manipuler ce type d’objets, qui est explicite en machine (il est identifiable et manipulable comme tel).

Structure informationnelle intra-canonique. Un objet possible visé par sa représentation dans un texte peut être une liste, marquée par des tirets en début de ligne. L’utilisateur ne considère pas le texte, mais la liste comme signifiante. L’instrument associé met en jeu les commandes de l’édition de texte associées à des manipulations de la liste, par exemple une insertion consiste à amener le pointeur de texte au début de la ligne correspondant à l’item de liste avant lequel on veut insérer, puis à taper un tiret, puis un espace, puis le texte de l’item, puis un saut de ligne. Un autre schéma consistera par exemple à amener le curseur à un début de ligne, à taper un saut de ligne, puis à remonter le curseur d’une ligne, puis à taper un tiret et un espace. La première action est possible si le contenu à insérer est connu, la deuxième correspond à la fabrication d’un espace à remplir, l’objet considéré juste après pouvant être une « liste incomplète » suscitant une action de remplissage avec le même instrument, *etc.*

Un autre instrument consiste par exemple, dans un éditeur de texte à surligner en jaune certaines lignes d’un texte et en vert d’autres lignes. L’objet considéré et signifiant n’est plus

Encadré 2.9 – Structures et structures informatiques

Au sens général, une structure est un tout qui manifeste ses parties, composé d'entités-éléments et leurs relations. Une structure manifeste un arrangement, une organisation de ses éléments entre eux, ce qui suppose un caractère d'unité et une stabilité suffisante pour être considérée en tant que telle. La notion de structure au sens général est bien entendu liée à l'écriture et à la science, et une structure formelle est liée à une formalisation logico-mathématique qui manifeste ses éléments et leurs relations. Le dual de la structure est alors l'opération, qui s'applique sur la structure par exemple pour la modifier dans les termes de la formalité considérée. Une structure sert à décrire, par exemple une partie du monde physique ou biologique, un système au sens large, une organisation, un discours, *etc.* Elle est liée à la notion de modèle et de régularité. Elle peut être supposée et à mettre au jour comme principe d'ordre sur des phénomènes (structuralisme) ou bien être une manière de décrire acceptée et utilisée pour décrire une réalité considérée comme existante (voire s'y substituer). Une structure existe à la fois comme type et comme instance : son unité manifeste une abstraction qu'elle représente (on est encore dans l'écriture).

Au niveau informatique, une structure numérique est composée d'éléments et de relations (la structure proprement dite), elle a également une unité et une individualité qui permettent de lui associer des propriétés. À une structure numérique peuvent être associés des calculs qui permettent d'y chercher de l'information et de l'explorer ou bien de la transformer. Une structure aura par exemple des propriétés de taille, de forme (liste, arbre, réseau, arrangement, séquences, graphe, tableau, *etc.*). La notion d'abstraction de structure est consubstantielle à l'informatique, elle permet de considérer des structures (appelées schémas de structures ou types) qui sont des abstractions décrivant la forme générale d'un ensemble de structures (alors appelées instances) et donc de considérer des calculs associés. Un schéma de structure est un modèle qui peut s'instancier en structures concrètes, il peut être associé à une sémantique particulière correspondant à une description de ce que doivent respecter les calculs pour être considérés comme licites au regard du modèle. Toute information numérique peut par définition être considérée au sein d'une ou plusieurs structures. Il y a une descriptibilité théorique infinie des structures en sous-structures, ou de leur insertion dans des super-structures car le numérique permet d'organiser et réorganiser à volonté chacun de ses éléments. Les notions de couches, hiérarchies, réseaux permettent d'organiser de façon générale les informations et de cacher la complexité de structures derrière leur unité. Les calculs qui s'appliquent sur les structures peuvent être appliqués à celles-ci considérées comme unité (e.g. changer son nom) ou à leur contenu structuré (e.g. y rechercher des informations).

un texte, mais par exemple une liste de courses qui liste en jaune les produits à acheter toutes les semaines, et en vert les produits à acheter tous les mois. L'instrument est composé de l'outil de traitement de texte (essentiellement les fonctions basiques et le surlignage) et des schèmes associés aux différentes couleurs et les actions qu'ils impliquent.

Dernier exemple, directement lié à l'écriture, la structure informationnelle « citation associée à une référence », dont l'instrument associé utilise le copier-coller, et dont les schèmes spécifient de toujours copier *et* la citation *et* la référence sous peine de perdre la source d'un texte, mais également — si la citation doit être découpée — d'associer à un nouveau morceau découpé la référence, avant de recopier le tout pour par exemple le coller ailleurs.

Structure informationnelle trans-canonique. Un utilisateur met en regard la fenêtre d'un traitement de texte et celle d'un tableur, et mène une activité de comparaison systématique des valeurs dans une colonne du tableur (par exemple des résultats d'un test) et d'un paragraphe de texte (qui décrit ces résultats)⁶⁹. La structure informationnelle, l'objet visé, est alors composée de la colonne et du paragraphe considéré (on est également dans l'intra-canonique lié à une application). L'instrument associé implique la mise en évidence par surlignage d'une cellule ou d'un ensemble de caractères (pour fixer l'attention), et le schème associé est un enchaînement de lectures de valeur de cellule, de vérification de la présence du chiffre dans le texte. Un tel instrument est bien entendu réutilisable plus tard pour une autre colonne et un autre paragraphe. L'objectification de l'objet et de l'instrument pourrait impliquer une nouvelle structure de données impliquant un ensemble de cellules dans un tableur, et un programme de vérification que les valeurs des cellules se retrouvent dans le texte.

Au-delà de ces quelques illustrations, nous visons en fait tous types de structures informationnelles, de représentations et d'instruments associés : structures ou schémas de données, représentés et manipulés textuellement ou graphiquement ; carnets d'adresses, adresses de contact, ensemble de contacts signifiants, courriers électroniques, ensemble de pièces jointes d'un courriel ; organisation graphique d'une application, boutons, zones d'édition, commandes, organisation en menus, *etc.* ; documents, textes, caractères, paragraphes, ensemble de paragraphes, listes et tableaux ; documents structurés, pages web, sites web, hypertextes, sous-parties de page web, formulaires web ; fichiers, hiérarchies de fichiers ; juxtaposition de documents, d'images ; graphe de connaissances, hiérarchie, liste de tags, carte conceptuelle ; figure et dessin, élément de construction de figure ; item *to-do* dans une liste ; feuilles de calcul, sous-parties de ces feuilles ; paramètres d'applications ; *etc.*

À cet inventaire large, on associera les applications canoniques qui permettent de manipuler et d'interagir avec ces structures : tableurs, traitements de textes, éditeurs de structures de données et de données, outils de dessin, wikis, navigateurs, sélecteurs, organisateurs d'informations et d'idées, *etc.*

La notion de structure informationnelle (et la notion d'instrument de manipulation qui l'accompagne) est une proposition théorique qui nous semble intéressante à plusieurs titres.

Elle est avant tout liée à l'activité et à l'action signifiante des individus, mais on s'assure qu'elle est également liée aux inscriptions canoniques : il s'agit de partir de ce qui existe vraiment, qui est signifiant, du côté de l'individu, comme du côté de la machine.

Elle s'affranchit de fait de la barrière et de la rigidité des applications : comme le critère organisateur principal pour considérer les inscriptions est l'activité, celle-ci peut aller au-delà

69. On trouvera un bel exemple similaire de comparaison point à point entre un espace d'éléments narratifs et un texte mise en évidence par oculométrie dans (Yamamoto et Nakakoji, 2005).

des applications (utiliser par exemple courriel et traitement de texte), ou rester limitée à des sous-parties d'une application (n'utiliser que certaines fonctionnalités). Les « détournements » d'applications peuvent également être expliqués dans ce contexte.

Elle permet de penser le déroulement dynamique de l'activité comme suite d'actions impliquant des instruments et des objets variés ; mais aussi de considérer l'activité, ses objets et ses instruments à des échelles de temps variées (de l'opération à l'activité longue) et de manière homogène, ce qui permet d'articuler les différents niveaux d'inscriptions, d'instruments et d'artefact-outils.

Elle donne l'autorisation de mêler représentations d'inscriptions-outils et d'inscriptions-objets, et de penser la construction d'instruments et des structures informationnelles associées au niveau de représentations notamment spatialisées (un cas particulier concernera les pratiques textuelles numériques et les effets de structurations associés).

Elle permet enfin de penser les décalages entre structures canoniques et informationnelles comme le signe d'une activité toujours unique et créative par rapport aux inscriptions sur lesquelles celle-ci s'appuie. Il s'agit alors de penser l'évolution des systèmes comme adaptation toujours *a posteriori* des inscriptions canoniques aux usages, c'est-à-dire aux véritables objets manipulés au cours de l'activité.

Sans prétendre à une description théorique complète, nous proposons quelques pistes de réflexion sur l'appréhension de structures informationnelles et les instruments associés ; les structures informationnelles textuelles et diagrammatiques, et enfin les liens entre structures informationnelles et structures canoniques.

2.3.2.2 Appréhension de structures informationnelles

Appréhender une structure. Nous préférons le terme « appréhender » à celui de « percevoir », car il est plus lié à la manipulation et permet de mieux prendre en compte le lien à l'action. Il nous semble que nous sommes en accord avec les propositions de Charles Lenay (encadré 2.10) sur l'action et la perception au sein d'un « monde propre informationnel » dans lequel peut se déployer un pouvoir d'action.

Une structure informationnelle est une inscription numérique composée d'éléments, sa représentation l'est aussi. Les éléments de représentation sont des éléments d'interface et des signes, qui appartiennent à une forme qui fait unité, qui est elle-même un signe. Tout accès à une structure se fait obligatoirement par sa représentation qui donc la représente effectivement. La structure en tant qu'inscription numérique n'est jamais atteignable.

Pouvoir appréhender⁷⁰ une structure nécessite de la considérer à la fois en tant qu'unité et en tant que composée d'éléments par le truchement de sa représentation. Une telle appréhension prend du temps, elle ne peut être instantanée que pour un élément pris isolément. Ceci signifie qu'il faut pouvoir parcourir la représentation de la structure, afin d'en rassembler le divers en vue d'une synthèse. Il y a alors exploration, perception par morceaux en vue de la constitution ou de la reconnaissance d'une unité qui peut être construite, présumée, acquise à l'avance, *etc.* Une telle exploration doit en général pouvoir être réversible, aussi bien au niveau de l'exploration spatiale que temporelle.

Dans le cas d'une représentation sur une surface spatiale (qui est le mode de synthèse privilégié), il peut arriver que celle-ci ne permette pas d'appréhender la structure dans sa

70. Si nous récusons tout représentationnalisme cognitif, nous ne voyons pas d'inconvénient à la possibilité que la pensée puisse se saisir de structures en tant que telles, la manière dont elle le fait étant une autre histoire.

Encadré 2.10 – Perception et action à Costech

L'approche développée à COSTECH vise à étudier une perception en acte, la constitution même de la perception comme construction de l'attente et du monde propre. « Le monde » du sujet dépend du répertoire des actions possibles ; sans action, il n'y a pas de « monde » et il n'y a pas de perception (Gapenne, 2007 ; Lenay, 2010). Lenay (2003) propose de considérer les technologies intellectuelles au sens large comme des dispositifs de couplage avec un environnement énoncé par le sujet par écriture/lecture généralisées. En effet, « une inscription est dans sa plus grande généralité une modification de la situation perceptive. Elle résulte d'une action qui modifie non seulement la sensation, mais aussi la façon dont les actions suivantes détermineront les sensations ». Si on s'intéresse à des inscriptions externes sur un support spatial, l'écriture est ainsi une modification de l'environnement du sujet (écrire du texte, déplacer un objet, emboîter un objet dans un autre, bouger son corps pour déplacer son point de vue). Tandis que la lecture consiste en une perception et interprétation de l'environnement. Celle-ci nécessite de pouvoir saisir spatialement un divers d'objets signifiants, tenus ensemble devant soi, ce qui permet de les rassembler et de les synthétiser dans un concept. C'est notamment la co-présence des signes (et donc la réversibilité de leurs perceptions successives) qui rend possible la comparaison (critique) et la synthèse (synoptique).

En outre, dans le cadre des inscriptions numériques, Lenay (2010) propose les notions de point de vue et de point d'inscription. Il montre qu'une caractéristique majeure du numérique est la possibilité d'ajouter des contraintes calculées sur l'action (par exemple le pointeur de souris ne peut pas dépasser un bord de fenêtre), un empêchement de l'action similaire à celui du monde réel. Si le point d'inscription est contrôlable, le système peut orienter les actions de l'utilisateur (possibilité, ordre, *etc.*). « Les effets cognitifs de cette possibilité technique sont considérables — depuis le programme pour remplir un formulaire, jusqu'à tous les types d'écriture multimédia et hypertexte, en passant par les jeux ou la consultation de base de données ou de sites sur le réseau — l'essentiel du sens est contenu dans la structure des passages accessibles. Les actions d'inscription à un moment peuvent bloquer les inscriptions suivantes et ceci, soit par l'utilisateur qui organise ainsi son travail futur, soit à distance dans le temps ou l'espace des relations multiples entre programmeurs et utilisateurs. »

Pfaender (2009) repart des propositions de Lenay pour proposer les linéaments d'une approche sémiotique de la perception de graphiques, remarquant qu'il s'agit de dépasser une approche passive de l'interprétation (à la Goody) pour considérer une dimension active ou interactive. L'auteur reprend la question de l'interaction comme manipulation de points de vue ou points d'inscription et étudie différents types de couplages possibles avec différentes spatialisations (liste, tableau, figure, graphe, carte, *etc.*) en considérant deux types de guides, qui sont les guides spatiaux de lecture ainsi que les guides temporels liés à l'interaction, qui sont des modes de changements de points de vue et de points d'inscription. Par exemple dans le cadre de la visualisation d'information, l'interactivité est considérée suivant deux axes : la modification du point de vue (translation simple) et la modification du point d'inscription (action sur la représentation et sur l'organisation des données, par exemple par modification des paramètres de visualisation).

totalité de façon synoptique (i.e. ne présente pas toute l'inscription). Alors il est nécessaire que l'instrument associé comporte dans sa partie artefactuelle des possibilités d'action permettant de changer la représentation, pour permettre en une suite d'actions signifiantes de percevoir l'objet (l'inscription objectivée, la structure informationnelle) complet en synthétisant les représentations. Il s'agit de pouvoir manipuler la représentation pour multiplier les points de vue, afin de permettre une synthèse spatio-temporelle. On pourra alors dire qu'on interagit avec l'inscription, au travers des possibilités d'action manifestées par les représentations de l'inscription et de l'instrument. Le cas est similaire quand par exemple un non-voyant doit construire l'unité d'un divers perçu localement tant au niveau spatial que temporel.

Nous pouvons prendre comme exemple un document dans un traitement de texte dont la perception complète par la manipulation d'un outil qui « le fait texte » implique un ascenseur et des raccourcis clavier de navigation par pages. L'instrument associé possède des schèmes de navigation dans l'ascenseur et d'utilisation rapide des touches de navigation. Cela correspond à ce que Pfaender (2009) (encadré 2.10) appelle la translation, mais il est également possible de modifier la représentation elle-même pour explorer la structure suivant un autre type de point de vue (changer une couleur par exemple). Dans le cas où le divers a une représentation temporelle (e.g. une vidéo), alors il y a lieu de l'appréhender temporellement, mais on disposera également en général d'une représentation spatiale qui permet d'en piloter l'appréhension temporelle. L'utilisateur délègue d'une certaine manière à l'instrument la partie du contrôle de l'exploration de la temporalité de l'objet.

En bref, une inscription se déploie spatialement et temporellement dans ses représentations, on peut sans doute dire également qu'elle se déploie interactivement dans la manière dont on peut l'explorer (en lien avec sa formalité en tant qu'inscription : le déploiement d'un texte de 10 caractères n'est pas le même que celui d'un texte de 1000 lignes ou que celui d'un graphe de 10 000 nœuds, les modes d'exploration, la temporalité induite, la possibilité de guidage-pour-la-synthèse ne sont pas les mêmes). L'appréhension d'une structure dans son déploiement spatio-temporel interactif⁷¹ correspond à un déploiement de l'action en cohérence, piloté par les schèmes et contraint par l'outil. L'instrument est au final ce qui permet l'appréhension de l'objet, et donc ce qui le définit en tant qu'objet, qui fait son unité et sa cohérence, par la cohérence des manipulations possibles sur la représentation.

Enfin, il faut sans doute considérer qu'il y a en permanence un jeu entre la présomption de structure (qui est la présomption de sens) et sa reconnaissance effective. C'est par la pratique même de la structure en tant que forme et la constitution des instruments associés que la manipulation efficace devient possible : il n'est plus nécessaire d'explorer en entier, parce que l'instrument constitué fournit l'appréhension de l'unité tout en garantissant la possibilité de l'exploration complète.

Modification d'une structure informationnelle. Par modification nous entendons toute action dans la représentation d'une structure qui en modifie ou y ajoute des éléments de représentation conduisant à sa modification. Ceci correspondrait à une médiation pragmatique alors que l'appréhension de structure serait plutôt épistémique. La modification d'une structure consiste à s'emparer des points d'inscription qu'elle propose au travers de l'instrument pour opérer une action d'inscription. L'instrument est ce qui contrôle les modifications possibles et licites, seule la partie outil d'un instrument permet un contrôle automatique. Modifiée, une structure informationnelle peut suffisamment changer pour nécessiter de modifier l'instrument associé, ou en changer (car on atteindrait les limites du champ fonctionnel de

71. On pourrait sans doute parler de déploiement *formel* pour capturer le fait que le déploiement interactif se fonde sur la formalité des inscriptions qui en permet l'exploration assistée.

l'outil).

Instruments et niveaux d'activité. L'instrument comme l'inscription existent pour l'utilisateur à des niveaux d'activité variés et pendant des échelles de temps variées auxquelles et pendant lesquelles ils sont considérés comme ayant une certaine stabilité, l'inscription en tant qu'objet de l'action et l'instrument en tant que médiateur de cette même action.

On peut considérer une hiérarchisation de ces niveaux. Considérons par exemple la mobilisation dans l'activité d'une inscription canonique « texte » manipulée à l'aide d'un éditeur de texte. À une échelle de temps, je peux pendant 10 secondes me concentrer sur un unique paragraphe de ce texte pour corriger une phrase et me limiter aux commandes simples de l'éditeur, c'est-à-dire me concentrer sur mon instrument d'édition de paragraphes. Si je considère désormais le texte lui-même, l'instrument change et devient un instrument à manipuler un texte complet, notamment par exploration. Je peux ensuite revenir sur un autre paragraphe, et reprendre mon premier instrument. Une telle séquence peut être considérée comme une suite d'actions ayant des objets variés et des instruments associés variés. À un niveau d'activité plus haut, l'objet est par exemple le texte comme courrier à envoyer et l'instrument comporte l'outil d'édition de texte dans sa globalité. De plus, si j'ai dû utiliser l'ascenseur, cela signifie que j'ai eu à un instant comme objet l'ascenseur lui-même et non plus ni le texte ni le paragraphe. Tant que je n'ai pas attrapé cet ascenseur, je n'ai pas eu de point d'action sur mon texte, et j'ai dû me concentrer sur l'objet ascenseur pour l'attraper, ce qui m'a fait bien entendu lâcher l'objet texte. De la même façon, peut-être ai-je dû à un moment me concentrer sur une sélection non triviale d'un ensemble de caractères, mon instrument se limitant à la possibilité de sélectionner dans le texte. Évidemment, tous ces objets ont pu arriver à ma conscience ou rester au niveau pré-réflexif : j'ai pu attraper l'ascenseur ou bien sélectionner ces mots sans m'en rendre compte. Objets et instruments existent donc au niveau d'analyse considéré, avec des temporalités variées.

On pourrait également étudier la proposition de [Hsieh et Shipman \(2000\)](#) selon différents niveaux d'activité. Sans rentrer dans les détails, leur outil permet de modifier une structure de données suivant une vue tabulaire et suivant une vue graphique qui traduit visuellement les valeurs numériques des cellules (par exemple la longueur d'un rectangle). Nous pensons qu'un tel outil (canonique) offre deux représentations d'une même inscription numérique, l'une orientée sur la spatialité et la visualisation aisée de rapports entre valeurs, l'autre sur la forme tabulaire. Du point de vue global de l'activité, on peut ne considérer qu'un seul instrument. De façon plus locale, chaque vue nous semble composer un instrument différent dont les fonctionnalités varient. L'utilisation d'une vue *en même temps* qu'une autre (par exemple modifier une valeur sur la vue tableau *tout en regardant* sur la vue spatiale) correspond à une pratique impliquant une décorrélation du point de vue et du point d'inscription et des schèmes associés, justifiant qu'on puisse parler d'un nouvel instrument impliquant la deuxième vue en complément de la première. L'instrument inverse est également imaginable. Encore une fois, suivant les niveaux d'activité considérés, les objets et les instruments peuvent changer.

La pertinence d'une analyse correspondra bien sûr à l'objectif de l'analyste, et au degré de signifiante de l'instrument et du type de structure informationnelle pour l'utilisateur, à la possibilité d'y voir une certaine stabilité au-delà des épisodes singuliers, qui sera la marque d'une stabilité structurelle et cognitive de l'instrument.

Focalisations et défocalisations. Il semble qu'on puisse considérer l'activité instrumentée à un même niveau d'activité comme une suite de focalisations ou de défocalisations sur des objets variés. Tout changement de focale a une cause, qui peut tenir à la fin d'une tâche

(l'objet est dans un état souhaité), à la perception d'une friction voire d'une rupture entre l'horizon d'attente et le résultat de l'action (surprise, manque, inefficacité), à un phénomène de signification « en dehors » de ce qui était attendu, par exemple une thématisation (Rosen-thal et Visetti, 2008), une association d'idée, à une interruption externe, *etc.* Sans prétendre à une description exhaustive de ces changements de focales, nous en listons quelques-uns.

La focalisation d'objet consiste à se concentrer sur une sous-partie d'un objet, à objectiver cette sous-partie en tant qu'objet, lequel sera associé à un instrument adéquat. Si la focalisation est canonique, il est possible que l'outil change (par exemple un éditeur dédié à un nœud d'un graphe par ailleurs exploré dans sa totalité, ou l'invocation d'un outil de dessin pour éditer un schéma inclus dans un document de traitement de texte). Dans le cas contraire, l'outil peut se réduire à une sous-partie des représentations et commandes disponibles (focalisation d'outil) associée à des schèmes qui peuvent être spécifiques. Par exemple, se concentrer sur un paragraphe du texte en tant que paragraphe non encore traduit pour le traduire opère une focalisation d'objet, la structure informationnelle devenant par exemple composée d'un paragraphe source et d'un paragraphe traduit en construction, les schèmes associés à l'outil traitement de texte se limitant l'exploration et à la traduction de deux paragraphes. Un autre exemple de focalisation concerne le fait de se focaliser sur une publicité d'une page web visée en tant qu'objet, afin de se concentrer sur le moyen de s'en débarrasser.

Le changement d'objet est une défocalisation brutale qui peut impliquer ou non un changement d'instrument. Par exemple, il est possible de passer d'un courriel reçu à un autre, ou bien à un document en rédaction. Un autre type de défocalisation (défocalisation d'unité) consiste à remonter d'un niveau de manipulation dans une structure, par exemple passer d'une partie d'une page web à la page web en tant qu'unité pour pouvoir la fermer. Enfin, il est possible de considérer une défocalisation qui inclut dans une structure de nouveaux éléments (liés à la même application ou à une autre), en changeant la nature. Un exemple serait ici de mettre en regard un courriel reçu d'un autre continent et une horloge par exemple, pour évaluer à quel moment de la journée ce courriel a été envoyé et le lire en conséquence.

La focalisation sur l'outil consiste à lâcher celui-ci de telle sorte qu'il devienne objet de réflexion voire objet de manipulation à l'aide d'un instrument adéquat, notamment lié à des outils de paramétrage. Il s'agit là d'un passage à la dimension constructive de l'activité.

La focalisation de représentation consiste dans le fait qu'un ou plusieurs éléments de représentation devienne(nt) objet de l'activité, en tant que tel(s), en se séparant de ce qu'il(s) représente(nt). On pourra par exemple organiser des icônes de fichiers sur un bureau pour dessiner une forme⁷².

Instruments et abstraction. Un instrument met en jeu un outil et des schèmes d'utilisation qui correspondent à une pratique médiée de manipulation ou d'interaction avec un objet structure informationnelle. Une notion importante est que la structure informationnelle considérée l'est toujours *aussi* en tant que représentante de la classe des structures équivalentes au regard de l'instrument.

Un instrument est en effet lié à la possibilité de répétition d'une classe d'actions sur une classe d'objets, il est connaissance externalisée et incorporée d'une manière d'agir. Un instrument est par définition adapté et réutilisable avec un certain nombre de structures.

72. Le cas remarqué par (Hollan et collab., 2000) des propriétés propres des représentations faisant l'objet de manipulations, avec l'exemple de la position d'une icône représentant un fichier sur un bureau, dont ils interprètent la manipulation comme une organisation d'icônes pour un accès ultérieur nous semble plutôt une extension de l'artefact-outil de manipulation d'objets fichiers « étendus », structures informationnelles alors perçues comme ayant également des propriétés spatiales.

Ceci résulte du fait même de sa mise en place en tant qu'instrument, au-delà des situations particulières qui ont vu sa mise en place, soit par appropriation d'un outil canonique, soit par construction plus créative associée à des structures informationnelles non canoniques. La question de la genèse instrumentale qui se joue dans ce dernier cas est celle de la définition d'une structure informationnelle en même temps que l'abstraction qu'elle représente, en lien avec l'instrument adapté à cette abstraction.

Une telle définition peut être plus ou moins conscientisée. De la suite d'actions qui finit par faire instrument à la conceptualisation itérative des éléments de la structure et des manipulations associées, tout est possible. Il s'agit toujours d'utiliser les éléments des inscriptions et des outils canoniques à disposition pour construire un instrument adapté à la réalisation du ou des objets de l'activité (au sens de la Théorie de l'Activité). L'instrument est au final adapté à une abstraction de structure informationnelle, son schéma pourrait-on dire, même si un tel schéma n'est pas considéré de façon explicite. Parmi les caractéristiques permettant de considérer qu'une structure informationnelle existe, il y a son unité, le fait qu'un certain nombre d'éléments (du divers) soient regroupés en elle, car appropriables de façon répétable au moyen d'un instrument. Il y a alors catégorisation de ce divers sous la catégorie considérée comme l'unifiant, synthèse permettant accessoirement de simplifier ce divers en le subsumant sous l'unité. L'exemple classique (Lenay, 2003) est la liste avec un titre, qui permet de regrouper ses éléments sous la catégorie désignée par le titre, catégorie qui peut ensuite être considérée en tant qu'objet dont on considérera le contenu si besoin. Bien entendu, l'abstraction de structure, la catégorie qui lui correspond doit être considérée, d'autant plus pour des structures informationnelles idiosyncrasiques, comme flexibilité permettant d'assimiler les nouvelles occurrences qui lui correspondront (Lassègue, 2005).

2.3.2.3 Textes et diagrammes

Dimension textuelle du numérique. L'écriture est à l'origine de l'informatique en passant par le calcul et la formule, le texte en est au fondement⁷³, tandis que le numérique reste principalement textuel (Nelson, 2004). L'ASCII semble, par exemple, parti pour durer très longtemps, et ne sera remplacé que par un autre format textuel. L'outil de base permettant de faire des liens entre applications est le copier-coller textuel, qui permet de passer de l'une à l'autre des informations dans un format commun basique⁷⁴. « Tout est texte, image et "image de texte" » nous dit Souchier (2003) qui considère que tout élément d'une interface a été programmé avec un programme textuel, est donc une « image de texte ». Le texte semble ainsi « transpirer » des ordinateurs, originairement mais aussi du fait de la prégnance du langagier dans la communication et l'interaction.

Au-delà du texte, c'est le symbolique et le structurel qui sont éléments d'échange et d'interaction entre l'humain et la machine. L'interaction homme-machine se base en effet sur les éléments mutuellement compréhensibles (ou manipulables) par la machine et son utilisateur : le caractère, l'élément graphique et leur organisation structurelle formelle, spatiale ou temporelle.⁷⁵ Au-delà, ce sont les mots, textes, icônes, images, sons, documents interactifs

73. Herrenschmidt (2007, p. 404) considère que deux textes aux moins participent à ce fondement, l'algorithme logico-mathématique et le programme qui réalise l'algorithme.

74. Ce qui ne se fait pas sans mal, on peut perdre des caractères du fait du codage, perdre de la structure, par exemple un tableau deviendra du texte, *etc.*

75. Si l'ordinateur fait des progrès, on n'a pas atteint, et on n'atteindra sans doute jamais un point d'accord sur l'interprétation des textes, des images ou des vidéos. Ceci ne signifie pas cependant qu'un point commun ne puisse pas être déterminé dans le futur, en accord avec une évolution culturelle qui verrait les humains intégrer — dans la culture et le langagier — des éléments correspondant au monde numérique. Le structurel étant né du linguistique et de l'écriture, et venant en retour modifier l'écriture, l'enjeu d'une raison computationnelle

qui seront à interpréter dans leur organisation.

Les structures informationnelles ont une dimension symbolique, elles ont une unité tout en possédant une structuration interne symbolique ou spatiale en éléments. Elles sont un mixte d'éléments symboliques, de texte et de structuration associés aux possibilités d'interaction des instruments. Nous disons quelques mots dans la suite des textes et des diagrammes comme structures informationnelles.

Textes structurés. Un texte est une suite de caractères considérés comme éléments de base. Un texte est naturellement structuré, au moins pour son lecteur-rédacteur, car il est composé de formes textuelles : mots organisés en paragraphes, paragraphes de longueurs variées qui jouent le rôle de titres, listes, séparations, *etc.* Les manipulations faites sur un texte résultent autant de l'écriture au sens propre que de l'organisation des écrits en structures, et on peut y considérer des structures informationnelles non canoniques variées.

Si la notion de paragraphe est une notion partagée entre humain et ordinateur, car depuis longtemps rendue possible par la décorrélation entre la mémoire et l'affichage d'un texte⁷⁶, les éditeurs de texte devenus traitements de texte rendent certaines de ces structures de plus en plus canoniques. Ainsi la structure de liste permet d'enchaîner de façon explicite des items, la notion de style permet d'incarner des mises en évidences explicites d'ensembles de caractères afin de leur attribuer des propriétés, un mot est plus facilement copié et collé que dans un éditeur basique (la sélection écartera automatiquement les espaces). Au-delà, l'ordinateur utilisera sa puissance de calcul pour deviner des éléments textuels significatifs pour l'humain car normalisés : correction orthographique ou grammaticale, reconnaissance de dates ou de numéros de vols, *etc.*

On constate en fait que le texte reste le moyen principal de communication entre humains (y compris avec soi-même) par l'intermédiaire d'un ordinateur, lequel permet plus ou moins à l'humain de signifier des structures significatives de façon canonique. Le texte est également un moyen de communication avec la machine, de programmation. Sans rentrer dans les langages informatiques purs, un type de texte intéressant concerne les langages à balise, avec lesquels il est possible de définir des textes qui à la fois sont textes pour l'humain et textes pour la machine, structures informationnelles textuelles obéissant entre autres à des grammaires définies. On voit à ce niveau un autre type de mélange entre la textualité standard et la textualité numérique. Considérons par exemple le texte (authentique) suivant :

awareness of the `\emph{resource being used (reflective use)}`

Ce texte est parfaitement valide pour un interpréteur LaTeX, mais peut néanmoins être source de malaise pour l'informaticien qui le lit. Il y a ici un exemple de situation dans laquelle se mêlent à la fois la dimension canonique d'une structure (obéir au langage informatique), mais aussi sa dimension de structure informationnelle (mettre entre parenthèses).

Diagrammes. Les diagrammes sont un autre cas de structures informationnelles mi-langagières mi-spatiales, dans lesquelles la dimension de la séquentialité est moins importante que dans les textes. Listes, listes de listes — par exemple la structure ZigZag (Nelson, 2004) —, tableaux plus ou moins équipés pour le tri et le calcul, graphes simples ou graphes associés

pourrait se trouver dans la modification du linguistique par exemple autour d'une pensée de l'hypertexte, du collage, de l'organisation automatique, *etc.*

76. Le retour chariot signale la fin de paragraphe, l'affichage construit des lignes tant qu'il n'a pas atteint le retour chariot. Remarquons que ceci signifie par ailleurs que la notion de ligne, extrêmement prégnante pour un humain, peut ne pas l'être pour une machine.

à des modèles (graphes conceptuels, ontologies), ou encore figures dessinées sont autant de types de structures différents, avec des représentations variées, qui correspondent à différents types d'usages. Comme pour les textes, il va de soi que l'ordinateur peut gérer une plus ou moins grande partie de la structure informationnelle de façon canonique (il est par exemple malaisé de faire un tableau avec un logiciel de dessin, car ce dernier ne manipule pas les tableaux).

Les diagrammes posent des questions liées à leur lecture et écriture (on a vu que [Pfaender \(2009\)](#) avait fait quelques propositions en ce sens), au lien entre la manipulation de la représentation en tant que forme de la structure et l'inscription interne de celle-ci (un graphe peut être présenté de plusieurs façons différentes), à la sémiotique spatiale symbolique qu'ils proposent et aux modes de pensée qu'ils permettent ([Blackwell, 2001](#)).

2.3.2.4 Structures informationnelles et structures canoniques.

Les structures canoniques sont des inscriptions numériques explicitement manipulées par la machine, tandis que les structures informationnelles sont les inscriptions numériques effectivement impliquées dans l'activité de l'utilisateur. La notion de structure informationnelle est un moyen de passer outre ce qui est par définition figé dans les applications et les formats ou les fichiers (le canonique), pour chercher à atteindre les véritables objets et les véritables instruments utiles dans l'activité, car d'une part c'est là que sont le sens et la signification de l'action, d'autre part c'est là que se négocie la matérialité du calcul.

À un moment donné, on peut alors considérer différents cas :

- une structure informationnelle correspond à une inscription canonique ;
- une structure informationnelle est une sous-partie d'une inscription canonique : soit homogène au tout (cas d'un graphe par exemple), soit non-homogène ;
- une structure informationnelle mêle des éléments de plusieurs inscriptions canoniques.

En outre, un instrument associé à la manipulation d'une structure informationnelle est composé, dans sa partie outil, d'inscriptions-outils canoniques associées aux inscriptions-objets considérées, mais aussi de schèmes qui en permettent la mise en œuvre dans l'activité, schèmes d'action instrumentée qui pallient ou s'appuient sur le décalage entre structures informationnelles et inscriptions numériques. Cet instrument a été développé au cours d'une genèse instrumentale, qui a permis de mettre en place une utilisation pratique des outils associée aux structures informationnelles comme inscriptions effectivement manipulées. Une telle genèse a pu se faire à la fois par instrumentation (nouveaux schèmes) et par instrumentalisation (attribution de propriétés à l'artefact⁷⁷). Plusieurs formes sont imaginables,

- une structure informationnelle canonique nécessite que les schèmes associés soient développés (appropriation de l'outil) ;
- une structure informationnelle non canonique pré-existante nécessite une adaptation de pratique pour pouvoir la retrouver (exemple d'un changement d'outil) ;
- une structure informationnelle non canonique peut être co-construite progressivement au cours du développement d'une pratique, par sélection d'un sous-ensemble d'éléments de structure canonique et de commandes dans un (cas sous-partie) ou plusieurs (cas mixage d'éléments) outils.

Objectification de structures. Les structures informationnelles sont des objets auxquels la cohérence, en regard de l'action et de l'activité instrumentée, donne un statut effectif

77. Ce qu'on peut penser comme une projection de la cognition ([Edmondson et Beale, 2008](#)) dans les éléments canoniques disponibles.

d'inscription de connaissances en actes pour le sujet. Selon nos définitions, ces inscriptions numériques sont objectivables puis objectifiables dans la machine : il est possible de les instrumenter numériquement⁷⁸. Une telle objectification peut prendre différentes formes.

Comme nous l'avons déjà évoqué, l'évolution des applications informatiques consiste bien souvent à ce qu'un concepteur réifie des pratiques effectivement observées pour les faciliter ou les automatiser en changeant les modèles de données et les traitements associés. Par exemple un outil d'aide à l'écriture de script de film permet de prendre en charge une partie du travail de mise en cohérence des noms des personnages non permise par un traitement de texte classique, ce qui suppose que la notion de « Personnage » ou bien d'« Entité nommée » soit disponible dans l'application. Un autre exemple pourrait être l'utilisation dans les logiciels de gestion de photographies d'algorithmes de reconnaissance de visages qui prennent en charge des opérations humaines fastidieuses pour les remplacer par des vérifications plus aisées.

Un utilisateur peut également faire évoluer son environnement en objectifiant des représentations pertinentes au regard de son activité, qu'il inscrit dans les représentations manipulées par le système. Nous avons largement discuté du cas du texte simple comme moyen d'inscription de structures informationnelles qui laissent presque toute la charge de la manipulation à l'utilisateur (qui doit en inventer ou en réutiliser le code d'écriture et de lecture). Certains systèmes permettent cependant de déléguer une partie du pouvoir d'objectification à l'utilisateur. Les traitements de texte permettent par exemple de définir des styles, de qualifier des paragraphes ou des ensembles de caractères. D'autres applications sont plus versatiles et peuvent être spécialisées en fonction des besoins. Les *outliners* par exemple sont des outils permettant de gérer des hiérarchies de toutes sortes et sont hautement paramétrables, permettant à leurs utilisateurs de définir des propriétés visuelles d'éléments et leur organisation, donc des instruments correspondant à leurs pratiques et à leurs objets. Certains outils possèdent une base de données interne (par exemple une liste de mots-clé, une ontologie) qui permettent de les paramétrer encore plus finement, et donc d'explicitement une partie des structures informationnelles utiles. Un tableur est un outil encore plus versatile orienté sur la manipulation de nombres et de calculs qui permet à l'utilisateur d'aller jusqu'à véritablement programmer son utilisation. Enfin, les outils offrant des macros permettent d'y inscrire une partie des schèmes d'utilisation comme programmes, qui alors objectifient des structures informationnelles non canoniques par co-mobilisation de leurs éléments au cours de l'exécution.

Bilan : caractéristiques des structures informationnelles et des instruments. Après ces discussions, nous sommes à même de proposer quelques critères de caractérisation pour les instruments et les structures informationnelles (tableau 2.2).

78. Ce qui se joue dans cette objectivation puis objectification est sans doute la renégociation du couplage entre l'homme et la machine, entre la connaissance humaine comme interprétation et la manipulation machine d'information comme accompagnement et support de l'interprétation dont une partie peut être déléguée à la machine. L'irréductibilité du niveau interprétatif et du niveau formel s'observe dans la dynamique entre les structures sémiotiques interprétées (plus ou moins objectivables, par exemple en linguistique), les structures informationnelles effectivement utilisées (objectivables et objectifiables) et les structures canoniques (objectifiées). Cela nous semble en accord avec les notions d'unités techniques de manipulation (UTM, côté formel) et les unités sémiotiques d'interprétation (USI, côté humain) proposées récemment par [Bachimont \(2011\)](#) (intervention au Colloque EPICIC à Lyon en avril 2011), dont il est intéressant de considérer le passage des USI vers les UTM, sans qu'il soit possible d'assigner une fin à ce jeu.

TABLE 2.2 – Caractérisation des instruments et des structures informationnelles

| Instruments (schèmes et artefact-outils) | |
|---|---|
| Lien aux outils canoniques | Nombre d'outils canoniques utilisés, sous-partie d'un outil (nombre de commandes utilisées), <i>etc.</i> |
| Degré de formalisation | Répartition de la prise en charge de la manipulation de la structure <i>en tant qu'inscription numérique</i> entre les schèmes et les outils. Détermine la possibilité de partage de l'instrument. |
| Complexité | Désigne le nombre de commandes mobilisées, la complexité des enchaînements à réaliser, le degré d'intégration de l'action en opérations, <i>etc.</i> |
| Généricité | Possibilité de réutiliser l'instrument au-delà de la situation présente, pour des situations similaires en terme d'activité ou de structures informationnelles. |
| Structures informationnelles | |
| Degré d'explicitation pour l'utilisateur | Dans le cas où la structure est <i>observée</i> par un analyste de l'activité (comme objet dont il étudie la présence, l'effet, l'apparition, <i>etc.</i> dans la machine et au niveau de l'activité), celle-ci peut ne pas correspondre à ce que manipule explicitement l'utilisateur (i.e. un objet de l'activité dont il est conscient). La structure informationnelle se présente donc de façon plus ou moins explicite à l'utilisateur, une telle explicitation met en jeu le « schéma » de la structure, son abstraction, sa forme globale. Le degré de manifestation de la représentation indique si la structure toute entière peut être directement appréhendée par sa représentation ou doit être explorée. |
| Temporalité ou stabilité | La structure existe au niveau micro (pas plus de quelques secondes), méso (niveau de l'objectif conscient) ou macro (temps plus longs). |
| Liaison aux outils canoniques | Une structure informationnelle peut être liée en tant qu'objet à un ou plusieurs outils canoniques (manipulable avec des outils différents, comme par exemple dans (Klokmoose et Beaudouin-Lafon, 2009)), ou bien à une sous-partie d'un outil ou bien à <i>plusieurs outils</i> en même temps. |
| Signifiante pour l'outil | Une structure est signifiante pour un outil à laquelle elle est liée si celui-ci offre des possibilités de manipulation qui lui correspondent, si l'outil permet de la manipuler, d'interagir avec elle dans toutes ses dimensions, bref si elle joue le rôle d'objet du domaine pour lui. Dans le cas contraire, c'est-à-dire en cas de décalage entre la structure informationnelle et les inscriptions canoniques, la manipulation sera incidente, par exemple l'édition d'une image avec un éditeur binaire, qui ne prend pas l'image pour ce qu'elle est. |

2.3.2.5 Espaces informationnels

Nous nous sommes jusqu'ici concentré sur la co-définition d'un objet structure informationnelle et de l'instrument associé, de façon relativement statique. Cette section vise à considérer la notion de structure informationnelle dans le cadre d'une activité plus large. Il s'agit de penser la dynamique de l'action et de l'activité, notamment le co-développement de l'utilisateur et de ses outils.

Pour aborder cette question, nous inscrivons les structures informationnelles, objets signifiants de l'activité, dans des *espaces informationnels* aux sein desquels se déroule l'activité sur des temporalités plus longues. Nous définissons de façon large un espace informationnel comme *composé de l'ensemble des structures informationnelles effectivement mobilisées au cours de l'activité*. Un tel espace s'appuie sur des outils et des inscriptions canoniques, il évolue au cours de l'activité, et peut être considéré depuis de multiples points de vue en fonction du ou des niveaux d'activité considérés par un analyste qui étudie l'activité médiée de l'utilisateur.

Nous proposons dans la suite quelques réflexions sur les espaces et les structures informationnels suivant différents angles d'approche.

Couplage et dynamique. Il nous semble tout d'abord que l'on peut prendre un point de vue éactif⁷⁹ sur les espaces informationnels, en considérant que l'utilisateur se construit en permanence en tant qu'utilisateur, éactant son espace informationnel et l'activité productive et constructive qui s'appuie sur celui-ci en tant que support et déterminant. Il s'agit pour l'analyste de l'activité et de l'espace informationnel de considérer dans cette co-individuation des phases de stabilité entre le monde informationnel éacté et l'activité, que l'on peut décrire de part et d'autre en termes de tâches, d'interactions, d'instruments, d'outils, de structures informationnelles, *etc.* suivant qu'on s'intéresse plus à l'humain ou au système.

L'espace informationnel est alors à tout instant le résultat de l'histoire de son couplage interactionnel avec l'utilisateur, lequel comme on le sait n'a pas à être optimal, mais juste viable (Varela, 1989). Chacun de ces équilibres décrit comme stabilité doit également être pensé comme métastable, c'est-à-dire dans une dynamique de changement perpétuel, pouvant toujours basculer vers de nouveaux équilibres émergents, de nouvelles tâches, schèmes, structures, outils, *etc.* La cohérence d'ensemble de ces différents éléments à un instant est sans doute illusoire, car l'activité (au sens Théorie de l'Activité) ne s'embarrasse que de cohérence au regard de son objet, qui peut trouver satisfaction dans des actions, interactions, outils ou structures très variés et changeants. Il nous semble — en accord avec l'approche instrumentale et la Théorie de l'Activité (et contre une approche d'action située radicale⁸⁰) — que l'on peut trouver des cohérences locales, qui correspondent à l'utilisation d'instruments ou de systèmes d'instruments dans des séquences d'actions signifiantes ayant pour objets des structures informationnelles identifiables.

79. Rappelons que nous parlons ici d'éaction au sens métaphorique, car nous sommes dans un monde symbolique et ne disposons pas d'une théorie du signe articulée à celle de l'éaction qui permettrait d'aller au-delà.

80. Telle que celle de Dourish (2001, p. 144) « *embodied interaction [...] addresses how we assemble a set of abstract computational representations into a tool, and the act through that tool to achieve some end result. Doing this involves a continual process of separation and reengagement with a world of entities and artifacts, physical and virtual, each of which carries different meanings and plays different roles in the multiple, overlapping contexts in which it appears* ».

Structures et instruments dans les espaces informationnels. D'un point de vue formel, l'espace informationnel est l'ensemble des éléments numériques mobilisés par un utilisateur dans son activité, considérés dans leur évolution. Du point de vue canonique, l'utilisateur utilise des outils canoniques pour manipuler des inscriptions canoniques telles que des documents, structures de données, modèles de données ou de connaissances, courriers électroniques, messages, feuilles de style, paramètres, *etc.* Nous avons cependant vu que la notion de structure informationnelle pouvait capturer les objets effectifs signifiants de l'activité qui peuvent ne pas correspondre à ces inscriptions canoniques, mais que l'on peut cependant considérer d'un point de vue formel. Un espace informationnel comprend donc ce qu'un analyste choisit de considérer et d'organiser comme *objets de l'activité* parmi l'ensemble des inscriptions canoniques (structures informationnelles), intégrés dans des niveaux d'activité *cohérents* entre eux au regard de l'analyse, *dans leur évolution* en tant qu'objets identifiés (telle structure informationnelle subit des modifications).

Étant donné que les structures informationnelles non canoniques peuvent ne pas avoir d'identité au niveau informatique, leur existence en tant qu'objets évolutifs et donc relativement stables est toujours à renouveler par l'analyste. Elle dépend d'une part de la stabilité de l'abstraction de cette structure et de l'instrument associé. Elle dépend d'autre part de critères permettant de l'identifier en tant que la *même* structure en train d'évoluer au sein d'une trajectoire et non d'une nouvelle structure.

Par ailleurs, les structures informationnelles considérées comme objet de l'activité à un instant sont manipulées en tant que telles. Il y a deux types de manipulations : celles qui s'appliquent à la structure en tant qu'unité (création, déplacement, insertion dans d'autres structures...), et celles qui s'appliquent à la structure en tant qu'organisation d'éléments (ajout ou suppression d'éléments, modification...).

Les instruments qui permettent de les modifier ou de les gérer existent à ces deux niveaux, ils sont composés des fonctionnalités du ou des outils canoniques impliqués et des différents schèmes associés. Les instruments à un bas niveau d'activité font système au sein d'activités de plus haut-niveau : par exemple, l'instrument utilisé pour l'action de modifier une fiche d'un carnet d'adresse fait système avec d'autres instruments tels que ceux liés à la rédaction d'un courriel ou à la recherche dans la boîte des messages reçus.

Les instruments sont issus de genèses instrumentales qu'il est toujours possible de continuer ou de faire diverger dans une autre direction en fonction de l'activité. On peut sans doute les décrire en termes de stabilisation de modes d'interaction du point de vue de l'activité, et en termes de concrétisation d'outils du point de vue artefactuel.

Monologue et réflexivité. Une autre façon de considérer l'activité dans un espace informationnel concerne l'utilisateur et le dialogue avec lui-même (le monologue), la médiation réflexive, qui est rendue possible par le fait d'interagir avec les inscriptions de l'espace informationnel, à la fois traces d'une activité passée et déterminants conscientisés ou non de l'activité présente. Le dialogue « social » avec soi-même prend place lorsque des inscriptions sont considérées en tant qu'ayant été inscrites de façon intentionnelle, par un autre soi-même. On peut distinguer au moins deux types de monologues liés à la réflexivité.

Le premier concerne la réflexivité immédiate ou plus éloignée temporellement entre ce qui a été exprimé et donc inscrit et ce qui est pensé maintenant à l'interprétation de l'inscription. On retrouve notamment ici la dimension de la surprise dans l'écriture évoquée par Brassac (2005) (une pensée n'est pas « codée » dans l'inscription, mais prend appui sur l'inscription pour réaliser ce qu'elle est), mais aussi du dialogue avec ce soi-même du passé possible dans le fait même de reprendre des inscriptions qui lui sont attribuables. Il est également possible de

se voir soi-même dans les inscriptions passées vues comme traces d'une activité intentionnelle en tant qu'ayant agi. Toute action qui met en jeu ces inscriptions peut en effet donner lieu à réflexion, que ce soit sur le déroulement de l'activité, sur les outils utilisés, sur les structures informationnelles explicites manipulées, *etc.* Une telle réflexion, suscitée par une rupture ou une thématization est moteur de changement, appropriation, genèse instrumentale, *etc.*

Le second monologue se fait par avance, ce qu'on pourrait appeler une réflexivité prospective, lorsque l'inscription, la modification de l'espace informationnel vise à dialoguer avec un futur soi-même, par exemple en organisant l'espace pour l'action (qui du coup ne donnera pas forcément lieu à conscientisation), ou en mettant en place une adresse explicite à soi-même (par exemple une annotation pour l'action telle que « à vérifier »). On trouve là une dimension de pilotage explicite de son devenir, de projection dans un futur plus ou moins proche, qu'il est sans doute possible d'associer à des instruments et à des structures d'information dédiés, à des pratiques de soi inscrites dans l'espace informationnel.

Dialogue et partage. Un espace informationnel et ses inscriptions permettent également un dialogue avec les autres. On retrouve là une dimension plus classique liée au partage de structures informationnelles, d'outils et à la notion de document.

Remarquons tout d'abord que le dialogue commence en fait avec l'utilisation d'un système informatique, lequel a été défini par une multitude de concepteurs, et construit par une multitude d'informaticiens qui y sont donc plus ou moins présents notamment dans les représentations offertes par celui-ci (organisation de données, tâches prescrites, *etc.*). L'utilisation même du système est un dialogue à distance avec ses concepteurs, toute inscription ou construction d'un espace informationnel étant en fait une co-inscription ou une co-construction.

Ensuite, il apparaît que les espaces informationnels personnels portent en fait souvent des structures informationnelles, des inscriptions qui n'ont pas été définies par l'utilisateur, mais ont été partagées par autrui. Le partage de structure n'est viable que si la manière de l'appréhender est également partagée, c'est-à-dire que l'instrument adéquat est partagé, comme ensemble de fonctionnalités (outil), mais également comme ensemble de schèmes liés à l'appréhension (lecture) et à la modification (écriture). Une structure informationnelle peut être considérée comme un texte⁸¹ au sens large, qui mêle de façon structurée différentes informations numériques, et qui est utilisé dans les interactions humaines, notamment pour l'organisation collective, qui sont tout ensemble organisé d'informations pertinentes au regard d'une tâche collective. Cette dimension sociale des structures informationnelles partagées nécessite un accord sur la forme des structures, sur leur identification et la manière de les appréhender, qui passe par le partage d'un ensemble de codes sémiotiques et de pratiques. Il est dès lors logique que certaines des structures informationnelles et des outils associés les plus stabilisés soient « inscrits canoniquement » dans des outils, des formats⁸², des normes qui supportent l'accord social ou organisationnel.

Enfin, il nous faut évoquer la notion de *document*, que l'on peut considérer comme inscription stabilisée dans une tradition de transmission sociale. Pédaque (2003) a défini les documents suivant trois dimensions principales, celle de la forme (d'appréhension), du signe (le contenu), et du médium (l'insertion dans une activité), et certains critères sont souvent considérés pour décider de ce qui est document ou ne l'est pas, tels que la stabilité, la délimitation spatiale et temporelle, ou encore l'intentionnalité, différents auteurs insistant notamment

81. « Texte, de "Texere", signifie "tisser" et fait référence non pas à un matériau, mais à un processus, entrelaçant et entrecroisant toutes sortes de matériaux » (Paccoud, 1998).

82. Par exemple une DTD documentaire comme figement du schéma d'une structure informationnelle stabilisée, qui en permettra désormais la manipulation automatisée.

sur un critère de publication (au sens de « rendre public ») nécessaire. Si on se limite à ce qui nous intéresse, c'est-à-dire le numérique, il nous semble cependant qu'il y a une continuité entre la dimension individuelle et la dimension publique des structures informationnelles et que le critère documentaire essentiel est celui de forme stabilisée liée à l'action, inscrite dans une pratique éventuellement partagée, plus ou moins largement. Ceci peut arriver aussi bien au niveau individuel (une liste de choses à faire) qu'au niveau collectif (document pour l'action (Zacklad, 2004)) ou social (documents plus classiques). La notion de *genre* capte bien les caractéristiques liées aux documents, comme formes stabilisées liées à des pratiques partagées socialement (et en dialogue avec soi-même ajouterons-nous). En poussant un peu plus loin, un document pourrait être considéré comme de l'activité figée (comme l'écriture) dans un système socialement préparé pour assurer une orthothéticité entre l'écriture et la lecture, comme interprétation de soi et des autres.

2.3.3 Quelques travaux

Notre proposition de considérer la notion de structure informationnelle comme inscription numérique effectivement mobilisée dans une activité, dont il s'agit de penser l'appréhension, l'émergence ou la dimension formelle, ne vient pas de nulle part ; nous l'avons abordée plus ou moins directement dans tous nos travaux au cours des dernières années. Nous présentons rapidement quelques-uns des travaux qui ne seront pas présentés plus largement dans les chapitres suivants.

2.3.3.1 Constellations de mots

Issu notamment de la volonté d'étudier les langages semi-formels d'annotation tels que Strates-IA (Prié, 1999), le projet informel⁸³ mené avec Bénédicte Pincemin avait pour objectif de définir la notion de *constellation de mot* comme structure mi-linguistique mi-spatiale et d'en étudier la lecture et l'écriture. L'idée générale est que les pratiques d'édition électronique et de communication dans le cadre des nouvelles technologies ont développé une nouvelle forme d'expression linguistique, que nous avons proposé d'appeler « constellation de mots » (Pincemin et Prié, 2003). Les mots ne sont plus liés syntaxiquement pour rédiger une phrase ou un texte, mais ils sont agencés visuellement à l'écran. C'est le cas par exemple de la plupart des requêtes soumises aux moteurs de recherche sur le web (suite de deux ou trois mots simplement juxtaposés), tout comme des arborescences hypertextes, des lexicogrammes (cf. figure 2.7), des schémas et des expressions de connaissances sous forme de graphes sémantiques, ou encore des cartographies documentaires qui situent des thèmes et des documents les uns par rapport aux autres. Les items lexicaux, mis en relation les uns avec les autres par leur voisinage, éventuellement par des tracés graphiques, s'organisent alors mutuellement et construisent ainsi ensemble une part non négligeable de leur sémantique. Plus précisément, une constellation est un *ensemble organisé de termes (au sens le plus général) agencés visuellement (sur un écran, un tableau, une feuille)*. Les items linguistiques ne sont donc plus liés syntaxiquement pour rédiger une phrase ou un texte, mais entrent en relation via leur disposition graphique.

Ces constellations de mots, qui prennent une place grandissante dans nos pratiques quotidiennes en tant que mode de communication homme/machine approprié, ont pour caractéristiques

83. Lancé en 2003, le projet avait été accepté comme Action Spécifique par le Réseau Thématique Pluridisciplinaire 38, mais il a fait les frais de la réorganisation des RTP au début de l'année 2004. Le projet ACI « Langage et Technologies Numériques » piloté par Jean-François Rouet (2005-2006) a pu apporter un soutien léger.

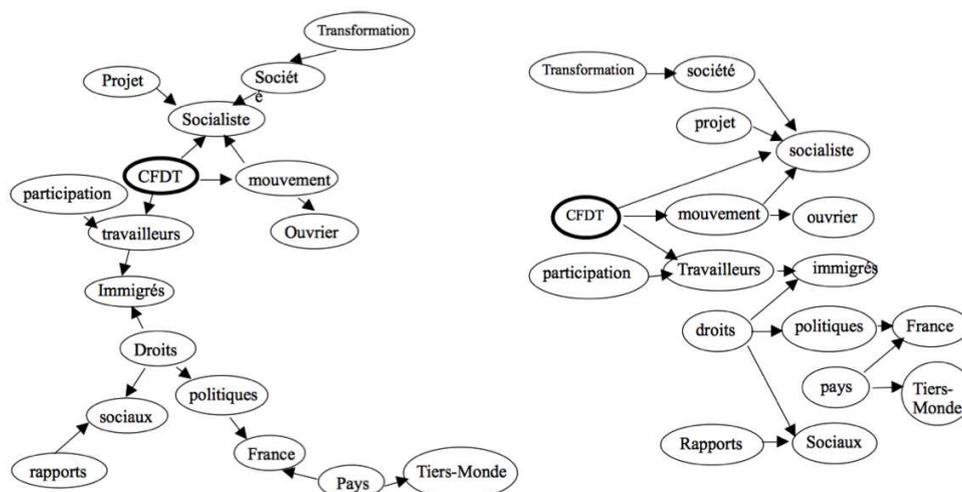


FIGURE 2.7 – Un lexicogramme extrait d’un corpus de documents syndicaux, présenté de deux manières différentes, qui induisent des parcours et des interprétations différents.

téristiques d’être un mode écrit (ou plus généralement graphique) convenant à la fois aux utilisateurs — pour son esthétique visuelle, son expression synthétique, et la liberté et la puissance d’expression données par le recours à la langue — ainsi qu’aux machines par ses aspects plus ou moins formels (structure plus squelettique que la langue naturelle). Il s’agissait alors pour nous de donner une définition unifiée des diverses manifestations courantes des constellations de mots et de modéliser, par delà cette diversité, des principes sémantiques et cognitifs fondamentaux orientant les choix expressifs et l’interprétation.

Le projet a été l’occasion d’étudier quelques occurrences de constellations de mots de type graphe, et de spécifier quelques directions de recherche :

- modes d’articulation des mots : par exemple, pour des graphes, les typologie des liens (étiquetage, orientation, profondeur, typage, arité...), les figures expressives et les parcours induits (la chaîne, l’étoile, l’arbre...)
- effets de contexte spatio-dispositionnels : analogie, opposition, alignement, centrage (existence, unicité et rôle de pôles centraux organisateurs), orientation et ordre (séquence, hiérarchie, mono- ou multidimensionalité), proximité, *etc.*
- contraintes liées aux moyens matériels de transcription ou/et d’affichage (frontières, bords, déplacement, facilité de retouches locales, paramètres accessibles, *etc.*)

Nous avons également pu participer à la spécification des graphes utilisés dans une expérimentation visant à étudier des parcours oculométriques (cf. figure 2.8) sur des graphes de termes correspondant à différentes catégories linguistiques, pour lesquelles des liens de proximité sémantique issus de l’application de LSA (*Latent Semantic Indexing*) avaient été représentés par des relations plus ou moins manifestes. Les moyens matériels ont cependant manqué pour mener une étude qualitative des différents parcours.

Le projet « constellations de mots » visait donc à déterminer les modes d’appréhension et d’écriture de structures informationnelles particulières mi-symboliques mi-graphiques, sa richesse thématique n’a cependant été qu’effleurée à ce jour.

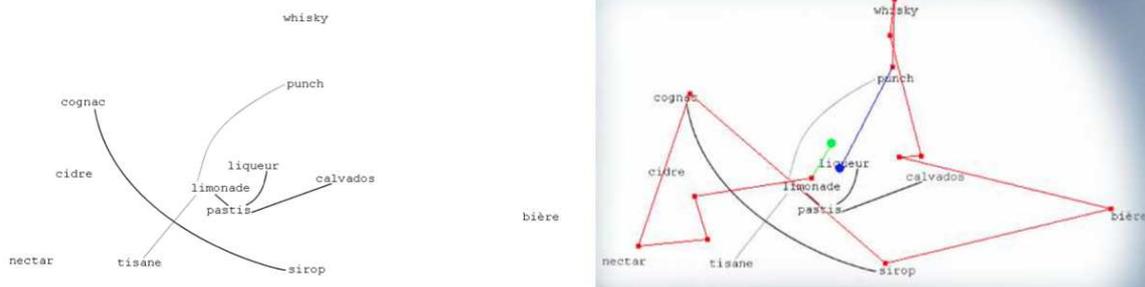


FIGURE 2.8 – Un exemple d’une constellation pour la catégorie des boissons et d’un parcours oculaire correspondant.

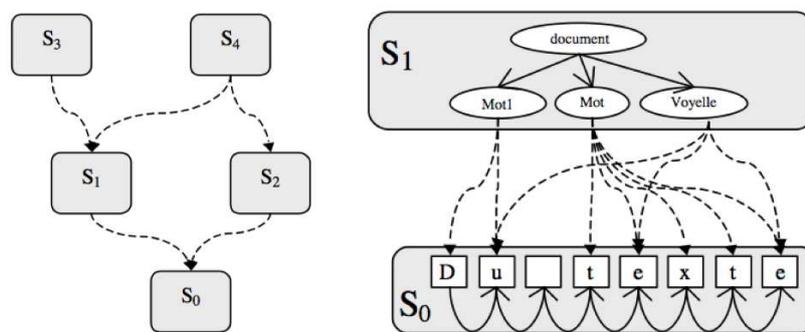


FIGURE 2.9 – À gauche, un document multi-structuré comme graphe orienté de structures. À droite, un exemple de document bi-structuré, composé d’une structure première simple séquence de caractère, et d’une structure plus sémantique qui s’appuie sur elle. Extraits de (Rocio Abascal Mena et collab., 2004).

2.3.3.2 Multi-structuralité des documents

Dans la continuité de notre réflexion sur les annotations et les structures des documents, notamment la proposition de considérer que toute structure documentaire est sémantique, et que par conséquent ce qui est communément appelé structure logique n’est en fait qu’une structure sémantique « canonique » ou structure auctoriale première (Prié, 2000), nous avons pu contribuer avec Pierre-Antoine Champin et différents collègues lyonnais⁸⁴ à un travail sur la multi-structuralité des documents. Notre contribution principale aux résultats de ce groupe (Rocio Abascal Mena et collab., 2004) a consisté dans la spécification d’un modèle formel de document multi-structuré, comme graphe orienté de structures documentaires S_i , elles-mêmes définies comme des graphes orientés. Deux structures documentaires S_1 et S_2 liées dans le document multi-structuré sont en correspondance, une correspondance permettant de mettre en relation des éléments de S_1 avec des éléments de S_2 . Tout document multi-structuré possède une structure *première* qui est la structure de base à partir de laquelle il est possible de mettre d’autres structures en correspondance (figure 2.9).

84. Regroupés au sein d’un groupe de travail de l’Institut des Sciences du Document Numérique (ISDN), financé par la région Rhône-Alpes (Programmes Thématiques 2000-2003).

Au-delà de la modélisation, somme toute anecdotique, une notion importante est la volonté générale de pouvoir considérer *plusieurs structures d'usages* dans un document, correspondant à des niveaux variés d'information et de pratiques documentaires, et mettant en jeu l'ensemble des manipulations formelles possibles sur le document lui-même (dans l'exemple de la figure 2.9, on peut manipuler le texte, et on peut manipuler les mots, mais aussi spécifiquement les voyelles). Ceci ouvre la voie à la possibilité de définir les structures effectivement mobilisées dans un document à partir des structures théoriquement mobilisables (la notion de voyelle ne peut être définie formellement comme structure que parce que les caractères sont adressables). Au niveau supérieur à celui de l'unité documentaire standard, une telle manière de penser permet de regrouper aisément plusieurs documents au sein d'un nouveau par agrégation des structures qui composent ceux-ci. Le lien avec la notion de structure informationnelle apparaît ici aisément, puisque l'on se donnait déjà alors la possibilité de définir n'importe quelle structure d'usage à partir des éléments numériques disponibles de façon canonique.

2.3.3.3 Structures perçues et structures vécues

La question qui suivait logiquement a été abordée au cours du stage de M2R de Bertrand Richard (2005), dans lequel il s'agissait de se donner les moyens de penser les multiples structures d'un document non seulement de façon formelle, mais aussi dans leur appréhension et leur manipulation par le lecteur du document.

Un document multi-structuré est alors défini *du point de vue de l'usage* suivant trois types de structures. Les *structures de stockage* correspondent tout d'abord à la description du document dans son format natif. Les *structures de présentation* sont ensuite les structures d'action fournies au lecteur par les outils utilisés pour manipuler ce document. Un même document (e.g. une image) pourra être manipulé par des outils différents et donc avoir des structures de présentation différentes (e.g. manipulation des pixels avec MS Paint, plusieurs niveaux de zoom avec l'aperçu windows, et seulement deux niveaux de zoom avec IE7), qui correspondent à l'accord entre la machine et l'utilisateur sur les objets qu'il est possible de manipuler. Une structure de présentation dépend pour partie de la structure de stockage considérée et de l'outil utilisé.

Les *structures perçues* correspondent enfin au point de vue qu'un lecteur a sur un document, dans le cadre d'une activité. Une structure perçue dépend de la structure de présentation offerte par l'outil de manipulation, mais ne correspond pas forcément à celle-ci. Elle est en fait issue de l'interprétation par le lecteur de la structure de présentation, il s'agit donc d'une structure virtuelle qui dépend du lecteur et du contexte de son activité. Les structures perçues, ou structures d'usage apparaissent spontanément au lecteur, mais ne sont pas forcément manipulables en tant que telles par l'outil car non connues par celui-ci, ce qui sera le cas d'un titre dans un traitement de texte sans feuille de style, ou d'un élément significatif dans une image (cf. figure 2.10). Le décalage entre structures perçues et structures de présentation peut notamment être mis en évidence par des « problèmes de sélection », qui apparaissent lorsque l'utilisateur essaye de sélectionner une structure d'information perçue, mais non atteignable par la structure de présentation (par exemple chercher à sélectionner une ligne unique d'un paragraphe de plusieurs lignes). On peut également se poser la question de l'intégration des structures perçues dans les structures de présentation et de stockage, ce que nous avons appelé *explicitation de structures perçues*, qui peut passer soit par l'annotation soit par une évolution des formats et/ou des outils.

Les structures perçues correspondent pour partie aux structures informationnelles telles

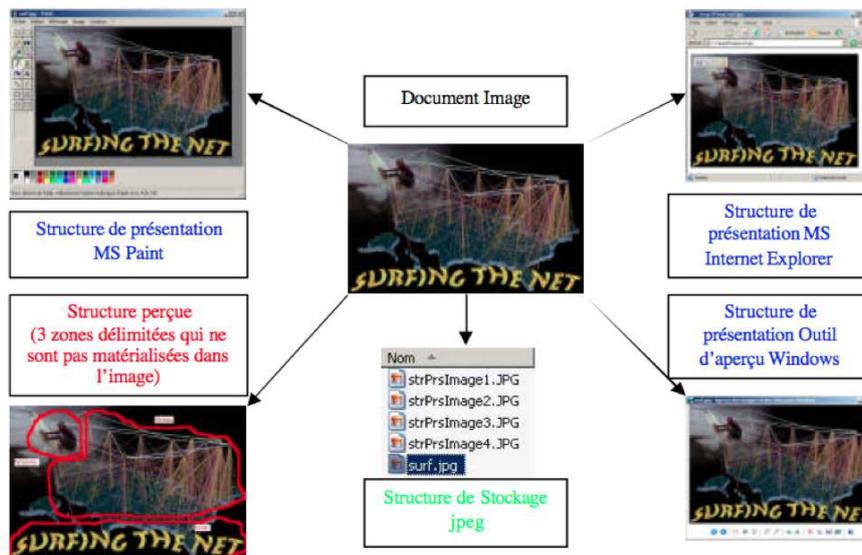


FIGURE 2.10 – Différentes types de structures liées à une image, en fonction des différents outils utilisés.

que nous les avons proposées ici, dans la mesure où elles permettent de mettre ensemble des éléments informationnels de façon non canonique, et peuvent être intégrées par annotation dans les documents. Cependant, elles n'ont pas la contrainte de pouvoir être objectifiables, elles ne peuvent qu'être objectivables (par exemple une forme dans une image).

2.3.4 Bilan

Nous pouvons désormais dresser un bilan de nos propositions pour thématiser les liens entre des humains en train de mener une activité informatiquement médiée, et les représentations numériques impliquées par cette activité.

Nous avons tout d'abord présenté nos intuitions sur la manière de conceptualiser l'évolution du système numérique global en proposant une approche articulant d'abord *analyse* d'activité mettant en jeu des éléments quelconques du système en les *objectivant*, puis *objectification* de l'analyse en représentation signifiante, et enfin *réinjection* dans le système de cette représentation. Une telle approche est rendue possible par la propriété du numérique de *faire système global* et d'autoriser (au moins en théorie) d'accéder à n'importe lesquels de ses éléments et de les mettre ensemble au sein d'une représentation. Nous y voyons un des moteurs du co-développement du système numérique global et de l'activité humaine, et nous pensons que l'unification technique concrète rendue possible par le web et ses technologies devrait permettre une mise en œuvre plus aisée de cette évolution, à laquelle les chercheurs de sciences humaines et sociales pourraient participer.

Dans le cadre de cette approche générale, nous avons pu ensuite nous focaliser sur l'activité individuelle, en définissant la notion de *structure informationnelle* comme inscription numérique effectivement mobilisée au cours de l'activité, qui a pour caractéristique de n'être pas forcément canonique, c'est-à-dire objectifiée en tant que telle dans les outils, mais qui doit par contre être objectifiable. Une structure informationnelle est manipulée en tant qu'objet d'action par la médiation d'un instrument qui lui correspond, c'est-à-dire qui permet de consi-

dérer la classe des structures dont la structure actuellement considérée est un exemplaire. Les structures informationnelles sont inscrites dans la notion plus large d'espace informationnel en co-évolution avec son utilisateur, ce qui ouvre la possibilité de les considérer dans leur jeu entre différents niveaux d'activité et différentes temporalités.

Notre proposition nous semble avoir quelques bonnes propriétés, car elle offre une manière de penser assez riche. Notamment, elle permet de penser les inscriptions numériques dans une activité *médiée* soit comme objets, soit comme parties artefact-outils d'instrument, et de considérer les dynamiques de co-définition et d'évolution de ces différents types d'inscriptions. Par ailleurs, elle permet de se concentrer sur les objets *informatiques* effectivement liés à l'activité, ouvrant la voie à la compréhension de la mobilisation de ceux-ci dans l'activité, aussi bien au niveau de la microdynamique qu'à un niveau plus global. L'approche est enfin résolument technique, car il s'agit de s'intéresser aux inscriptions numériques en tant qu'elles sont numériques, et d'envisager différentes opérationnalisations.

Cependant, ces propositions ne prétendent pas à l'heure actuelle constituer une théorie complète, mais correspondent plutôt pour l'instant à un programme de recherche d'ingénierie des connaissances (comme « technique des inscriptions formelles et critique de leur interprétation ») en accord avec nos inclinaisons (il nous semble que notre travail est traversé par ces questions). Ce programme ouvre à notre sens des perspectives que nous avons tout juste explorées dans ces quelques pages, et ne pourra être évalué qu'à l'aune de sa fécondité, au niveau analytique, et au niveau de la conception de systèmes. Nous donnons ci-après quelques directions possibles.

2.3.4.1 Analyse orientée structures informationnelles

Nous nous intéressons à la mise en évidence des inscriptions numériques effectivement mobilisées dans l'activité, qui donc correspondent à l'action effective et signifiante de l'utilisateur, mais ont également une existence numérique objective en tant qu'elles sont effectivement implantées dans les outils. Nous nous intéressons également à la dynamique de ces inscriptions et des instruments associés au cours de l'activité, à un niveau micro, méso voire macro (par exemple la reconception d'un système).

L'analyste (spécialiste de l'analyse) a pour mission d'objectiver ces structures informationnelles dont l'existence est posée (et déjà attestée dans le cas des inscriptions canoniques), et de déterminer en quoi celles-ci participent à l'activité, en utilisant notamment des méthodes tirées des sciences humaines et sociales. De façon générale, il s'agit de travailler sur le matériau numérique *homogène* pour déterminer les objets effectivement mobilisés dans l'activité humaine et élucider leur participation. Pour les structures canoniques existantes, déjà déterminées par leur inscription explicite dans le système informatique, il est alors possible d'en déterminer les corrélats du côté de l'activité. Pour les structures non canoniques, il convient de partir de l'activité et de ses traces pour les identifier, notamment de déterminer ce qui dans l'expérience du sujet est manifestation de mobilisation de structures dans l'action signifiante.

Il nous semble que plusieurs méthodes d'investigation doivent alors être articulées au niveau analytique : approches en troisième personne, qui relèvent essentiellement des études instrumentées sur les traces de l'activité (enregistrements, transcriptions, logs, *etc.*) et peuvent être faites à des niveaux variés ; approches visant à étudier l'expérience du sujet — seconde et première personne, entretien, autoconfrontation, explicitation (Vermersch, 1994 ; Cahour et collab., 2007) — qui permettent de mettre au jour le point de vue du sujet sur les actions et les objets signifiants de son activité. Un point crucial nous semble de déterminer ce qui dans

l'expérience vécue de l'utilisateur correspond à l'appréhension de structures informationnelles et aux instruments mobilisés, notamment dans leur micro-dynamique, par exemple en utilisant des entretiens d'explicitation et/ou des méthodes d'échantillonnage de l'expérience⁸⁵. Une telle préoccupation ne nous semble pas étrangère à celle de Blackwell et Fincher (2010) de définir des « patrons d'expérience utilisateur » permettant de décrire la perception et la construction d'information structurée.

2.3.4.2 Conception informée par les structures informationnelles

L'informaticien qui conçoit des systèmes d'information destinés à des humains travaille fondamentalement sur les structures informationnelles, notamment canoniques, il les conçoit, les construit, analyse le bon fonctionnement des outils, les fait évoluer, *etc.* Nous nous intéressons cependant plutôt ici à la conception informée par le fait que l'activité mobilise des structures informationnelles à différents niveaux, et qu'un utilisateur est dans une dynamique de construction permanente de son espace informationnel, des structures et des instruments associés⁸⁶. Un moyen important de soutenir cette activité est de lui permettre d'inscrire dans son système les structures non canoniques comme structures canoniques, c'est-à-dire connues par le système. Il est alors nécessaire de concevoir des systèmes qui *accompagnent* cette dynamique de formalisation incrémentale (Shipman et McCall, 1994). Un tel réquisit est en accord avec la thématique plus générale en IHM du soutien de la co-adaptation entre le système et ses utilisateurs (Mackay, 1990b, 2000) : les utilisateurs s'adaptent au système, mais également adaptent celui-ci à leur usage.

Le problème maintes fois observé est en effet celui de la non-coïncidence entre les besoins de l'activité de l'utilisateur et les contraintes formelles mises en place par les systèmes (Shum, 2000), notamment par réification abusive d'une expérience particulière dans un système sous forme de tâches et de structures d'information prescrites qui peuvent être trop contraignantes, trop difficiles à apprendre, trop limitées voire dont les choix politiques implicites peuvent être en désaccord avec ceux des utilisateurs (Shipman et Marshall, 1999). Ce que le concepteur a mis dans le système n'est de toute façon que l'« esprit de la technologie » (De Sanctis et Poole, 1994), dont certaines des caractéristiques structurelles sont ensuite appropriées dans les pratiques, plus ou moins fidèlement à cet esprit, dans une confrontation que nous proposons de considérer entre logique(s) d'utilisation et logique(s) de conception (Mille et Prié, 2006). Folcher (1999, 2003) donne quelques exemple d'appropriation de structures correspondant à la construction d'un instrument non prévu par le concepteur. Il s'agit alors d'une part de soutenir les pratiques informelles qui se déroulent *autour* des descriptions formelles des processus de travail (Dourish et Button, 1998), d'autre part de permettre aux utilisateurs eux-mêmes⁸⁷ de définir les structures informationnelles et les significations nécessaires à leurs actions (Sengers et collab., 2005). En bref, il s'agit de fabriquer des systèmes personnalisables, adaptables à la tâche, paramétrables, non-visqueux (Blackwell et Fincher, 2010), appropriables (Dourish, 2003), en se posant la question des caractéristiques technologiques que doivent avoir de tels systèmes.

Il est alors tout d'abord nécessaire de construire des systèmes d'inscription souples, per-

85. « *Descriptive Experience Sampling* » (Hurlburt et Heavy, 2006), à titre exploratoire, nous avons conçu une première version d'un logiciel permettant de capter des instantanés d'« expérience phénoménologique de l'interaction homme-machine » en utilisant ce type de méthode.

86. Dourish et Button (1998) remarquent également que « la création de structures d'information personnelles et des procédures permettant de les gérer est un processus de l'utilisateur qui doit trouver en permanence un moyen de mettre en relation les propriétés du système et ses propres besoins ».

87. Alors considérés comme des individus conscients, réfléchis, et desquels on reconnaît la valeur et l'expérience, au contraire d'« idiots technologiques » (*technological dopes*) (Sengers et collab., 2005).

sonnalisables à divers degrés : liste de paramètres ou de préférences modifiables ; possibilité de construire ses propres modèles de données (feuilles de styles, modèles de documents, de données, wikis sémantiques, *etc.*) ; possibilité encore de construire son propre outil comme ensemble de micro-outils (Ospina et Fougères, 2009) (tableaux de bord, portails composés de widgets) ; ou enfin programmation utilisateur⁸⁸ (tableurs, macros, programmation par démonstration, *etc.*). Du point de vue de notre approche, il s'agit ici de donner la possibilité de construire le plus facilement possible des instruments pertinents, en modifiant plus ou moins les outils canoniques associés.

Il faut ensuite donner les moyens à l'utilisateur de prendre conscience de son activité, et des structures et instruments que celle-ci met en œuvre, pour prendre en considération de façon réflexive ses propres processus, décider le cas échéant des modifications qu'il doit apporter à ceux-ci, enfin mesurer l'effectivité des personnalisations qu'il a mises en place (Mackay, 2000 ; Tabard, 2009). La notion de trace d'utilisation est ici importante, qui présente à l'utilisateur les différents éléments informationnels manipulés, les différentes commandes utilisées, organisées temporellement, lui permettant de percevoir et définir les structures informationnelles effectivement utilisées, au-delà de l'instantanéité de l'état d'une interface à un moment, et des limites d'une application. L'enjeu est celui de la prise de conscience des structures et des instruments comme moments de stabilité dans la manipulation d'un espace informationnel, qui permettra de renforcer un fonctionnement jugé comme satisfaisant et désormais explicite, ou bien d'inscrire celui-ci dans les outils.

Il s'agit enfin de permettre, au-delà du dialogue social avec soi-même, de considérer le partage (Mackay, 2000) des personnalisations d'un système d'un individu vers d'autres individus, comme moyen effectif de diffusion de pratiques informationnelles. Nardi et Miller (1991) décrivent par exemple comment des manières de mener une tâche à l'aide d'un tableur se diffusent au sein d'une organisation, mais la simple diffusion et réutilisation d'un document de montage de projet correspondent déjà à une telle pratique.

Nous verrons plus loin que nous essayons de faire jouer ces différents principes au sein d'espaces informationnels concrets que sont les systèmes d'interprétation dont l'essence est l'inscription et la réinscription, notamment dans le domaine de la lecture active audiovisuelle (chapitre 3), et lorsque nous présenterons nos travaux autour des systèmes d'interprétation de traces, notamment en lien avec l'évolution des systèmes (chapitre 4).

2.3.4.3 Support et raison computationnelle

Nous ne pouvons clore ce chapitre sans revenir sur la question du support et de la recherche d'une raison computationnelle.

Instruments et support. Tentons une relecture de la notion de support à la lumière de nos propositions. Il apparaît tout d'abord qu'il ne nous semble pas très utile de considérer un face à face, une interaction directe entre une inscription et un humain, l'inscription étant conçue comme purement numérique, sur un support numérique global. En effet, on a vu que la notion d'instrument était fondamentale, qui permettait de conceptualiser la stabilité d'une pratique plus ou moins locale en mêlant artefacts et schèmes comme médiateur par rapport à une structure informationnelle, objet à appréhender ou à manipuler. L'objet est une inscription

88. Ce champ de recherche déjà ancien a pour objectif de répondre au besoin non satisfait de permettre aux utilisateurs de développer eux-mêmes les outils numériques dont ils ont besoin (Kaptelinin et Nardi, 2006), l'objectif étant de passer de systèmes « faciles à utiliser » à des systèmes « faciles à développer » (Lieberman et collab., 2006), voir Ko et collab. (2011) pour une étude récente.

numérique, mais la partie artefactuelle de l'instrument l'est aussi, et s'il est certes possible de considérer qu'à tout moment de conscience l'utilisateur est soit en train de mener une action prescrite par une inscription-outil, soit en train d'interpréter une inscription sémiotique, cela ne nous apporte pas beaucoup d'information sur la manière de thématiser un peu plus concrètement le support numérique. Il nous faut alors chercher plus loin.

Un support est support d'inscription, il doit être matériel et minimalement durable pour servir de mémoire. Les propriétés découlant de ses caractéristiques techniques sont également des propriétés de l'inscription (et en conditionneront l'intelligibilité, c'est-à-dire l'appréhension ou la manipulation). Bachimont (2004a) propose de considérer la double contrainte matérielle du format des formes matérielles et du substrat d'inscription. Si nous appliquons ces notions à nos propositions,

- le substrat d'inscription est défini négativement comme tout *ce qui n'est pas le format*. Il est la matérialité partagée qui est celle du système numérique global, l'ensemble des normes, langages protocoles, *etc.* bref les différentes couches partagées qui permettent une réduction du numérique abstrait à des éléments matériels pratiques.
- le format d'inscription se compose quant à lui d'une *syntaxe*, plus ou moins opérationnalisée et d'un *code sémiotique* associé, qui en constitue le mode d'emploi de lecture. Le code sémiotique est plus ou moins instrumenté en machine (sémantique opérationnelle ou déclarative) mais correspond également aux schèmes d'inscription ou de lecture de l'inscription dans la syntaxe considérée.

Le substrat serait donc l'arrière-fond, tandis que le format qui se constitue dans le substrat contient à la fois la forme des structures informationnelles (non forcément objectivée en machine) et l'instrument associé, dans ses dimensions artefactuelles de représentation, mais aussi dans ses dimensions schématiques. Une telle approche ne tient que si au final les schèmes font partie du support, donc si le corps est considéré comme réceptacle des différentes pratiques individuelles et sociales correspondant aux codes sémiotiques associés aux formats d'inscription. Ceci nous semble raisonnable, car après tout une pratique ne peut se maintenir qu'au travers de son incarnation vivante et sans cesse renouvelée.

Les propriétés techniques d'un support d'inscription numérique correspondent selon notre approche aux propriétés numériques du substrat d'une part, de la partie opérationnalisée du format d'autre part (c'est-à-dire de la syntaxe et du code sémiotique), qui déterminent ce qu'il est permis d'inscrire numériquement et conditionnent en partie l'interprétation. Un support peut correspondre à une multitude d'inscriptions, et on peut considérer une multitude de supports en fonction des pratiques attestées. Par ailleurs, le découpage entre substrat et format peut varier en fonction des inscriptions considérées.

On a au final de multiples supports correspondant aux différents instruments et inscriptions mobilisés dans l'activité. Ces inscriptions et instruments ont des rapports de cohérence entre eux, qui viennent : de leur insertion dans une même activité décomposée séquentiellement ou hiérarchiquement ; du passage possible entre une inscription comme partie artefactuelle d'un instrument à une inscription objet ; mais également du fait que les différents substrats ou formats considérés sont dans des rapports non aléatoires (même machine, même réseau, formats de fichiers cohérents, possibilité de copier-coller, *etc.*). Il est alors possible d'organiser les différents supports en différentes classes associées à des classes de pratiques (travail intellectuel, communication mobile, *etc.*) ou à des classes de techniques (technologies web, interfaces tactiles, *etc.*), et d'étudier en quoi les propriétés matérielles de ces supports conditionnent les inscriptions, leurs interprétations et les pratiques associées. On peut également envisager un passage à la limite vers ce qui serait le « support numérique », en décomposant toujours plus le substrat, pour sans doute arriver aux inscriptions et aux

instruments des informaticiens, correspondant au corpus de ce qu'est le numérique à un instant t : manipulations et algorithmie, mémoire et stockage, réseau et transmission, langages, *etc.*

Raison computationnelle. Se pose alors la question de la raison computationnelle associée au(x) support(s) numérique(s). Notre inclination est que sa recherche doit passer par l'étude des supports d'inscription liés à des activités médiées numériquement en rapport avec des activités à des échelles de temps variées, donc par une analyse des instruments et des structures *effectivement* mobilisés dans l'activité.

Si pour la raison graphique c'est l'étude des synthèses spatiales permises par l'écriture qui permet de penser la « raison classificatoire » d'une société, il nous semble également fondamental de comprendre la microdynamique de l'expérience du scribe qui appartient à la dite société, car une telle raison réside sans doute à la fois dans l'expérience phénoménologique individuelle, et dans l'effet culturel dû à la technologie⁸⁹.

Il nous semble qu'il est alors important de chercher une éventuelle « phénoménologie du numérique » avant ou en même temps qu'une raison computationnelle culturelle globale, dont Bachimont (2004a) propose qu'elle serait celle de l'« exploration systématique d'un espace de calcul »⁹⁰. L'intérêt d'une telle phénoménologie réside d'une part dans la possibilité d'en penser la temporalité en lien avec celle du calcul conçu comme déroulement temporel, comme proposition, contrôle, empêchement temporalisés de l'action (Lenay, 2003). D'autre part, cela force à s'intéresser non pas simplement aux inscriptions numériques en tant qu'inscriptions abstraites disponibles on ne sait où, mais bien aussi aux inscriptions telles qu'elles sont perçues et manipulées à l'interface par les utilisateurs⁹¹.

Une telle phénoménologie du numérique doit être conçue comme phénoménologie des structures informationnelles et des instruments associés. Fondamentalement, il s'agit de s'intéresser aux instruments et aux schèmes associés, aux patrons d'expérience utilisateur, d'interaction homme-machine qui révèlent le fonctionnement humain *avec* l'outil informatique, en observant notamment si ceux-ci doivent quelque chose au numérique ou pourraient être

89. Nous sommes sans doute ici en accord avec Pfaender (2009), qui considère qu'il devient nécessaire de dépasser les travaux de Goody, et qu'il faut désormais « augmenter ce travail par une étude systématique des présentations (et pas seulement graphiques) et de la façon dont elles font sens via le support pour un être agissant », c'est-à-dire mettre en œuvre une analyse de la façon dont est perçue et agie une forme spatiale comme une liste, un tableau ou une formule.

90. En se basant sur la synthèse spatio-temporelle que permet le calcul, « qui donne comme virtuellement présent ce qui ne l'est pas encore, ce qui le sera au terme du calcul », un argument qui au passage nous semble également valable pour la formule de la raison graphique, dont le moteur est certes humain, mais également efficace.

91. Remarquons que nous tenons pour acquis qu'il y aura encore pour longtemps des machines numériques qui se présentent en tant que telles, exhibant des inscriptions numériques symboliques explicites à lire et à écrire. Il y a au moins deux raisons à cela. La première est que les structures formelles resteront car elles sont des représentations symboliques, et qu'il n'est pas possible d'en sortir, car cela supposerait de sortir du langage. La seconde est que le numérique ne peut par définition que permettre de construire des structures formelles discrètes et des calculs associés — « il n'y aura peut-être plus d'ordinateurs, comme nous les comprenons aujourd'hui, mais il y aura toujours du calcul » affirme par exemple Dourish (2001, p. 29) discutant (Weiser, 1991) — qui s'ils peuvent ne pas être perçus par les utilisateurs des systèmes, auront toujours des problèmes, qu'il faudra bien comprendre. Chalmers et collab. (2003) affirment par exemple qu'il convient de montrer à l'utilisateur d'un système les « coutures » (*seams*) du système qu'il utilise (problèmes réseau, imprécision) pour lui permettre de maîtriser celui-ci. Le système socio-technique numérique en général doit apparaître quand c'est nécessaire. Cela nous semble un écho à Simondon (2001, p. 236) quand il affirme qu'on ne peut être au clair avec un objet technique que si on en comprend la genèse, la logique interne, le fonctionnement. Sinon, on risque de le considérer soit comme un ensemble « possédé », soit de n'en être que le servent, alors qu'il faut une « empathie » minimale avec le fonctionnement.

observés en dehors.

Si elle existe, la raison computationnelle se joue sans doute au niveau de *l'expérience* des structures informationnelles dans leurs dimensions interactive et machinique, dans le déploiement temporel de l'appréhension interactive de structures signifiantes à différentes échelles de temps, notamment dans la dimension de la contrainte du formalisme algorithmique autour de laquelle l'activité se déploie, y compris comme dialogue avec soi-même plus tard ou plus tôt. D'une certaine manière, les structures informationnelles et les instruments associés servent de support à la compréhension conscientisée ou non du fonctionnement numérique, dans les limites de leur décalage éventuel aux inscriptions et outils canoniques, le système numérique global en général restant de toute façon inatteignable. Une telle compréhension peut se passer au niveau cognitif, mais aussi au niveau esthétique, par exemple dans les invisibles « qualités de l'interaction » telle qu'elle est ressentie (Lim et collab., 2009). Il est alors loisible d'imaginer que certains éléments de ce déploiement interactif puissent être intériorisés, « reproduits mentalement, à l'aide de notre esprit, notre imagination et de notre corps propre » (Bachimont, 2004a, p. 91), donnant lieu à « de nouveaux espaces de pensée intérieure et d'imagination ». Inversement, on pourrait chercher dans le monde numérique ou non numérique des marques d'inadéquation entre des structures informationnelles et les manipulations offertes par l'instrument et le support (par exemple un tableau *non triable* suivant ses colonnes, un texte *sans possibilité de recherche*) qui seraient autant de manifestations d'une « exigence de numéricité ».

Une de nos hypothèses personnelles est qu'il n'y a pas forcément de rupture liée au numérique, qui n'est après tout qu'une systématisation de la notion de dispositif de manipulation d'éléments symboliques (y compris mental), mais que le numérique accroît singulièrement la prégnance d'un monde propre spécifique à l'humanité, celui lié aux technologies intellectuelles. Celles-ci existent certes depuis longtemps mais, avec le numérique, se révèlent dans leur systématisme, dans leur potentiel de décompositions et de manipulations toujours déjà acquises et possibles des éléments sémiotiques de l'activité humaine (grammatisation⁹²). Les structures informationnelles en tant qu'inscriptions numériques sont à la fois des moteurs et des modes d'appréhension de la discrétisation et de la grammatisation en cours.

92. Shipman et Marshall (1999) constatent que la formalisation « amène souvent les utilisateurs à mener des activités informationnelles : définir des éléments d'information, caractériser un contenu avec un nom ou un mot-clé, catégoriser les informations ou spécifier comment des éléments d'information sont liés ». Nous interprétons ceci comme un exemple de grammatisation en acte, qui montre que souvent le formalisme de la machine oblige les utilisateurs à devenir modélisateurs, à grammatiser leur activité et ses inscriptions, pour le meilleur et pour le pire.

3

Systemes d'interpretation et lecture active audiovisuelle

Sommaire

| | | |
|------------|---|------------|
| 3.1 | Technologies intellectuelles | 98 |
| 3.1.1 | Gestion de connaissances personnelles | 99 |
| 3.1.2 | Lecture active de documents | 103 |
| 3.2 | Systemes d'interpretation | 106 |
| 3.2.1 | Inscriptions au sein des systemes d'interpretation | 109 |
| 3.2.2 | Categories d'inscriptions et circulations | 112 |
| 3.3 | Lecture active audiovisuelle : le projet Advene | 117 |
| 3.3.1 | Systemes d'interpretation orientes audiovisuel | 117 |
| 3.3.2 | Advene : modele, outil, projet pour la lecture active audiovisuelle . . | 122 |
| 3.3.3 | Processus de lecture active et circulations | 132 |
| 3.3.4 | Différentes applications | 135 |
| 3.3.5 | Bilan | 138 |

Ce chapitre est l'occasion de nous intéresser de plus près aux espaces informationnels personnels concrets, qui sont matérialisés de façon générale au sein de *systemes d'interpretation*, car l'activité qui s'y mène relève le plus souvent de l'interpretation et de la réécriture d'inscriptions en d'autres inscriptions. Notre objectif est ici de considérer la manipulation de structures informationnelles explicites, au sens où l'utilisateur les manipule consciemment, qu'elles soient canoniques ou non, et fait évoluer son environnement en fonction de ses besoins.

Nous commençons par une étude de ce qu'on appelle les technologies intellectuelles (section 3.1) que nous analysons sous l'angle de la gestion de connaissances ou d'information personnelles par des travailleurs de la connaissance. Une telle activité a pour caractéristiques d'être toujours inachevée, de mobiliser des ressources hétérogènes, dans toutes sortes de structures d'organisation du savoir et d'être fondamentalement créative et réflexive. Une partie de cette activité consiste en la lecture active de documents, lecture professionnelle qui produit de nouvelles inscriptions, d'abord des annotations puis des documents en construction, enfin des documents stabilisés qui pourront être partagés.

Nous pouvons alors nous définir les systèmes d'interprétation (section 3.2) comme outils permettant la gestion de structures informationnelles explicites aux cours d'une activité intellectuelle. Nous nous intéressons en effet à un utilisateur conscient de son activité et des inscriptions qu'il y mobilise, véritable « herméneute numérique » qui construit à la fois ses inscriptions et ses instruments, et dont nous pouvons proposer une première liste de « patrons d'expérience » de manipulation de structures informationnelles explicites. Nous abordons alors rapidement la question du formalisme associé à l'interprétation et concluons sur la nécessaire flexibilité des modèles associée à une possibilité de formalisation incrémentale comme objectivation de structures. Nous discutons de la réflexivité native des systèmes d'interprétation, et du partage de modes d'interprétation rendu possible par le partage des inscriptions liées à l'interprétation. Nous proposons alors de considérer trois pôles pour les inscriptions de connaissances personnelles d'un utilisateur dans un système d'interprétation comme données, schémas, et feuilles de styles ou formulaire, ce qui nous permet de discuter plus précisément du partage de pratique rendu possible par leur partage, et de la notion de circulation d'inscription comme mode d'évolution des outils et des structures informationnelles.

La dernière partie de ce chapitre (section 3.3) est consacrée à la présentation de nos travaux sur les modèles et outils pour la lecture active audiovisuelle dans le projet Advène. Nous présentons la notion de système d'interprétation orienté audiovisuel, ainsi que celle d'hypervidéo comme document hypermédia construit à partir de vidéo(s) et d'annotations audiovisuelles, qui permet d'en matérialiser l'interprétation, notamment dans le cadre de l'analyse de l'activité et de la critique filmique. L'outil Advène est un système d'interprétation dont le modèle de données se base sur la tripartition des inscriptions en annotations, schémas d'annotation et vues, qui peuvent être partagés entre travailleurs intellectuels sous la forme de recueils comme autant de modes et d'outils d'interprétation de documents audiovisuels. Une modélisation de l'activité de lecture active avec Advène est présentée en lien avec la circulation d'inscriptions, ainsi que les différents terrains applicatifs pour lesquels nous avons travaillé. Nous pouvons alors tirer un bilan des presque dix ans du projet Advène et proposer quelques directions pour la suite.

3.1 Technologies intellectuelles

Nous avons proposé au chapitre précédent de distinguer entre les technologies cognitives (tous les outils techniques quels qu'ils soient), les artefacts cognitifs (les outils techniques mobilisant des représentations) et les technologies intellectuelles comme artefacts cognitifs mettant en jeu l'activité intellectuelle de représentation externe, de manipulation de représentations. Les technologies intellectuelles sont des outils qui aident à penser, des technologies « pour penser » par la manipulation d'inscriptions sémiotiques explicites, qui pourront être mémorisées, traitées, transmises, *etc.* Elles pourront être thématiques au niveau théorique de la manipulation d'inscriptions dans ce que nous appellerons des systèmes d'interprétation, mais également au niveau pratique qui est celui du « travail de la connaissance » (*Knowledge Work*).

Travailleurs de la connaissance. Le travailleur de la connaissance (*knowledge worker*) est l'objet de toutes les attentions depuis plusieurs décennies. Dans le domaine du management, Drucker est généralement considéré comme ayant inventé le terme à la fin des années 1950, notamment pour insister sur les gains de productivité à venir autour de ce type de travail : « *The manual worker is yesterday [...]. The basic capital resource, the fundamental*

investment, but also the cost center of a developed economy, is the knowledge worker who puts to work what he has learned in systematic education, that is, concepts, ideas, and theories, rather than the man who puts to work manual skill or muscle » (Drucker, 1973). Schütt (2003) précise que si dans le taylorisme les travailleurs font ce que les managers leur disent de faire, ceux-ci doivent bien se *manager* eux-mêmes, et que cette « auto-gestion » est une caractéristique importante des travailleurs de la connaissance, qui doivent à tout instant savoir *quoi* faire et *comment* le faire.

Du côté de la technologie, la trinité des plus fameux inventeurs¹ s'intéresse aux travailleurs de la connaissance. Bush (1945) par exemple considère qu'il s'agit d'outiller le travail de la connaissance comme lecture intensive en proposant des outils permettant de se retrouver dans une masse toujours croissante de connaissances documentaires : le *memex* est un système permettant de retrouver des documents et de construire des pistes associatives entre eux, le métier pris en exemple étant celui de chercheur médiéviste. Dans l'objectif de développer l'intelligence collective, Engelbart (1962) propose à la suite d'« augmenter l'intellect humain » avec des artefacts interactifs variés de création et de manipulation de structures d'information, qu'il s'agit d'organiser hiérarchiquement et de partager. Nelson (1974) enfin propose avec *Xanadu* aux auteurs et lecteurs de documents de puiser dans un fonds de fragments réutilisables à volonté, mettant en exergue la nécessaire liberté de manipulation et de réorganisation du travail intellectuel.

De nombreux métiers emploient des travailleurs de la connaissance. Une liste non exhaustive regrouperait les chercheurs, les cadres et décideurs, les veilleurs, les ingénieurs, les enseignants, les étudiants, les publicitaires, les managers, les designers, les juristes, les analystes, et de plus ou plus tout un chacun pour peu que son activité mobilise des données et des documents et produise des inscriptions principalement sous forme documentaire. Un travailleur de la connaissance a pour rôle de produire de la connaissance, par exemple d'identifier des tendances, des relations de cause à effet ou des corrélations, de mettre en place des procédures, des plans, des stratégies, des narrations, *etc.* Kidd (1994) ajoute que le vrai travail intellectuel ne peut être automatisé, et que ce qui semble pouvoir l'être n'est alors plus du travail intellectuel. Il insiste également sur le fait que les travailleurs de la connaissances sont *changés* par les informations qu'ils traitent, et que la personne elle-même est plus importante que ses documents ou artefacts, et donc que la diversité des individus fait la richesse des entreprises qui les emploient.

3.1.1 Gestion de connaissances personnelles

Si le travailleur de la connaissance mène le plus souvent son activité dans une organisation ayant mis en place des méthodes et des outils de *gestion des connaissances*, et qu'il en fait usage, nous nous focalisons dans la suite sur l'individu et sur son activité de gestion de connaissances *personnelles*, en accord avec notre focalisation sur l'individu et son activité signifiante.

3.1.1.1 Définitions

Les connaissances que nous considérons sont *personnelles* à un individu au sens où elles lui sont utiles, sont contrôlées par lui, qu'il peut les partager, *etc.* (Jones, 2008).

On peut par ailleurs parler de gestion des connaissances personnelles (*Personal Know-*

1. Inventeurs récents et médiatisés, comme on s'en convaincra en consultant une « chronologie des supports, des dispositifs spatiaux, des outils de repérage de l'information » (Fayet-Scribe, 1997).

Encadré 3.1 – Gestion des connaissances

La gestion des connaissances est née dans les années 1990, et se base sur le constat que les organisations doivent gérer leur capital immatériel notamment pour améliorer leur capacité d'adaptation dans un monde changeant de plus en plus vite (Vicente, 2000). Il s'agit alors de mettre en place un apprentissage continu des individus et des organisations, au travers de procédures organisationnelles dédiées, mais aussi d'outils technologiques permettant de gérer des inscriptions matérielles explicites de connaissances tacites (savoirs et savoirs-faire) (Nonaka et Takeuchi, 1995 ; Schütt, 2003). Un système de gestion des connaissances permet alors la création ou la collecte de connaissances, leur organisation, leur stockage, leur recherche, leur partage avec les individus qui en ont besoin. Le marché de la gestion des connaissances est énorme, et les années 1990 ont vu conduire des politiques de dématérialisation des documents, de conception de structures d'organisation des connaissances (terminologies, thesaurus, ontologies), appuyées sur un équipement massif des organisations en moteurs d'indexation et de recherche, outils de gestion documentaire, et sur des procédures de gestion de ces outils. La rigidité des processus de gestion des connaissances a souvent eu des effets négatifs liés à leur non-application. Les années 2000 voient l'arrivée de technologies collaboratives plus souples, un intérêt accru pour les connaissances personnelles, et les technologies du web de données comme facteur d'intégration. Nombre de systèmes d'ingénierie des connaissances sont liés à la gestion des connaissances dans les organisations, des ontologies plus ou moins formelles constituant des structures d'accès aux ressources.

ledge Management – PKM) ou de gestion d'informations personnelles (*Personal Information Management – PIM*), qui sont deux concepts proches. Le PKM peut être pensé comme une gestion des connaissances (cf. encadré 3.1) au niveau individuel. Miller (2005) parle par exemple de « *people centered knowledge management* » et insiste sur la dimension d'abstraction, d'organisation des connaissances qu'un individu va mettre en place afin de maîtriser ses propres ressources. Dans le même ordre d'idée, Völkel et Abecker (2008) considèrent la notion de « modèles de connaissances personnels » comme artefacts numériques permettant de représenter des informations pertinentes (*knowledge cues*) de façon unifiée, qui peuvent varier en taille, en structuration et en degré de formalisation. Ils proposent une modélisation du coût lié à la gestion de ces modèles en considérant le coût pour stocker une information (la formaliser, la décrire, la classifier), le coût pour la retrouver (navigation, recherche) qui sont à comparer au bénéfice à l'utiliser. Le PIM est quant à lui plus décorrélé du monde organisationnel et concerne tout un chacun dans un monde connecté, gérant ses courriers, rendez-vous, photographies ou signets web au cours d'une activité quotidienne non formalisée (Indratmo et Vassileva, 2008). On pourra aller jusqu'à parler de gestion de ses informations personnelles sur toute une vie (Marshall et collab., 2007).

Dans les faits, il nous semble que les principes de la gestion de connaissances personnelles sont les mêmes que ceux de la gestion d'informations personnelles, et qu'on peut penser le PKM comme une tentative de récupérer le PIM, qui existe de toute façon. Nous garderons néanmoins le terme de gestion de connaissances personnelles, en nous concentrant sur la notion de manipulation d'inscriptions de connaissances personnelles, c'est-à-dire que nous ne nous limiterons pas à l'organisation et à la recherche de ressources, mais que nous souhaitons prendre en compte le travail intellectuel dans son ensemble. Dans ce cas, la gestion de connaissances personnelles correspond au sens large à la gestion d'information telle que la considèrent Dourish et Button (1998) : « *Much of what we do when interacting with computer systems is information management. By "information" here, I mean items such as email*

messages, files, folders, financial records, digital images, web pages, database records, contact information, calendar entries and so on. By “management”, I mean the various tasks that these items require – sorting, searching, clustering, creating, monitoring, etc. ».

3.1.1.2 Activité de gestion de connaissances personnelles

Outils pour la gestion des connaissances personnelles. En accord avec cette définition, on peut considérer plusieurs catégories d’outils impliqués dans la gestion de connaissances personnelles. Les *outils bureautiques* tels que les tableurs, traitements de texte, outils de dessin, de présentation, de modélisation, base de données intégrées types Access ou Filemaker, wikis, *etc.* Les *outils de gestion de l’activité*, tels que les calendriers, questionnaires de tâches (*to-do*) et les *outils de prise de notes* permettant la capture web, l’organisation de notes, l’organisation des pensées, les *outliners*, *mindmaps*, outils de construction de structures argumentatives. Enfin les *outils d’indexation et de recherche* pour la description, la diffusion ciblée, les outils d’agrégation de flux ou d’organisation de liens, ou encore les *outils de partage et de collaboration* synchrone ou asynchrone (courriels, chats, *etc.*).

Évidemment, ces catégories ne sont pas étanches : il est par exemple tout à fait possible de prendre des notes dans un courriel ou d’organiser des liens importants dans un document textuel. Par ailleurs, le plus important est sans doute que ces outils forment un outil plus global car le travailleur intellectuel les mobilise les uns et les autres de façon opportuniste au cours de son activité, en fonction de leur disponibilité et des objectifs à atteindre.

Caractéristiques de l’activité. La gestion d’inscriptions de connaissances personnelles n’est pas simplement un soutien de l’activité intellectuelle, elle en est l’essence, puisque, selon l’approche vue au chapitre précédent une telle activité consiste à se co-individuer avec ses inscriptions. Plusieurs caractéristiques méritent alors d’être soulignées, ainsi que quelques recherches associées².

En premier lieu, l’activité est par définition toujours inachevée, se compose de tâches multiples, ouvertes et changeantes, non structurées et dynamiques (Indratmo et Vassileva, 2008), nécessite des prises de décisions permanentes, notamment dans la gestion et l’organisation de la suite de l’activité. Différents travaux visent alors à assister l’utilisateur dans la gestion de ses tâches et listes de *to-dos* (Bellotti et collab., 2004 ; Mark et collab., 2005), à gérer ses interruptions (Iqbal et Bailey, 2007), à lutter contre le syndrome de surcharge cognitive en trouvant un équilibre entre les tâches à court terme ou à long terme, et à organiser son activité future. Volda et Mynatt (2009) remarquent que peu d’utilisateurs prennent la peine de simplement nommer l’activité qui les occupe plusieurs jours, alors qu’un simple tag permettrait de retrouver les ressources associés lorsque celle-ci sera finie.

En second lieu, l’activité mobilise des ressources nombreuses et hétérogènes, ce que montrent par exemple González et Mark (2004) dont la notion de « *working sphere* » permet de mettre ensemble des objets et des tâches variés (se rapprochant d’une certaine manière de la notion d’activité). On peut alors construire des assistants qui organisent les ressources suivant des contextes et des activités (Oda et collab., 2006 ; Volda et Mynatt, 2009), permettre l’interopérabilité de toutes les informations pour pouvoir en construire des perspectives variées (Indratmo et Vassileva, 2008 ; Jones et Anderson, 2011) ou encore travailler sur la

2. Le travail intellectuel et ses outils sont très étudiés au moins dans les communautés IHM, CSCW, management et ergonomie/analyse de l’activité. Cela tient à deux raisons. D’une part, de telles recherches rentrent dans la thématique large de la gestion des connaissances, qui bénéficie de financements non négligeables. D’autre part, les chercheurs étant des travailleurs intellectuels rompus à la réflexivité, il est logique qu’un de leurs terrains applicatifs naturels corresponde à leur propre pratique.

présentation-visualisation de nombreuses ressources. D'autres travaux visent à personnaliser l'environnement à partir de l'activité en cours, en suggérant des éléments intéressants ou en contextualisant des ressources.

En troisième lieu, l'activité implique à des degrés divers l'organisation de ressources, la création de structures d'accès à celles-ci, pour les retrouver, mais également pour se souvenir qu'une tâche doit être accomplie. L'enquête séminale sur l'organisation d'artefacts est celle de [Malone \(1983\)](#) qui a étudié comment les gens organisaient leurs bureaux et s'est aperçu que ceux-ci utilisaient principalement des dossiers et des piles. Une décennie plus tard, [Barreau et Nardi \(1995\)](#) ont étudié la manière dont les utilisateurs organisaient leur information numérique, s'apercevant qu'ils préféraient rechercher une information dans les dossiers plutôt que d'utiliser un moteur de recherche³, et que l'information est organisée en fonction de son lien à l'activité : information de travail immédiat, information archivée ou information éphémère, soulignant encore que l'enjeu est le passage de l'information de travail à l'information archivée. [Henderson \(2009\)](#) a constaté que les différences inter-individuelles sont nombreuses, et qu'il est impossible de trouver une stratégie et d'imposer un outil qui convienne à tous. Certains systèmes de recherche d'information contextuelle, tel celui de [Fuller et collab. \(2008\)](#), utilisent des indices sur la situation de l'utilisateur au moment où il a manipulé une ressource.

En quatrième lieu, l'activité est créative et réflexive, et mobilise des outils plus ou moins structurés, qui contraignent plus ou moins les actions accomplies et les inscriptions mobilisées. Par exemple un outil de gestion de contacts fixe ce qu'est un contact, comment le décrire et ce qu'est l'action de rechercher un contact, n'accordant que peu de latitude à l'utilisateur, tandis qu'une carte heuristique fixe la notion de *mindmap* mais n'en contraint pas le contenu ou le contexte d'utilisation, et que la création d'un texte ou d'un dessin est libre. Il semble nécessaire dans une activité intellectuelle de disposer d'un minimum d'outils d'inscription non contraints à même de soutenir la créativité de l'utilisateur. [Kleek et collab. \(2009\)](#) montrent par exemple que la prise de notes est toujours le premier élément de marquage, quel que soit ce qu'on veut marquer (chose à faire et/ou information à conserver pour la réutiliser), qu'elle se fait sur le premier support disponible et est indifférente aux « règles du PIM/PKM » (il est tout à fait possible par exemple de mettre un événement dans un calendrier et appeler cela un *to-do*). Les hypertextes spatiaux ([Marshall et collab., 1994](#) ; [Yamamoto et Nakakoji, 2005](#)) sont des moyens de soutenir cette créativité en proposant notamment de représenter spatialement la compréhension d'éléments informationnels par un utilisateur.

Enfin, l'activité de gestion de connaissances personnelles donne lieu à la mise en place d'instruments idiosyncrasiques que le travailleur intellectuel développe, bricole, improvise régulièrement en fonction de ses besoins d'interprétation, de construction documentaire et de partage. Les pratiques du travailleur intellectuel sont changeantes et son espace informationnel change avec lui, la dimension réflexive de son activité l'amenant à utiliser, voire à construire, de nouveaux outils⁴.

Au final, il apparaît que l'activité intellectuelle correspond selon nous à une activité de gestion de connaissances personnelles entendues comme l'ensemble des inscriptions situées dans l'espace informationnel personnel d'un utilisateur. Une partie de cette activité consiste en la lecture active de documents. Nous nous focalisons donc ici sur cette activité interprétative qui forme le quotidien du travailleur de la connaissance.

3. Ce que semblent confirmer d'autres études plus récentes ([Patrick, 2010](#)).

4. La multiplicité des supports (physiques ou numériques), la mobilité et les nombreux outils mobiles entraînent une distribution supplémentaire de l'espace informationnel qui n'arrange pas les choses.

3.1.2 Lecture active de documents

3.1.2.1 Documents

La notion de document a suscité une bibliographie riche au cours de la dernière décennie, et ce document n'est pas le lieu pour en rendre compte de façon exhaustive. Gebers Freitas (2008) rappelle que le terme vient de *documentum* et que le sens premier en est toute chose, inscrite ou non, qui véhicule un enseignement. La notion de preuve est également présente (preuve commerciale, scientifique, *etc.*), qui suppose la durabilité et l'authenticité des documents.

Déjà cité au chapitre précédent, le collectif Pédaque (2003) a analysé la notion sous trois angles, ceux de la forme, du contenu/interprétation et de l'utilisation sociale. Le document comme *forme matérielle* vise à étudier celui-ci comme un objet physique ou numérique possédant une ou plusieurs structures matérielles. Le document comme *signe* étudie le document comme « porteur de sens et doté d'une intentionnalité », comme texte intelligible à interpréter par un sujet qui lui donne sens, mais aussi comme pris dans un système documentaire ou un système de connaissances. Enfin le document comme *medium* s'intéresse au document comme trace de communication sociale, et comme vecteur de pouvoir.

Nombre d'auteurs se sont attelés à la recherche (toujours un peu vaine) de critères plus ou moins objectivables permettant de considérer un ensemble d'informations comme document. On pourrait citer par exemple la matérialité, la stabilité et la permanence, le fait d'être le résultat d'un processus, la publication au-delà de l'individu (de l'intime), l'intentionnalité, la forme ou le format (par exemple un « document Word »), l'utilisation dans un contexte social normé, l'appartenance à un genre reconnu (le roman, la lettre au collègue médecin), l'appartenance à un corpus et à une tradition.

En tant qu'inscriptions de connaissances issues de l'activité d'une organisation disponibles à moindre coût puisque l'activité *doit* les produire pour se réaliser, les documents ont fait l'objet de toutes les attentions. Ils sont insérés dans des systèmes d'information adaptés, qui offrent les fonctionnalités de lecture et d'édition classiques (lecture, écriture, annotation), de collaboration (co-écriture, partage, circulation de documents non finis, orientés action, *etc.*) et de gestion (stockage, indexation, structures d'accès, recherche, *etc.*). Ce bouleversement a été rendu possible par la numérisation, qui fait que le document en tant que forme « intériorise » (Cotte, 1998) ce qu'il est en terme de connaissances, de pratiques, de moyens d'accès, ce que Zacklad (2004) appelle une « documentarisation ». La forme technique du document, ses structures, portent en elles nombre des déterminations évoquées plus haut : les formes de stockage considérées, la structure logique et son modèle (par exemple une DTD), le mode de présentation en forme d'appréhension (structure physique), les mots-clé, liens et annotations, *etc.* sont autant d'indices du statut documentaire et des pratiques associées à un ensemble d'informations documentaires⁵.

3.1.2.2 Lecture active

La lecture active est aussi appelée lecture d'étude, lecture savante, lecture professionnelle ou lecture critique. (Hochon et Evrard, 1994) citent à ce sujet Bellenger qui distingue plusieurs types de lecture : lecture jouissance (goûter le texte en tant que tel), lecture appropriation (comprendre en profondeur la teneur du texte), lecture exploration (rechercher une information supposée ou sue présente dans le texte), lecture assimilation (connaître le texte

5. Un phénomène qui conduit à un brouillage des frontières entre ce qu'on pouvait considérer comme document dans une tradition séculaire centrée sur le papier et ce qu'on peut désormais considérer comme un document.

en tant que tel, par exemple pour faire un compte-rendu, ou pour en apprendre le contenu), lecture d'inspiration (lire pour rebondir vers d'autres lectures ou des réalisations externes au texte). Une telle énumération illustre bien des pratiques de lecture différentes, liées à des buts différents. Nous ajoutons à cette liste la « méta-lecture » du documentaliste qui lit « pour tout le monde » et cherche des descripteurs d'indexation, l'« exploration rapide » (écrémage) et la « lecture correction ». Seule la lecture jouissance pourrait être assimilée à une lecture « passive » (au sens où elle ne produit pas *a priori* d'inscriptions autres que mémorielles), toutes les autres activités correspondent à ce que nous appelons lecture active, dont Schilit et collab. (1998) soulignent qu'elle est la « *combination of reading with critical thinking and learning, and is a fundamental part of education and knowledge work* ».

Par ailleurs, la lecture active produit des inscriptions. Stiegler (1990) montre par exemple que « lire en inscrivant sa lecture à même le texte lu est typiquement ce que fait un lecteur savant », tandis que Schilit et collab. (1998) ajoutent que le processus de lecture active « *involves not just reading per se, but also underlining, highlighting and scribbling comments, either on the text itself or in a separate notebook. Readers use these marks to organize their reading for later review and retrieval. In addition, active reading often requires readers to move from one text to another to satisfy their information needs.* »

La lecture active est donc l'activité intellectuelle principale menée dans un espace documentaire. Elle consiste en un couplage à un espace informationnel entre autres composé de documents, qui produira des structures d'information supplémentaires comme traces et supports de l'activité (annotation, notes, *etc.*), mais aussi souvent de nouveaux documents comme produits de l'activité (un article, un mémo, un courrier électronique, une présentation, *etc.*).

Nous considérons principalement deux types d'inscriptions dans de tels espaces informationnels, au long de ce que Bottini (2010) appelle une « chaîne lectoriale » articulant appropriation et analyse de documents et construction et synthèse de nouveaux documents.

Inscriptions annotations. La lecture active de documents est intimement liée aux actions d'annotation. Les annotations sont les inscriptions premières de la lecture, qui correspondent aux notes (au sens large) que le lecteur a souhaité inscrire au cours de celle-ci.

De nombreux auteurs ont proposé différentes classifications des annotations (Virbel, 1994 ; Stiegler, 1994b ; Marshall, 2007). Différentes fonctions sont ainsi considérées : les annotations peuvent servir de marques de lecture simple (mise en valeur, organisation de l'espace pour la lecture) ; d'aide-mémoire et d'index explicites ; ou d'ajouts d'informations variées, par exemple explicitations (pour classifier des parties d'un discours, les reformuler), commentaires, contextualisations ou encore contributions. Elles peuvent également servir de mise en relation (vers un autre document, une autre partie, une traduction, une référence), de signaux pour l'action (par exemple de correction) ou bien de marques de l'action d'autrui (commentaires, révisions), et peuvent donner lieu à discussion (annotations avec réponses).

Une annotation concerne tout un document ou une partie de celui-ci, elle est inscrite sur un support, et le lien à ce support correspond à son ancre. L'ancre de l'annotation vient souvent du prédécoupage de la structure logique du document, qui est une première analyse auctoriale (Prié, 2000). Le cadre numérique permet également d'utiliser les liens de façon plus massive (structure navigable aisément) et donne une grande facilité dans les types de contenus utilisés pour annoter. Une annotation peut par ailleurs être plus ou moins formalisée (du texte simple à l'utilisation d'un vocabulaire figé, éventuellement graphique, voire d'une ontologie), explicite, stable, publique, liée ou non à une tâche collaborative, communautaire (Marshall, 1998).

Toute annotation est point d'accès, index pour le document annoté, ce qui permet de naviguer aisément et ouvre la voie à une opérationnalisation automatique permettant la navigation dans la structure d'annotations, la construction de résumés, la personnalisation, la recherche d'information, *etc.* Par ailleurs, les annotations et les fragments documentaires mis en évidence peuvent être explorés en tant qu'ensemble, participer à des structures interprétatives, être catégorisés, hiérarchisés, bref corrélés⁶ et recomposés en autant de cheminements interprétatifs (Bottini, 2010) ou bien organisés spatialement pour en permettre une synthèse originale.

Inscriptions documentaires. Si une lecture d'appropriation peut se limiter à annoter un document et à utiliser ces annotations comme outil de navigation et de réinterprétation, on considérera souvent que l'activité consiste à produire plus que des annotations, c'est-à-dire à construire des documents. Notre approche générale d'une telle production est qu'elle consiste en une structuration progressive à partir d'annotations, de notes et de fragments documentaires ancrés aux annotations, en une dynamique de lecture/inscription toujours recommencée⁷.

Cette notion de construction progressive a été un peu étudiée, dans un cadre professionnel (O'Hara et collab., 2002) ou scolaire avec par exemple la notion de brouillon (Alcorta, 1997). Le brouillon est un « récit intermédiaire », un instrument de construction progressive de connaissance qui se développe entre le collège et le lycée, la fonction du brouillon instrumental étant « de construire, contrôler, planifier, il se situe à un niveau de médiatisation qui se trouve en amont du processus, avant les opérations de rédaction proprement dites. Le recours à un brouillon instrumental constitue alors un moyen d'auto-contrôle, que le scripteur se donne à lui-même » (Alcorta, 1997).

Anne Bationo-Tillon (2006, p. 48) considère également la notion d'« écrit pour soi » : « du statut d'écrit intermédiaire découle l'idée que l'écrit pour soi n'a pas de finalité propre car il est orienté vers un objectif final en dehors de lui. La constitution d'un écrit pour soi ne doit pas être envisagée comme l'apparition d'un nouveau système d'écriture mais comme la mise en place de nouvelles possibilités de contrôle, d'évaluation et de planification qui transforment du même coup l'activité d'écriture. »

Au-delà de l'écrit, les hypertextes spatiaux ont été étudiés du point de vue de la construction de connaissances par structuration progressive d'inscriptions dans un espace spatial, soit pour organiser ses idées en vue d'une écriture (Yamamoto et Nakakoji, 2005) — Nakakoji et collab. (2005) proposent alors de typer des liens et de mener des parcours de vérification de cohérence —, soit quand les systèmes hypertextes sont le produit lui-même (Marshall et collab., 1994).

On peut s'interroger sur le statut documentaire de telles structures. Nous avons suggéré au chapitre précédent qu'une structure informationnelle suffisamment stable pour permettre

6. Stiegler (1994b) imagine par exemple une lecture comme corrélation en partenariat avec la machine comme outil de mise ensemble et cachage évolué : « la corrélation est une opération essentielle de la lecture qui annote. Corréler, c'est accomplir la lecture dans une écriture qui est une sériation. Lire avec la machine, c'est organiser des séries corrélatives sans perte de mémoire, pouvoir en afficher en permanence les structures, intervenir sur les séries et réduire les structures de manière à limiter le bruit qu'engendre cette puissante mise en échos et miroirs (il faut oublier en plusieurs sens : réduire, résumer, éliminer), et finalement accéder à de nouvelles séries et métastructures par les codes métascripturaux automatisés. »

7. Stiegler (1994b) décrit une telle dynamique : « cela semble évident à considérer l'activité de ce premier lecteur du texte qu'est d'abord son auteur au moment même où il écrit, qui n'avance qu'en (re)lisant les traces de sa propre écriture déjà-là, qu'en y reculant, et qui, enchaînant par de nouveaux énoncés sur ce déjà que trame un essentiel repentir, réalise sa propre lecture en parachevant un texte dont il se trouve finalement expulsé en tant qu'auteur, abandonné par une mise en forme dont il n'est plus que le dernier lecteur possible. »

un dialogue — y compris avec soi-même — pouvait être un document. Une telle approche est consistante avec celle de [Leleu-Merviel \(2004a\)](#) qui insiste sur le processus de signification et réduit le document à une « image pérenne (enregistrement d'une trace codée) qui se donne à lire pour faire sens auprès d'au moins un lecteur qui, dès lors, le légitime pour tel ». Une telle définition est cependant sans doute trop souple. Nous ajoutons donc qu'une telle structure doit être pensée comme *tendant* vers un achèvement, qu'elle doit être une *structure en devenir vers toujours plus de stabilité* (même si celle-ci n'est jamais atteinte). Cela nous semble faire écho (le cadre coopératif en moins) à [Zacklad \(2007a\)](#) qui considère qu'un document est « objet d'une transaction entre des acteurs impliqués dans un processus d'échange visant à la fois des engagements mettant en jeu leur "self" et des connaissances liées à la production d'une "œuvre" au moins pour partie commune ». Par ailleurs, cela rejoint la notion de « document constructif » de [Leleu-Merviel \(2004b\)](#) qui « se construit au fur et à mesure que s'élabore une pensée, et qui a pour objet de la formaliser », et a pour fonction principale « d'accompagner, de seconder un processus créatif en cours d'élaboration : il est outil de la pensée, appareillage intellectuel, support projectif de l'avènement du nouveau ».

Inscriptions traces. Des traces comme troisième type d'inscriptions de la lecture active, nous ne parlerons pas spécialement dans ce chapitre, car le suivant y sera consacré. Notons néanmoins que [Gebers Freitas \(2008\)](#) considère de telles inscriptions numériques comme « issues d'une interaction implicite entre le lecteur et la forme d'appropriation d'un contenu » notamment lors d'une navigation. L'idée est ici de réifier une lecture hypertextuelle (multi-documentaire ou non, « hyperextensive »), de l'objectifier en une inscription qui pourra alors être considérée comme telle, soit comme véritable document lu⁸, soit comme support réflexif au sein d'un environnement de lecture qui offre cette fonctionnalité en plus des inscriptions d'annotation classiques.

Au final, il convient de considérer que la lecture active est une activité de lecture-écriture, de manipulation et de construction d'inscriptions personnelles, qu'on peut difficilement séparer. Annotations, fragments, catégorisations, structures d'accès, structures synthétiques, documents en construction ou finalisés sont autant d'inscriptions de l'espace informationnel personnel du lecteur actif. L'instrumentation de la lecture active consiste en la mise en place d'outils permettant de mener une telle activité intellectuelle le plus efficacement possible (rapidement et avec des produits de qualité) dans un monde numérique de plus en plus vaste et potentiellement fragmenté⁹.

3.2 Systèmes d'interprétation

Nous nous concentrons dans ce qui suit sur les systèmes de gestion de connaissances personnelles, essentiellement documentaires, mais sans nous limiter à la lecture active. Nous utilisons alors le terme de « système d'interprétation » pour désigner *tout outil ou ensemble d'outils permettant la gestion de structures informationnelles explicites variées, au sein d'une*

8. [Bachimont \(2004a\)](#) considère qu'il est nécessaire d'objectiver l'inscription pour lui donner un statut de document, et se l'approprier, surtout dans un cadre hypertextuel pour lequel [Athea \(2009\)](#) va jusqu'à dire que le document est en fait « énéacté » et prend son statut documentaire, au cours de la lecture.

9. Remarquons que se fait alors ressentir le besoin chez des auteurs comme Stiegler ou Bachimont de proposer une stabilisation des choses, une instrumentation de la lecture savante qui permette de régler socialement des pratiques savantes, de construire des traditions critiques, par exemple en donnant accès aux annotations des « grands lecteurs » qui accompagneraient des œuvres majeures ([Stiegler, 2000](#)), d'une certaine manière de revenir à la tradition livresque classique.

activité intellectuelle qui mobilise la lecture, l'écriture, la réécriture de structures d'information dont les produits sont de temps en temps des résultats figés et partageables (documents), mais qui peut ne pas avoir de terminaison assignable.

Interprétation consciente de structures explicites. Le moteur de l'activité est l'interprétation, qui consiste à « faire quelque chose, [à] construire en s'aidant d'outils » (Bachimont, 2004a, p. 184) : le système d'interprétation permet de construire ou transformer toutes sortes d'inscriptions. La lecture active en est un exemple, mais nous considérons que toute activité intellectuelle instrumentée s'inscrit en fait dans un tel schéma de sémiologie illimitée, qui consiste à expliquer, rendre clair, traduire, comprendre, conclure, synthétiser, apprendre, vérifier, *etc.* en s'appuyant sur des inscriptions-signes toujours plus ou moins incomplètes. Il s'agit de penser une co-individuation, un « couplage sémiotique » du travailleur intellectuel avec ses inscriptions de connaissances personnelles dans un espace informationnel qui résulte de son activité et en même temps la soutient. Oda et collab. (2006) évoque une « structuration d'information organique » (*organic information structuring*) dynamique et contextualisée, de réinterprétations et de réutilisations continues d'information dans des situations toujours changeantes.

Un tel espace est de plus construit, raffiné, redéfini et utilisé en tant que tel, car nous parlons bien de structures informationnelles explicitement significatives, qui vont être objectivée voire objectifiées. L'utilisateur n'est pas selon nous un être réactif passant d'une réinscription à une autre au fur et à mesure de sa progression (même si une part non négligeable de son activité consiste en cela). Cela tient tout d'abord au fait que le ou les objets de son activité (au sens théorie de l'activité) le « tiennent » et permettent de définir une progression ou un recul et non une errance. Ensuite, au fait qu'inscrire dans le système est un acte intentionnel, qui porte ce qu'on pourrait appeler un « engagement informationnel » conscient. Enfin, la réflexivité, le déhanchement de l'attention sur l'activité en tant qu'elle est représentée dans les inscriptions qu'elle a laissées, permet de constater en quoi il y a progression (rétrospection), de préparer la suite (prospection), mais également de modifier volontairement ses outils. Il s'agit de construire ses structures, ses instruments de gestion de structures, sans fin. On pourrait alors parler d'une herméneutique numérique associée à une ingénierie des inscriptions de connaissances en fait toujours personnelles¹⁰.

Patrons d'expérience dans un système d'interprétation. Afin d'illustrer l'activité que nous visons dans les systèmes d'interprétation, nous présentons ci-après quelques « patrons d'expérience » de manipulation de structures informationnelles explicites. Nous précisons que cette description rapide doit être comprise comme illustration (et non comme étude systématique, théorique ou ethnographique) de suites d'actions liées à l'interprétation¹¹. Le

10. Yamamoto et Nakakoji (2005) présentent un exemple de tels systèmes et situations du côté du design, où il y a construction d'une situation qui « parle en retour » (*talk back*), au moins dans les étapes initiales de la conception : « (1) available means of externalizations influence designers in deciding which courses of actions to take; (2) designers generate and interact with not only a partial representation of the final artefact but also various external representations; (3) designers produce externalizations to express a solution as well as to interpret the situations; and (4) a design task proceeds as a hermeneutic circle—that is, designers proceed with projected meanings of representations and gradually revise and confirm those meanings. »

11. Ce début de documentation devra être complété, structuré, validé. Nous laissons notamment de côté les aspects sociaux, par exemple la collaboration synchrone sur une structure commune, ou la discussion dans les annotations d'un document. Par ailleurs, nous ne perdons pas de vue que la manipulation de l'espace informationnel est une suite d'actions avec des instruments variés, qui a toujours à tout instant un focus signifiant unique, par exemple, modifier une structure hiérarchique de descripteurs nécessite de la viser en tant qu'objet hiérarchie, puis de l'utiliser en tant qu'artefact outil d'un instrument par exemple de classement.

nom du patron est suivi de quelques actions qui sont réalisées dans un cours d'expérience standard.

Mettre en place un document ou une structure informationnelle (document, figure, modèle). Créer une structure globale d'accueil, organiser la structure (grandes parties et articulations), chercher un endroit à enrichir, ajouter des éléments par copier/coller, créer de nouveaux éléments, synthétiser des éléments, transformer des éléments, vérifier une cohérence locale, vérifier une cohérence globale, exporter et diffuser.

*Réutiliser et s'approprier une structure logique d'un document.*¹² Copier un document existant, en vider le contenu en ne gardant que des exemples d'utilisation, concevoir le document.

Vérifier une structure. Définir un mode de parcours, préparer le parcours en mettant en place une visualisation d'éléments d'information ayant un ou des critères communs suivant une disposition spatio-temporelle régulière, parcourir les éléments en appréhendant la structure associée, décider de valider, figer la structure.

Paramétrer une présentation d'une structure. Accéder aux paramètres de présentation (feuille de style ou autre), modifier les paramètres, vérifier le rendu.

*Reformuler une inscription structurée suivant une abstraction.*¹³ Considérer un modèle pour la structure considérée (inscrire éventuellement ce modèle), créer et catégoriser des éléments suivant le modèle, vérifier la cohérence, harmoniser, etc.

Annoter un document. Appréhender le document, définir un fragment, associer de l'information au fragment, (choisir éventuellement un modèle), organiser les annotations, vérifier la cohérence, modifier une annotation.

Chercher l'inspiration. « Faire des marques ambiguës pour voir un problème différemment » (Blackwell et Fincher, 2010), repousser une décision à plus tard en créant une inscription qui donnera à réfléchir (par exemple repousser le nommage d'un élément), obtenir une vue globale d'une structure (« *getting a gestalt view of the whole structure* » (*ibid.*)), choisir une visualisation pour une structure, étaler des éléments, les passer en revue.

*Être interrompu et reprendre après cette interruption.*¹⁴ Explorer ses souvenirs et les inscriptions disponibles¹⁵ pour retrouver quelle était la tâche, où elle en était, choisir de reprendre ou non cette tâche.

*Organiser un parcours futur.*¹⁶ Créer une structure d'accès à des éléments, organiser cette structure spatialement, mettre en relation. Créer un passage obligé dans un parcours, mettre une information à un passage obligé (Barreau et Nardi, 1995).

Organiser son espace de travail. Créer des catégories, ranger des éléments (mettre de côté, cacher), nommer des éléments, utiliser éventuellement un espace intermédiaire (e.g. chutier).

12. Ce qui est fait par exemple lors de la rédaction d'un article scientifique en suivant un style fourni par un éditeur, ou quand il s'agit de reprendre un style de présentation de transparents.

13. Peut correspondre par exemple à une formalisation incrémentale, ou une explicitation d'une structure informationnelle non canonique.

14. Auto-interruptions (recherche de l'information externe, ou de routine — regarder son courrier ou Facebook sans y penser), ou interruptions externes (notification, coup de téléphone) (Jin et Dabbish, 2009).

15. On est ici proche de l'activité de « s'engager dans une activité », qui consiste à chercher en permanence quelle sera la tâche suivante, par exemple « exploration séquentiellement ordonnée des différentes listes de sollicitations présentes dans l'environnement » (Datchary et Licoppe, 2007).

16. Créer un paysage, une architecture d'information pour lutter contre la désorientation en mettant en œuvre des endroits connus et des routines.

3.2.1 Inscriptions au sein des systèmes d'interprétation

3.2.1.1 Inscription et formalisation

La question du formalisme dans un système d'interprétation est d'importance. En effet, le système étant numérique, sa trame consiste en un ensemble de catégories d'inscriptions et d'outils canoniques, qui constituent le cadre canonique permettant d'interpréter et de mettre en place des inscriptions.

Le formalisme correspond aux contraintes *canoniques*¹⁷ auxquelles une structure inscrite doit obéir et est plus ou moins inscrit dans l'outil. Différents outils mettant en œuvre des modèles canoniques différents ont des utilisations différentes : par exemple, malgré le fait que les systèmes Word et LaTeX+TeXShop permettent tous les deux de rédiger des documents textuels, il va de soi que la pratique d'écriture associée n'est pas la même, et que les textes obtenus avec l'un ou l'autre ne seront pas les mêmes.

Par ailleurs, un modèle peut être plus ou moins souple, et contraindre plus ou moins des inscriptions qui lui obéissent, tant sur la forme (ensemble simple de données, hiérarchies, graphes ou structures spatiales (Indratmo et Vassileva, 2008) auquel on peut ajouter le texte narratif (Gonçalves et Jorge, 2008)) que sur les contraintes sur les données ou éléments informationnels (par exemple un champ date pourra être contrôlé ou non). Un modèle sera plus ou moins lié à un domaine précis, et plus ou moins partagé. Il permettra plus ou moins d'inférences et de traitements machiniques (une terminologie ne permet que peu d'inférences, ce que permet une ontologie formelle, ou à un degré moindre un modèle documentaire). Il sera surtout plus ou moins explicite, explicité et appropriable. Il sera enfin plus ou moins modifiable par son utilisateur qui pourra le faire évoluer nativement, ou s'en emparer pour l'adapter à ses besoins¹⁸.

La formalisation selon un modèle a en fait pour caractéristique de *permettre l'action et l'interprétation* puisqu'elle autorise la construction d'un système, mais également d'en constituer un *blocage* par rapport à l'informalité qui est la règle générale de l'interprétation et de l'écriture. Dans une étude revenant sur plusieurs années de construction de systèmes, Shipman et Marshall (1999) remarquent que « *formalisms are often difficult for people to use because they need to take many extra steps (and make additional decisions) to specify anything. These extra decisions may involve chunking, naming, linking, and labeling, where formal languages require much more explicitly defined boundaries, names for subparts, connections between chunks, and labels for such connections than their informal counterparts.* » Ils considèrent notamment quatre difficultés générales associées aux formalismes enrégimentés dans les systèmes : la surcharge cognitive induite par la nécessité d'obéir au formalisme ; l'instrumentation de connaissances tacites qui du coup deviennent explicites et dont la simple prise en compte ralentit l'activité ; la nécessité de structurer trop tôt en prenant des décisions sans en être sûr ; enfin le fait qu'une formalisation ait une validité limitée à un domaine en général très spécialisé.

La question dans la conception de tout système d'interprétation est alors celle du degré de formalisation qu'il convient d'y mettre, du degré de liberté qu'il convient de donner à

17. Rien n'empêche un utilisateur d'imposer, consciemment ou non, d'autres modèles pour ses inscriptions, on a vu notamment qu'un instrument correspondait à la manipulation d'une classe de structures informationnelles descriptible dans un modèle, puisqu'explicitable.

18. Ce qui pose d'une part l'intéressante question de la mesure dans laquelle un utilisateur non informaticien peut comprendre un modèle en lien avec ses instances, d'autre part des environnements qui permettent de modifier de façon simple à la fois un modèle et ses instances (par exemple <http://datawiki.googlelabs.com/>).

l'utilisateur, en d'autres termes des primitives canoniques qu'on peut lui fournir de telle sorte qu'il puisse y mener son activité d'inscription.

Plusieurs auteurs ont insisté sur la nécessité de disposer de modèles souples qui puissent être adaptés aux pratiques idiosyncrasiques. C'est notamment le cas pour Kleek et collab. (2009) pour les notes et leur organisation, ou Dourish (2003) pour ce qui concerne l'accès personnel et collectif à des documents. Ce dernier préfère parler de structures d'accès plutôt que de structures de rangement, et se fait l'avocat d'une détermination libre de ses propres structures d'accès aux ressources considérées. Dans le système *Placeless*, les descripteurs sont des ensembles de propriétés créées à la volée, ce qui permet une structuration multiple de l'accès orientée interprétation.

Dans le cadre de la lecture active et de la construction d'inscriptions comme organisations spatiales, Shipman et Marshall (1999) proposent le concept de formalisation incrémentale comme suite de reconceptualisations qui permettent de partir de représentations non formelles et de les formaliser petit à petit, laissant les utilisateurs décider du moment et de la manière dont la formalisation doit se réaliser. Le terrain principal de ces travaux concerne les hypertextes spatiaux (Shipman et McCall, 1994 ; Marshall et collab., 1994 ; Shum, 2000) comme outils de formalisation incrémentale. Ces principes sont repris de façon explicite par Bottini (2010)[p. 47] pour instrumenter les opérations intellectuelles de l'interprétation dans un « environnement personnel critique multimédia », articulant une couche de définition et de manipulation de fragments à une couche d'organisation et d'inscription critique, notamment par une mise en espace. Il s'agit d'un « système en évolution constante dans lequel les fragments apparaissent, disparaissent et se ré-articulent au gré des fluctuations interprétatives du lecteur » visant à résoudre la tension dans l'interprétation entre « la maîtrise de la matérialité des contenus qu'elle vise et la maîtrise du réseau de sens qu'elle construit », entre le formalisme de la manipulation et les opérations effectives de l'activité interprétative. Dans un autre registre, Portier et Calabretto (2010) s'intéressent à la lecture savante sur le corpus des notes numérisées du philosophe Jean-Toussaint Dessanti, et proposent aux analystes d'inscrire leurs analyses en hiérarchies cohérentes de fragments documentaires spatiaux décrits par un vocabulaire donné de relations. Ils se concentrent sur les moments de rupture marqués par une intersection de fragments qui signale une rupture de la hiérarchie au niveau du formalisme, ce qu'ils interprètent comme la nécessité de créer une nouvelle formalisation hiérarchique et donc un nouveau vocabulaire de relations. Là encore, les manipulations spatiales des structures de description hiérarchiques sont fondamentales à l'interprétation.

On constate au final que les liens entre formalisation et interprétation sont très importants, et que plusieurs principes ressortent : tout d'abord les modèles doivent être flexibles ; ensuite il faut offrir la possibilité de formaliser incrémentalement ses structures informationnelles pour instrumenter son interprétation (et de « dé-formaliser »¹⁹) ; enfin la manipulation et la construction spatiales de structures sont propices à l'interprétation.

3.2.1.2 Inscriptions, réflexivité, émergence

Réflexivité. Nous avons vu au chapitre précédent que les inscriptions étaient supports de réflexivité, orientée vers le passé, le juste-passé ou le futur, toute inscription mobilisée ou issue de l'activité pouvant *a priori* y jouer un rôle. Par exemple un document annoté est la trace de l'activité de lecture passée ; un document ou une structure en cours de rédaction permet de se projeter dans le futur de son achèvement et de son utilisation, mais permet également

19. Le copier-coller est un outil de perte de formalisation important.

de dialoguer avec la personne qui l'a créé (soi-même) ; l'environnement d'un individu et son organisation sont un asservissement de son activité future.

Il nous semble qu'on peut parler d'une médiation réflexive globale par l'intermédiaire d'un objet technique qui est l'espace informationnel, outil pour penser et pour se faire penser, construit, configuré pour permettre la construction de structures informationnelles partageables. Un tel outil global est composé d'outils locaux multiples utilisés dans des instruments adaptés, par exemple, une relation entre deux éléments d'information contribue à la construction d'un outil de parcours ; une transcription d'un entretien est à la fois un objet et un outil d'une activité à la fois productive (il s'agit d'achever la transcription) et constructive (il s'agit de penser plus loin).

Les structures informationnelles explicites utilisées réflexivement sont partout dans le système d'interprétation, tant dans les documents stabilisés ou en construction que dans les différents éléments d'informations utilisés. La notion d'*artefact transitionnel* de [Bationo-Tillon \(2006\)](#) nous paraît alors intéressante, comme faisant explicitement le lien entre des situations spatio-temporelles variées au cours de l'activité. Élaborée dans le cadre des activités narratives, cette notion porte la fonction « d'aide-mémoire, de témoin, de conservateur des traces d'une expérience vécue ou encore d'une observation effectuée ». Un artefact transitionnel (par exemple une photo) se caractérise par sa souplesse, il peut changer de support et de forme, être articulé à d'autres artefacts ou désarticulé à volonté, sa flexibilité lui permet de porter le passé et de s'intégrer aux situations futures, sa malléabilité de jouer le rôle d'objet ou d'instrument. Il nous semble que le concept peut sans doute être enrichi et utilisé avec profit dans le cadre plus général du travail intellectuel, comme objet permettant de faire le lien entre des situations discontinues, support de la continuité d'expérience du travailleur intellectuel et d'une pensée-interprétation sans cesse reprise.

Idiosyncrasie, partage et émergence. Le partage et la réutilisation d'inscriptions au sens large (documents textuels, photos, feuilles de styles, notes, structures d'accès, paramètres, *etc.*) peuvent être pensés comme dialogues « classiques » entre travailleurs de la connaissance, mais également comme partage et diffusion d'outils et de modes de pensées. On peut sans doute qualifier les artefacts qui circulent d'artefacts transitionnels au sens où ils portent une part d'un vécu situationnel idiosyncrasique partageable et partagé, on peut plus sûrement les qualifier d'objets intermédiaires au sens plus classique ([Vinck, 2009](#)). La diffusion de connaissances passe alors par le partage d'inscriptions qui portent, plus ou moins formalisées en elles, la pratique des travailleurs intellectuels, et c'est la reprise de ces inscriptions et leur réintégration dans de nouvelles pratiques qui peuvent permettre la sédimentation de modèles et d'outils, soit de façon informelle, soit par ré-intégration conscientisée dans de nouveaux outils (cf. section 2.3.1).

Cette hypothèse d'émergence par le partage est *bottom-up*, elle s'oppose à une conception plus *top-down* ([Stiegler, 2000](#)), qui voudrait *construire* une tradition herméneutique numérique et considère « indispensable de formaliser de grandes classes de procédures d'approche des textes, qui soient autant d'appropriations des éléments combinables offerts par l'interface, en fonction des grandes tâches qui caractérisent les modalités de scrutation des textes par lecture et écriture, propres aux différentes disciplines lectrices »²⁰.

La suite du texte de [Stiegler \(2000\)](#) tempère cependant le côté normatif de l'approche, qui

20. Quatre niveaux de formalisation et d'outils sont même proposés : « un fonds de chaînes opératoires commun à toutes disciplines lectrices, un fonds de chaînes opératoires commun à chaque discipline, dans chaque discipline, des modalités spécifiques de chaînes opératoires, des chaînes opératoires qui relèvent des idiosyncrasies de chaque lecteur en tant qu'écrivain ».

pose la question de la « possibilité d'une normalisation qui serait générique, c'est-à-dire qui permettrait à la fois le partage et l'échange des savoirs, ainsi que l'émergence des singularités » lesquelles pourraient être stabilisées en pratiques partagées construites de façon collective. La question des systèmes d'interprétation au sens large est en fait celle d'une instrumentation des pratiques qui favorise l'innovation, le partage et l'émergence en intégrant au niveau canonique les concepts minimaux du domaine de l'interprétation. Cela correspond à l'approche que nous avons suivie avec Advene (cf. section 3.3.2).

Notre définition des systèmes d'interprétation est neutre par rapport à la construction d'une tradition d'interprétation herméneutique numérique comme pratique intellectuelle stabilisée, nous nous focalisons sur l'instrumentation générale de l'interprétation et de la pensée et sur le vécu associé au cours de la manipulation d'inscriptions. Il nous semble que l'enjeu le plus important est la construction réflexive de son propre environnement structurel d'interprétation et pour l'interprétation, et que le niveau individuel est probablement le plus important, le partage et la réutilisation étant ensuite les moteurs de l'émergence d'outils et de pratiques interprétatives partagés (qui feront la tradition).

3.2.2 Catégories d'inscriptions et circulations

Nous avons jusqu'ici décrit ce qu'était un système d'interprétation comme espace informationnel concret lié à des pratiques de gestion de connaissances personnelles, notamment documentaires. Nous présentons dans cette section quelques idées²¹ sur une approche de modélisation de l'information dans les systèmes d'interprétation, avant de discuter de la notion de circulation d'inscriptions de connaissances.

3.2.2.1 Un approche tripartite des inscriptions

Considérons un travailleur intellectuel engagé dans une activité avec un système d'interprétation (figure 3.1). Les inscriptions qu'il manipule sont des données au sens large, mais elles ne sont pas directement manipulées, car leur présentation ou leur édition se fait par la médiation de processus (matérialisés par des engrenages sur la figure) paramétrés par des inscriptions de deux catégories, que nous qualifions de façon générale de *feuilles de styles* et de *formulaires*. Les feuilles de style décrivent comment présenter les inscriptions-données aux utilisateurs, et les formulaires comment ces données sont saisies par les utilisateurs. Une troisième catégorie de processus doit être également considérée, qui permet de vérifier les données, de les transformer, en bref de les manipuler suivant des *schémas* qui en décrivent la sémantique. Ces processus internes aux outils définissent la sémantique opérationnelle des données.

Les trois types d'inscriptions de connaissances personnelles que nous considérons sont mobilisés dans l'activité de l'utilisateur. Pour autant, ils ne sont pas forcément modifiables ou même atteignables par celui-ci, car ils peuvent être hors de sa portée, soit parce qu'ils sont inscrits dans le code des outils, soit dans des paramètres cachés. Nous pouvons alors différencier dans les inscriptions de connaissances personnelles celles qui sont modifiables par l'utilisateur. La figure 3.2 résume la situation : le disque D représente les données contrôlées par l'utilisateur, S représente les schémas et P les informations de présentation hors de son contrôle. S et P représentent le contexte technique informationnel dans lequel l'activité de l'utilisateur se passe : outils, formats, normes, *etc.* Les liens entre les disques représentent les

21. Co-élaborées avec Pierre-Antoine Champin.

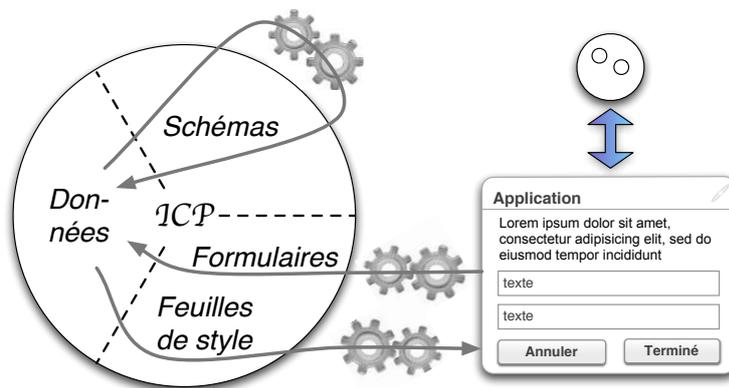


FIGURE 3.1 – Un utilisateur interagit dans un système d'interprétation avec des *données* au travers de processus pilotés par des *feuilles de style* et des *formulaires*, tandis que les processus liés aux données prennent appui sur les schémas. Ces trois types d'inscriptions sont des inscriptions de connaissances personnelles (ICP)

dépendances entre les différentes catégories d'inscriptions. Les données sont contraintes par les schémas et par les présentations qui permettent de les modifier, lesquels doivent être au moins cohérents entre eux.

Cependant, schémas et présentations peuvent également être modifiés, et il apparaît que les données de D sont également tripartites, car l'utilisateur peut parfois accéder et modifier les modèles des données qu'il utilise, et peut personnaliser la manière dont ces dernières sont présentées. Il est par exemple possible dans un navigateur de changer la présentation d'une page web, du simple changement de taille des caractères à l'imposition d'une feuille de style. Un traitement de texte permet de définir des *modèles* qui sont à la fois des schémas (définissant les éléments d'un document), des feuilles de styles et même des formulaires (empêchant par exemple la modification de parties de documents). Dans des applications « bases de données intégrées » (type Access ou FileMaker) il est à la fois possible de définir la structure des données (schémas), leur présentation (rapport) et la manière de les éditer (formulaires).

Nous considérons alors que D peut être raffiné en trois nouveaux « pôles » : d représente les données qui sont objets de la manipulation à un instant, tandis que s et p représentent schémas et présentation sous le contrôle de l'utilisateur. Si celui-ci modifie des inscriptions appartenant soit à s soit à p , il est alors nécessaire de considérer celles-ci comme des données qui elles-mêmes obéissent à un schéma et sont manipulées suivant une présentation, mettant en évidence les outils associés à leurs modifications *en tant que données*.

Notre proposition de tripartition des inscriptions de connaissances personnelles ne se veut pas complète ou définitive. Elle nous semble avoir l'intérêt analytique de mettre l'accent sur les différentes catégories d'inscriptions mobilisées par le travailleur de la connaissance au cours de son activité, notamment sur le fait que ces inscriptions font également partie d'outils qui alors peuvent être analysés comme schémas et présentations, explicités ou inscrits dans le code. Les inscriptions faisant partie de D représentent la prise qu'a l'utilisateur sur son espace d'informations, notamment la marge de manœuvre de construction d'instruments qu'il a par modification quelconque de d , s ou p , les modifications de s et p étant des modifications apportées aux outils canoniques à disposition (puisque se faisant dans les termes mêmes proposés par ces outils).

À tout instant, la pratique d'un utilisateur est réifiée dans les inscriptions qu'il manipule,

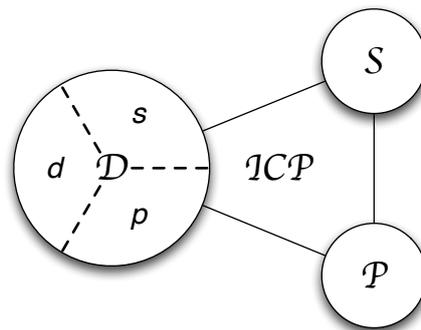


FIGURE 3.2 – Trois pôles pour les inscriptions de connaissances personnelles : D (Données), S (Schémas) et P (Présentation). D est également polarisé en d , s et p .

et sa pratique idiosyncrasique dans les inscriptions de D , ce qui est cohérent avec (Nardi et Miller, 1991). Il est alors possible de considérer que le partage des inscriptions²² correspond à un partage de pratique, ce que Mackay (1990a) a bien montré pour des fichiers de configuration d'un environnement. Néanmoins, Rabardel (1995a) rappelle que le partage de pratiques est en fait un partage d'instruments et non simplement d'outil-artefacts, et il est alors nécessaire de considérer également le partage de schèmes d'utilisation associés aux artefacts partagés. Un compagnonnage ou une description de l'utilisation peuvent alors se révéler nécessaire (documentation, *screencast*), même si l'on n'exclut pas la possibilité que dans certains cas les inscriptions suffisent, par exemple parce que l'usage est immédiat, ou, dans les cas plus complexes, parce qu'existerait au sein d'un groupe une pratique d'appropriation de pratiques à partir de celles-ci.

Vers la construction de systèmes. Notre approche tripartite peut également servir de source d'inspiration pour la construction de systèmes d'interprétation, comme une méta-modélisation des inscriptions de connaissances qui doivent être rendues disponibles à l'utilisateur. Il est alors imaginable de construire des systèmes intégrés dont une des orientations soit de faciliter le développement de pratiques d'interprétation idiosyncrasiques par une personnalisation aisée de l'environnement présenté, tant au niveau des schémas que des données et des présentations. L'accès aux schémas donne une prise sur les modèles de données manipulés, tandis que l'accès aux présentations permet la construction d'interfaces adaptées aux besoins interprétatifs. De tels systèmes devraient alors expliciter les trois types d'inscriptions qui pourront être manipulés en tant que tels par l'utilisateur, l'enjeu étant bien évidemment lié à l'utilisabilité du système, donc à la simplicité générale de l'outil.

Nous verrons notamment que le modèle Advène pour la lecture active audiovisuelle et le prototype associé mettent en œuvre certains de ces principes, lesquels sont aussi thématiques pour partie dans notre manière de penser l'interprétation de traces numériques.

22. Partager des inscriptions de schéma s et de présentation p revient à partager une manière de faire, un outil, une variante consiste à ne partager que des éléments de d ou de p , ce qui revient à s'inscrire dans le contexte d'inscriptions P ou D considérées comme communes. Partager d et s revient à partager une base de données.

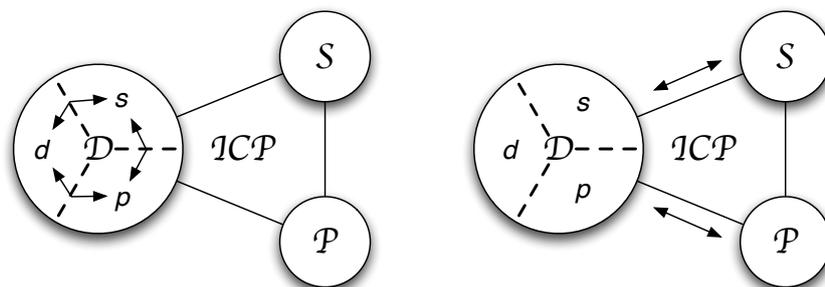


FIGURE 3.3 – Circulations d'inscriptions de connaissances personnelles

3.2.2.2 Circulations d'inscriptions de connaissances

Comme nous l'avons déjà souligné, l'activité intellectuelle prenant appui sur un espace d'inscriptions ne s'arrête jamais et la création d'inscriptions de connaissances personnelles non plus. Toute inscription est en constante modification et n'atteindra un état stable que dans le cas où elle n'est plus utilisée, ou bien dans le cas où elle est figée dans un état documentaire propre à sa diffusion. La notion de circulation d'inscription de connaissances personnelles vise à poursuivre la réflexion commencée plus haut en explorant l'évolution des inscriptions tripartites au cours de l'activité.

Nous appelons *élaboration d'inscriptions* de connaissances personnelles le fait de faire évoluer ces inscriptions en fonction des besoins liés à l'activité en cours. Nous appelons *circulation d'inscription* le fait que des informations d'une inscription se retrouvent dans une autre²³.

Le cas de la modification du pôle des données d est le plus classique, et correspond à la manipulation d'un ou de plusieurs objets informationnels pour les créer ou les faire évoluer. Les circulations d'inscription qu'on peut considérer sont dues à des transformations, réécritures, copier-coller d'informations au sein d'une structure ou entre des structures différentes.

Le cas des modifications qui impliquent une réorganisation des inscriptions sur plusieurs pôles est également intéressante : elle correspond en premier lieu à la circulation d'inscription entre un pôle et un autre, puis à un « équilibrage », une remise en cohérence entre les différents pôles au travers d'une chaîne de modifications.

La figure 3.3 (à gauche) décrit les circulations possibles au sein de D . Les circulations de d vers s ou p peuvent notamment correspondre à la réification dans les structures canoniques d'éléments de schématisation ou de présentation inscrits dans des structures informationnelles non canoniques. Par exemple, pour la gestion de contacts, le fait de systématiquement renseigner un champ de formulaire [Ville] sous la forme « Ville (Pays) » est parfaitement valide, mais peut conduire à faire évoluer le schéma correspondant à un contact en ajoutant la notion de [Pays] (ce qui permettra par exemple de trier par pays), et à faire évoluer le formulaire en conséquence. Dans un autre registre, l'emploi systématique d'un style manuel pour certains éléments documentaires peut conduire à réifier celui-ci dans une feuille de style et à catégoriser les éléments pour que le style leur soit appliqué. D'autres circulations sont possibles, un exemple de circulation de s vers d consiste à transformer par exemple une classe d'une ontologie en instance, ou une instance en classe, ce qui illustre une classique difficulté

23. Le terme n'est pas des mieux choisis, seules circuleront en fait des informations d'une inscription à une autre, qui peuvent correspondre à des sous-parties d'inscriptions qui se conservent.

de modélisation ontologique (par exemple, *Espagne* est-elle une instance ou bien une sous-classe de *Pays* ?). Les circulations entre d et p peuvent également concerner certains éléments documentaires qui peuvent être gérés au niveau feuille de style ou bien structure logique (par exemple une image logo, ou bien un titre). Les circulations entre s et p sont des accommodations qui permettent de mettre en cohérence mode de présentation et de structuration de données, par exemple la génération automatique d'une feuille de style pour un schéma, ou l'adaptation d'un schéma à la modification directe d'un formulaire.

La figure 3.3 (à droite) décrit des circulations entre D et les inscriptions de connaissances personnelles non contrôlées par l'utilisateur. Elles correspondent par exemple à une appropriation de schémas ou de présentations disponibles pour les adapter à ses besoins personnels. L'autre direction, de D vers S ou P correspond à l'émergence et à la normalisation de modes de descriptions et de présentations rendus possibles par l'échange de pratiques, à la réification dans le système numérique externe de pratiques individuelles.

3.2.2.3 Remise en cohérence d'inscriptions.

Le travail de thèse d'Amaury Belin, vise à thématiser les questions d'instruments, d'inscriptions, de circulation que nous venons d'évoquer de façon précise en intégrant l'ensemble des inscriptions mobilisées par un individu (outils, modèles, schèmes, *etc.*) dans une approche globale.

Cinq niveaux d'inscriptions sont notamment considérés, à tout instant : le niveau de l'*enregistrement* correspond à la persistance des données sur un support numérique, suivant un format particulier. Le niveau du *calcul* correspond à l'opérationnalisation des structures internes de l'artefact-outil considérées suivant leurs schémas. Le niveau de la *restitution* concerne les modalités de présentation et de manipulation offertes par l'artefact-outil à travers une interface, mise en forme qui repose sur un ensemble de formats, conventions, métaphores ou *affordances*, selon un schéma de restitution visant à présenter des données de façon intelligible. Le niveau de l'*appropriation* partage le même support que le niveau de la restitution, à savoir l'interface. Il emprunte cependant le point de vue de l'utilisateur qui projette sur l'interface une structure vécue qui peut différer de ce qu'avait envisagé le concepteur ; on y retrouve ici les structures informationnelles présentées au chapitre précédent. Le niveau *cognitif* enfin concerne les processus cognitifs mis en œuvre par l'utilisateur au moment où il utilise l'outil. Nous ne considérons pas de structure ou de schéma à ce niveau, mais simplement des « formes cognitives » mobilisées par l'utilisateur et qui peuvent correspondre aux éléments perçus sur la structure d'appropriation.

L'ensemble des inscriptions est toujours plus ou moins en *cohérence* à un instant, puisque l'activité peut se mener. Cependant, au cours de l'activité émergent des tensions signe d'une *incohérence* entre les inscriptions (un schème ne convient pas, une structure vécue est contradictoire avec les manipulations possibles, un schéma est insuffisant à exprimer les données nécessaires, des données perçues comme corrélées sont incohérentes, *etc.*), qui vont être perçues par l'utilisateur comme nécessitant un changement à un quelconque des niveaux, une remise en cause ou une modification d'une inscription qui s'accompagnera d'une cascade de modifications permettant une remise en cohérence et la résolution de la tension.

Nous n'en dirons pas plus sur ces travaux en cours, qui ont comme terrain applicatif la lecture active audiovisuelle, telle que nous la considérons depuis plusieurs années au sein du projet Advène.

3.3 Lecture active audiovisuelle : le projet Advene

Cette dernière section vise à présenter les travaux que nous menons depuis 2002 sur la question de la lecture active audiovisuelle au sein du projet Advene dans le cadre applicatif général des systèmes d'interprétation liés aux documents audiovisuels.

3.3.1 Systèmes d'interprétation orientés audiovisuel

Nous présentons rapidement les documents audiovisuels et leurs utilisations, avant de discuter la notion de lecture active audiovisuelle.

3.3.1.1 L'audiovisuel comme terrain

Caractéristiques de l'audiovisuel. Comme point de départ, nous considérons qu'un document audiovisuel est « un document composé d'images animées et/ou de sons se déroulant de manière linéaire selon un rythme temporel particulier le rendant intelligible pour un lecteur » (Bachimont, 1999a).

Les documents audiovisuels ont donc une temporalité intrinsèque, sont des objets temporels qui prescrivent le rythme de leur lecture, ce qui en est la caractéristique principale, qui va notamment les différencier des documents écrits considérés comme canon du monde documentaire et intellectuel. Nous avons proposé dans (Aubert et Prié, 2004a) de considérer deux temporalités spécifiques que sont le *temps du flux* et le *temps du document*, qui sont directement liées à la nature même des documents audiovisuels, à leurs formes de stockage et aux dispositifs de restitution, indépendamment des contenus véhiculés.

Le temps du flux est consubstantiel à l'expérience audiovisuelle. Les flux audiovisuels sont en effet construits à partir de la superposition de flux audio et vidéo synchronisés. L'« effet Phi » mis en évidence par les théoriciens de la *Gestalt* spécifie que deux stimulus visuels suffisamment proches structurellement et temporellement sont confondus en un unique stimulus en vertu d'un principe de simplicité, ce qui donne à un individu soumis à une succession suffisamment rapide d'images cohérentes l'illusion de mouvement des formes qu'il observe. Si le flux vidéo correspond à ce que l'individu est habitué à percevoir et qu'il est synchronisé avec le flux audio, alors le phénomène dit d'illusion de réalité se produit. Il est donc impératif pour la réception pleine et entière d'un document audiovisuel que le « flux de conscience » de l'individu soit synchronisé avec le flux audiovisuel, c'est-à-dire que l'individu se « soumette » à la temporalité propre de ce dernier. Le temps du flux est un temps du médium audiovisuel, lié à la très courte durée (presque l'instant) de l'expérience audiovisuelle en tant que telle. Il concerne par exemple le rendu et le vécu d'un moment quelconque d'un flux issu d'un film.

Le temps du document relève quant à lui d'un objet temporel ayant une durée (par exemple, un film dure 1h34min), c'est le temps nécessaire à l'appréhension d'un document audiovisuel. C'est le fait de considérer le temps du document qui permet de comparer deux documents suivant leur longueur ; de décrire un document comme long ou court ; qui offre la possibilité de considérer des moments ou des fragments du document et de les comparer (avant/après, inclus/incluant) ; et qui donne la possibilité de se repérer dans le flux (être au début, à la fin, ou vers le milieu).

Une conséquence fondamentale de la temporalité de l'audiovisuel est son caractère machinique obligatoire. Que ce soit pour le captage ou la restitution, une instrumentation est en effet nécessaire, à la différence de l'écrit pour lequel la forme de stockage est également

la forme d'enregistrement et d'appréhension dans le cas d'un support tel que le papier. Le médium audiovisuel est nécessairement récent, et évolue au rythme des progrès techniques et des coûts de la captation, du stockage et de la restitution, l'asymétrie entre producteurs et consommateurs se renégociant au travers de l'émergence ou de l'évolution des pratiques. Il s'agit donc d'un terrain d'étude intéressant d'une part car les pratiques numériques sont encore loin d'être figées, d'autre part car les caractéristiques temporelles du médium permettent de mettre en évidence des éléments de pratiques intellectuelles documentaires peut-être cachées dans les pratiques classiques de lecture.

Usages des vidéos L'usage canonique d'un document audiovisuel est sa « consommation », son appréhension du début à la fin. Le dispositif de restitution au sens large varie au niveau technique (du cinéma et sa salle sombre à l'ordinateur individuel ou le téléphone, en passant par la télévision familiale), économique (cinéma, télévision et logique de programme, sites web dédiés, publicité), social (seul ou à plusieurs), faisant varier les degrés de contrôle d'un spectateur jamais totalement passif ou captif.

Au-delà de la simple appréhension, différents types de lecture « active » sont possibles, qui correspondent à des pratiques diverses dans différents domaines. Le cadre familial verra par exemple un filmage et un montage simples associés à une diffusion restreinte ; le cadre éducatif sera l'occasion d'utiliser les documents vidéos pendant la classe ou à l'extérieur. Le critique verra le document comme œuvre, tandis que le scientifique considérera la vidéo comme source primaire d'un ayant existé (le film de cinéma pour l'historien ou l'architecte, l'enregistrement d'une interaction pour le linguiste, la note personnelle de l'anthropologue). Par ailleurs, depuis les débuts de l'audiovisuel, les artistes sont à la pointe de la création, découpant, collant, détournant les productions existantes. Nous focalisons sur deux types d'usages qui correspondent à nos deux terrains applicatifs principaux.

Les *études filmiques* consistent en l'analyse de films suivant différentes dimensions en vue de la construction d'un discours critique qui sera partagé, publié, enseigné. Le critique pourra s'intéresser à la technique cinématographique (filmage, montage, transitions, musique), à la narration (diégèse, présentation de l'intrigue, *etc.*), au discours, à l'esthétique de la réception, au jeu des acteurs, *etc.* Un tel travail passe par une étude fine du matériau filmique, son découpage en fragments (principalement en plans), l'utilisation de phonogrammes qui représentent ces fragments, leur description, la construction progressive d'un discours analytique, *etc.* L'instrumentation technologique du critique est très longtemps restée au niveau du magnétoscope et de la cassette.

L'*analyse scientifique vidéo* vise à étudier une ou plusieurs vidéos comme représentations d'une situation à analyser pour le psychologue, le linguiste, le sociologue, l'ergonome, l'anthropologue, *etc.* Le film ou la vidéo ont dès que possible été utilisés comme moyens d'enregistrer une partie d'une situation qui se déroule trop rapidement en vue de l'étudier plus tard, en y consacrant le temps nécessaire. On s'intéresse notamment à l'analyse des interactions orales ou gestuelles, et le premier travail consiste souvent en une transcription des paroles, des gestes ou de tout événement d'intérêt de la pratique, à partir de laquelle sera construite une analyse, par exemple comportementale, qui pourra alors être partagée, qualitative ou quantitative (le fait même d'avoir symbolisé une analyse permet ensuite une approche statistique ou mathématique). L'instrumentation technologique de l'analyse des vidéos pour les scientifiques est loin d'être nouvelle, puisque Mackay (1989) présentait par exemple un système d'annotation pour l'analyse symbolique de données vidéos.

3.3.1.2 Notion de Système d'Information Audiovisuel

Avant de nous intéresser plus particulièrement à la lecture active audiovisuelle, nous présentons rapidement quelques caractéristiques des systèmes d'information audiovisuel (SIAV), qui sont des systèmes d'information principalement orientés sur la gestion, la recherche et l'utilisation de documents audiovisuels (Aubert et Prié, 2004b). Le principe général est le suivant : les vidéos sont décrites, ce qui permet de constituer des index, puis une requête permet de retrouver des vidéos ou des fragments pertinents, qui doivent être présentés à l'utilisateur qui peut alors les exploiter à sa guise. *Fischlar* (Smeaton et collab., 2001), *Informedia* (Hauptmann et collab., 2002), ou *Opales* (Betaille et collab., 2001) ont été des systèmes d'information audiovisuelle complets précurseurs, les véritables systèmes d'information grand public web étant réellement arrivés à partir de 2006 (Youtube, Dailymotion).

Indexation et recherche. Les formes de stockage des documents audiovisuels ne fournissent pas des index comme le font les textes, ensemble de caractères qu'il est possible de traiter assez facilement en accord avec leur interprétation humaine. Il faut alors explicitement décrire les contenus avec des métadonnées qui indexent soit des documents entiers soit des fragments (van Ossenbruggen et collab., 2004). Une telle indexation peut se faire de façon manuelle ou automatique ou semi-automatique en utilisant des algorithmes qui extraient les visages, segmentent en plan, reconnaissent des locuteurs, transforment la parole en texte, *etc.* Les descripteurs mis en place sont la plupart du temps symboliques : structures de données standards, indexées et recherchées de façon classique, éventuellement en utilisant des ontologies et des inférences (Troncy et Carrive, 2004). Certains descripteurs peuvent également se composer de caractéristiques issues du traitement des signaux, par exemple des histogrammes de couleurs, des descripteurs de formes, *etc.* qui seront recherchés comme tels. Ce champ de recherche actif se retrouve annuellement autour de la conférence TRECVID pour comparer ses résultats (Smeaton et collab., 2006). MPEG7 (Martinez et collab., 2002) ou MPEG21 sont des propositions visant à normaliser les formats de métadonnées associés.

Exploitation des vidéos et des fragments. La plupart des SIAV présentent les résultats pour une consommation immédiate dans un lecteur vidéo. Un des enjeux associés concerne les modes de présentation d'un ensemble de vidéos ou de fragments temporels à la fois de façon statique et économique. De façon intéressante, la méthode plébiscitée semble de représenter le fragment avec une imagerie (image-clé considérée comme représentative) associée à un descriptif et à la durée du fragment, ce qui signifie que les nombreux travaux sur la construction de résumés, plus ou moins interactifs (Shipman et collab., 2003 ; Ding et collab., 1999 ; Mu et Marchionini, 2003), ne sont pas utilisés²⁴.

Au-delà du simple jeu de la vidéo ou du fragment choisi dans un lecteur, certains systèmes proposent de mettre en place un montage virtuel (Boavida et collab., 2004) en utilisant éventuellement des méthodes de narration (Shen et collab., 2009) automatique. La réutilisation d'un fragment d'une vidéo au sein d'une nouvelle production audiovisuelle se fait cependant le plus souvent manuellement en utilisant des outils de montage plus ou moins sophistiqués.

Tendances actuelles. La situation des systèmes d'information audiovisuelle a beaucoup évolué au cours de la dernière décennie. Parmi les tendances actuelles, on signalera l'utilisa-

24. Un système grand public comme iMovie utilise la largeur d'une imagerie comme représentation du temps du document et utilise la position horizontale du pointeur de souris pour décider quelle imagerie présenter.

tion de plus en plus massive des traitements automatiques pour mettre en place des descripteurs symboliques, notamment la reconnaissance de la parole (indexation et sous-titrage) et la reconnaissance de visage ; ainsi que l'utilisation des descripteurs sociaux (partage, notes, commentaires) pour l'indexation, le classement et la suggestion. La tendance générale est cependant l'intégration de plus en plus fine des documents audiovisuels au web par la disponibilité de technologies permettant de manipuler les vidéos comme des objets simples²⁵ au travers d'API standard. Par ailleurs, porté par la haute-définition, le web devient la plateforme de diffusion vidéo standard, y compris télévisuelle.

Il se trouve donc que le schéma du SIAV comme indexation, recherche, exploitation des documents audiovisuels tend à se complexifier, et que de nouveaux usages et systèmes se développeront dans les années à venir, notamment autour des usages sociaux. Considérons trois illustrations. La première consiste en ce qu'on appelle la co-navigation audiovisuelle, qui consiste à synchroniser les flux visualisés par plusieurs personnes en des lieux distants et à ajouter un canal de diffusion, qui trouve son application principale actuelle autour de la télévision associée à *Twitter* comme moyen de diffusion. La seconde est l'utilisation d'écrans mobiles dans le cadre familial, en plus de celui de la télévision, qui permet de passer d'une expérience audiovisuelle individuelle à une expérience collective selon de multiples modalités (Cesar et collab., 2008). La troisième concerne les systèmes permettant une discussion collective fine et temporalisée sur des fragments de vidéos, par exemple politiques (Diakopoulos et collab., 2009).

3.3.1.3 Hypervidéos et lecture active audiovisuelle

Hypervidéos. Notre définition générale de la notion d'hypervidéo sera celle de *document hypermédia interactif et centré-vidéo, construit à partir d'un ou plusieurs contenus audiovisuels*. Une telle notion porte au moins trois dimensions :

- *vidéo interactive* : des possibilités d'interaction sont disponibles pendant le jeu de la vidéo, qui permettent à l'utilisateur de naviguer dans la même vidéo ou dans une autre, construisant son propre parcours, d'une scène à l'autre ;
- *enrichissement de la vidéo* : des informations supplémentaires sont présentées par dessus la piste image (sous-titres, dessins, liens hypervidéo, etc.) ou la piste son (commentaires), synchronisées temporellement au jeu de la vidéo pour leur apparition ou leur disparition ;
- *intégration dans le monde hypertextuel* : la vidéo est insérée dans un monde hypertextuel extérieur statique, à partir duquel on peut la rejoindre, ou qu'elle permet de rejoindre. Tables des matières, lignes de temps, etc. sont des présentations multimédias spatiales et statiques qui permettent de rejoindre les flux vidéos et qui peuvent y être synchronisés.

Il va de soi que ces thématiques ne sont pas des critères absolus, et que le champ des possibles est grand, qui reste largement à explorer en termes de formes et de modes d'appréhension.

Les hypervidéos sont étudiées depuis longtemps dans plusieurs domaines, dont aucun n'a pour l'instant produit de formes qui pourraient être qualifiées de standards en terme d'appréhension, l'expérimentation restant la règle²⁶. *Aspen Moviemap* (Mohl, 1981) est généralement considéré comme la première vidéo interactive, qui permettait de se déplacer au sein d'une base de vidéos de la ville d'Aspen, Colorado et utilisait les premiers disques laser

25. Formats audiovisuels orientés web tels FLV, H264, Ogg ou VP8, futurs formats de description rendus possibles par les recommandations du W3C Media fragment et Media annotation.

26. Paradoxalement, c'est dans le domaine des jeux vidéos 3D que pourraient d'ores et déjà exister des formes hypervidéos, absolument pas pensées comme telles, car l'image est générée et non réutilisée.

vidéo dès 1978. Le système *Hypercafé* (Sawhney et collab., 1996), toujours au MIT visait à offrir au spectateur la possibilité de s’immerger dans un café et de passer d’une table à l’autre pour suivre les conversations. Au-delà de ces prototypes de recherche, de nombreuses expérimentations ont cherché à étudier les possibilités des hypervidéos pour la fiction interactive, également appelé le film interactif (Renucci et Gaste, 2003), dans lequel les rapports entre auteurs et spectateurs sont modifiés car le spectateur peut se libérer de la narration imposée par le film classique. Cet objectif de donner une nouvelle liberté aux créateurs et aux spectateurs est repris régulièrement depuis au moins une vingtaine d’années, sans que les résultats ne soient jugés suffisamment convaincants pour donner lieu à l’émergence d’un nouveau médium reconnu. Un renouvellement a été tenté récemment dans le cadre de la télévision (Hoffmann et collab., 2008) qui visait à permettre aux spectateurs de spécifier le déroulement du programme, sans suite à notre connaissance.

Le constat relativement négatif²⁷ peut avoir plusieurs causes : par exemple le fait que les questions de navigation, d’appréhension, de narration ou d’esthétique ne soient pas encore suffisamment bien traitées, que le coût de production soit plus élevé, ou que le public ne soit pas encore mûr. Notre sentiment est que la notion d’hypervidéo est peut-être souvent prise dans le sens relativement restrictif de vidéo interactive dans laquelle le lecteur ne peut que regarder une vidéo et cliquer si on lui en offre la possibilité, alors qu’à notre sens le véritable enjeu est celui de l’intégration de la vidéo dans un environnement multimédia, comme hypervidéo « hétérogène » (Chambel et collab., 2006). C’est notamment le cas dans le domaine éducatif (Zahn et collab., 2004) : par exemple des documentaires vont proposer des enrichissements permettant de naviguer vers du matériel vidéo ou hypertextuel supplémentaire, des petits films pourront être étroitement inclus dans un hypermédia éducatif (Chambel et Guimaraes, 2002) (ce qui sera l’occasion d’étudier comment notamment utiliser un lien de retour dans ce contexte). L’utilisation de la vidéo est également intéressante pour montrer des gestes techniques, par exemple de démontage/remontage (Lieberman, 1995), des gestes médicaux (Tiellet et collab., 2010) ou artistiques (Emond et collab., 2006). Ce domaine est appelé au sens large « vidéo apprenante ».

Côté technologique, la réalisation d’hypervidéo est le plus souvent *ad hoc*, en utilisant des technologies multimédia, telle que Flash 5, SMIL ou HTML5+javascript. Quelques systèmes génériques ont été proposés, par exemple *Hyper-Hitchcock* (Girgensohn et collab., 2004) qui était un modèle d’hypervidéo accompagné d’un éditeur et d’un lecteur, ou Annodex (Pfeiffer et collab., 2003) qui était un format de diffusion de liens d’enrichissement à des vidéos sur le web accompagné d’un lecteur. Un système plus récent comme SIVA (Meixner et collab., 2010) propose également un outil éditeur et lecteur. Par ailleurs, un acteur de la vidéo grand public comme YouTube propose depuis quelques années la possibilité d’ajouter des annotations d’enrichissement sur les vidéos, en fournissant un éditeur basique, ce que de nombreuses *startups* ont également proposé pendant plusieurs mois avant d’être rachetées ou de déposer leur bilan.

Annotation pour la lecture active. Comme pour les documents textuels, la lecture active audiovisuelle doit impérativement faire usage de la notion d’annotation, qu’on définira dans ce cas comme une information attachée à un fragment spatio-temporel d’une vidéo. L’activité de lecture active audiovisuelle est une activité complexe, car elle implique de gérer à la fois la perception d’un flux temporel et les actions de marquage de sa lecture sous la forme de structures d’information statiques. Il s’agit en fait d’annoter le flux entre autres pour se donner la possibilité d’y réfléchir à un rythme qui ne soit pas piloté par celui-ci.

27. Même l’insertion de liens publicitaires dans les vidéos ne semble pas spécialement convaincante.

Poser des annotations est une manière de se donner des prises permettant de s'extraire de la temporalité du flux en la découpant et en la représentant spatialement ; c'est un moyen de maîtriser le document audiovisuel, en l'abordant de façon synthétique et spatiale.

Différents outils ont été proposés qui sont dédiés à la lecture active et à l'annotation, notamment du côté de l'analyse des interactions qui est le domaine historiquement le plus instrumenté²⁸ avec des outils tels que *Transana*, *Kronos*, *Elan* (Brugman et Russel, 2004), *Anvil* (Kipp, 2001). *Diver* (Pea et collab., 2004) est un outil plus général qui permet notamment de définir des fragments rectangulaires dans une vidéo à 360 degrés, mais aussi de partager ses annotations directement sur le web. L'analyse sportive a récemment vu l'apparition d'outils permettant la description des mouvements au sein de la vidéo, notamment par le dessin. Du côté de la critique filmique, un outil précurseur a été le logiciel *DCP* développé à l'Université de Pise. L'application *Lignes de temps* (Puig, 2007) développée à l'IRI s'adresse aux critiques ou aux amateurs de cinéma, aux étudiants et enseignants en cinéma principalement. Elle leur permet d'annoter un flux temporel et de préparer un « regard signé » partageable sous la forme d'une lecture simultanée de deux séquences reconstruites à partir d'annotations notamment. Ajoutons à ce court tour d'horizon la question liée à l'annotation des vidéos *en train d'être enregistrées* qui permet au chercheur de « pré-annoter » la vidéo de la situation présente (Weibel et collab., 2011).

Fabrication de rendus de lecture active. Nous venons de l'évoquer, l'annotation est ce qui permet au lecteur actif audiovisuel de passer outre la temporalité du document pour en maîtriser le contenu. Il s'agit alors de façon générale de le faire bénéficier d'outils hypervidéos qui lui permettent d'organiser et de réorganiser les annotations et le matériel audiovisuel afin de pouvoir mener son analyse. Au niveau dynamique, un film enrichi pourra par exemple présenter les annotations en lien avec le flux et un remontage pertinent de segments en mettre en évidence des similitudes. Au niveau statique, une ligne de temps donnera accès aux diverses annotations disponibles, une table des matières permettra de parcourir rapidement le contenu à partir de ses descripteurs, un ensemble de photogrammes donnera une vue globale du contenu visuel, un texte d'analyse en rédaction pourra être illustré par un fragment, *etc.*

Il apparaît donc que l'outil principal d'analyse du lecteur actif audiovisuel prend une forme d'hypervidéo mêlant éléments temporels et éléments spatiaux en des structures d'informations variées. La tâche principale du lecteur actif consiste alors à construire petit à petit une hypervidéo générale qui est à la fois sa lecture et son outil de lecture en évolution permanente, avant de construire le cas échéant des rendus documentaires comme formes hypervidéos plus stabilisées, propres à être échangées.

3.3.2 Advene : modèle, outil, projet pour la lecture active audiovisuelle

Nous pouvons désormais présenter nos travaux autour du projet *Advene* (*Annotate Digital Vidéos, Exchange on the NEt*²⁹), qui est un outil d'annotation de document audiovisuel et de conception d'hypervidéos orienté sur la lecture active.

28. Nous ne nous intéressons pas ici aux outils destinés au *codage* des événements d'une vidéo, très utilisés par exemple dans les études systématiques, mais pour lesquelles il n'y a pas de lecture créative, par exemple le codage des comportements d'un animal entre sommeil, déplacement et repas.

29. Le projet Advene <http://advene.org> implique également Olivier Aubert et Pierre-Antoine Champin depuis ses débuts en 2002. Bertrand Richard a mené sa thèse dans le cadre d'Advene et continue à prêter main forte. De nombreuses autres personnes ont été impliquées à un titre ou à un autre dans les développements. Cette section réutilise par endroits des éléments issus d'articles variés, ainsi que des images issues de versions successives du logiciel.

3.3.2.1 Principes

Démarche. L'objectif général du projet Advene est de soutenir le développement de nouvelles pratiques liées aux hypervidéos associées à de nouveaux types de documents et de nouvelles modalités d'interaction avec l'audiovisuel. L'approche choisie consiste alors à proposer un modèle et un outil qui permette de soutenir l'émergence de ces pratiques par le partage d'inscriptions de type annotations et hypervidéo.

Notre inspiration initiale a notamment été celle du développement du Web au cours des années 1990, considérant que le public s'était emparé des outils de l'hypertexte à sa disposition (langage HTML, notion de lien) et de la plateforme du Web comme support d'expression pour s'en approprier et développer des projets variés, faisant émerger de nouvelles formes documentaires hypertextuelles correspondant à des pratiques variées (scientifiques, artistes, grand public, médias, *etc.*). Les principes du succès du web sont notamment la simplicité de ses principes basés sur des standards, le fait qu'il ne visait pas la perfection (par exemple les liens bidirectionnels chers à Nelson (1974)), enfin que les outils de création et de rendu étaient largement disponibles (un éditeur de texte simple et un navigateur *open source*). Notre objectif était alors d'offrir des outils permettant l'apparition d'usages innovants.

Notre volonté était donc en premier lieu de donner à un utilisateur la possibilité de créer lui-même ses propres formes documentaires, ses propres outils, et de les partager, en sous-spécifiant les outils et les concepts que nous mettrions à sa disposition. Comme le souligne von Hippel (2005) en théorisant l'« innovation par le bas », dans le monde immatériel des documents numériques, les utilisateurs peuvent prendre un rôle actif et devenir source d'innovations. Nous avons de plus choisi de diffuser nos outils en logiciel libre, afin que les développements puissent également être pris en charge par des développeurs qui rejoindraient le projet.

Le public visé était dès le départ les analystes de films, soit critiques professionnels, soit enseignants de cinéma ou de langues, soit amateurs cinéphiles, puis rapidement les chercheurs en sciences sociales, notamment analystes de l'interaction qui auraient intérêt à mener et à partager leurs analyses³⁰.

Hypervidéos construites à partir d'annotations. Notre approche des hypervidéos au sein du projet Advene passe par les notions de structure d'annotation, de vidéo annotée et de vue (Aubert et Prié, 2005, 2006). La figure 3.4 en présente les différents éléments.

Soit un document audiovisuel numérique disponible sous forme numérique. Son exploitation informatisée autre que la simple lecture, nécessite d'y ajouter des annotations temporellement situées dans le document, c'est-à-dire associées à des fragments spatio-temporels (*a minima* décrits par deux *timecodes*) qui en localisent la portée. Les annotations peuvent être en relations explicites. L'ensemble formé des annotations reliées aux fragments et des relations qu'elles ont entre elles constitue une *structure d'annotation* du document, et on appelle *document audiovisuel annoté* un document audiovisuel accompagné d'une structure d'annotation.

Le contenu des annotations peut comprendre tout type d'information : des informations textuelles libres, des informations structurées ou tout autre type d'information (sonore, graphique, *etc.*). Par exemple, un film possédant une organisation auto-référentielle (des indices mettant en correspondance des séquences à l'intérieur du film, comme la luge dans Citizen

30. Le projet Advene a d'abord été auto-financé, avant de trouver un financement plus pérenne à partir de 2007, principalement au travers des projets Cinelab et Cinecast, projets impliquant également l'Institut de Recherche et d'Innovation (IRI) du Centre Pompidou avec lequel nous avons une collaboration fructueuse.

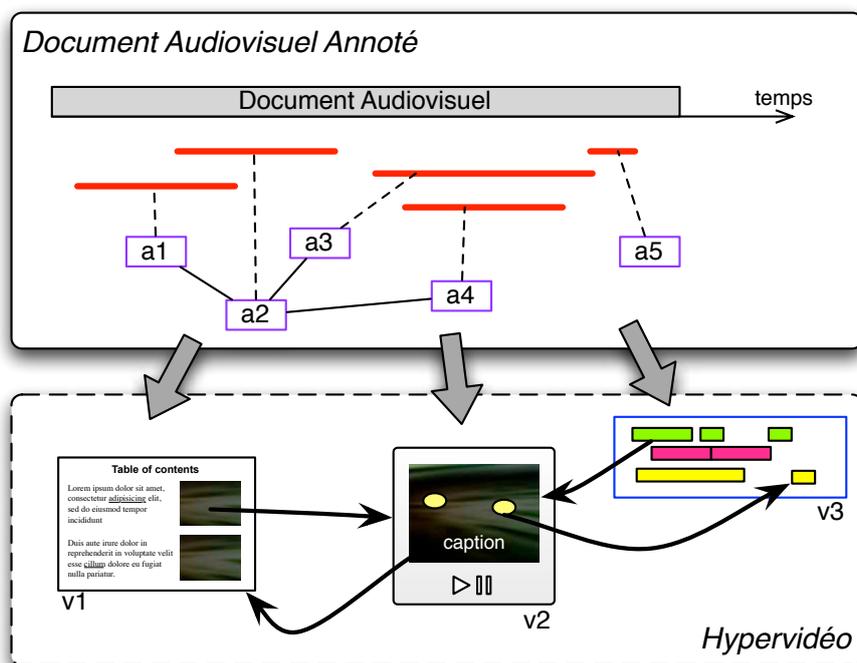


FIGURE 3.4 – Une hypervidéo est un ensemble de vues construites à partir d'un document audiovisuel annoté.

Kane) pourra se voir attacher une structure d'annotation où des annotations indiquant les indices seront attachées aux fragments correspondant aux séquences où apparaissent les indices, les liens entre indices correspondant aux relations entre annotations.

On appelle *vue d'un document audiovisuel annoté* toute « manière de voir » ou « façon de visualiser » un document audiovisuel annoté. Une vue sera construite à partir 1/ d'informations issues du document audiovisuel, 2/ de la structure d'annotation, et 3/ de ses informations propres de visualisation. Ces dernières informations se distribuent entre deux pôles : elles sont toujours *a minima* inscrites dans les codes des outils/programmes de rendu des vues, et peuvent également l'être dans des instructions déclaratives du type feuilles de style. Les définitions des vues peuvent donc prendre diverses formes.

Le rendu d'une vue peut consister en une table des matières construite à partir d'annotations, en un lecteur vidéo qui joue le flux simple, ou bien le flux enrichi par des sous-titres extraits d'annotations, en une mosaïque d'images, en un remontage vidéo utilisant les liens de la structure d'annotation, *etc.*

On appelle alors *hypervidéo* une vue ou un ensemble cohérent de vues articulées entre elles d'un document audiovisuel annoté qui d'une part utilise à la fois la structure d'annotation et le document audiovisuel, d'autre part donne accès au flux temporel issu du documents annoté (fragments). Cette définition des hypervidéos permet de traduire le caractère hypermédia d'une hypervidéo (exploitation de la structure d'annotation et des liens existants, ensemble de vues entre lesquelles on peut naviguer), ainsi que de garder le caractère temporel de l'expérience du flux en donnant accès au jeu de la vidéo, c'est-à-dire aux temporalités associées.

Dans l'exemple une simple vue textuelle énumérant des éléments présents dans un film

n'aura pas la qualité d'hypervidéo. Elle le deviendra si ces éléments permettent de lancer un lecteur vidéo sur les fragments considérés, c'est-à-dire si elle est hypertextuellement associée à un lecteur vidéo.

L'intérêt d'une telle définition des hypervidéos « basées annotations » est d'être indépendante du domaine applicatif et compatible avec les définitions précédentes (théoriques ou pratiques), et surtout de les étendre en mettant l'accent sur les annotations dans leur lien au rendu hypertextuel. L'explicitation du rôle des annotations dans la construction de l'hypervidéo est en effet une ouverture à l'exploration de différents types de rendus. En outre, cette définition se généralise sans difficulté à un nombre quelconque de documents audiovisuels sources annotés, la structure d'annotations pouvant mettre en relation des annotations correspondant à des documents différents, ce qui ouvre la voie à la navigation inter-filmique.

Le projet Advene vise à fournir une plateforme pour concevoir de telles hypervidéos. C'est un système intégré qui est un système d'information audiovisuel miniature, permettant l'annotation, la recherche et l'exploitation d'annotations et de fragments. Il met à disposition de l'utilisateur un certain nombre de vues standards (*ad hoc*), lui offrant également la possibilité de concevoir des vues personnelles statiques et dynamiques. Le système est souple dans ses schémas, permettant à l'utilisateur de définir ses propres modèles d'annotations qui, associés à ses annotations et à ses vues, forment un outil global hypervidéo de lecture active.

L'outil est prévu pour être utilisé par différents types d'utilisateurs ayant des niveaux d'expertise technique variés : de par le caractère ouvert de la plate-forme, les utilisateurs avancés (programmeurs) peuvent bien entendu effectuer des développements. Mais les outils de définition des vues permettent à des utilisateurs non-programmeurs de définir leurs propres modes de visualisation de données, en procédant notamment par imitation et adaptation de vues existantes (de manière analogue à ce qui a pu être constaté avec le développement du web et de HTML). Les utilisateurs-concepteurs novices peuvent réutiliser des vues standards, ou concevoir leurs propres vues en utilisant des assistants les guidant pas-à-pas. Enfin, le simple lecteur peut se contenter de visualiser les vues fournies.

De plus, nous avons initialement mis l'accent sur le partage des hypervidéos comme échange de fichiers contenant toutes les informations nécessaires à leur construction, à l'exception des informations vidéo, suivant un principe de non-altération du contenu source. Ce choix a été fait au vu des limitations légales très fortes associées à l'audiovisuel : l'idée était alors que chacun des acteurs (créateur de l'hypervidéo, simple lecteur) possède le film sous forme DVD ou fichier obtenu par ses propres moyens et puisse la reconstruire à partir des informations nécessaires. Advene signifiait officiellement à l'origine « *Annotate DVDs, Exchange on the NET* », avant de se généraliser à « *Annotate Digital Video, Exchange on the NET* ».

3.3.2.2 Modèle Advene

Le modèle Advene (Aubert et Prié, 2005, 2006) définit les objets de base de l'annotation audiovisuelle et de la construction hypervidéo, il est une sorte de méta-modélisation des inscriptions à partir desquelles le lecteur actif pourra construire ses outils et son interprétation. Il est constitué de trois éléments principaux (figure 3.7) : les *annotations* et leurs modèles appelés *schémas de description*, les *vues*, les *requêtes* (qui permettent de sélectionner diverses annotations de manière dynamique). L'ensemble de ces éléments est regroupé en *recueils* pouvant être facilement distribués.

Le modèle de données (figure 3.5) fournit un conteneur pour les différents éléments néces-

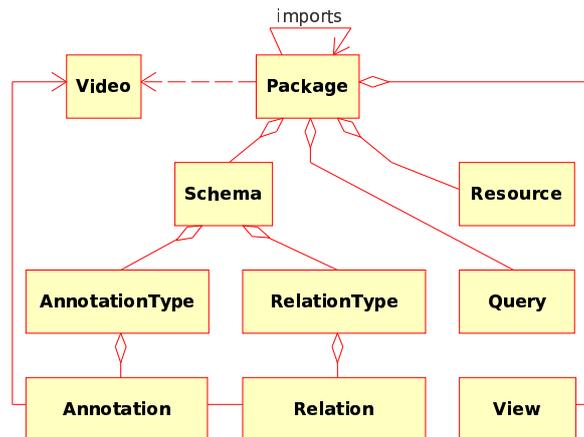


FIGURE 3.5 – Principales classes du modèle Advene v1

saires à la constitution d'une hypervidéo à partir d'annotations. C'est une couche de données générique permettant de stocker, rechercher et visualiser des données associées à des documents temporels, qui ne contraint pas le type d'information des annotations ou des vues, mais la manière d'y accéder et de les exploiter.

L'élément de base du modèle est l'*annotation*, qui est constituée d'un contenu composé d'informations associées à un fragment audiovisuel. Les annotations peuvent être liées entre elles à l'aide de *relations n-aires*, qui peuvent également avoir un contenu.

Les annotations et les relations sont typées à l'aide de *types de relations* et de *types d'annotations*. Un type d'annotation a un nom et définit un type de contenu pour les annotations associées, sous la forme de type MIME (texte simple : `text/plain`, XML : `text/xml`, PDF : `application/pdf`, audio : `audio/wav`, etc.). Si le type est `text/xml`, il peut être plus précisément contraint par une description de sa structure (DTD, XML Schema). Un type de relation possède également un nom et un type de contenu, il spécifie de plus le nombre d'annotations participant à la relation et leurs types respectifs.

Les types d'annotations et de relations sont des éléments de description du document audiovisuel associés à un certain type d'analyse de celui-ci. Les *schémas de description* permettent de les regrouper en ensembles cohérents. Un schéma est donc un modèle explicite représentant un certain point de vue sur le document et sur la structure de description qu'il convient d'en produire, qui pourra éventuellement être réutilisé sur un autre document.

Considérons l'exemple suivant (cf. figure 3.6), qui vise à donner une structure à une vidéo prise lors d'une conférence. On pourra utiliser le schéma *Summary* qui définit les types d'annotation *TalkDescription*, *PartOfSpeech* et *AudioComment*, ainsi que le type de relations *NextPart* pour lier une annotation *PartOfSpeech* à la suivante. *TalkDescription* définit un type d'annotation structuré qui contiendra les informations sur la conférence : *Name of the event*, *Date*, *Place* et *Speaker name*. Le type *PartOfSpeech* ne contient que le *title* de la partie considérée. Un type *AudioComment* permet quant à lui d'annoter avec un commentaire audio (type de contenu `audio/mp3`).

Le modèle Advene permet de construire de façon naturelle des multi-structures, chacune d'entre elles étant décrite par un schéma, qui ne la limite pas à une arborescence. L'utilisateur est libre de définir autant de schémas que nécessaires à la construction de son analyse.

Afin de définir des hypervidéos, les utilisateurs doivent pouvoir définir leur propres moyens

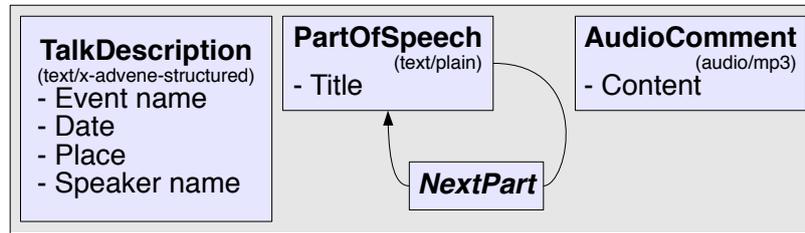


FIGURE 3.6 – Un exemple du schéma de description *Summary*, avec trois types d'annotation et un type de relation.

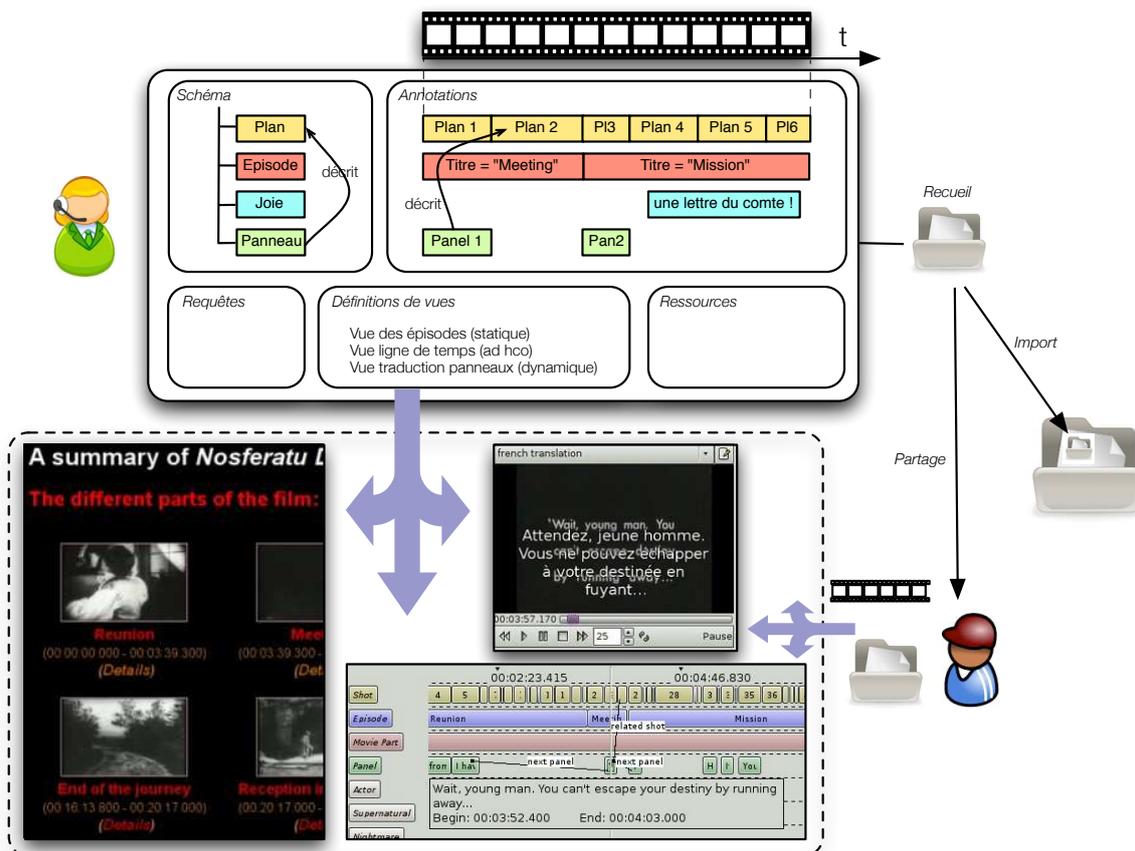


FIGURE 3.7 – Annotations, schémas, vues, requêtes et ressources font partie des recueils qui peuvent être échangés.

de visualisation. Une *vue* est une manière de visualiser des éléments issus de la structure d'annotation et du document audiovisuel. Le modèle lui-même ne définit pas de vues spécifiques, mais le prototype offre tout à la fois des vues d'interfaces standards (appelées « vues *ad hoc* ») qui permettent la manipulation des annotations, et la possibilité de définir des vues personnelles statiques et dynamiques (section suivante).

Un des objectifs de la définition de vues se basant directement sur des annotations, c'est-à-dire qui embarquent des annotations comme modèle de données interne, est de permettre que celles-ci soient accessibles y compris aux utilisateurs finaux des hypervidéos, afin de pouvoir le cas échéant revenir aux fragments originaux et à leur description. Les vues ne sont donc pas simplement un mode de présentation d'une hypervidéo (comme le serait une description SMILE ou un programme Flash), mais peuvent également donner accès aux métadonnées qui ont permis de la construire. Il s'agit encore une fois de pouvoir si nécessaire donner aux utilisateurs un accès à la lecture et à l'interprétation originale du document.

Le modèle Advene possède également la notion de *requête* qui permet de rechercher n'importe quel élément du modèle suivant des critères variés. Un langage de requête n'est pas directement spécifié dans le modèle, mais toute implémentation doit bien entendu en définir un. La notion de *ressource* permet d'accompagner les éléments du modèle de fichiers quelconques utiles aux annotations ou à la construction d'hypervidéos (feuilles de style, images, fichier pdf, *etc.*).

Les différents éléments du modèle forment un ensemble cohérent schéma + annotations + vues + requêtes et permettent de construire des hypervidéos. Ils sont alors regroupés au sein de *recueils* (*packages*) qui représentent les unités échangeables entre utilisateurs (figure 3.7). Un recueil Advene accompagné de la vidéo associée permet de construire une ou plusieurs hypervidéos liées à l'analyse du document audiovisuel et donne accès aux annotations, permettant le cas échéant de poursuivre l'analyse. Un utilisateur peut alors simplement modifier un recueil suivant ses besoins, ou bien *importer* un recueil existant dans son propre recueil (par exemple, importer un certain type d'annotation et les annotations associées comme point de départ de sa propre analyse).

Au bilan, le modèle Advene est un modèle simple et générique destiné à soutenir l'émergence d'usages liés aux hypervidéos construites à partir d'annotations. Il permet la structuration progressive des annotations en construisant au besoin les types et les schémas associés, offrant notamment la possibilité de mettre les annotations en relation³¹. Il est orienté sur la construction de présentations interactives par la définition de vues et permet le partage des informations sous la forme de recueils. La possibilité de définir des types de contenus quelconques permet d'embarquer des logiques métier variées, et de s'insérer dans l'écosystème des métadonnées audiovisuelles, notamment en offrant une interopérabilité aisée avec d'autres outils sous la forme d'imports/exports (import de résultats issus de traitements automatiques ou d'outils de transcription, export vers des outils permettant d'autres modes de visualisation, *etc.*)

31. Ce que très peu de modèles permettent, y compris à l'heure actuelle, alors que des telles relations sont pourtant indispensables pour faire de l'analyse inter-films.

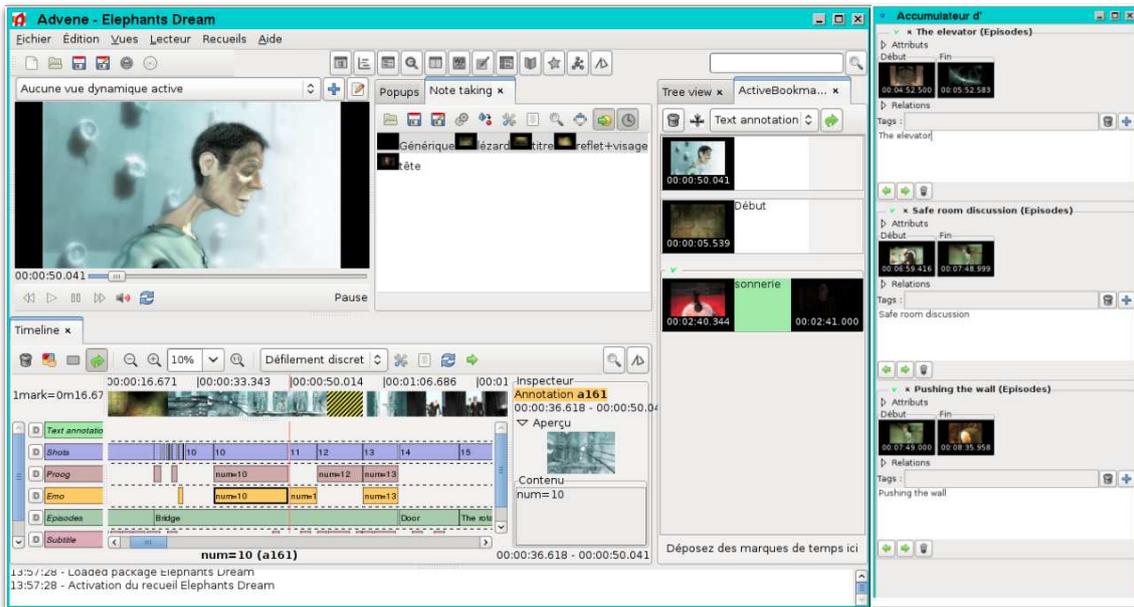


FIGURE 3.8 – L’outil Advene (version 0.30, 2008) dans une configuration de démonstration de plusieurs modalités d’annotation avec un lecteur vidéo, en dessous une ligne de temps, à droite respectivement une interface de prise de note, de prise de signet de manipulation de ceux-ci, et un accumulateur d’annotations qui permet d’éditer plusieurs annotations à la fois.

3.3.2.3 L’outil Advene et ses vues

L’outil Advene³² implémente les différents principes associés au modèle Advene et à notre approche générale de lecture active audiovisuelle. Il permet de construire une structure d’annotations et les schémas associés, fournit des modes d’accès variés aux annotations et aux flux, et offre des moyens de construire des vues adaptées à l’analyse en cours. Les recueils Advene permettent l’échange de l’ensemble des données entre les utilisateurs sous la forme de recueils qui peuvent circuler indépendamment des vidéos. L’outil Advene est donc également un lecteur d’hypervidéo. Il est par ailleurs intégralement tracé et offre à l’utilisateur quelques interfaces mobilisant ces traces (cf. section 4.3.3.2).

Advene a de nombreuses fonctionnalités, et nous ne pouvons toutes les décrire ici. Nous présentons rapidement l’interface et quelques composants associés, que l’on qualifie de vues *ad hoc*³³ au sens où ces vues (qui participent à l’hypervidéo) sont largement spécifiées dans le code de l’outil et ne peuvent qu’être paramétrées par l’utilisateur. Nous présentons ensuite les vues statiques et dynamiques, qui sont des vues entièrement définissables par l’utilisateur.

Présentation générale. L’outil Advene fournit différents éléments d’interfaces et vues *ad hoc* permettant de naviguer dans les recueils et les annotations, ou bien d’annoter : ligne(s) de temps riche présentant les annotations, interface d’accès arborescente ou en colonnes au contenu du recueil, vues en tableau ou en transcription des annotations, outil de requêtage, outils d’import et d’export d’annotations, etc. L’annotation peut se faire de multiples ma-

32. Logiciel libre GNU GPL V2 et ultérieures, développé principalement en Python, multiplateforme, disponible à <http://liris.cnrs.fr/Advene/download.html>, la version actuelle est 0.46.

33. Au sens « codées de façon *ad hoc* ».

nières : au clavier en regardant la vidéo, dans une ligne de temps, avec un outil de prise de notes informelles temporalisées, un outil de gestion de signets, *etc.* L'utilisateur peut paramétrer les vues en fonction de ses préférences (par exemple afficher tel ou tel type d'annotation dans la ligne de temps, choisir les annotations qui seront utilisées dans la vue transcription et leur séparateur, *etc.*), il peut également organiser les vues à volonté dans l'espace de travail et sauvegarder celui-ci. La figure 3.8 présente une certaine organisation de l'environnement de travail et un certain nombre des éléments d'interface qui y sont disponibles. La version courante d'Advene contient d'autre part un certain nombre d'algorithmes de traitement de signal qui permettent une pré-annotation (détection de plans, détection de visages notamment).

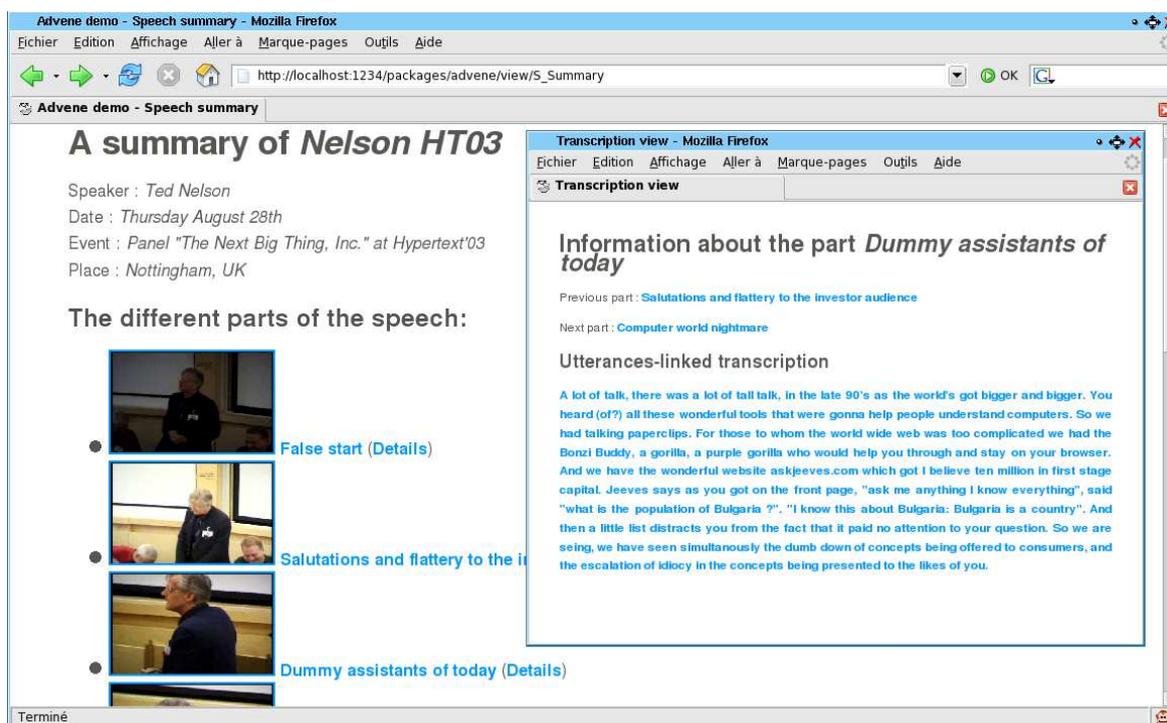


FIGURE 3.9 – Deux rendus de vues statiques produits par Advene 0.17 (2005).

Vues statiques. Les vues statiques sont appelées ainsi car elles ont une forme documentaire « textuelle » classique, c'est pourquoi nous les avons également appelées *User-Time Based Visualisations* (UTBV) au sens où l'utilisateur peut les explorer à son rythme, au contraire des vues dynamiques, également appelées *Stream-Time Based Visualisations* (STBV) pour lesquelles c'est la temporalité du flux qui pilote l'appréhension.

Les vues statiques sont des documents XHTML qui articulent éléments textuels *ad hoc* ou issus d'annotations, des images externes ou issues du flux vidéo et des liens hypertextuels vers d'autres vues Advene ou vers le web. La présentation se fait dans un navigateur web standard, qui se connecte au serveur web interne de l'application Advene.

La création de vues statiques repose sur un mécanisme de *templates* suffisamment simple pour que l'utilisateur puisse créer ses propres modèles de présentation. L'implémentation actuelle d'Advene utilise *Zope Page Templates* (ZPT), issus de la technologie Zope³⁴ de serveur d'application web. Un patron utilise le langage de template TAL (*Template Attribute Language*) est associé à une syntaxe d'expression de chemins d'accès aux données appelée

34. <http://www.zope.org/>

TALES (*Template Attribute Language Expression Syntax*).

Une illustration courte est proposée ci-dessous qui génère une liste d'éléments de table des matières avec des miniatures d'illustration associées extraites du flux. Cet exemple utilise trois des sept instructions de traitement de TAL : une boucle (`tal:repeat`), un remplacement d'attribut (`tal:attributes`) et un remplacement de contenu (`tal:content`). La boucle tourne sur toutes les annotations de type *PartOfSpeech* (obtenues à partir d'une expression TALEs) et génère pour chacune un lien (élément `a`) qui permet de jouer le flux au moment considéré, dont l'ancre est constituée d'une image et du texte contenu dans l'annotation. Le patron de génération de la vue est du XML valide qui peut être édité à l'aide de n'importe quel éditeur. Les vues statiques implémentées dans Advene sont relativement simples à construire, elles peuvent notamment être imitées, copiées et adaptées à ses propres besoins. L'ensemble des filtres d'exportation de Advene sont écrits sous la forme de vues statiques.

```
<ul><li tal:repeat="a here/annotationTypes/PartOfSpeech/annotations">
  <a tal:attributes="href a/player_url">
    <img alt="" tal:attributes="src a/snapshot_url" />
    <strong tal:content="a/content/data">Name</strong></a>
  </li></ul>
```

Le rendu de la vue, illustré figure 3.9 (à gauche) se fait dans un navigateur web, par application du patron sur la base d'annotation disponible : on obtient une séquence de noms de parties du discours, avec leur titre et une illustration visuelle qui permet de lancer le flux au moment adéquat. L'exemple présenté est en fait plus complet que le petit exemple décrit puisqu'on a ajouté un lien vers une autre vue statique « Details », qui appliquée à une annotation *PartOfSpeech* permettra de générer une transcription cliquable de la partie de discours considérée (à droite).

Vues dynamiques. Le principe général des vues dynamiques est de proposer une visualisation enrichie du flux (donc à la temporalité native imposée par celle du flux), associée à des possibilités d'interaction pour l'utilisateur (au-delà du simple contrôle du jeu déjà assuré par l'interface graphique du lecteur vidéo).

Notre approche pour décrire des vues dynamiques est une approche basée événements, suivant le paradigme *Event-Condition-Action* (ECA). L'idée est qu'un tel paradigme est plus facile à comprendre qu'un paradigme orienté programmation, et que les utilisateurs non informaticiens peuvent l'appréhender puisqu'on le trouvera notamment dans les règles de filtrage ou de classement des outils standards de courrier électronique. L'objectif n'est pas non plus de concevoir un langage complet de programmation multimédia, mais d'offrir la possibilité qu'un utilisateur atteigne facilement les objectifs de rendu les plus simples. Il est cependant relativement flexible et permet d'atteindre un certain niveau de raffinement.

Une vue dynamique est définie comme un ensemble de règles. Chaque règle est activée par l'occurrence d'un *événement* généré par l'application, notamment lié à l'« activation » d'une annotation (le fait que le temps du lecteur corresponde au temps de début d'une annotation) ou bien à l'état du lecteur (pause, play, etc.). Quand une règle est activée, elle vérifie que ses *conditions* sont respectées et, si c'est le cas, exécute la ou les *actions* associées. Le lecteur vidéo d'Advene implémente un certain nombre d'actions standards ou plus évoluées liées à l'enrichissement du flux, par exemple la possibilité d'aller à un certain endroit, de stopper la lecture ou de baisser le son ; d'ajouter un sous-titre, de présenter une forme simple ou un

dessin SVG sur l'image, de jouer un son ; ou encore d'afficher un message à l'utilisateur, de lui proposer des options de navigation, d'activer une autre vue dynamique ou d'ouvrir une vue statique, *etc.* L'infrastructure d'Advene permet d'ajouter de nouvelles actions facilement, ce que nous avons eu l'occasion de faire à plusieurs reprises en fonction des besoins (par exemple pour commander une plage braille, ou bien pour proposer une navigation suivant un type particulier de relation).

Si nous reprenons notre exemple, une vue dynamique permettra de générer une interface de navigation dans les parties du discours, à partir des annotations *PartOfSpeech* mises en relation avec *NextPart*. La figure 3.10 présente l'IHM permettant de définir les règles associées à cette vue, notamment la règle principale : *QUAND une annotation commence, SI elle est de type PartOfSpeech, ALORS afficher une popup à deux liens permettant de naviguer vers la partie précédente (source de la relation dont l'annotation courante est cible) et vers la partie suivante (cible de la relation dont l'annotation courante est source)*. La copie d'écran figure 3.11 présente le résultat de l'application de cette vue : la fenêtre de navigation en bas à gauche propose de naviguer à la séquence suivante ou à la précédente, le titre de la séquence est présenté sur la vidéo.

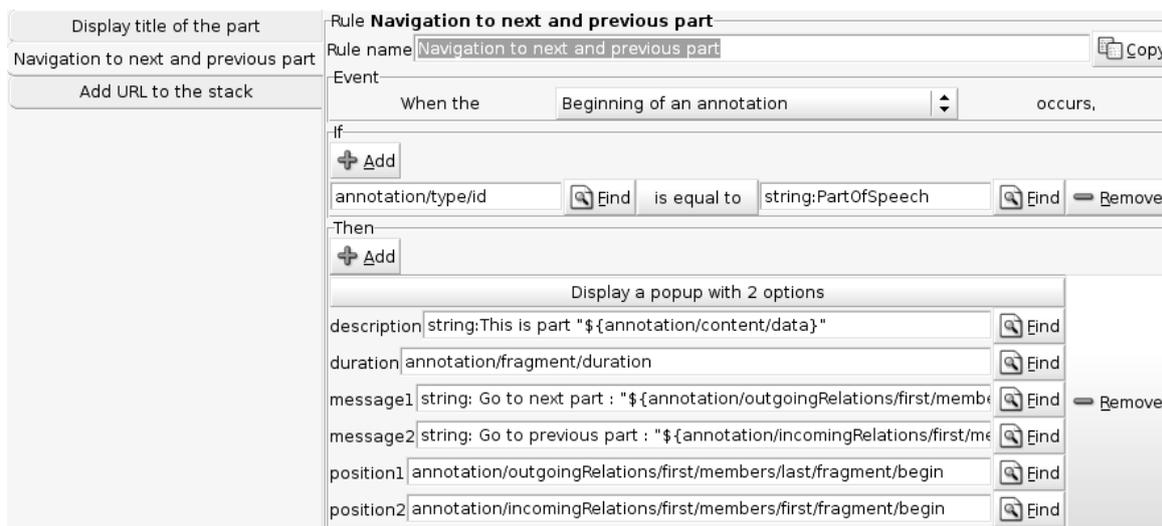


FIGURE 3.10 – Une des trois règles de la vue dynamique associée aux parties de discours annotées (Advene 0.17, 2005).

Les vues dynamiques permettent donc de construire facilement des modes d'interaction et d'enrichissement de la vidéo. La gestion des règles est souple, permettant à l'utilisateur de mettre en place des règles incohérentes, que le logiciel essaie de gérer au mieux. Comme pour les vues statiques, des utilisateurs avancés peuvent créer leurs propres règles, tandis que d'autres peuvent les réutiliser directement ou les adapter.

3.3.3 Processus de lecture active et circulations

Le projet Advene a été l'occasion de faire quelques propositions de modélisation de l'activité de lecture active audiovisuelle.

Processus et outil. Nous avons notamment présenté dans (Aubert et collab., 2008) (voir également (Richard, 2010)) une grille d'analyse de la lecture active audiovisuelle avec Advene

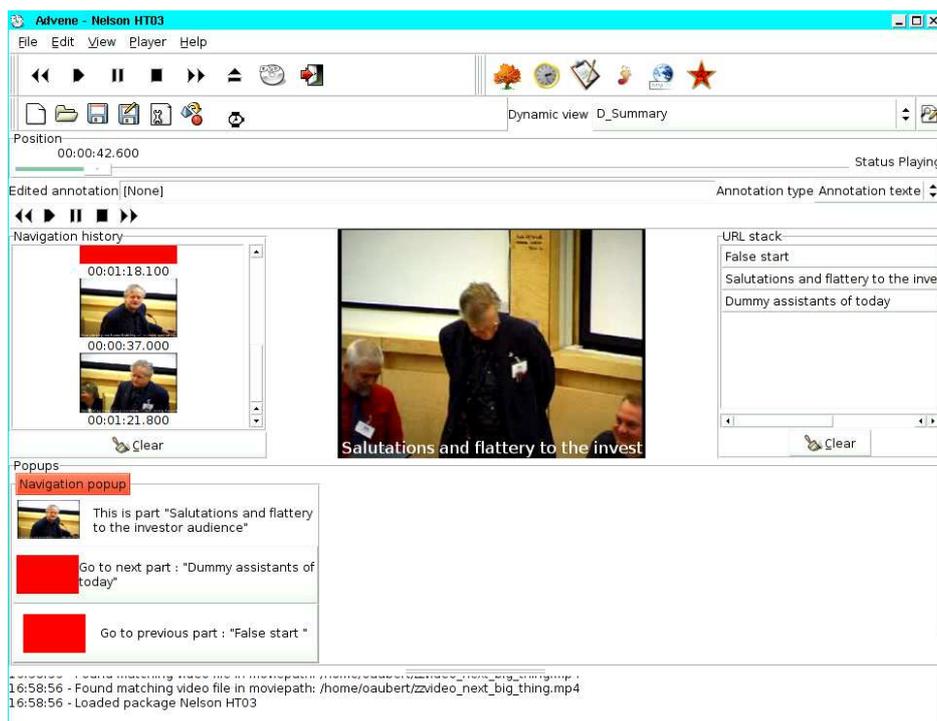


FIGURE 3.11 – Rendu d’une vue dynamique précédente (Advene 0.17, 2005) : popup de navigation en dessous de la vidéo, sous-titrage de la partie de discours, construction progressive d’un plan du discours à droite.

en termes de « processus canoniques de production multimédia », en considérant³⁵ que la lecture active impliquait globalement cinq types d’actions autour des inscriptions :

- *Annoter* est le geste initial qui consiste à spécifier des fragments signifiants et à leur donner une signification (un contenu).
- *(Re-)structurer* les annotations consiste à les organiser en structure : les mettre en relation, les modifier dans leur position temporelle ou leur contenu, les supprimer.
- *Classifier* les annotations vise à les associer à des catégories abstraites (types), et à organiser les catégories entre elles, ce qui correspond à un travail sur le modèle, afin de faciliter l’exploitation future.
- *Présenter* les annotations consiste à les mobiliser au sein de vues variées, à les intégrer dans un réseau au sein d’une hypervidéo outil d’analyse, dont certaines parties pourront être publiées, lorsqu’elles seront considérées comme suffisamment stables.
- *Naviguer* consiste à naviguer au sein de l’hypervidéo pour atteindre des inscriptions déjà mises en place ou bien le document audiovisuel ; il s’agit de revisiter le document annoté, d’un feuilletage ou d’une exploration systématique de l’hypervidéo qui a de multiples fonctions : inspiration, vérification, retour à un point d’arrêt, *etc.* permettant notamment de reprendre les autres actions.

L’annotation permet une première structuration du document en mettant en évidence ses parties importantes au regard de l’analyse en cours, elle construit un premier outil d’accès différencié au flux, qui va soutenir l’analyse. De la même manière, classification et réorganisation visent à structurer les annotations et leurs modèles associés en construisant explicitement des modes d’accès futurs. Par exemple, créer un certain attribut, ou bien un nouveau type

35. Ce travail résulte notamment d’interviews avec des utilisateurs critiques ou enseignants, mais ne saurait être considérée comme une étude ethnographique complète.

induisent des changements dans l'interface et de nouvelles possibilités de recherche et de navigation qui correspondent à une modification de l'outil de lecture active. La construction de vue est encore la construction d'un outil adapté à la pratique en cours (paragraphe suivant). Au final, l'activité de lecture active pourrait sans doute être résumée en deux actions : *modifier son outil de navigation* (l'hypervidéo) et *naviguer*.

Circulations d'inscriptions comme transformations. Une partie du travail de thèse de Bertrand Richard (Richard et collab., 2008 ; Richard, 2010) — dont la thématique générale était celle de l'assistance à la lecture active — a consisté à détailler la formalisation des inscriptions associées (annotations, schémas, types, vues, etc.), et à étudier systématiquement les « circulations » possibles entre ces inscriptions (cf. section 3.2.2.2) au cours du processus de lecture active. L'idée derrière une telle étude est de vérifier lesquelles de ces circulations sont utiles, possibles à mener avec l'outil, et de déterminer dans quelle mesure il est possible de fournir des raccourcis permettant de les opérer.

Une transformation est définie comme s'appliquant à différents éléments du modèle tels que les attributs, annotations, relations, types, schémas, vues ou n'importe quel sous-ensemble. Une transformation est une opération qui s'applique à un ou plusieurs éléments pour les modifier et qui peut avoir des répercussions sur d'autres éléments : en particulier, toute transformation d'un élément abstrait (d'un schéma) aura des répercussions sur les éléments instances associés. Quatre types de transformations ont été mis en évidence :

- transformations internes à un élément, par exemple modifier une annotation en changeant son fragment ou son type ;
- transformations entre éléments instanciés, par exemple transformation d'une annotation en relation ;
- transformations entre éléments abstraits, par exemple transformation d'un type de relation en type d'annotation ;
- transformation mixtes, par exemple transformation d'un attribut d'annotation en type d'annotation.

Certaines transformations sont basiques, comme celle qui consiste à changer le type d'une annotation, en choisissant l'annotation à modifier et le nouveau type, et en spécifiant les nouvelles valeurs des attributs si les modèles ne correspondent pas, ce qui produira une nouvelle annotation. On pourra par exemple transformer une annotation de type *Personnage* en annotation de type *Présentateur météo* si on considère qu'une telle description est plus précise, se donnant alors la possibilité de regrouper les présentateurs, d'en extraire des photos, d'en faire un remontage, de compter leurs apparitions, etc.

D'autres transformations sont plus complexes, par exemple celle qui consiste à transformer une annotation en relation entre deux autres annotations. Il faut alors choisir l'annotation à modifier, les deux annotations à mettre en relation (ou bien le type des deux annotations à créer), et enfin le type de la nouvelle relation. Une telle transformation produira une nouvelle relation ou deux annotations et une nouvelle relation. Comme illustration, supposons qu'un lecteur actif ait annoté un film avec des *Séquences importantes*, ainsi que des apparitions de *Personnage* et qu'il réalise qu'une telle modélisation ne lui permet pas de savoir aisément quels personnages sont impliqués dans la scène, notamment par exemple dans le cas d'une scène de meurtre. Alors il peut être intéressant de transformer la *Séquence importante* pour créer la relation *Meurtre* entre les deux *Personnages*.

Quarante-sept transformations ont été identifiées au total par Bertrand Richard (2010), dont certaines sont implémentées comme commandes directes dans Advène. Ces transformations correspondent à des transformations fréquemment réalisées par des lecteurs actifs, avec

plus ou moins de difficulté, souvent pour réorganiser la manière dont la structure d'annotation est décrite. On retrouve là la difficulté de la modélisation des inscriptions en classes, instances et propriétés bien connue en ingénierie des connaissances, qui dans notre cas peut être prise en charge du fait de la souplesse du modèle général, laquelle permet une adaptation aisée à la tâche en cours.

Pratiques et partages. Advene permet de construire ses propres outils de lecture active et de développer des pratiques correspondant à ses besoins de lecture active, en inventant des modes d'interactions avec le flux annoté sous la forme de vues idiosyncrasiques. Nous avons développé dans (Champin et Prié, 2007) l'idée qu'une sémantique du document audiovisuel étudié résidait tout à la fois dans les annotations, dans les schémas qui les décrivent mais également dans les vues qui les utilisent. Une sémantique « pratique » en quelque sorte, non totalement explicite ou formelle, mais qui correspond à une pratique concrète. Par exemple, soit un schéma *Décomposition* qui décrit des types d'annotation *Plan* et *Séquence* et un type de relation *RésuméSeqSuivant* et que nous avons défini trois vues, la première *Résumé des séquences*, la deuxième *Lecteur de plan et de séquence* et la troisième comme *Liste de mes 10 plans préférés*. Alors nous avons défini une sémantique pratique du film, qui réside dans les schémas de description associés aux trois vues et dans les annotations et relations mises en place sur le film. Une telle pratique réifiée dans les inscriptions peut être partagée comme telle et expérimentée par le lecteur de l'hypervidéo.

Ce qui est intéressant, c'est que si on enlève la troisième vue, alors on peut considérer que le schéma et les deux vues restantes décrivent une sémantique plus abstraite correspondant à la pratique particulière de lecture d'un film quelconque associée à sa décomposition en plans et en séquences. Cette pratique peut également être partagée, les inscriptions de schémas et de présentations pouvant être réutilisées par exemple sur un autre film. On rejoint là le discours plus général que nous avons tenu en ce qui concerne le partage et l'émergence des pratiques de lecture active (cf. section 3.2.2), appliqué au modèle et à l'outil Advene.

3.3.4 Différentes applications

Nous évoquons rapidement dans cette section quelques-uns des travaux concrets d'ingénierie documentaire autour des hypervidéos qui ont été menés avec Advene au cours des différentes phases du projet, en décrivant un peu plus en détails nos travaux dans le projet ACAV.

3.3.4.1 Hypervidéos et pratiques de lecture active

Critique filmique. Quelques analyses détaillées de films ont pu avoir lieu, qui ont permis de mettre en place quelques schémas de base de l'analyse filmique, et des modes de présentation (vues) associés. Par exemple *Nosferatu* (Murnau, 1922) comme exemple tutorial Advene, ou *Epidemic* (Lars Von Trier, 1987) au cours d'une analyse commune avec un stylisticien (Prié et Yokaris, 2007). D'autres travaux ont eu lieu avec le groupe CERISE d'enseignants du CRDP de Lyon autour de l'éducation à l'image, qui ont permis de détailler les pratiques de préparation de dossiers pédagogiques autour des films étudiés en collège et lycée, certains utilisant Advene à titre expérimental (ce qui nous a permis notamment de constater que la construction de vues dynamiques était possible y compris pour de relatifs béotiens en informatique). Le projet ANR Cinelab a donné un cadre permettant notamment de travailler avec des critiques filmiques participant aux Atelier de l'IRI, de formaliser plus précisément la

pratique critique et de proposer des schémas de descriptions et des vues adaptées. Le projet Cinecast vise à pousser plus loin le partage de vues et de schémas dans un cadre collaboratif.

Analyse. Notre participation au projet *IncorporActions* piloté par Lorenza Mondada a été l'occasion de travailler avec des spécialistes de l'analyse interactionnelle, dont la pratique de lecture active est essentiellement orientée transcription et qui utilisent intensivement les logiciels dédiés tels que *Elan* ou *Anvil*. Nous avons pu étudier en détails les pratiques de lecture active de ces chercheurs, mais le cadre du projet n'a pas permis de véritablement faire passer les outils d'une orientation sur la transcription (c'est-à-dire le texte) à une orientation sur les annotations, où la transcription textuelle ne représenterait qu'une des vues possibles sur les annotations.

Le logiciel Advene a été utilisé au Danemark dans le cadre du projet *Actors & Avatars* à la *Roskilde Universitet* (RUC), dans le cadre de l'analyse de *videoviews* qui sont des captures d'utilisateurs au sein de mondes virtuels. La pratique d'analyse est alors inscrite dans les schémas et les vues, et commence par une transcription, puis le découpage en annotations, la catégorisation des annotations suivant plusieurs types correspondant aux catégories analytiques, l'ajout de tags aux annotations, le tout visualisé de façon croisée à l'aide de plusieurs vues statiques plus ou moins résumées (Jensen, 2006)³⁶.

Advene est également actuellement utilisé dans le cadre d'une thèse en muséographie, pour la lecture active de vidéos d'autoconfrontation dans le cadre d'une analyse de type cours d'action (Theureau, 2004a, 2006), dans laquelle il s'agit de trouver différents signes hexadiques. Advene permet d'annoter la vidéo en transcrivant les paroles, puis de mettre en place les signes hexadiques en liant ses différentes composantes aux éléments de transcription qui ont permis de les mettre en évidence. Le schéma utilisé contient donc sept types d'annotation (*Verbalisation* plus les six types correspondant aux composantes du signe : *Representamen*, *Préoccupation*, etc.) et chaque signe est un type de relation qui permet de lier toute annotation à toute autre, dont les instances seront différentes marques de sa construction par l'analyse. Une vue de résumé (figure 3.12) permet d'accéder aux informations³⁷.

De façon plus anecdotique, qui illustre d'ailleurs une des difficultés de diffuser un logiciel librement quand on veut en connaître l'usage, nous avons pu constater que Advene était utilisé dans le cadre d'annotations de vidéos prises dans une maison de santé « intelligente » (Fleury et collab., 2010). Par ailleurs, les laboratoires TEXMEX de l'IRISA et LIST du CEA utilisent Advene pour visualiser et vérifier les résultats de traitements automatiques.

3.3.4.2 Lecture active pour l'accessibilité audiovisuelle

Le projet ACAV (Annotation Collaborative pour l'Accessibilité Vidéo³⁸) vise à étudier la manière dont il est possible d'améliorer l'accessibilité des vidéos à base d'annotations pour les publics handicapés.

L'idée principale consiste à enrichir les vidéos à base d'annotations pour les déficients sensoriels, en utilisant des enrichissements visuels pour les déficients auditifs, et des enrichissements auditifs et tactiles pour des déficients visuels (Champin et collab., 2010). Le *workflow*

36. Voir aussi http://rucforsk.ruc.dk/site/files/4335907/Seminar_Olivier_2.pdf pour des exemples d'utilisation.

37. On trouvera un exemple de ces vues statiques agrémentées d'un lecteur vidéo HTML5 accessible à partir du site <http://www.museographie.fr/>.

38. Projet Web innovant 2009-2011 qui regroupe Dailymotion, le LIRIS et EURECOM, blog disponible à <http://blog.dailymotion.com/acav/>.

Cours d'expérience, Annie, Musée de l'Oeuvre Notre Dame, Strasbourg, juillet 2010

[Retour aux cours d'expérience des visiteurs](#)

| [Signe hexadique n°1](#) | [Signe hexadique n°2](#) | [Signe hexadique n°3](#) | [Signe hexadique n°4](#) | [Signe hexadique n°5](#) |

V: donc là ++ j'arrive et ben là justement je regarde un petit peu la cour dans laquelle je suis à ce moment là + et euh voilà ben là ++ Je suis dans dans cet euh ben là justement assis je me dis tiens ça s'appelle un chien assis comme les comme je regarde un petit peu où je suis + je vois bien qu'il y a des choses j'ai autour de moi + j'suis + voilà partout + euh je remarque que pièce donc + je trouve j'me dis comme ça que justement le côté euh ne regarde pas dans les détails je m'intéresse quand même à 2-3 c'est ce que je suis en train de faire là je suis en train de lire l'histoire très bien d'Europe peut-être bien et + voilà + euh ++ mes sensat

C: arrêtons nous 2 secondes là sur le sas ++ t-tu as quand même <V: les chiens> c'est un peu ce qui arrête ton regard + et les mai

V: ouais

C: donc euh et c'est quoi les attentes tu te souviens des attentes cherches

V: oui euh ce que je cherche surtout alors moi parce que parce que parce que pour moi un musée c'est pas du tout évident j'ai besoin d'être accompagnée + enfin d'être accompagnée pas forcément par quelqu'un c'est pas ça que je veux dire mais accompagnée dans + ben + je parlais du sas d'entrée avant c'est le besoin de rentrer dans une histoire voilà dans une histoire que l'on va me proposer + là a fortiori d-des statues euh je ne suis pas quelqu'un qui ai des grandes notions d'histoire pour des raisons diverses et variées et euh encore moins et encore moins de tout ce qui est notre histoire religieuse avec tout ce que ça veut dire donc moi je vais être intéressée par les pierres les formes les visages ++ notamment de ces chiens et par ce que je vais ressentir autour + voilà donc moi j'ai besoin

C: ton ressenti c'est quoi dans ce sas

V: moi + mon ressenti il est il est pas négatif parce que je trouve qu'il y a des choses didactiques qui sont intéressantes + euh + voilà + je + l-le côté sombre de la pièce est intéressant parce que j'ai quand même l'impression voilà de cet espace de sas d'entrée + d'être en contact avec ces chiens + c'est pas du tout désagréable + c'est pas désagréable

C: donc sur une échelle -3 +3 + confort inconfort

V: -3 +3 je mettrai +1 entre +1 et +2 <d'accord> voilà ++ voilà + je continue <ouais ouais> après je vais quand même regarder en haut ++ ce que j'ai et lire l'homme imberbe j'ai cherché l'homme imberbe il est tout là-haut en fait voilà je lis je crois ah non ça y est je rentre + donc voilà j'ai encore regardé en haut j'ai l'impression de regardé encore un peu plus en haut mais + je le vois pas là et je rentre là dans cette pièce + et là euh là c'est tout de suite plus difficile + alors je peux aller en arrière + juste quand je rentre ++ oh un tout petit peu sinon c'est pas la peine j-je sais ce que je veux dire ++ voilà donc je vais rentrer voilà je regarde un petit peu en haut et puis euh je vais rentrer voilà ben ça fait rien c'est pas ce que je veux + c-ce qui m'interelle et m'adresse tout de suite c'est ce que j'ai au fond +

Signe hexadique n°1

Représentation R

- La cour, les chiens, les plans, les textes, la maquette
- Un tiers : une voix, un texte, des images (mnémotechnique)
- "Les pierres, les formes, les visages [...]" et par ce que je vais ressentir autour"
- Des cartels didactiques qui "disent" des choses intéressantes

Engagement E

- Regarder au sens de repérer, précisé en 00:35
- Explorer l'espace
- Lire l'histoire de la tour / Comprendre la maquette c'est lire l'histoire.
- S'engager avec un tiers qui nous guide dans une histoire
- Repérer des chose "didactiques" qui sont "intéressantes"

Anticipation A

- Attentes liées à être accompagnée, pour "rentrer dans une histoire"
- Attentes liées à ressentir une émotion, à être émue

Référentiel S

- Le chien s'appelle un chien-assis comme les fenêtres (architecture)
- Un musée n'est pas du tout évident à comprendre
- Un musée propose une histoire
- Ne pas avoir beaucoup de références en histoire et en religion (Annie dit)
- Des choses didactiques peuvent être intéressantes

Cours d'expérience CE

- Glisser-repérer, chercher une prise pour s'engager dans une histoire

Interprétant I

- Renforcement de la validité de la connaissance : le repérage est une stratégie pour entrer dans une histoire.

FIGURE 3.12 – Un signe hexadique et ses composantes, lié à la transcription de la vidéo d'autoconfrontation.

général autour de la plateforme de vidéo Dailymotion est le suivant (figure 3.13) : les contributeurs déposent des vidéos ; les demandeurs/votants peuvent demander que l'accessibilité d'une vidéo soit mise en place et voter pour la faire monter en tête des demandes ; les annotateurs décrivent les vidéos et réutilisent ou préparent les modèles de présentation qui peuvent être mis en place par des auteurs spécifiques ; enfin les déficients sensoriels peuvent appréhender les vidéos enrichies. Un canal de retour est mis en place qui permet au déficient de signaler une problématique dans l'enrichissement (par exemple une description peu compréhensible).

L'approche consiste à considérer qu'il n'est pas possible de définir toutes les annotations et tous les rendus associés étant donné la variété des types de vidéos (institutionnelle, d'information, film, concert, vidéo personnelle, etc.) et celle des usages associés (éducation, loisirs, information, buzz, etc.). Il s'agit alors de donner aux annotateurs la possibilité de définir quels types d'annotations sont nécessaires et comment les présenter, même si bien entendu le système fournit quelques catégories minimales de description.

Notre travail porte essentiellement sur la spécification des fonctionnalités de la plateforme, la définition des différents modèles du projet : modèles d'annotation, mais également modèles des vues dynamiques dédiées ici appelés modèles de présentation (Encelle et collab., 2011a), en proposant un certain nombre d'actions adaptées au jeu d'un son, à l'oralisation d'un contenu textuel, ou au jeu d'un texte sur une plage braille.

Nous étudions également largement les modes de rendu possibles en nous spécialisant sur les rendus pour les déficients visuels. Plusieurs expérimentations ont ainsi été menées³⁹ avec des aveugles en utilisant Advene comme logiciel de prototypage des modèles d'annotation

39. Magali Ollagnier-Beldame réalise son post-doc sur le sujet, Stéphanie Pouchot participe également à la spécification, à la passation et au dépouillement des expérimentations.

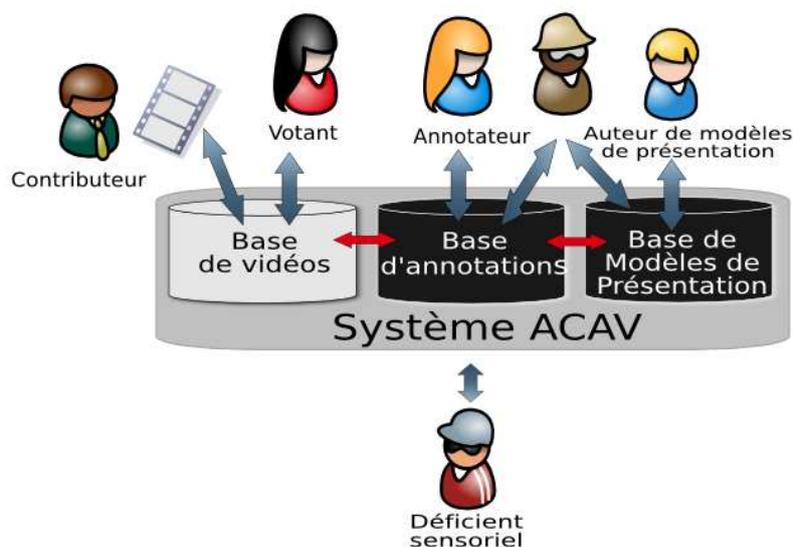


FIGURE 3.13 – Différents types d'acteurs autour de la plateforme ACAV.

et de rendu nécessaires aux expérimentations. La figure 3.14 présente un exemple de rendu enrichi spécifique correspondant à trois types d'annotations et un enrichissement qui a été testé dans le cadre de nos expérimentations (Encelle et collab., 2011b). D'autres modalités de rendu ont été utilisées, qui font usage ou non de la plage braille, sont plus ou moins interactifs, arrêtent éventuellement le film pour avoir le temps de prononcer un contenu, *etc.*

Les résultats sont encourageants au sens où ils montrent la potentialité de tels systèmes pour améliorer l'accessibilité des vidéos, d'une part parce que les enrichissements se montrent effectivement perceptibles et utiles à la compréhension des vidéos, d'autre part parce que la majorité des utilisateurs aveugles comprennent les principes et montrent un certain enthousiasme pour la suite. Cependant, le développement de l'outil d'annotation et de rendu étant récent sur la plateforme de diffusion de vidéo partenaire, nous ne pouvons encore tester de façon massive le système, ni vérifier si les annotateurs seront au rendez-vous.

3.3.5 Bilan

3.3.5.1 Retours sur les principes

Les principes concernant la lecture active audiovisuelle qui étaient présents à l'origine du projet Advène ont été conservés tout au long de celui-ci : Advène permet effectivement d'inscrire sa pratique dans les différentes inscriptions mobilisées, que celles-ci soient les annotations, les schémas associés ou les vues. De ce point de vue, l'approche est un succès puisqu'à chaque fois que Advène a été utilisé il a été possible de définir des types d'annotations et les vues pertinentes correspondant au domaine d'analyse choisi, et de mener une analyse qui n'aurait sans doute pas été possible, ou du moins aurait été beaucoup plus difficile à mener sans l'outil. Du point de vue de la modélisation, l'approche est également une réussite, puisque le modèle de données original fonctionne encore, que l'équipe Advène est reconnue dans le monde du multimédia et de l'ingénierie documentaire audiovisuelle pour ses travaux,

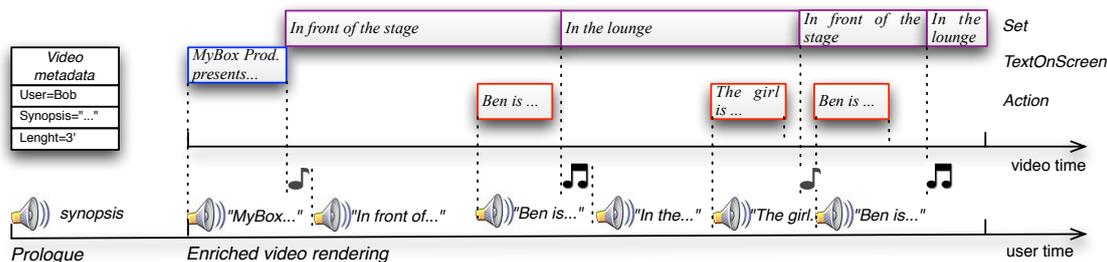


FIGURE 3.14 – Un exemple de rendu enrichi dans ACAV : le synopsis de la vidéo contenu dans les métadonnées générales est d’abord oralisé. Lors du jeu du flux, les annotations de type *TextOnScreen* sont oralisées, ainsi que les *Actions* des personnages, les annotations *Set* (décors) sont rendues par une icône sonore suivie à la première apparition de l’oralisation du nom du décor.

ou encore que les principes de modélisation sont en train de passer dans l’industrie⁴⁰.

Par contre, l’approche générale de favoriser l’émergence de pratiques hypervidéo en donnant une liberté maximale à l’utilisateur et en offrant un logiciel libre a eu moins de succès. Cela tient selon nous à plusieurs facteurs. Notre objectif initial consistait à viser les « informaticiens cinéphiles » considérés comme une population suffisamment vaste pour avoir une masse critique d’utilisateurs intéressés et capables de préparer des analyses, voire de participer aux développements. Nous considérons qu’ils n’ont pas été atteints, sans doute du fait de la grande nouveauté des concepts liés aux annotations audiovisuelles (si ces concepts sont maintenant mieux compris, ils ne sont pourtant pas encore passés dans les mœurs), d’autre part du fait de la difficulté à visualiser simplement une hypervidéo avec Advene. En effet, s’il est acceptable d’installer et d’utiliser un logiciel complexe pour annoter et concevoir des vues, cela est plus difficile si on veut juste visualiser le résultat. Il aurait alors fallu créer un lecteur dédié d’hypervidéos, solution utilisée pour les systèmes hypermédia depuis deux décennies, mais qui nécessite encore plus de moyens, ou bien permettre la construction et l’export de vues sur le web, non seulement dans leur contenu statique (ce qui est possible depuis l’origine) mais surtout dynamique (lien à la vidéo), ce pour quoi les technologies web ne sont disponibles que depuis récemment. Enfin, si nous avons pu constater que les utilisateurs sont capables de prendre en main la création de vues, notamment dynamiques⁴¹, et n’ont pas de problème à annoter, l’outil Advene reste le plus souvent trop complexe pour un utilisateur lambda. La lecture active est une activité complexe qui nécessite des outils riches et donc difficiles à prendre en main, mais il devrait être facile d’y faire des choses simples, ce qui n’est pas encore le cas dans Advene. Nous constatons que les utilisateurs, même les plus avancés, apprécient d’avoir un informaticien qui adapte le logiciel à leur pratique par la définition de schémas, de vues et d’exports web, ce qui montre que l’ergonomie de la manipulation de ces éléments peut être largement améliorée.

3.3.5.2 Évolutions

Cinelab/Advene 2. Le modèle Advene original reste celui utilisé par l’application Advene actuelle. Le modèle Cinelab/Advene 2 (figure 3.15) qui a été mis en place au cours du projet

40. Modèle *Cinelab* dans les projets *ACAV* et *Cinecast*.

41. Nous n’avons pas encore par manque de moyens pu finaliser l’éditeur wysiwyg de vue statique.

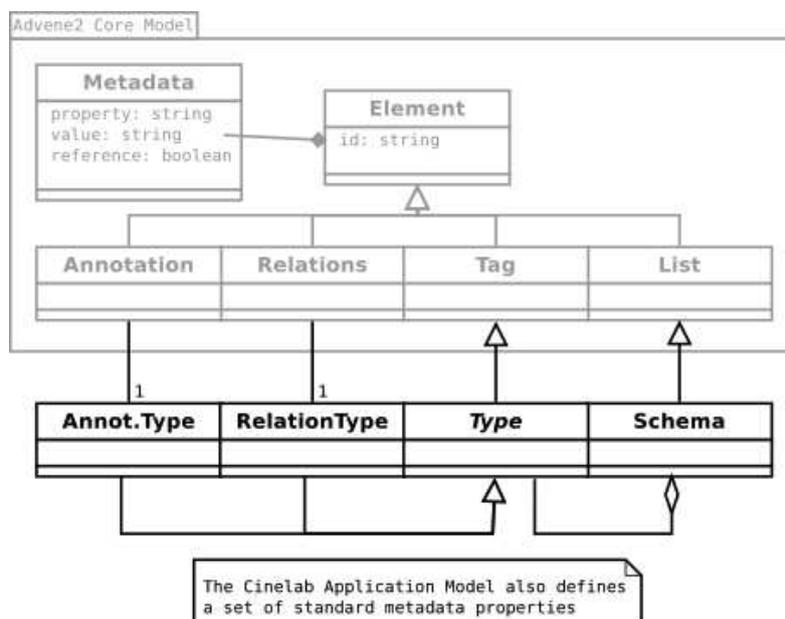


FIGURE 3.15 – Principales classes du modèle Advene 2.

Cinelab, en est une évolution, qui assouplit certaines contraintes. Il se fonde sur un modèle abstrait simplifié normalisant les caractéristiques partagées par tous les éléments d'un recueil et définissant les notions de *tag* et *list* comme outils d'organisation d'éléments. Une spécialisation de ce modèle général abstrait permet de réifier les concepts plus opérationnels de *types*, *schémas*, *requêtes*, etc. et d'être cohérent avec le modèle Advene 1. La notion d'import dynamique entre recueils a également été repensée et simplifiée. *Lignes de Temps* utilise d'ores-et-déjà le modèle Cinelab, dont les principes sont diffusés dans les projets ACAV et Cinecast.

Hypervidéo et annotations sur le web. Un travail plus spécifique a été entamé récemment (Sadallah et collab., 2011a,b) qui consiste à définir un modèle documentaire composant des hypervidéos construites à partir d'annotations. Le modèle CHM (*Component-based Hypervideo Model*) permet de spécifier une hypervidéo comme un ensemble de composants, dont certains possèdent une temporalité issue d'un média temporel (*TCcomponents*). Les composants peuvent utiliser des annotations issues d'une structure d'annotation disponible en faisant appel à un composant *AnnotationReader* adapté. Parmi les composants standards on trouvera les lignes de temps, les tables de matières, les lecteurs enrichis, etc. (figure 3.16). Alors que le modèle CHM est un modèle documentaire théorique qui vise à documenter les composants des hypervidéos et leurs interaction, WebCHM⁴² est une syntaxe HTML simple qui permet de spécifier, en quelques lignes, les composants d'une hypervidéo, accompagnée d'une implémentation javascript qui permet d'en faire le rendu et d'en gérer les interactions dans un navigateur.

42. Voir <http://liris.cnrs.fr/Advene/chm/>

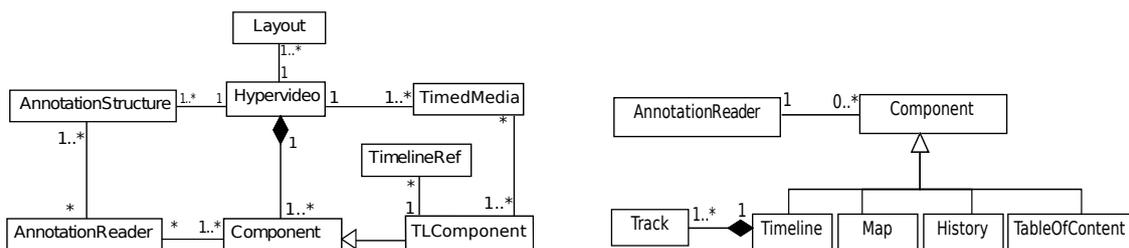


FIGURE 3.16 – CHM : un modèle pour décrire des hypervidéos à partir de composants standards.

3.3.5.3 Directions

Nos deux directions principales de recherche dans le domaine des systèmes d'interprétation destinés à la lecture active audiovisuelle sont les suivantes.

D'une part, nous souhaitons nous intéresser à l'instrumentation des pratiques de lecture active de communautés définies (enseignement, critique, théâtre) en nous focalisant sur les inscriptions associées, annotations, modèles d'annotations et de rendus nécessaires, intégration dans le monde documentaire externe. Il s'agira notamment de focaliser sur les modèles documentaires des hypervidéos, les outils associés, et d'étudier les pratiques collaboratives liées à leur construction et leur appréhension.

D'autre part, nous souhaitons étudier de façon plus précise les modes d'interaction avec les vidéos et les hypervidéos, en étudiant précisément ce qu'est une interaction avec un flux machinique qui impose un rythme à un utilisateur qui s'y soumet et y résiste tout à la fois. La problématique est redoublée si l'on parle d'une hypervidéo mêlant vidéo enrichie et interaction plus classique dans des systèmes complexes. Il s'agit d'une certaine manière de poursuivre le travail juste effleuré dans (Aubert et Prié, 2004a) en proposant une manière de penser d'une part l'appréhension de vidéo enrichies (travail sur l'accessibilité, mais également perception de sous-titres par exemple), d'autre part l'interaction avec différents types d'hypervidéo pour proposer des modes d'interaction innovants, aussi bien avec des outils classiques (écran, souris) que plus novateurs (geste, tangible, *etc.*).

4

Systèmes d'interprétation de traces numériques

Sommaire

| | | |
|------------|--|------------|
| 4.1 | Traces numériques explicites | 144 |
| 4.1.1 | Traces et inscriptions | 144 |
| 4.1.2 | Interprétations de traces d'activité instrumentée | 149 |
| 4.1.3 | Vers des systèmes d'interprétation orientés traces à base de modèles | 164 |
| 4.2 | Modéliser et manipuler les traces d'activité | 165 |
| 4.2.1 | Approche Musette | 165 |
| 4.2.2 | Systèmes à base de traces modélisées | 170 |
| 4.2.3 | Formalisation pour les systèmes à base de traces | 176 |
| 4.3 | Travaux autour des traces modélisées | 181 |
| 4.3.1 | Traces et marquage dans les activités synchrones | 181 |
| 4.3.2 | Traces pour la redocumentation d'activité | 189 |
| 4.3.3 | Traces pour la reprise d'activité | 195 |
| 4.3.4 | Vers une ingénierie des Systèmes à base de traces | 200 |
| 4.3.5 | Bilan | 202 |

Dans ce chapitre nous nous intéressons à un certain type d'inscriptions mobilisées dans l'activité médiée, que nous appelons *traces numériques explicites* : *traces* car elles sont interprétées dans l'activité comme signes d'une activité passée, *explicites* car le système les manipule et les présente en tant que telles. Ces traces résultent d'un calcul, d'une première interprétation automatique, qui se poursuit de façon plus ou moins interactive en fonction de l'activité de l'utilisateur, qui soit prend simplement appui sur elles, soit les analyse de façon plus poussée. Les *systèmes à base de trace modélisées* sont une classe de systèmes de manipulation et d'interprétation de traces comme inscriptions canoniques, dont nous pouvons présenter diverses réalisations pratiques correspondant à différents scénarios de mobilisation.

Plus précisément, dans la première partie de ce chapitre (section 4.1), nous construisons petit à petit la notion de trace numérique explicite comme inscription canonique temporellement orientée qui a la particularité de servir à viser le passé dans une interprétation. Nous prenons donc un point de vue essentiellement interprétatif, qui considère la trace depuis le sujet qui l'interprète comme telle. De façon générale, des inscriptions numériques quelconques

peuvent en effet être considérées comme traces au moins par un informaticien, car elles sont issues d'un processus numérique. Si un tel processus résulte d'entrées liées au monde extérieur, alors ces inscriptions peuvent également être considérées comme traces de processus mondains, ce qui nécessitera une interprétation humaine, laquelle peut être réifiée en partie dans le système comme transformation d'inscriptions en inscriptions plus interprétables humainement. Nous nous intéressons alors plus particulièrement à l'activité médiée ou instrumentée, dans laquelle un utilisateur mène son activité en utilisant des outils informatiques. Dans ce contexte, de nombreux travaux visent à proposer des inscriptions pré-interprétées automatiquement comme traces en vue de leur mobilisation par les utilisateurs pour soutenir leur activité, de l'analyse de l'activité d'autrui à la réflexivité. Suivant notre approche de l'activité et de ses inscriptions, nous pouvons alors proposer la notion de *lecture active de traces* comme interprétation et construction de modes de représentation pertinents de l'activité, en utilisant des outils qui relèvent au sens large de la classe des « systèmes d'interprétation orientés traces ».

La seconde partie de ce chapitre (section 4.2) propose de manipuler des traces explicites sous la forme de *traces modélisées*, c'est-à-dire qu'on peut manipuler en fonction de spécifications définies dans un modèle de trace. Nous présentons une première approche appelée *Musette* (Modéliser les Usages et les Tâches pour Tracer l'Expérience), puis l'approche actuelle dite des *systèmes à base de traces modélisées* (SBTm). En termes d'architecture, une telle approche suppose que des traces soient collectées, stockées en base et transformées, et exploitées par des outils variés. Au cœur d'un SBTm se trouve un système de gestion de bases de traces, qui offre des services de transformation de traces, ce qui nécessite une formalisation précise de ce que sont traces et transformations. Nous présentons une formalisation et les diverses implémentations génériques réalisées.

La troisième et dernière partie de ce chapitre (section 4.3) consiste essentiellement en une présentation de réalisations pratiques notables qui mettent en jeu la mobilisation et l'interprétation de traces explicites dans des domaines applicatifs variés : tutorat synchrone et construction de pratiques professionnelles, documentarisation de traces de navigation, reprise d'activité à base de traces. Notre discussion finale est l'occasion de réfléchir à notre pratique, aux traces modélisées comme objets informatiques de premier niveau et à la mobilisation de traces comme moyen réflexif d'objectivation voir d'objectification de structures informationnelles et d'instruments associés.

4.1 Traces numériques explicites

4.1.1 Traces et inscriptions

Nous proposons tout d'abord dans cette section de considérer les traces comme des inscriptions mobilisées dans l'activité, dont la particularité est que cette mobilisation est une interprétation qui fait explicitement référence au passé. Nous proposons alors que les traces numériques sont, quant à elles, doublement interprétées par structuration automatique puis humaine.

4.1.1.1 Traces comme indices ou faisceaux d'indices liés au passé

Alexandre Serres (2002) consacre une étude à la notion de trace, dans laquelle il constate que celle-ci n'est que peu étudiée. Il remarque tout d'abord que définir une trace en tant que telle est impossible, car elle est toujours trace de quelque chose, qu'elle a un « génitif

intrinsèque » associé à un phénomène interprétatif.

« la trace se caractérise par son génitif intrinsèque, si l'on peut dire, i.e. son caractère d'appartenance, au sens où la trace est toujours trace de quelque chose ; elle ne se définit pas par elle-même, elle n'a pas d'existence propre, autonome, au plan ontologique du moins, elle n'existe que par rapport à autre chose (un événement, un être, un phénomène quelconque), elle est de l'ordre du double, voire de la représentation et ne prend son sens que sous le regard qui la déchiffre. »

Il ajoute que la trace est fondamentalement extériorité et qu'elle est considérée par différents auteurs respectivement comme empreinte (marque psychique, Ricoeur), indice (petite quantité, détail, Ginzburg), mémoire (document, histoire, Ricoeur, P. Veyne ou M. Bloch) ou ligne (écriture, Derrida), notant que ces notions se rejoignent parfois. Finalement, il remarque que

« avec Derrida, Leroi-Gourhan et Stiegler, la notion de trace prend ainsi toute son ampleur et se confond avec la question de la technique : penser les traces revient à penser les processus d'extériorisation de l'homme à travers ses artefacts et notamment le processus d'extension de la mémoire collective, depuis les premiers silex jusqu'aux mémoires numériques actuelles. »

Au final, il semble que la différence soit ténue entre les notions d'inscription et de trace. D'une part les inscriptions techniques composant le monde de l'homme sont de façon générale les traces de la co-individuation de l'espèce et de ses artefacts culturels ; elles participent en tant que telles à l'activité humaine, toute inscription mobilisée dans une activité humaine fait partie des traces de cette activité et peut être mobilisée dans les activités suivantes. D'autre part, une trace est par définition une inscription mobilisée dans une activité humaine.

Il semble cependant possible de mieux cerner la définition en considérant qu'une inscription doit pour acquérir le statut de trace être mobilisée comme *signe* que quelque chose *a eu lieu*, rendant nécessaire une interprétation qui mette en jeu le passé.

Trace comme signe : indice ou ensemble d'indices. Une trace est alors une inscription interprétée au cours d'une activité mobilisant cette interprétation comme étant trace de quelque chose. Nous pouvons ici utiliser la notion d'indice¹ en considérant qu'une trace est toujours un signe de quelque chose, qui peut soit prendre la forme d'un indice *isolé*, soit celle d'un *faisceau d'indices*. L'indice isolé est signe qu'un événement a eu lieu, il met en jeu une interprétation causale liant un tel événement à son signe, tandis que le faisceau d'indices regroupe des indices isolés au sein d'une trace de processus mettant en jeu leur abstraction. Le degré de sûreté de l'interprétation passe du certain que *quelque chose* a eu lieu au plus ou moins probable de l'identification de l'événement source puis éventuellement du processus l'ayant mis en jeu.

Trace du passé. De façon générale, en tant qu'elle est inscription, la trace est ce qui permet la construction du passé, mais également de soi-même. Le passé comme l'individu ne peuvent exister que parce que quelque chose ne change pas, et l'individu développe en acte la notion de passé en même temps qu'il se construit en tant qu'individu au sein d'un monde d'inscriptions, dont certaines seront alors appelées traces du fait de leur interprétation en lien avec le « passé ». Le rapport au temps au sens large (passé, présent, futur) se constitue dans les inscriptions, rétentions tertiaires mêlant de façon étroite passé individuel et passé commun dans des rapport monologiques et dialogiques mettant en jeu ontogenèse et épiphylogenèse (Stiegler, 1994a).

1. Julien Lafflaquière (2009, pp. 10–15) a proposé une étude précise de la notion de trace comme indice ou faisceau d'indices, nous en reprenons certains éléments à notre compte.

De façon plus précise : une activité se déroule, cette activité mobilise des inscriptions fatalement présentes *avant* leur mobilisation. Si ces inscriptions sont mobilisées en tant que signes du passé (par exemple d'événements ou de processus passés) interprétés comme tels, alors ces inscriptions seront des *traces* mobilisées dans l'activité. Elles seront notamment ce qui permettra la construction du passé, du souvenir², mais également de l'activité dans la mesure où celle-ci est objectivable (descriptible) de façon réflexive (par remobilisation de ses inscriptions).

L'interprétation d'une inscription comme trace à un instant donné porte sur le fait que quelque chose *a eu* lieu auparavant. Au niveau interprétatif, la trace comme indice simple permet de viser un passé dont elle est signe interprété comme « unitaire », tandis que la trace comme indice composé permet de viser un passé (re-)composé dont elle est signe interprété comme « multiple ».

Nous retenons que toute inscription peut faire trace, qu'une trace est un signe qui doit être interprété, et qu'elle est trace de quelque chose (génitif intrinsèque) visé au passé, indice isolé d'un événement ou faisceau d'indices liés à un processus passé. Nous pouvons alors proposer la définition suivante : *une trace est une inscription, interprétée comme signe d'un événement ou d'un processus passé, utilisée au cours d'une activité dans laquelle cette signification est mobilisée.*

Dans le cas qui nous intéresse principalement dans ce mémoire, lié à l'activité, on pourra considérer qu'un tel processus est associé à un être vivant ou à une chose³. On pourra alors considérer des signes d'*actions* (événements) et d'*activités* (processus), et par exemple qu'un faisceau d'indices lié à une activité est composé d'un ensemble d'indices isolés d'actions. L'interprétation d'une activité peut être alors conçue comme enquête à partir d'indices isolés, ce qui correspond au *paradigme indiciaire* proposé par Ginzburg (2010). L'activité en jeu pourra être la sienne propre ou bien celle d'autrui, qu'il soit homme, animal, groupe ou extra-terrestre, l'important étant ici de considérer qu'une intentionnalité a été à l'œuvre. Bien évidemment, comme toute activité humaine, une telle interprétation s'inscrit dans des

2. La thématique de la trace est étudiée en lien avec celle de la *mémoire* par Bruno Bachimont (2010), qui pose qu'une trace est « tout objet matériel, corporel (cérébral) ou extracorporel (instrument, outil), pouvant servir de support à une remémoration ». Le souvenir est alors la réactivation de la mémoire (cf. Rosenfield (1994) où la mémoire est essentiellement reconstitution et adaptation des expériences passées et présentes). L'inscription comme stabilité est ce qui permet de faire une différence entre le souvenir et l'imagination :

« la trace est l'outil permettant d'interrompre le flux de la conscience et de lui imposer une reproduction qui n'est ni sa perception, ni son imagination. En imposant à la conscience un ordre qui n'est pas le sien, la trace véhicule un ailleurs et une précédence. Ailleurs car c'est imposé, précédence car la trace est déjà-là. Donc on revit l'écoulement suscité par la trace comme étant un déjà vécu, le déjà-là de la trace impliquant un déjà vécu ».

L'objet inscription ne porte pas intrinsèquement le lien au passé, mais participe à la construction du souvenir comme visée du passé et (ré-)acquiert ce caractère de trace à chaque mobilisation. La question est alors celle de la fidélité de la mémoire, car « c'est à travers la manière d'exercer la mémoire, dans les modalités du souvenir-processus qu'on pourra établir notre confiance et notre croyance dans notre passé ». Il s'agit dès lors de penser la mémoire, dans un contexte d'archives, comme préservation gagée sur les rétentions tertiaires à partir desquelles le souvenir ré-invente, reconstruit à partir d'inscriptions, cette reconstruction devant *également* être pensée comme ce qui paradoxalement assure la préservation du contenu, en maintenant la lisibilité technique et culturelle. Une telle reconstruction est fatalement au présent et doit s'intéresser aux questions du présent, car « c'est à partir de notre présent actuel, vécu et collectif, que le souvenir se négocie et se construit ». Bruno Bachimont propose alors que les archives numériques aux contenus autothétiques doivent mettre en place des systèmes permettant l'objectivation et l'appropriation des traces, notamment sur le mode de la narration.

3. Ce qui correspond à deux sens importants du mot trace indiqués par le dictionnaire historique de la langue française : « trace d'un homme ou d'un animal » (1120) et « trace d'une chose » (1690) (Serres, 2002).

pratiques partagées qui mettent en œuvre des visées explicites ou au moins explicitables du passé.

Activités mobilisant des traces. Deux cas principaux sont à considérer, suivant que l'activité de l'acteur dans laquelle la trace est mobilisée est une analyse *détachée* du processus ou de l'événement étudié (tracé), ou bien qu'elle *intègre* ce processus ou cet événement à un degré ou à un autre. Entre l'astronome qui observe des résultats de mesures de rayonnement, l'ergonome qui regarde le film d'une interaction, le travailleur intellectuel qui étudie les documents sur son bureau en vue de reprendre son travail, le joueur d'échecs qui analyse ses mouvements précédents à partir de la position des pièces en vue de faire un choix, l'opérateur industriel qui modifie des paramètres en réaction à l'enchaînement d'un certain nombre d'alarmes, la personne qui regarde une photographie et évoque un événement qu'elle a ou non vécu, le gardien qui ferme une porte qui n'aurait pas dû rester ouverte, *etc.*, on peut distinguer différents degrés d'articulation de l'activité présente à l'événement ou au processus passés.

Différentes dimensions peuvent être proposées pour étudier cette articulation :

- état terminé ou en cours du processus tracé : on visera le passé immédiat toujours changeant ou bien un passé plus lointain ;
- lien de l'événement ou du processus tracé à l'activité en cours et à l'acteur : absence complète de lien (au moins en théorie) pour des traces issues d'une observation scientifique, liens forts pour les traces de sa propre activité (qui pourront la transformer), liens « participatifs » pour les traces d'une activité commune ;
- degré de conscience de l'acteur de la mobilisation d'une inscription (trace) en tant que visée du passé dans son activité : conscience au niveau des actions et conscience pré-réflexive à celui des opérations⁴.

Ces dimensions permettent de différencier des situations diverses mettant en jeu des degrés d'engagements variés envers le passé interprété dans la trace, du détachement complet au rapport intime et réflexif, de l'analyse à froid à l'immédiateté de l'action. Sans souci d'exhaustivité, nous proposons de distinguer entre les mobilisations de la trace :

- dans la *signification immédiate* pré-réflexive ou dans l'*accompagnement* de processus ou dans la *réflexion dans l'action*,
- dans la *réflexion a posteriori de l'action*, dans la *remémoration* ou dans l'*enquête*.

La première catégorie concerne une mobilisation immédiate de la trace dans l'activité courante, la seconde relève plutôt d'une activité d'interprétation décalée dans le temps, de la lecture et de l'analyse.

Deux caractéristiques des inscriptions interprétées comme traces pourront nous être utiles. Les traces *artificielles* (vs. naturelles) sont des traces non-nécessaires au processus qui les a produites. On est notamment ici dans la fabrication des indices qui permettront l'interprétation du processus, au cours d'une activité d'enquête qui utilisera un *observatoire* permettant au moins la production de telles traces, car les traces naturelles laissées par le processus dans son environnement ne sont pas jugées suffisantes. Les traces *volontaires* (vs. involontaires), sont des inscriptions explicitement considérées dans leur rôle de futures traces, relevant de la

4. Considérant que la signification est dans l'action à tout instant, nous posons comme impératif pour pouvoir décréter qu'une inscription est trace le fait que d'une manière ou d'une autre elle soit support d'une visée du passé dans l'interprétation qui la mobilise. Dans le cas contraire, cela reviendrait à considérer que traces et inscriptions sont la même chose, puisque tout analyste extérieur pourrait décréter pour toute inscription mobilisée dans une activité à un instant qu'elle est trace du passé. Ce dernier point de vue tient pour l'activité de l'analyste de l'activité du sujet à partir de ses traces, mais non pour l'activité du sujet elle-même.

mémoire prospective, du marquage et de l'écriture, qui serviront donc de support au monologue ou au dialogue, qu'on pourra dans certains cas qualifier de *résultat* de l'activité en plus d'en être une des inscriptions mobilisées.

4.1.1.2 Traces numériques et interprétation

Les quelques propositions que nous avons faites jusqu'ici s'appliquent à tout type de traces et d'activités les mobilisant. Dans un cadre numérique, nous pouvons focaliser sur la notion d'*interprétation instrumentée* de traces comme signes de processus informatiques et/ou mondains.

Interpréter des inscriptions numériques comme signes de processus informatiques. Le système numérique global est fondé sur la notion d'inscription, l'essence d'un processus informatique étant la manipulation, c'est-à-dire l'utilisation et la production d'inscriptions. Toute inscription est alors trace d'un calcul qui peut être remobilisée dans un autre calcul, dans un environnement toujours artificiel, préparé, composé d'un ensemble de programmes et de données issues de programmes. Ceci signifie que toute inscription est de façon nécessaire⁵ indice qu'un événement informatique a eu lieu, qu'elle est interprétable comme trace du ou des processus qui en sont à l'origine, et qu'il est possible d'aller aussi loin que possible dans l'explicitation des détails de l'interprétation avec l'ensemble des données disponibles (même les ambiguïtés éventuelles de l'interprétation sont documentables). Cela signifie également qu'il est simple de forger des inscriptions comme indices d'événements informatiques fictifs, qu'on ne pourra pas détecter en tant que tels (autothèse), mais dans le meilleur des cas du fait d'une incohérence globale des inscriptions au regard d'une part des descriptions abstraites des processus exacts (programmes) qui auraient dû les générer, d'autre part de paramètres extérieurs au monde numérique.

Interpréter des inscriptions numériques comme signes de processus mondains. En effet, si on vise un processus mondain, le caractère double de l'interprétation doit être considéré. La première interprétation vise d'abord des *processus informatiques*, des calculs, à partir des indices d'événements. Une telle interprétation peut se faire de façon automatisée, en utilisant uniquement les relations séquentielles ou chronologiques entre indices⁶, ou bien en utilisant des connaissances externes disponibles sur le processus (par exemple le code d'un programme, ou sa description externe fournie par un expert). Cette interprétation calculatoire, qui se déroule avec les contraintes de la formalité numérique a pour objectif de déterminer des inscriptions qui pourront à leur tour être signes d'événements et de processus *extérieurs* au système numérique. On peut donc parler d'une première interprétation « à la limite » numérique, tandis que la seconde interprétation visera ensuite des *processus mondains*, qui sont les processus ayant eu une influence sur les processus informatiques dont on aura considéré en premier lieu les inscriptions. Ces processus peuvent se dérouler en dehors du monde numérique, ils seront physiques, biologiques, humains, sociaux, *etc.* ; ils peuvent également mobiliser le monde numérique, on les appellera alors processus d'activité médiée numériquement. La seconde interprétation n'a pas de caractère nécessaire par rapport au monde numérique, et doit trouver des gages de plausibilité dans le monde qu'elle vise *in fine*.

5. Il s'agit d'une causalité construite dans un matériau humainement préparé, donc maîtrisée.

6. On pourra par exemple construire un automate à états finis permettant de générer la trace considérée.

L'interprétation d'inscriptions numériques comme structuration automatique et interactive. L'environnement numérique est donc un monde d'inscriptions interprétables *a minima* comme traces de processus informatiques, puis comme traces de processus mondains, au cours d'une interprétation que nous proposons de penser au sens large comme une *structuration* de ces inscriptions plus ou moins instrumentée dans un système d'interprétation dédié. La notion de « structuration » d'indice vise à capturer les manipulations associées à l'interprétation comme lecture active d'inscriptions (mise ensemble, réécriture, temporalisation, etc.).

Le degré d'automatisation d'une telle interprétation correspond à la prise en charge par la machine d'une partie de celle-ci. Il est naturel que l'interprétation de processus informatiques relève le plus souvent de la structuration *automatique* machinique. Instrumenter la seconde interprétation nécessite, au-delà de l'automatisation, de fournir à un utilisateur les moyens d'interpréter les traces issues de la première structuration, éventuellement en les structurant de façon *interactive*. On pourra parler d'interprétation humaine soit *directe* à partir de la présentation d'inscriptions calculées, soit *interactive* si l'utilisateur peut organiser ou transformer manuellement ces inscriptions en de nouvelles inscriptions. Il pourra en cela être assisté par des processus automatiques (requêtes, visualisations) ou bien pourra mettre en œuvre un *tissage d'inscriptions* manuel, compris comme « mise en texte » au sens large (mise en tableau, séquentialisation, temporalisation, annotation, écriture, narration). Les résultats de cette activité seront de nouvelles inscriptions éphémères ou durables, interprétables comme signes du processus considéré.

Le tableau 4.1 rassemble quelques exemples d'interprétations dans des situations variées impliquant plus ou moins l'utilisateur dans la structuration des traces.

Bilan. Deux cas nous semblent pouvoir au final être considérés dans l'interprétation d'inscriptions numériques comme traces. Le premier concerne les informaticiens qui vont s'intéresser aux processus calculatoires dont ces inscriptions sont traces, par interprétation automatique d'abord, éventuellement interactive s'ils disposent d'outils permettant de piloter l'analyse automatique. Le second cas concerne des analystes ou utilisateurs qui vont s'intéresser aux processus mondains dont ces inscriptions sont traces, en construisant plus ou moins interactivement une interprétation⁷.

Notre définition d'une trace numérique sera alors qu'elle est *une inscription numérique, interprétée comme indice d'un événement ou d'un processus calculatoire et/ou mondain passé, utilisée au cours d'une activité instrumentée dans laquelle cette signification est mobilisée*. Dans la suite, nous nous intéressons au cas des traces de l'activité instrumentée.

4.1.2 Interprétations de traces d'activité instrumentée

4.1.2.1 Traces d'activité instrumentée

On appelle activité instrumentée (ou médiée) numériquement une activité qui mobilise des inscriptions numériques, des outils numériques au cours de sa réalisation. Une telle activité a alors plusieurs caractéristiques :

- Toutes les inscriptions mobilisées par les processus informatiques mis en jeu au cours de l'activité sont mobilisables dans une interprétation en tant que traces des actions

7. Le fait que les inscriptions soient également traces de processus n'a pas alors forcément d'importance, si ce n'est quand il faut interroger ces calculs ou l'authenticité des inscriptions.

TABLE 4.1 – Exemples d'interprétations d'inscriptions numériques comme traces de processus mondains.

| Traces | Structuration automatique | Structuration interactive (ou interprétation directe) | Interprétation de processus mondain |
|---|--|--|---|
| Données météo : données de température dans une base de données | Lissage + construction d'une image | Analyse visuelle d'une carte | « Il fait chaud à Toulouse » |
| Données d'exécution : logs d'un système | Détection d'un problème : erreur dans le code | Présentation résultat | « J'ai fait une erreur » |
| Informations audio-visuelles | Détection de visages | Expérience de la vidéo en train de se jouer, arrêt sur image, déplacement, validation des visages proposés, construction d'une structure d'annotation | « Telle personne a fait telle action », « la séance de travail s'est bien passée » |
| Traces de conduite : vitesse, angle volant, position, vidéo, fixations regards (issus d'une interprétation préalable) | Calcul accélération, tour volant, <i>etc.</i> | Visualisation trace dans <i>timeline</i> , marquage d'un « dépassement » de t1 à t2, requêtage et affichage (e.g. « tour volant > 30 ET regard rétro gauche ») | Modèles de conduite ou de conducteurs |
| Messages sur un chat | Construction d'un pourcentage de participation | Présentation indicateur | « Étienne ne participe pas assez », « Je n'étais pas très impliqué » |
| Données capteurs corporels | Rythme cardiaque, taux de glucose, bilan journalier, <i>etc.</i> | Navigation sur téléphone suivant les semaines, mois, <i>etc.</i> | « Il faut que je fasse du sport » |
| Logs serveur web | Construction d'indices de navigation, e.g. <i>Recherche d'information, Achat en ligne, Traitement courrier</i> | Présentation en <i>timeline</i> , navigation et requêtes | « Étienne traite son courrier en général le matin », « Qu'est-ce que j'ai bien pu faire lundi ? » |
| Marqueurs/annotations de l'activité | Gestion du marquage temporel | Structuration interactive, pose de marqueurs, modification | « Je commence la tâche associée au contrat Y », « Il faudra envoyer un mail à Marie plus tard » |

et de l'activité⁸, qu'un analyste pourra interpréter éventuellement en mettant en place un observatoire générant une trace artificielle.

- Il est possible de construire des outils numériques d'interprétation de ces traces qui seront à leur tour mobilisés dans l'activité⁹, que l'utilisateur pourra donc interpréter.

La trace d'une activité instrumentée est alors une *inscription numérique, interprétée comme signe d'une action ou d'une activité médiée passée, utilisée au cours de l'activité instrumentée d'un analyste ou de l'utilisateur dans laquelle cette signification est mobilisée*. L'enjeu de cette section est de discuter différents types de mobilisations de traces d'activités instrumentées, ce qui nécessite de considérer le côté *technique* des inscriptions manipulées, notamment en tant qu'elles ont un statut de trace pour la machine.

Trace technique comme organisation d'inscriptions explicitement temporalisées.

On peut distinguer des cas variés dans lesquels des inscriptions sont mobilisées comme traces, c'est-à-dire visées explicitement au passé au cours de l'activité. Considérons les exemples suivants :

1. interpréter les enregistrements des commandes utilisées dans un logiciel pour en mener une analyse ergonomique (rythme, erreur, *etc.*) ;
2. étudier l'état de son bureau virtuel alors que son ordinateur sort de veille, en vue de reprendre son activité ;
3. analyser un fichier en fonction de son nom, de son type et de ses dates de création et de modification ;
4. relire un ensemble de notes journalières organisées temporellement dans un document textuel qui sert de carnet.

Si on s'intéresse au côté technique de la chose, on constate que les trois premiers exemples impliquent que le système possède des informations sur une partie de la temporalité (respectivement les *timecodes* associés aux utilisations de commandes, le passé par rapport au présent, les *timecodes* associés au fichier). Au contraire, dans le dernier exemple seule la séquentialité, les dates éventuelles et le contenu textuels sont signifiants pour l'utilisateur, on est dans le cas d'une trace volontaire purement documentaire, non connue par le système¹⁰.

Les trois premiers exemples impliquent des outils permettant explicitement la mobilisation des inscriptions comme traces, le premier en présentant une séquence, le second en présentant à nouveau un état, le troisième en présentant l'information temporelle et en permettant de trier les fichiers temporellement. Cependant, seul le premier et le troisième nous semblent intéressants à considérer ici, car nous voulons nous concentrer sur les systèmes qui mobilisent des inscriptions *explicitement*¹¹ temporalisées (*timecode*, séquence explicite) dans des environnements numériques temporalisés. Dans le cas contraire, l'interprétation des inscriptions en tant que traces ne serait pas instrumentée explicitement, et nous nous retrouverions

8. La trace d'une activité nous semble donc exister naturellement dans le monde numérique comme dans le monde physique : elle est composée d'inscriptions qui peuvent également disparaître et réduire les possibilités d'interprétation, qui ont pour caractéristiques d'être à la fois plus certaines, mais également plus vulnérables au forgeage. Dans les mondes physique et numérique, une interprétation doit *in fine* se fonder sur une rationalité et une cohérence globale, mais les outils et les pratiques liés à cette cohérence pourront différer.

9. Un environnement numérique offrant par nature la possibilité de construire des outils d'interprétation homogènes aux outils tracés, il est possible de construire des outils d'interprétation utilisables non seulement pour interpréter des processus terminés, mais également des processus en cours.

10. On a ici un exemple de structure informationnelle qui pourrait être objectivée.

11. L'environnement numérique est un système technique par définition cadencé, séquentiel, dans lequel le temps est inscrit, ce qui a pour conséquence que tout événement peut être marqué chronologiquement avec un *timecode*. Si la question d'un temps universel pour le système technique global distribué n'est pas résolue, deux événements qui se passent sur un même système peuvent être ordonnés temporellement sans ambiguïté.

dans le cas des systèmes d'interprétation « classiques » mobilisant des inscriptions dans des activités impliquant une visée d'un passé auquel la machine n'aurait aucun accès.

On considérera donc des traces d'activité composées d'inscriptions *temporellement orientées*, c'est-à-dire *ayant une dimension temporelle explicite, soit chronologique soit relationnelle* mobilisées dans des outils les manipulant en fonction de cette dimension. Il pourra s'agir d'inscriptions temporellement orientées « naturellement » produites par les systèmes (logs, fichiers, séquences d'objets, *etc.*) ; de traces construites par interprétation à partir d'inscriptions existantes dans l'activité (par exemple par transformation automatique ou bien temporalisation manuelle), ou bien de traces artificielles (par exemple issues de sondes).

Au niveau technique, une trace est donc une organisation plus ou moins artificielle d'inscriptions temporellement orientées issues de l'activité. Ces inscriptions peuvent être réparties en plusieurs catégories :

- inscriptions ayant été visées en tant qu'objets au cours de l'activité (appréhendées, manipulées, construites),
- inscriptions comme objectifications plus ou moins artificielles des actions réalisées par l'utilisateur ou le système,
- inscriptions contextuelles décrivant la situation de l'utilisateur ou de la machine à certains instants.

Utiliser des traces d'activité instrumentée. Les traces d'activité instrumentée ont fait l'objet d'une certaine fascination des chercheurs dès les années 1980, qui en ont étudié régulièrement les différentes possibilités. Le postulat général est résumé par [Wexelblat et Maes \(1999\)](#) à propos des « histoires interactionnelles » des utilisateurs et de leurs objets :

« *Work done by users to solve problems in information systems should leave traces. These traces should be accessible to future users who could take advantage of the work done in the past to make their own problem-solving easier* »

[Lee \(1992\)](#) fait par exemple le bilan d'une dizaine d'années de recherche, dans lequel il propose de considérer l'utilisation des historiques pour la récupération d'erreur (correction de commande, récupération système), la navigation, pour se souvenir (par consultation de l'historique ou par des indices visuels), ou encore pour la modélisation utilisateur et l'adaptation des interfaces utilisateurs. [Hill et collab. \(1992\)](#) et [Hill et Hollan \(1993\)](#) cherchent à définir une « physique de l'information » en vue d'enrichir l'interaction — et la réflexion en action — avec des objets numériques « sans histoire », considérant que l'histoire d'interaction de l'objet doit se manifester dans ou autour des objets. Une telle conception peut même mener à la notion générale d'« environnements enrichis par leurs interactions » (*History Enriched Environments*) ([Shirai et collab., 2008](#)) dont les traces permettent tout à la fois de mieux connaître les objets, leur utilisateurs, les lieux d'utilisation, *etc.* [Krishnan et Jones \(2005\)](#) s'intéressent à l'utilisation des informations temporelles d'un espace d'informations pour l'augmentation de la mémoire, l'analyse de l'évolution de la structure de l'espace, la recherche d'information suivant des indices temporalisés, la structuration temporelle automatique (le temps en étant une dimension de l'espace) ou encore la possibilité d'en avoir plusieurs perspectives temporelles (résumés, timelines). [Terry \(2009\)](#)¹² propose à son tour plusieurs types d'utilisations des traces : récupération d'erreurs (*undo*, contrôle de source, *backups*), expérimentation (retour à un état et exploration de solutions alternatives), gestion fine des actions passées (*undo* sélectif, historique éditable), illustration d'une conception (vi-

12. Impliqué dans le projet *InGimp (Instrumented Gimp)* qui vise à instrumenter le logiciel de dessin libre *Gimp* pour en utiliser les traces d'interaction comme support d'études d'utilisabilité mais aussi de partage de pratiques.

sualisation des actions comme bande-dessinée), augmentation de la mémoire de l'utilisateur, et automatisation de tâches. Sellen et Whittaker (2010) enfin considèrent cinq utilisations personnelles des *lifelogs* : la remémoration, la réminiscence (remémoration plus orientée sur le vécu émotionnel), la recherche d'information, la réflexion et la mémoire prospective.

Par ailleurs, il nous semble qu'on peut distinguer deux domaines applicatifs principaux et un domaine émergent pour ce qui concerne la réflexion sur l'instrumentation et l'utilisation des traces d'activité médiée. La *gestion des informations ou des connaissances personnelles* dans le cadre d'une activité intellectuelle (PIM/PKM — cf. chapitre précédent) est tout d'abord le domaine d'application traditionnel. Les historiques d'interaction au sens large sont utilisés aussi bien pour enrichir les documents, les contextualiser, rechercher de l'information en fonction des actions passées, récupérer d'une interruption, organiser ses informations, personnaliser soi-même un environnement ou l'adapter automatiquement, etc. Les *environnements informatiques pour l'apprentissage humain* (EIAH) sont ensuite un autre domaine très étudié, en s'appuyant notamment sur le fait qu'une activité pédagogique est en général contrôlée et que les acteurs y ont des rôles fixés¹³. Il est alors imaginable d'utiliser des traces pour analyser l'activité, pour en vérifier le déroulement, de proposer des guides ou des outils réflexifs favorisant la métacognition¹⁴, ou encore d'assister la tâche en fonction de modèles variés¹⁵. Enfin, le domaine des *lifelogs* est émergent, l'idée étant désormais d'enregistrer des éléments variés de l'activité quotidienne d'un individu et de construire des outils d'exploitation de ces données, analytiques ou réflexifs.

Caractéristiques des situations de mobilisation de traces d'activité. Le paragraphe précédent illustre la variété et la complexité des possibilités de mobilisation des traces d'activité instrumentée soit par des analystes soit par les acteurs eux-mêmes, et il n'est pas évident d'organiser les différents travaux. Nous pouvons néanmoins proposer dans le tableau 4.2 différentes caractéristiques des situations appuyées sur les réflexions qui précèdent, en différenciant respectivement les caractéristiques de la *trace utilisée*, de *l'outil et de la tâche*, et de *l'expérience de l'utilisateur*.

Différentes situations peuvent alors plus facilement être caractérisées, par exemple un système qui présenterait à un utilisateur un indicateur d'activité sur les dix dernières minutes aurait une trace dont le contenu ne contiendrait que les actions de l'utilisateur, transformée par exemple en un nombre entre 0 et 1 (de *inactif* à *très actif*). L'utilisateur est la personne même qui mène l'activité, le moment est immédiat, la tâche est minimalement spécifiée (l'utilisateur fera ce qu'il voudra de l'information), le mode de présentation est minimal et le mode d'interprétation simple, il n'y a *a priori* pas de produit. La posture d'un utilisateur qui utilise l'indicateur peut varier suivant l'engagement, l'activité visée est l'activité propre.

4.1.2.2 Mobilisation de traces d'activité : de l'analyse à la réflexivité

Comme notre approche est centrée sur l'interprétation des inscriptions en tant que traces, nous adoptons une organisation générale de la présentation de quelques travaux¹⁶ qui s'or-

13. Le déroulement de l'interaction est fixé par le concepteur enseignant qui propose des activités précises que les apprenants doivent mener, chaque activité étant liée à des objectifs pédagogiques.

14. Cf. section 4.1.2.2, § *Support de réflexivité*.

15. On pourra notamment se reporter à (Marty et collab., 2009) pour un ouvrage décrivant l'utilisation des traces pour l'analyse et la personnalisation des EIAH, en lien avec les travaux du thème « Personnalisation des EIAH » du Cluster ISLE (Informatique, Signal, Logiciels embarqués) de la Région Rhône-Alpes, auxquels nous avons participé entre 2006 et 2010.

16. Ces travaux offrent un panorama large des systèmes instrumentant l'interprétation et l'exploitation de traces d'activité médiée, mais ils ne représentent qu'une partie de l'état de l'art bibliographique. Pour des

TABLE 4.2 – Triple caractérisation des situations de mobilisation de traces d'activité

| Trace considérée | |
|---|--|
| Activité tracée | d'un utilisateur, d'un ensemble d'utilisateurs, d'un groupe |
| Contenu de la trace | objets manipulés, actions utilisateur, actions machine, éléments de contexte |
| Degré et type de transformation et d'interprétation automatique | direct, complexe, lourd... |

| Outil et tâche | |
|--|---|
| Type d'utilisateur | personne dont l'activité est à l'origine de la trace, personne non impliquée directement dans l'activité |
| Moment d'utilisation | pendant l'activité (immédiat), après l'activité (temps différé, décalage temporel) |
| Degré de prescription par l'outil de la tâche d'utilisation des traces | complète (assistance, adaptation automatique), limitée (métacognition, soutien calculé), minimale (réflexivité) |
| Mode de présentation de la trace | minimale (indicateur, élément de contexte), historique d'activité, historique d'objet |
| Mode d'interprétation de la trace | présentation simple, présentation interactive (requêtes, navigation) |
| Produit éventuel (au-delà des inscriptions normales) | trace interprétée, document, modification de l'environnement et des outils (co-adaptation), nouvelles connaissances permettant éventuellement la réingénierie |

| Expérience de l'utilisateur | |
|------------------------------------|--|
| Posture | analyse détachée, engagement immédiat |
| Activité visée | activité d'autrui, activité propre, activité de groupe |

ganise selon un continuum allant *grosso modo* de l'analyse scientifique de l'activité d'autrui à l'analyse de son activité propre (réflexivité), en passant par l'interprétation réifiée qui permet l'assistance, le monitoring et l'awereness et la manipulation d'environnements enrichis par les traces. Bien évidemment, ces catégories ne sont pas totalement étanches et plus d'un système pourrait être considéré dans plusieurs catégories.

Traces pour l'analyse de l'activité d'autrui. L'analyse vise à interpréter des inscriptions de l'activité en vue de produire de la connaissance sur celle-ci, son déroulement, ses inscriptions, *etc.* C'est une interprétation *a posteriori*, en dehors de l'activité, qui conduira le cas échéant à des traces interprétées, à des documents, et pourra donner lieu à des changements dans les systèmes mobilisés. On pourra citer dans les domaines concernés l'analyse ergonomique et l'évaluation d'outils, l'analyse des comportements et de performance, la conception de modèles cognitifs et de profils, l'analyse des usages individuels ou collectifs, *etc.* Nous ne détaillerons pas les travaux orientés sur ce types d'interprétation¹⁷, pour nous contenter de quelques remarques.

La première portera sur les outils d'interprétation mis à disposition des analystes. Ceux-ci ont souvent une composante audiovisuelle car ils impliquent l'utilisation de vidéo temporellement associée aux traces, par exemple dans *Collat* (Avouris et collab., 2007) ou *Abstract* (Georgeon, 2008) ou bien de *rejouage* à base de traces d'une partie de l'activité, par exemple dans *Tatiana* (Dyke et collab., 2009). L'analyse de traces d'activité a donc souvent à voir avec la lecture active audiovisuelle et les annotations. Par ailleurs, on remarquera que l'analyse de traces relève le plus souvent du travail intellectuel classique, mobilisant toutes sortes d'outils classiques (en premier lieu un tableur) plus ou moins intégrés, qui permettent le contrôle de la vidéo, la transformation de traces, le calcul de statistiques, l'analyse de données séquentielles (*Exploratory Sequential Data Analysis — ESDA*), la comparaison d'évaluations entre experts (Iqbal et Bailey, 2007), *etc.* L'analyse instrumentée de traces se fait donc en utilisant des instruments d'interprétation plus ou moins adaptés aux données temporelles que sont les traces.

Notre deuxième remarque porte sur la *reconception à partir d'analyse* pour souligner avec Bourguin et Derycke (2005) que les traces sont un support de *négociation* entre concepteurs et utilisateurs. Les concepteurs peuvent en effet étudier les traces suivant différentes analyses, soit exploratoires pour constater comment un outil est utilisé (Terry, 2009), soit plus orientées sur l'utilisabilité (Akers et collab., 2009) visant directement à identifier des écarts aux scénarios d'utilisation prévus (Carron et collab., 2007), *etc.*, tandis que la reconception peut alors suivre des temporalités variées, du cycle court du simple paramétrage (par exemple changer un scénario dans un EIAH) au cycle plus long de la modification du code. La trace peut également servir d'outil de discussion explicite entre un utilisateur et un concepteur, ce dernier pouvant confronter l'utilisateur aux traces de sa propre activité; ou au contraire l'utilisateur pouvant montrer au concepteur des éléments de son activité.

Notre dernière remarque part du fait que nombre de chercheurs liés au PIM/PKM commencent par mettre en place des outils techniques de traçage plus ou moins complets de l'activité (Begole et collab., 2002 ; Chernov et collab., 2008) dont ils vont chercher à analyser les traces, avant de décider ensuite de la manière dont il est possible de construire des systèmes d'assistance (Roussel et collab., 2005 ; Cangiano et Hollan, 2009). Cette démarche — au-delà des discussions sur son efficacité — illustre selon nous les liens très importants entre les outils

chapitres bibliographiques plus complets sur ces systèmes, le lecteur intéressé pourra se reporter aux chapitres des thèses de Magali Ollagnier-Beldame (2006), Julien Lafaquière (2009) ou Lotfi-Sofiane Settouti (2011).

17. Le lecteur pourra se reporter à (Lafaquière, 2009, pp. 25–44) pour une description plus détaillée.

d'analyse de traces d'activité et les outils permettant la mobilisation de leur propres traces par les utilisateurs. Les outils visant à remobiliser les traces sont ainsi toujours construits *en fonction d'analyses menées par des analystes* (qui peuvent être les concepteurs des systèmes), qui d'une certaine manière *réintègrent* au sein de ces outils leurs interprétations de l'activité menée. Par exemple, un système s'adaptant automatiquement à un utilisateur en fonction de ses traces réifie une automatisation d'une certaine interprétation (orientée tâche) de l'activité de cet utilisateur.

Les systèmes que nous présentons dans la suite n'échappent pas à la règle, puisqu'ils implémentent tous à des degrés divers des interprétations automatiques d'inscriptions considérées comme pertinentes par leurs concepteurs-analystes, laissant plus ou moins de latitude à l'interprétation des utilisateurs.

Traces pour l'assistance contextuelle en fonction de l'activité. L'assistance contextuelle est un sous-produit direct de l'analyse, qui vise à comprendre automatiquement ce que l'utilisateur est en train de faire pour pouvoir l'assister. Il s'agit donc d'une interprétation automatisée de la trace d'activité courante associée à la reconnaissance d'une tâche visant à déclencher des mécanismes d'assistance adaptés, mécanismes qui pourront le cas échéant être expliqués en présentant la trace telle qu'elle est comprise par le système. Nous sommes ici dans un cas limite par rapport à notre raisonnement puisque l'interprétation et la visée au passé des inscriptions résulte plus de l'implémentation d'une formalisation d'un mode d'interprétation d'analyste que d'utilisateur. Seul le succès éventuel de l'assistance peut signifier la pertinence de l'analyse eu égard à l'activité courante (qui n'a pu être considérée qu'abstraitement et prospectivement par l'analyste), la machine qui interprète n'étant pas plus concernée par la trace que l'activité ou l'assistance.

Évoquons cependant quelques travaux, notamment ceux liés aux systèmes « *attention aware* » (Roda et Thomas, 2006) qui cherchent à savoir ce que fait l'utilisateur pour lui permettre de gérer son attention, par exemple en l'interrompant à des moments plus adaptés que d'autres (Iqbal et Bailey, 2010); les systèmes visant à guider un apprenant dans un scénario pédagogique (Luengo et collab., 2006); les systèmes cherchant à détecter quand un utilisateur a besoin d'aide et à la lui fournir par le biais d'agents assistants proactifs (Maes, 1994; Chalupsky et collab., 2002), *etc.* Le raisonnement à partir de l'expérience tracée (Cordier et collab., 2010) est une généralisation de l'assistance à partir de cas aux traces (Lafraquière et Prié, 2009b) qui vise à repérer dans les traces d'activité passées des épisodes significatifs pouvant être proposés à l'utilisateur ou adaptés automatiquement.

Les systèmes de recommandation sont une autre classe de systèmes d'assistance contextuelle. La bibliographie sur ce type de systèmes (Terveen et Hill, 2001) (aussi appelés de « navigation sociale » (Dieberger et collab., 2000)) est très vaste; nous ne citons que quelques travaux concentrés sur les traces individuelles. Le système Haystack (Adar et collab., 1999) vise à observer l'activité informationnelle d'un l'utilisateur pour enrichir sa recherche d'information documentaire, le système de Pedersen et McDonald (2008) reconnaît la co-mobilisation de documents dans l'activité pour faire ses suggestions, Fisher et Dourish (2004) et Whittaker et collab. (2004) proposent d'analyser les traces d'interactions sociales au sens large pour présenter des indicateurs d'activité, décrire ou suggérer des contacts. Ces types d'outils sont maintenant utilisés en routine pour la recommandation dans les réseaux sociaux.

Traces comme support à l'awareness et au monitoring d'activité d'autrui. Il s'agit ici de transmettre et de présenter la trace d'activité plus ou moins interprétée.

La conscience d'activité d'autrui suppose que cet autrui appartienne pour une raison ou

une autre à un groupe commun avec l'utilisateur. La trace est alors utilisée essentiellement comme support de feedback permettant la coordination ou la régulation de l'activité de l'utilisateur de la trace par rapport à l'activité d'autrui telle qu'elle s'y manifeste. Il s'agit d'une médiatisation indirecte, indicielle, de l'interaction qui vient en complément d'une interaction plus directe avec des outils de communication. L'interprétation de la trace peut se faire en temps réel (par exemple les indicateurs de présence en ligne) ou bien en temps différé (par exemple une liste des actions réalisées par quelqu'un sur un réseau social, ou sur un système de gestion de versions, qui peut être consultée à tout moment). La gestion des *flux d'activité* au sens large peut supposer la création de flux ou de sous-flux associés à des groupes, des individus, des applications, *etc.* (Mehra, 2003). Elle peut nécessiter des interprétations automatiques plus ou moins complexes, de l'action brute à l'indicateur résumant une période longue, et aller jusqu'à utiliser les ressources manipulées. Lim et collab. (2010) ont ainsi construit un système présentant en permanence une liste de mots-clés extraits des documents manipulés par les collaborateurs d'un groupe. Farooq et collab. (2007) proposent la création de résumés d'activité à partir des traces dans une tâche de créativité. Dans certains cas, l'interprétation de la trace d'activité d'un groupe peut être le fait du groupe : on est là dans une situation qu'on pourrait qualifier d'auto-confrontation du groupe aux traces de son activité (Ganoë et collab., 2003). Enfin, l'activité d'autrui peut également se manifester autour des ressources partagées (contextualisation de ressources, voir ci-dessous).

Le *monitoring* est une catégorie d'*awareness* qui implique un utilisateur interprétant la trace d'activité qui n'est pas participant direct à celle-ci (situation asymétrique). L'interprétation se fait sur la trace de façon immédiate, mais permet de revenir dans le passé si une enquête se révèle nécessaire. Le monitoring est en général orienté action, c'est-à-dire que l'utilisateur devra décider à tout moment, en fonction de son interprétation de l'activité, s'il doit mener une action, par exemple déclencher une alarme pour un gardien dans le cas de la surveillance, ou modifier un environnement pour un enseignant ou un tuteur dans le cas d'une activité pédagogique, terrain privilégié de ce type de travaux (Despres et George, 2001 ; Laperrousaz, 2005 ; France et collab., 2006 ; Marty et collab., 2009).

Contextualisation de ressources à partir de traces. Le focus est ici sur l'environnement au sein duquel se déroule l'activité, ses ressources, documents et outils dont la mobilisation au cours de l'activité précédente peut favoriser l'activité actuelle. La majorité des travaux sont orientés sur le travail intellectuel, il s'agit de façon générale de renforcer la dimension temporelle de l'espace d'information que le travailleur de la connaissance manipule en traçant ses actions, de façon à produire des environnements « historiquement enrichis » (*History Enriched Environment*) (Shirai et collab., 2008).

Les systèmes de contextualisation de ressources visent à ajouter des informations aux ressources, à les contextualiser à partir des traces de leur mobilisation dans l'activité soit par soi-même, soit dans un cadre collectif. Les travaux classiques sont ceux de Hill et collab. (1992) et Hill et Hollan (1993) qui proposent de définir une « physique informationnelle ». Il s'agit, en s'inspirant du monde physique, d'enrichir la représentation des objets numériques collectifs avec des marques d'usure ou d'utilisation (*wear*) correspondant à leur mobilisation en écriture (*edit wear*), en lecture (*read wear*, *emails wear*). Les traces sont présentées de façon globale (un histogramme dans le *slider* de la fenêtre d'édition de *Zemacs*) ou bien précise (on peut savoir qui a fait une modification du code et à quel moment). L'idée a été reprise pour la visualisation des modifications d'un document partagé (Edwards et Mynatt, 1997) ; pour les historiques collectifs de navigation web par Wexelblat et Maes (1999) qui proposent plusieurs visualisations dans l'outil *Footprints* ; mais aussi par Aneiros et collab. (2003) qui

contextualisent un document par l'activité du groupe autour de celui-ci ; ou enfin par Tabard et collab. (2007) où il s'agit de contextualiser des pages web par des liens vers d'autres pages web mis en place soit automatiquement (repérage d'un copier-coller par exemple) soit manuellement. Remarquons que le principe peut être étendu, voire inversé, par rapport aux propositions originales de Hill et Hollan, puisque l'on en vient désormais à enrichir des objets physiques classiques par des traces de leur utilisation capturée par des dispositifs numériques (Maes, 2005).

Traces pour l'aide au repérage dans un espace informationnel. Ces outils exploitent des traces d'activité pour fournir à l'utilisateur des modes de repérage dans son espace d'information. L'idée est qu'une organisation de l'information « orientée activité » lui sera utile pour retrouver des ressources en fonction de l'activité qui les avait mobilisées, voire de retrouver l'activité elle-même dans ses traces (par exemple pour reprendre après une interruption).

Une première catégorie d'outils présente des ressources organisées temporellement en fonction de leur utilisation. En ce qui concerne les fichiers, il est évident que les premières commandes textuelles dans un *shell* étaient déjà capables de lister les fichiers d'un dossier par ordre chronologique. Dans le cadre de la navigation dans un hypermedia, Feiner et collab. (1982) proposent, il y a près de trente ans, une *timeline* graphique qui présente un ensemble de pages visitées organisées temporellement et suivant les catégories de ces pages (figure 4.1). Visant à renouveler la métaphore du bureau et de son rangement hiérarchique, le système *Lifestreams* présente les fichiers manipulés dans un simple ordre chronologique indépendant de l'activité (Fertig et collab., 1996). Il offre de plus la possibilité de créer des sous-flux, et de placer des documents dans le futur, donc de compléter la trace de l'activité réalisée par une représentation de l'activité future. *Timescape* (Rekimoto, 1999) est un système (préfigurant l'interface *Time machine* de *Mac Os X*) ayant pour objectif de présenter le bureau dans l'état où il se trouvait à des moments passés en offrant une vue 3D permettant de naviguer entre les bureaux temporalisés, il permet également de placer des documents dans de futurs bureaux¹⁸.

Du côté de la recherche d'information et de la navigation web, la présentation des traces de navigation (pages vues, requêtes utilisées, etc.) a donné lieu à de nombreux travaux orientés sur la revisitation des historiques de navigation web : présentation en graphes (Wexelblat et Maes, 1999 ; Eklund et collab., 1999 ; Gandhi et collab., 2000), en *timelines* (Shirai et collab., 2006 ; Komlodi et collab., 2007), en séquences enrichies (Won et collab., 2009). Pour une recherche d'information plus globale, le système *Stuff I've seen* (Dumais et collab., 2003) propose un index complet des courriels reçus et envoyés, de la navigation, des documents manipulés, l'interface de recherche proposant de présenter les différentes ressources de façon notamment temporelle. Ringel et collab. (2003) réutilisent les mêmes données pour présenter une *timeline* des actions utilisateur enrichies de photographies personnelles considérées comme marques temporelles personnelles de rappel.

Une seconde catégorie d'outils de repérage vise à présenter les informations suivant l'*activité* de l'utilisateur, laquelle fournit un contexte d'organisation qui complète ou dépasse la simple organisation temporelle, et sera donc supposé plus pertinent car plus proche de ses préoccupations. L'enjeu est alors de définir précisément ce que sont les activités d'une

18. La présentation spatiale temporelle d'une trace peut être une invitation à aller dans l'au-delà spatial du présent pour considérer prospectivement le futur en y déposant une note, un document comme un rendez-vous ou une tâche dans un calendrier. Une telle dimension prospective de la mémoire liée à la trace est autorisée par la neutralité technique de la temporalisation des inscriptions au regard de leur interprétation, qui permet de représenter en un même formalisme et une même représentation des inscriptions visées au passé (des traces) et d'autres au futur (des tâches) : il ne peut de toute façon pas y avoir de trace au futur.



Fig. 7. The timeline page. Miniatures of the most recently viewed pages appear in chronological order. Each is nested in a colored band associated with its parent chapter. Touching a page takes the reader back to that page. The arrow at the bottom scrolls the display so the reader may examine pages that were seen earlier in the session.

FIGURE 4.1 – Une *timeline* présentée dans Feiner et collab. (1982).

part, d'autre part de trouver des modes de représentation et d'interaction adéquats.

Nous avons déjà évoqué le projet *UMEA* (*User-Monitoring Environment for Activities*) de Kaptelinin (2003) comme application de la Théorie de l'Activité. Le système *UMEA* organise les ressources en *projets* (définis par l'utilisateur, matérialisés par des bureaux) qui regroupent des documents, dossiers, URLs et contacts; il surveille l'activité de l'utilisateur et ajoute automatiquement les ressources manipulées au projet en cours; il offre de plus différents outils de gestion des informations associées aux projets, notamment pour corriger les erreurs d'attributions. L'enjeu réside dans la possibilité d'affecter de façon pertinente les ressources aux activités, donc de bien interpréter les historiques d'interaction, ce qu'un outil comme *TaskTracer* (Dragunov et collab., 2005) vise à faire en apprenant petit à petit à regrouper les ressources significantes. Dans le même ordre d'idée que *UMEA*, citons également le système *Timespace* de Krishnan et Jones (2005) qui définit une présentation « orientée activité » d'espaces d'information personnels. Les ressources manipulées sont présentées dans des « espaces d'activité » (*activity workspace*) dans lesquels il est possible de naviguer, une *timeline* présente un récapitulatif des activités, des *timelines* spécifiques pour les espaces d'activité présentent les documents à différentes positions verticales qu'il est possible de modifier, définissant visuellement une organisation de sa propre activité. Enfin, le système *itsme* de Michelis et collab. (2009) vise à fournir un espace de travail complet organisé suivant une métaphore de *conversations* qui se matérialisent dans des « lieux » (*venues*) lesquelles regroupent les objets manipulés par l'utilisateur, conversations qui nous semblent correspondre aux activités de *UMEA*.

Traces comme supports de mémoire. Les systèmes dont la présentation suit sont dédiés à un utilisateur qui va viser explicitement sa propre activité au travers des inscriptions qui lui sont présentées, éventuellement en objectifiant certaines dimensions. La première fonctionnalité d'une trace support de mémoire est la *documentation de l'activité*, c'est-à-dire

l'enregistrement d'inscriptions qui pourront plus tard être interprétées par l'utilisateur comme représentant son activité dans une activité mobilisant cette *rétrospection*.

Les premiers supports de documentation de l'activité médiée sont bien entendu les *logs* enregistrés par les outils pour les besoins propres de documentation de leur fonctionnement, et la première utilisation destinée à l'utilisateur concerne les fonctionnalités de retour à un certain état de l'application par *undo/redo* plus ou moins sélectif. Les traces d'activité peuvent également être utilisées pour revenir à un certain état du système puis rejouer l'interaction, voire explorer des branches alternatives¹⁹ comme dans *Collagen* (op. cit.) ou dans l'hypertexte spatial collaboratif *VKB* (Kim et Shipman, 2010). L'histoire de l'activité peut aussi être utilisée pour créer des macros qui pourront abstraire une séquence d'actions qui pourra être rejouée sur de nouveaux objets. *Collagen* (Rich et Sidner, 1997) présente à l'utilisateur sa trace avec une pré-sélection de segments ré-exécutables, *Koala* (Little et collab., 2007) offre la possibilité non seulement de rejouer des scripts, mais également de les partager sous forme semi-textuelle, ce que permet également *Co-scripter* (Leshed et collab., 2008). Issu de la même lignée, *ActionShot* (Li et collab., 2010) permet de partager un fragment en générant un texte automatiquement qui sera envoyé par mail.

Les modes de présentation des traces supports de mémoire peuvent être variés, la *timeline* étant souvent utilisée en association avec des outils raffinés de recherche d'information (voir par exemple *LifeLines* (Plaisant et collab., 1996) pour des informations personnelles). Dans le cas de traces d'activités sur un ordinateur, Cangiano et Hollan (2009) offrent un outil de recherche d'état du bureau par mot-clé et période de temps, proposant d'utiliser des copies d'écran pour explorer les résultats. Nakamura et Igarashi (2008) s'intéressent à la visualisation statique d'une histoire interactionnelle sous la forme de *story board* en utilisant des flèches stylisées pour représenter les actions de l'utilisateur. D'autres formes plus documentaires sont possibles si l'activité est un peu contrôlée, par exemple le système de Fleck et collab. (2002) permet de générer un site web à partir de données d'activité collectées lors d'une visite de musée.

Les *lifelogs* sont un autre type de traces liées au support mémoriel, qui concernent la totalité de l'activité humaine, pas obligatoirement instrumentée *en tant qu'activité* (par exemple *acheter le pain*). Nous les évoquons cependant car une part de plus en plus importante de l'activité journalière est de fait médiée informatiquement, que ce soit avec un ordinateur standard ou avec des technologies mobiles²⁰, ce qui signifie que les technologies liées aux traces, à leur exploitation et leur présentation ont toutes les chances de converger. L'objectif du *lifelogging* est d'enregistrer *toutes* les informations possibles liées à l'activité : en ligne, hors-ligne, vidéo, audio, données corporelles, etc. (Gemmell et collab., 2006), le postulat associé étant que la mémoire humaine s'en portera d'autant mieux qu'elle sera délivrée du stockage de données fastidieuses à apprendre et à retrouver. Cependant, d'une part la présentation et l'exploration de telles masses de données nécessite des interfaces complexes (Lee et collab., 2008) dont on suppose qu'elles ne pourront que s'améliorer, d'autre part une étude comme celle de Sellen et collab. (2007) montre que le souvenir n'est pas si clairement amélioré par les *lifelogs*. La conclusion de Sellen et Whittaker (2010) est qu'il ne s'agit pas de tout enregistrer mais plutôt de déterminer quelles sont les informations les plus pertinentes pour soutenir le souvenir, et de concevoir des systèmes qui permettent notamment d'abstraire les

19. La documentation des essais réalisés et des alternatives explorées est très importante dans les sciences expérimentales, notamment informatiques, qui doivent documenter très précisément les programmes et données utilisées, sous peine que les expériences alors non reproductibles ne deviennent vides de sens, cf. par exemple (Habert, 2000) pour l'étude de corpus linguistiques.

20. Les *lifestreams* (Freeman et Gelernter, 1996) sont des flux d'activité essentiellement en ligne, nourris par différents sites sociaux sur lesquels l'utilisateur est identifié.

traces et puissent provoquer la surprise réflexive et le développement. Il s'agit de capturer sélectivement, de s'intéresser à des indices de remémoration avant tout, et de ne pas viser le remplacement mais la synergie avec la mémoire et les capacités humaines.

Cela correspond aux affirmations de Bachimont (2010) : s'il est en effet possible de parler d'« assistants mnésiques » à base de traces, ceux-ci ne doivent en aucun cas être considérés comme étant un stockage mémoriel externe qui remplacerait la mémoire d'une personne. La trace et ses indices sont plutôt un support à la remémoration des événements passés, qui permet de revenir dans son expérience passée, de la revivre si les « amers situationnels » qu'elle propose sont suffisants, mais également de proposer un support externe permettant de mener une activité réflexive.

Traces comme supports de réflexivité. L'utilisation des traces comme support de réflexivité va plus loin que la simple remémoration : il s'agit de s'appuyer sur les traces pour viser son activité passée et par là une image de soi, dans un but de connaissance, mais surtout d'évolution, la posture réflexive étant considérée comme favorisant le développement personnel. Il est alors tentant de construire des systèmes qui favoriseront une telle posture, en renvoyant à l'utilisateur une image de son activité construite à partir d'une interprétation automatique plus ou moins poussée de ses traces. Il s'agit de fournir un support plus ou moins *directif* à l'activité réflexive de l'utilisateur, laquelle peut par ailleurs être plus ou moins bien intégrée dans l'activité de façon holistique (Sengers et collab., 2005). L'*appropriation*²¹ des technologies nécessite par exemple à la fois un développement du sujet et une compréhension du fonctionnement du système. Au-delà des inscriptions naturelles de l'activité fatalement mobilisées à la fois pour sa réalisation et la compréhension de l'activité elle-même, des traces numériques d'activité supplémentaires peuvent se révéler utiles pour représenter la confrontation en cours entre logiques d'utilisation et de conception, c'est-à-dire pour accompagner l'appropriation (Mille et Prié, 2006).

Si une inscription quelconque peut être support réflexif, du moment qu'elle est mobilisée comme telle, les traces numériques d'activité ont l'avantage de présenter une temporalisation technique native qui permet une présentation temporellement rationalisée de l'activité et favorise l'instrumentation de l'activité réflexive. Une telle instrumentation permet l'exploration des traces, mais également la *construction* de l'*activité réfléchie* telle qu'elle peut être objectivée — redocumentée (Yahiaoui et collab., 2008) — selon différentes formes : nouvelle trace temporelle, document narratif, etc. Ces formes seront des inscriptions médium d'un dialogue avec soi-même (Bationo-Tillon, 2006) ou d'un dialogue avec autrui (voir par exemple Komlodi et Lutters (2008) qui étudient le partage documentaire d'épisodes de recherche d'information ou Portier et Calabretto (2010) qui utilisent des traces pour comprendre l'utilisation d'un vocabulaire d'annotation).

Tout outil permettant la mobilisation de traces d'activité, historiques d'interaction, etc. est donc potentiellement outil support de réflexivité personnelle. Certains outils ont cependant été conçus avec la réflexivité en tête : on peut faire rentrer dans cette catégorie tous les outils liés au courant du « soi quantifié » (*quantified self*) qui visent à augmenter la conscience de soi des utilisateurs en leur présentant par exemple des statistiques longitudinales sur leur activité, telles que le temps et l'attention passés sur un projet, les relations avec les autres, la quantité d'exercices effectués, de sommeil pris ou de calories perdues et gagnées. Ces technologies qui visent à changer ou diriger les comportements par une présentation de données d'activités sont promises à un avenir certain du fait de la démultiplication des possibilités de

21. *Appropriation* : genèse instrumentale (Rabardel, 1995b), adoption et adaptation de la technologie à ses pratiques, impliquant éventuellement une transformation des pratiques (Dourish, 2003).

collecte des données. Si on s'intéresse maintenant à soi dans un groupe, les technologies de la réflexivité visent à présenter l'activité d'un individu parmi celles d'autres individus, soit dans le but de s'y comparer (par exemple si plusieurs personnes suivent un régime ensemble²²), soit comprendre comment le groupe fonctionne et de mieux se coordonner. Nous pouvons ici évoquer les outils orientés débriefing, et remarquer que les « *edit wears* » de Hill et collab. (1992) étaient par exemple clairement orientés sur la réflexivité, y compris de groupe, puisqu'ayant pour objectif d'« améliorer la conversation réflexive avec les objets du travail » et mobilisant explicitement Schön (1984)²³.

Terminons cette section en discutant rapidement la question de l'apprentissage et de la *métacognition* en lien avec les traces comme support de réflexivité. La métacognition²⁴ peut être définie comme l'ensemble des processus cognitifs qui sont liés à la régulation inconsciente de la cognition en cours d'activité (ajustement d'actions, d'attitudes, de tâches, *etc.*) ou qui portent sur la cognition elle-même en tant qu'objet (prise de conscience de son déroulement, des ressentis associés e.g. sentiment de savoir ou d'avoir appris, du style, *etc.*). Une telle prise de conscience peut permettre un développement du sujet, de ses connaissances, dans un cadre individuel ou collectif (Yukawa, 2006) et prend appui sur les inscriptions mnésiques et matérielles mobilisées dans l'activité.

Dans le domaine pédagogique, il est considéré comme important de susciter des activités réflexives et métacognitives chez les apprenants pour favoriser leurs apprentissages, par exemple de méthodes de résolution de problème ou plus généralement d'attitude face à une situation (Gagnière et collab., 2004 ; Azevedo, 2007 ; Gama, 2004). L'activité pédagogique des apprenants étant définie à l'avance, il est loisible de contrôler son déroulement, ses interactions et ce qu'il va ou doit s'y passer du point de vue de l'apprenant. Il est donc possible de concevoir des outils qui permettent la prise de conscience de la réalisation effective de sa propre activité, des réussites et des limitations de son apprentissage, par confrontation explicite avec ses inscriptions. Une telle prise de conscience doit permettre un apprentissage de type métacognitif, pendant l'activité ou après celle-ci.

Jermann et collab. (2005) proposent de considérer plusieurs catégories d'outils de soutien aux processus réflexifs à partir de traces pendant l'activité. La « réflexion instantanée » (*mirroring*) est une présentation de l'activité en cours, qui fournit des indices notamment sur l'efficacité d'une action qui vient d'être réalisée. Dans un cadre collaboratif synchrone peuvent être présentés à l'apprenant des indicateurs de collaboration (Nova et collab., 2006), d'interaction avec un groupe (Bratitsis et Dimitracopoulou, 2006), de représentation de l'activité du groupe (Farooq et collab., 2007) voire de « *peer feedback* » (Phielix et collab., 2009) comme représentation de la manière dont ses pairs le considèrent. D'autres outils, qualifiés de « métacognitifs » par Jermann et collab. (2005) peuvent compléter ces informations par des indications d'un état souhaité de l'interaction, d'un modèle à atteindre comme référence permettant de présenter un écart et de prendre des décisions pour y remédier.

La pratique qui suit l'activité peut être appelée « rétrospection » ou « *reflective follo-*

22. On trouve là notamment d'intéressantes problématiques sur les injonctions sociales médiées par les technologies de la quantification de soi.

23. Rappelons, cf. encadré 2.7 que le concept de *réflexion dans l'action* de Schön consiste à être capable de prendre conscience de ses limites au cours de l'action et d'être ouvert au « retour » (*backtalk*) de la situation.

24. Objet scientifique défini par Flavell (1979) qui en montre l'importance pour la majorité des processus cognitifs. Bien que ce lien soit discuté, il semble que les compétences et connaissances métacognitives favorisent de bonnes performances dans certaines tâches, ce que montrent par exemple Escorcía et Fenouillet (2011) dans le cadre de la rédaction de textes, pour la métacognition entendue comme emploi de métaconnaissances et de stratégies de régulation.

wup » comme le proposent Katz et collab. (1992). De très nombreux systèmes d'enseignement proposent ce type d'activité ; nous nous limiterons à évoquer d'abord l'EIAH *sherlock2* (Katz et collab., 1992) qui permet à l'apprenant de visualiser ses propres traces d'activité de résolution de problème (actions, résultats). *SimPLE* (Plaisant et collab., 1999) permet la visualisation de traces d'un environnement virtuel d'expérimentation, leur rejeu, leur annotation et leur partage, notamment pour poser des questions. Il s'agit ici de manipuler les inscriptions de sa propre activité pour les compléter et les partager. Un dernier type de système utilisé dans le cadre collaboratif est de proposer des résumés de l'activité sous le forme de *timelines* ou de tableaux de bord, par exemple *CANS* (Laffey et collab., 2009).

Bilan. Nous pouvons tirer de cette étude rapide quelques éléments de bilan. En premier lieu, nous pouvons remarquer qu'il n'est pas évident de catégoriser les travaux qui pour beaucoup pourraient rentrer dans plusieurs catégories à la fois. Par exemple, les *edit wear* en plus d'être des contextualisations de ressources peuvent également être considérés comme des outils d'*awareness* de groupe et des supports de mémoire, éventuellement réflexifs. Il existe de nombreux modes et utilités de mobilisation d'une même inscription pour viser le passé, et il est normal qu'un même système puisse en servir plusieurs puisque l'interprétation appartient au final à l'utilisateur.

En deuxième lieu, nous pouvons noter la grande variété des systèmes et des approches d'utilisation des traces d'activité, en termes d'échelles de temporalités d'utilisation (de l'immédiat à une vie complète), de précision (de données complètes à des indicateurs très résumés), d'outil visé (de l'utilisation générale d'un système à une tâche formalisée dans un outil), de niveau d'activité visé (des opérations sur la machine, à l'activité et son objet au sens de la théorie de l'activité, en passant par des actions plus ou moins interprétables), d'utilisateurs visés (de l'individu au collectif et à l'organisation), d'objectif (de l'analyse à la réflexivité en passant par la contextualisation), *etc.*

En troisième lieu, tous ces systèmes visent à fournir à l'utilisateur la ou les représentations des traces qui en permettront la mobilisation dans son activité. L'enjeu est alors de savoir quoi mettre dans la ou les traces (analyse, modélisation), comment le calculer (interprétation automatique), et comment le présenter pour permettre soit l'interprétation directe, soit la structuration interactive. La question de la modélisation de la trace est un enjeu important qui mobilise le concepteur du système et *in fine* l'utilisateur comme interprète personnellement *intéressé* par la trace. Il y a alors une tension entre la modélisation *a priori* que fera le concepteur, et la mobilisation *a posteriori* qu'en fera l'utilisateur. La majorité des approches que nous avons présentées ont des objectifs applicatifs précis, et réifient largement des interprétations d'analystes-concepteurs en vue de fournir des assistances dédiées aux utilisateurs, réduisant cette tension voire dans certain cas la niant.

En quatrième lieu, remarquons qu'un outil *orienté traces* (c'est-à-dire permettant la manipulation d'inscriptions temporellement orientées) peut servir une certaine adaptation de l'environnement par l'utilisateur. Celui-ci peut en effet réintégrer des éléments liés à son activité dans le système de deux façons. La première consiste à objectifier des structures informationnelles qu'il aurait repérées dans la trace, rendant canoniques des interprétations signifiantes de son activité qui pourront alors lui être fournies automatiquement. Ceci correspond typiquement à une programmation de macros à partir de traces. La seconde consiste à *détourner* l'outil pour inscrire *volontairement* dans la trace des éléments qui seront ainsi temporalisés et bénéficieront des fonctionnalités associées. Par exemple revenir plusieurs fois volontairement sur une page web pour en favoriser l'accès dans un outil de recherche est une sorte d'écriture dans le support temporel. Une certaine plasticité de l'environnement par

l'utilisation des traces comme inscriptions support au développement d'outils et de pratiques est ainsi rendue possible.

En cinquième et dernier lieu, remarquons enfin que si de nombreux systèmes grand public, notamment de recommandation, utilisent les traces d'activité de façon quantitative, il s'avère que cette utilisation est de plus en plus effectuée de façon qualitative et individualisée en lien avec le développement du web et des réseaux sociaux. Par exemple, un moteur de recherche utilisera ma connexion à un réseau social pour me signaler sur une page de résultats le nombre de fois où j'ai visité une page, ou bien le fait que des personnes que je connais ont apprécié telle ou telle page. Ce développement illustre la portée qu'est en train de prendre l'utilisation des traces et les enjeux de vie privée et éthiques associés : si les traces d'activité sont des données personnelles, comment les maîtriser ? Qu'autorise-t-on autrui à faire à sa trace d'activité ? Pourquoi ? En quoi est-il possible d'en contrôler l'utilisation ?

4.1.3 Vers des systèmes d'interprétation orientés traces à base de modèles

Nous pouvons désormais nous concentrer sur ce qui nous occupera jusqu'à la fin de ce chapitre, la possibilité de concevoir et de construire des systèmes d'interprétation orientés traces qui puissent servir différents types d'interprétations automatiques ou interactives comme structurations d'inscriptions de l'activité mobilisées comme traces numériques explicites.

Lecture active de traces et systèmes d'interprétations. Au sens large, l'interprétation d'inscriptions numériques comme traces peut impliquer n'importe quel outil informatique, car c'est l'utilisateur qui interprète et non la machine. Le cas qui nous intéresse en premier lieu est celui où les inscriptions numériques sont *temporellement orientées*, c'est-à-dire sont manipulées au moyen d'un outil qui utilise leur temporalisation.

Nous appelons les outils de manipulation d'inscriptions d'activité en lien avec leur temporalité des outils de *lecture active de traces*, des *systèmes d'interprétation orientés traces* qui permettent à leur utilisateur de construire une représentation pertinente de l'activité passée mobilisée dans l'activité présente. La mobilisation des traces en tant que telles exige en effet d'avoir la possibilité de construire une perspective sur les inscriptions dont elles sont composées, au cours d'une interprétation active soutenue par des outils.

De tels outils n'ont pas à être complexes, ni à mobiliser explicitement les traces, du moment qu'ils permettent de mobiliser des inscriptions numériques manipulées en tant que données temporelles. Par exemple un outil permettant de catégoriser des fichiers à partir de couleurs et de les organiser temporellement en fonction de leurs dates de modification est de fait un outil de lecture active de la trace d'activité des modifications de fichiers. Ces systèmes d'interprétation peuvent impliquer d'autres modes de manipulation des inscriptions, par exemple s'il s'agit de compter les fichiers modifiés en des indicateurs, ou de construire un bilan de l'activité qui résume une après-midi de rédaction, après avoir copié-collé les informations de modification dans un éditeur de texte.

De tels outils permettent de construire des pratiques d'interprétation et de mobilisation de traces, pratiques qui peuvent être partagées, conduisant à des modes d'interprétations partagés, à des modes de visées communes de l'activité passée.

Système d'interprétation de traces numériques explicites. Alors que les inscriptions numériques temporellement orientées peuvent n'avoir un statut de traces que comme structures informationnelles non canoniques (par exemple il n'existe pas forcément une trace de l'activité de modification de fichiers), nous qualifions d'*explicites* des inscriptions numériques

temporellement orientées qui se présentent explicitement en tant que *mises ensemble au sein d'objets traces*. La notion de trace est alors réifiée techniquement dans le système, les traces sont canoniques.

Une trace explicite permet de rassembler dans un objet des inscriptions variées qui y participent au titre commun de *composants* et deviennent manipulables de façon *homogène*. La bonne propriété est qu'on peut alors aisément d'une part s'affranchir de la barrière et de la rigidité des applications, d'autre part considérer des actions et des événements de manipulation aussi bien que des éléments d'interface ou d'objets du domaine²⁵.

Un système d'interprétation de traces explicites est alors une technologie intellectuelle visant à soutenir l'interprétation de traces numériques d'activité explicites *via* des présentations et des manipulations variées qui en permettent l'exploration, la construction de produits d'interprétation et le partage de ceux-ci.

Si nous étudions les caractéristiques que doivent posséder de tels systèmes, en lien avec les différentes applications que nous avons étudiées, nous pouvons considérer la gestion de la collecte des traces, la gestion de bases de traces, des droits associés et de leur partage, la fourniture et la gestion de services de traitements correspondant à des interprétations automatiques, enfin des outils interactifs permettant la gestion de traces (suppression, nettoyage) et leur structuration (visualisation, recherche, transformation, partage, *etc.*).

Nous favorisons une approche *générique* à base de *modèles* des systèmes d'interprétation orientés traces qui autorise tout à la fois de mettre en place des traces et des manipulations correspondant à des applications variées, tout en permettant une gestion homogène des données et des traitements. Le restant de ce chapitre vise à présenter plusieurs travaux autour de l'approche Musette puis des systèmes à base de traces modélisées qui correspondent à ce type d'approche.

4.2 Modéliser et manipuler les traces d'activité

Cette section est donc l'occasion de présenter nos travaux de modélisation autour des systèmes d'interprétation de traces explicites modélisées²⁶, nous consacrerons la section suivante à des travaux plus pratiques.

4.2.1 Approche Musette

L'approche *Musette* (Modéliser les Usages et les Tâches pour Tracer l'Expérience) est une approche d'ingénierie des connaissances qui vise essentiellement à modéliser, à stocker et à exploiter des traces d'utilisation d'un système informatique appelées *expérience d'utilisation*.

Le terme *expérience* peut être considéré selon au moins trois sens : expérience vécue (vivre une expérience, maintenant), expérience réalisée (avoir fait une expérience, dans le passé) et expérience accumulée (avoir de l'expérience). L'expérience *vécue* au sens propre n'est pas modélisable, seules peuvent être modélisées des inscriptions mobilisées dans l'activité associée qui peuvent servir de support à un revécu. L'expérience *accumulée* correspond en fait à la définition plus générale de connaissance, comme capacité à agir, à interpréter *du fait* des expériences vécues auparavant. En tant que telle elle n'est pas non plus modélisable

25. Propriétés qui ne sont pas éloignées de celles des structures informationnelles.

26. Bien évidemment, les différents travaux que nous présentons ici sont antérieurs à l'écriture de la présentation synthétique qui précède, et ne doivent pas être considérés comme une implémentation directe de celle-ci. Nous considérons néanmoins qu'entre nos premiers travaux sur les traces (Prié et collab., 1999) et ce mémoire les mêmes lignes de pensées se déroulent et convergent.

(il est toutefois possible de prendre un point de vue extérieur pour une modélisation par exemple orientée gestion des compétences). L'expérience *réalisée* est quelque chose qui a eu lieu, descriptible d'un point de vue externe à l'activité dans une posture d'analyse ou de réflexivité. Il est alors possible de modéliser la manière dont on souhaite représenter l'activité comme organisation des inscriptions de celle-ci, et c'est cette expérience que vise en premier lieu la notion de trace d'utilisation d'un système. La présentation qui suit présente rapidement les concepts principaux de l'approche *Musette*, puis quelques applications^{27 28}.

Point historique. Les premiers travaux (Prié et collab., 1999 ; Prié, 1999) aux origines de *Musette* visaient tout d'abord à décrire les tâches d'un utilisateur exploitant un système d'annotation en vue de fournir une assistance à son utilisation. Parmi les notions introduites à cette occasion figurait celles de *modèle d'utilisation* (objets de base de l'outil informatique et leurs relations générales) et de *modèle de tâche* (relations particulières entre objets du modèle d'utilisation au cours d'une tâche particulière). Un *cas d'utilisation*²⁹ était alors une instance d'un modèle de tâche, considéré comme expliqué par les relations du modèle d'utilisation ainsi que celles du modèle de tâche le décrivant. Une idée importante était que le modèle de tâche ne devait pas être complet, mais simplement mettre en évidence une configuration remarquable des objets manipulés au cours de l'utilisation du système, agissant comme signature de la tâche, assumée comme partielle. La deuxième phase des travaux a ensuite pris pour objet la notion de *conteneur de connaissances*³⁰ défini comme n'importe quel objet informatique mettant en jeu des connaissances lors de son utilisation (Prié et Mille, 2000 ; Champin et collab., 2002). Un tel objet peut être considéré soit isolément, sa structure interne exhibant de façon explicite son fonctionnement *interne* (boîte de verre), soit par son insertion dans une structure, laquelle exhibe alors le fonctionnement *externe* de l'objet (boîte noire). Dans ce cadre, une *trace d'utilisation* est une structure externe particulière (temporelle), décrite par un modèle d'utilisation, mettant en évidence la mobilisation des objets dans l'activité notamment par les opérations qui leur sont appliquées. Les modèles de tâches ont des instances cas d'utilisation (ou épisodes d'utilisation) réutilisables dans le cadre d'une assistance à la tâche. La troisième phase a enfin été la consolidation de l'approche désormais appelée *Musette* (Champin et collab., 2003 ; Champin et collab., 2004), en précisant les concepts, les grandes classes de réutilisation de l'expérience tracée en allant au-delà de l'assistance et en thématissant mieux le Raisonnement à Partir de l'Expérience Tracée comme extension du RàPC.

Concepts principaux. La figure 4.2 présente la structure générale de l'approche, du niveau de l'observation de l'interaction (en haut à gauche) jusqu'à celui de la ré-utilisation de la trace. Un utilisateur interagit avec un système, opérant des modifications dans son espace

27. Cette section reprend des éléments du chapitre récapitulatif sur l'approche MUSETTE (Laffaquière et Prié, 2009b) publié dans (Egyed-Zsigmond et collab., 2009) qui fait un bilan des travaux réalisés avant 2005.

28. Par faute de place, nous ne faisons qu'évoquer une approche de modélisation de l'expérience d'utilisation équivalente qui a été proposée en parallèle au cours de sa thèse par Elöd Egyed-Zsigmond et collab. (2003) au sein du projet RNRT RECIS. Dans cette proposition sont considérés des *utilisateurs* manipulant des *objets* suivant des *procédures*, la trace étant un graphe regroupant modèles et instances, et les requêtes se décrivant par des *graphes potentiels* (cf. Strates-IA (Prié, 1999)). L'approche — nommée *Trèfle* — visait à fournir de l'assistance à partir d'épisodes correspondant à des sous-graphes pertinents retrouvés dans la trace.

29. La notion de cas d'utilisation, différente des *use cases* d'UML, décrit une réalisation singulière d'une tâche au cours de l'activité, elle correspond à un épisode d'utilisation jugé intéressant, qui sera un cas au sens du *Raisonnement à Partir de Cas* (RàPC) (Aamodt et Plaza, 1994) et pourra donc être stocké, retrouvé, adapté, mobilisé pour fournir une assistance à l'utilisateur fondée sur l'expérience d'utilisation passée.

30. *Connaissance* ici pris au sens classique de représentation formelle de connaissances.

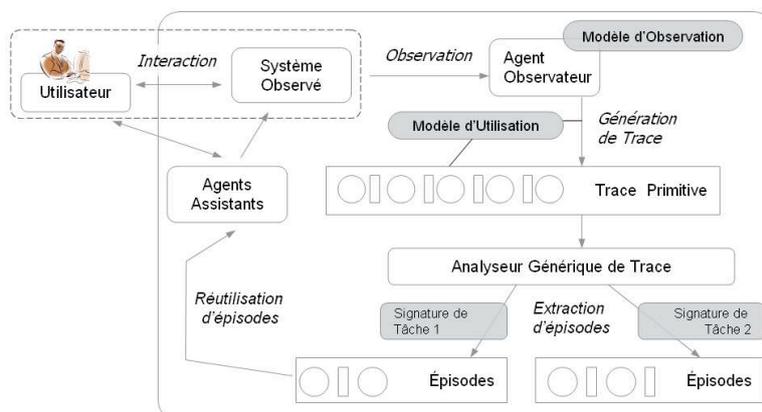


FIGURE 4.2 – Approche générale Musette

de travail. Un agent observateur, guidé par un modèle d'observation, génère à partir de ces modifications une trace primitive — considérée comme signifiante pour l'utilisateur — en respectant un modèle d'utilisation. Un analyseur générique de trace en extrait alors des épisodes significatifs, en accord avec des signatures de tâches expliquées. Ces épisodes sont réutilisés par des agents assistant l'utilisateur dans sa tâche, qui se présentent soit distinctement du système, soit modifient celui-ci.

Un modèle d'utilisation (MU) décrit un ensemble d'*objets d'intérêt* (OI), éléments d'interaction choisis pour être constitutifs de la trace (figure 4.3). Ces objets sont soit des *entités* (objets « présents » pour l'utilisateur dans son interaction avec le système, par exemple une *Requête*), soit des *événements* (objets qui « ont lieu », qui « se passent » durant cette interaction, par exemple une *Modification de requête*), soit des *relations* (binaires et pouvant lier indifféremment des entités et/ou des événements, signifiant par exemple qu'une requête a été modifiée, ou qu'elle a permis de trouver un document). Un modèle d'observation (MO) décrit les règles permettant la construction d'une trace primitive : calcul des objets d'intérêt et organisation de ceux-ci. Une telle trace est une alternance d'*états* regroupant des entités, et qui représentent des états pertinents du système observé pendant une certaine période de stabilité ; et de transitions regroupant des *événements* significatifs entre deux états. États et transitions structurent un graphe dont les nœuds sont des entités et des événements étiquetés par l'ensemble de leurs attributs et dont les arcs sont des relations. Si une telle structuration peut faire perdre leur rôle temporel aux entités et aux événements regroupés sans ordre temporel au sein d'un état ou d'une transition, cela importe peu car aucune relation causale n'est définie a priori dans le modèle (en particulier les entités d'un état associé aux événements de la transition à suivre, n'impliquent pas obligatoirement l'état suivant).

Les *signatures de tâche expliquées* (SiTEx ou ExTaSi *Explained task signatures*) sont homogènes à la trace, et décrivent une forme d'utilisation du système — une sorte de « pattern de tâche » (Paternò et collab., 1997) — comme un graphe d'objets d'intérêts, d'événements, de relations, d'états ou de transitions, plus ou moins spécifiés et associés à des contraintes, qu'il faudra instancier dans la trace primitive pour en extraire des *épisodes* (la méthode de requête est un isomorphisme de sous-graphe partiel entre le graphe requête et le graphe de la trace). Une signature de tâche est *expliquée* quand à son motif sont associés des éléments structurels supplémentaires appelés *annotations* qui l'enrichissent, et donc pourront enrichir

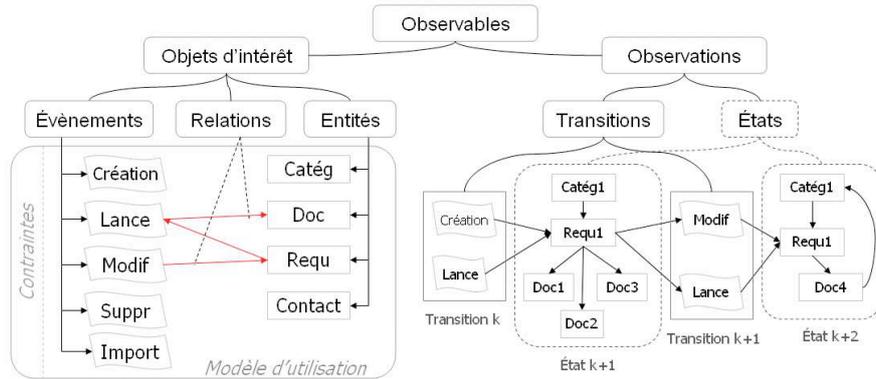


FIGURE 4.3 – Des objets d'intérêt *Entités* et *Événements* organisés dans une trace composée d'états et de transtions

les épisodes retrouvés de connaissances formelles supplémentaires³¹. Ces épisodes considérés comme significatifs d'une tâche particulière, enrichis, sont potentiellement réutilisables par des assistants.

Modes de facilitation ou d'assistance. Un agent assistant spécifique se caractérise donc par une ou plusieurs signatures correspondant aux tâches qu'il souhaite assister, permettant de fournir à l'utilisateur des informations idoines. Plusieurs types d'agents assistants ont été imaginés. Un agent assistant *classique* prenant en charge plusieurs tâches *via* leurs signatures, peut explorer la trace courante et suggérer (ou accomplir), au fur et à mesure, des actions qui semblent pertinentes, ce qui correspond à une assistance standard par reconnaissance de tâche. On peut également proposer des agents *réactifs*, mobilisés uniquement à la demande de l'utilisateur, qui lorsqu'ils sont appelés tentent d'identifier la tâche engagée (par exemple un début d'épisode connu) pour trouver dans la trace des épisodes similaires et s'en inspirer pour proposer automatiquement des opérations à effectuer de façon à prolonger l'action de l'utilisateur. Si l'agent assistant n'a pas de suggestion pertinente à fournir, il est alors possible de simplement proposer à l'utilisateur de *consulter* les épisodes retrouvés, en lui permettant d'identifier lui-même les épisodes correspondant à sa situation actuelle, ce qui peut alors lui inspirer une solution que le système n'aurait pu fournir sur la seule base de la trace. Il est également possible que l'utilisateur définisse lui même par adaptation les signatures de tâches pertinentes, en change les explications ou bien au moins signale les épisodes qui sont significatifs de son point de vue, manipulant des requêtes de structuration de la trace suivant un point de vue interprétatif personnel.

Le fonctionnement d'un système d'assistance basé sur des épisodes significatifs se rapproche de celui des systèmes de Raisonement à Partir de Cas, que certains travaux de recherche avaient déjà tenté de transposer directement dans un contexte d'assistance à l'activité d'un utilisateur, par exemple par le partage de « cas de navigation mutualisables » (Jaczynski et Trousse, 1999). La différence de l'approche *Musette* repose sur le fait de ne plus considérer des cas dont la forme est fixée une fois pour toutes dans un cycle de RàPC³², mais

31. On peut voir les signatures de tâches expliquées comme des règles d'inférences permettant l'enrichissement d'épisodes.

32. Le RàPC se base sur le stockage dans une base de « cas » concrets d'utilisation d'un système modélisés

d'une part des traces, d'autre part des épisodes extraits des traces suivant des mécanismes génériques décrits par des motifs. Ces épisodes pourront servir de cas — le *Raisonnement à Partir d'Expérience Tracée* (RàPET) est d'ailleurs une thématization de ces principes (Mille et collab., 2006) — mais également être utilisés autrement que dans un RàPC *stricto sensu* (présentation à l'utilisateur, analyse, assistance indirecte, etc.).

Démarche de modélisation. Une méthodologie de modélisation associée à *Musette* a été proposée (Lafraquière et collab., 2005) en lien avec ses travaux sur la veille informatiquement médiée, ses différentes tâches et l'assistance qu'il était possible de lui amener, notamment dans l'instrumentation du logiciel *Human-Links*. La démarche consiste à d'abord définir la tâche à assister et le système à observer, puis à en modéliser l'utilisation. L'enjeu principal ici est de choisir quels éléments de l'utilisation du système seront capables de décrire, une fois mis en relation dans une trace, la réalisation de la tâche à un niveau d'abstraction satisfaisant. Le choix des objets d'intérêt est ici avant tout guidé par d'éventuelles signatures de tâche que le modélisateur anticipe et souhaite repérer. Une analyse participative du travail doit être menée afin de repérer les difficultés inhérentes à la réalisation de la tâche dans la situation dans laquelle est exploité le système observé et pour fournir quelques pistes concernant d'éventuelles signatures pertinentes. Les objets d'intérêt doivent donc être définis, sans poser de contraintes hiérarchiques *a priori*, ni sur un niveau d'abstraction particulier, ni même sur la nature particulière d'un objet. La contrainte majeure et centrale est que ces objets d'intérêt doivent être accessibles (compréhensibles) aussi bien à l'utilisateur qu'à son système, i.e. qu'ils soient exprimables d'une manière ou d'une autre dans un « langage commun ».

Bilan. Au-delà de l'assistance qui était l'objectif principal de *Musette*, et dont on peut voir, au-delà de l'assistance à l'utilisation d'un logiciel de veille, un autre exemple dans l'assistance à l'utilisation d'une suite logicielle de conception 3D (Mille et collab., 2006), l'approche a également été utilisée dans le cadre de l'analyse d'activité à base de traces. L'objectif du projet *Mnesis* (Michel et collab., 2005) était de déterminer comment une population de personnes très âgées, *a priori* non formées à la manipulation d'un environnement TIC, allait s'approprier concrètement un dispositif spécifiquement conçu pour elle. La démarche choisie a alors conduit à utiliser une observation à base d'enquêtes et de traces, un modèle d'utilisation du logiciel *Activital*³³ a été créé, spécifiquement conçu et implémenté (modélisation de l'utilisation des jeux, du courriel, mais aussi de la frappe au clavier). Les traces ont notamment permis de relever des profils d'usage variés (Michel et collab., 2009). Citons pour être complet l'extension de *Musette* que nous avons proposée dans un cadre collectif dans l'approche *Mazette* (*Multi-Agent Musette*) dans laquelle la problématique applicative de la description à base de trace d'une ontologie, mais aussi du partage de traces par des agents réactifs a été abordée (Arana et collab., 2004). Au final, l'approche *Musette*, bien que générique, n'a pas donné lieu à une implémentation générique et ne compte finalement que peu d'applications effectives. Les travaux se sont en fait prolongés dans les systèmes à base de traces modélisées, dont *Musette* était donc une préfiguration fixant une grande partie des thématiques qui ont suivi.

sous la forme *problème-solution*, qui pourront être remobilisés pour assister l'utilisateur. La construction d'un système RàPC suppose donc de définir précisément quelle est la structure des cas, comment ceux-ci sont stockés, mémorisés, utilisés, au préalable à la construction du système. Changer le modèle de cas revient à changer le système.

33. Proposé par la société SBT — <http://www.sbt.fr/>

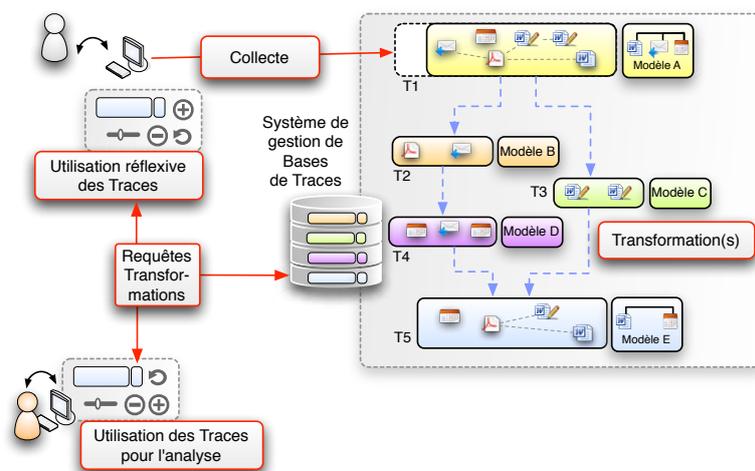


FIGURE 4.4 – Principe général des systèmes à base de traces modélisées

4.2.2 Systèmes à base de traces modélisées

L'approche des *systèmes à base de traces modélisées* (SBTm) (Lafraquière et collab., 2006) peut être vue comme une généralisation de Musette visant notamment à prendre en compte de façon unifiée les différents usages des traces développés dans l'équipe Silex, tels que l'assistance (RàPET), l'adaptation dans les EIAH (Settoui et collab., 2010), la génération de profils d'apprenants à partir de traces (Eyssautier-Bavay et collab., 2009), l'analyse à base de traces (Georgeon, 2008), le support à la confrontation entre la logique d'usage et d'utilisation (Mille et Prié, 2006) et enfin la réflexivité au sens large (Lafraquière et Prié, 2007).

Les traces modélisées sont des traces dont les composants, appelés *observés* sont associés à des modèles de traces. Les systèmes dont le fonctionnement implique à des degrés divers la mobilisation de traces modélisées sont logiquement appelés systèmes à base de traces modélisées (SBTm). Leur principe générique de fonctionnement est illustré par la figure 4.4, qui met en évidence plusieurs fonctionnalités importantes :

- la *collecte* vise à alimenter le dispositif à partir de données issues de l'observation de l'activité ;
- le *requêtage et les transformations* offrent des outils d'interrogation et de transformation des traces, c'est-à-dire d'interprétation automatique ;
- l'*utilisation* concerne tous les outils donnant concrètement accès à la trace en vue de sa mobilisation dans l'activité de l'utilisateur de trace : visualisation interactive, fourniture à un autre système (par exemple assistant), etc.

Nous décrivons dans la suite de cette section les principaux éléments de l'approche.

4.2.2.1 Traces modélisées

L'observation d'une activité instrumentée consiste à construire une trace numérique interprétable comme telle, c'est-à-dire à *réduire* l'activité à sa description dans une trace. Les limites de cette réduction de la situation aux inscriptions sélectionnées et interprétées automatiquement sont celles de l'instrumentation de l'observation mise en place. Le cas le plus fréquent comporte un sujet (un acteur) qui mène l'activité et un système composé des outils numériques variés et des objets qu'il mobilise, appelé *système observé*. La trace portera la

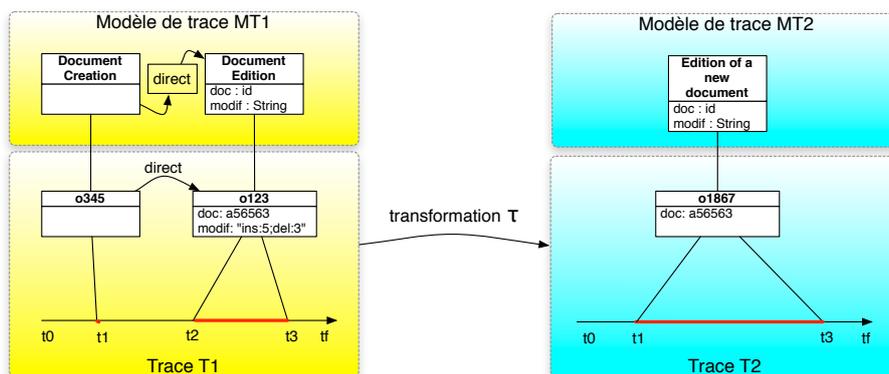


FIGURE 4.5 – Deux traces modélisées : T1 décrit la création d'un document suivi de sa modification immédiate (*directe*), T2 est obtenue par transformation à partir de T1.

marque de la situation dans son *extension temporelle* (dénotant le temps de l'observation), ses *observés* (le contenu de la trace) et son *sujet* (qui a été observé dans son activité)³⁴.

Éléments observés (obsels) et traces. Issues d'une observation, les inscriptions d'une trace sont appelées des *éléments observés* ou *obsels* (*observed elements*) ou simplement *observés*. Ces observés sont des inscriptions construites à partir des inscriptions mobilisées dans l'activité, ce sont des objets structurés.

Une trace numérique est donc composée d'obsels qui sont situés les uns par rapport aux autres en lien avec le temps de l'activité tracée et la séquentialité des opérations du système considéré. L'arrangement peut être séquentiel (chaque obsel est suivi et/ou précédé par un autre) ou passer par une référence de temps commune. On dira qu'un obsel est *temporellement situé* dès le moment où il est associé à un élément de la représentation du temps de la trace à laquelle il appartient. Dans le cas où la représentation du temps³⁵ est une séquence, l'accent sera mis sur la relation d'ordre entre observés. Dans le cas où cette représentation temporelle est chronologique, l'observé pourra être associé à un instant ou à un intervalle de temps, et on pourra s'intéresser aux relations temporelles entre observés. L'extension temporelle de la trace est l'intervalle temporel correspondant à la période d'observation.

Un autre type de structuration que la structuration temporelle native est possible, puisque les obsels peuvent être associés par des relations binaires. Une trace peut alors être définie comme *collection d'observés temporellement situés, structurée par leurs relations*³⁶. La figure 4.5 présente (en bas) deux traces T1 et T2, pourvues de la même extension temporelle $[t0, tf]$ et de deux observés en relation pour T1 et un observé pour T2.

Trace modélisée. En toute généralité, un modèle de trace est une description abstraite du contenu d'une trace, une ontologie de la trace qui en décrit les composants³⁷. Les observés et

34. Dans le cas où l'on souhaite considérer plusieurs éléments de la situation comme ayant une certaine autonomie (agents humain ou logiciels), alors on considérera plusieurs sujets pour les observés et la trace. Nous y reviendrons avec la notion de trace conjointe.

35. On appelle *Domaine temporel* une telle représentation du temps.

36. Pour compléter cette définition réduite, il faut y ajouter le domaine temporel, l'extension temporelle, le sujet, etc.

37. Si toute trace numérique possède par définition un modèle et une sémantique associée, ceux-ci ne sont pas forcément explicites (par exemple un *log* a un modèle implicite décrit dans sa documentation, et une

leur relations d'une trace seront alors *typés* par des *types d'observés* et des *types de relations* définis dans le *modèle de trace* associé à cette trace.

On définit plus précisément un modèle de trace comme une *spécification formelle d'une structure d'observés décrivant comment sera représenté le résultat de l'observation d'une situation, sous la forme d'observés et de relations*. Un tel modèle définit au minimum le type des observés, leurs attributs et les relations qui peuvent intervenir dans les traces qui lui sont conformes. Il peut également comporter des contraintes supplémentaires (e.g. tel type d'observé est forcément instantané ; les observés d'un certain type ne peuvent pas se chevaucher, *etc.*). La figure 4.5 décrit (en haut) deux modèles de traces MT1 et MT2, contenant respectivement deux types d'obsels et un type de relation, et un unique type d'obsel.

On définit au final une *trace modélisée* (ou m-trace) comme *toute trace issue d'un processus de collecte, composée d'observés temporellement situés, et conforme à un modèle de trace*. Les traces modélisées seront mobilisées explicitement au sein de systèmes associés.

4.2.2.2 Collecte de traces

Le processus de collecte vise à produire une trace modélisée exploitable, à partir de sources de données appelées *sources de collecte*. Ces sources de collecte relèvent de différentes techniques de traçage de l'activité par instrumentation de la situation et du système observé : ce pourront être des fichiers logs, des flux d'événements, des frappes clavier, des enregistrements vidéo ou audio (caméra externe, enregistrement d'écran), des notes, *etc.* Les sources de collecte peuvent être *actives* (sondes) ou non (inscriptions mobilisées, par exemple fichier), elles peuvent être définies par le concepteur du système (sondes internes) ou non (sondes externes, par exemple système d'exploitation, *keylogger*). La collecte elle-même peut se faire pendant l'activité ou après celle-ci (auquel cas elle pourra impliquer une part manuelle), être mono-application ou multi-applications, mono-système ou multi-systèmes, elle pose donc des questions techniques importantes notamment liées à la synchronisation³⁸. Elle peut enfin être automatique ou impliquer une part manuelle, par exemple quand un analyste va reporter ses notes temporalisées dans le système, ou bien annoter une vidéo correspondant à l'enregistrement d'une situation.

La trace obtenue à l'issue de la collecte est qualifiée de m-trace *première*. Comme son nom l'indique, cette trace première est la première dont on puisse considérer, à l'issue du processus de collecte, qu'elle est modélisée explicitement dans les termes du système, et donc pleinement manipulable et exploitable par celui-ci. Nous pouvons maintenant préciser nos définitions. La collecte est le *processus qui consiste à créer une trace première et à y ajouter des obsels obéissant à un modèle de trace à partir d'une ou plusieurs sources de collecte*. Un collecteur (ou système de collecte) est *tout dispositif matériel et/ou logiciel permettant la construction d'une trace première conforme à un certain modèle de trace*.

4.2.2.3 Système de gestion de bases de traces

Base de traces. L'ensemble des traces manipulées dans un SBTm forme une *base de traces*. Certaines traces sont dites *fermées* quand elles n'évoluent plus, ou *ouvertes* quand elles sont associées à une collecte qui n'est pas terminée et qu'elles peuvent évoluer au cours du temps.

sémantique opérationnelle dans les outils qui en manipulent les informations) : l'objectif d'une approche des traces à base de modèles est alors d'explicitier formellement ces modèles.

38. C'est pourquoi des architectures de collecte peuvent être présentées en tant que résultats de recherche, avant même qu'une application les utilisant aie été définie (Dragunov et collab., 2005).

Une base de traces est gérée techniquement dans un *système de gestion de bases de traces* (SGBT) qui assure les services de conservation des traces, gestion des droits, résolution de requêtes et transformations. Les requêtes se font soit sur les propriétés des traces (date, modèle...), soit sur leur contenu (obsels) par exemple pour en extraire des épisodes ou des indicateurs statistiques ou non. Les transformations sont des requêtes spécifiques qui s'appliquent sur des traces et produisent des traces comme résultat, appelées *traces transformées*. La transformation d'une trace vise en général à la simplifier ou à l'abstraire afin d'obtenir une trace plus facilement exploitable : elle est la matérialisation d'une interprétation. La figure 4.5 présente un exemple de transformation de la trace T1 en la trace T2, par réécriture de deux obsels source en un unique obsel résultat, qui agrège certains attributs et *timecodes* de temporalisation.

D'autres services sont offerts par un SGBT, notamment la possibilité de pouvoir *amender* une trace (modifier un obsel, supprimer un obsel³⁹) ; ou bien d'*annoter* un obsel (lui ajouter des informations quelconques) qui est une opération neutre.

Concevoir un SGBT nécessite de formaliser plus précisément ce que sont les traces et les transformations, ce que nous présenterons dans la section section 4.2.3.

Transformation de traces. Une trace première obtenue à partir de la collecte est amenée à être enrichie et réécrite par des processus de transformation menant *in fine* à une ou plusieurs traces mobilisables par l'utilisateur ou par un programme extérieur.

Précisément, on appelle *exécution de transformation* un processus consistant à produire une nouvelle trace (trace transformée) à partir d'une ou plusieurs traces sources, conformément à une méthode de transformation. Une méthode de transformation est la documentation formelle ou non, plus ou moins opérationnalisable, d'une exécution de transformation. Une exécution de transformation peut alors être *automatique* (si la méthode de transformation correspondante est suffisamment formalisée), ou bien *manuelle* (auquel cas la méthode de transformation prend la forme d'une simple documentation). Lorsqu'il n'y a pas d'ambiguïté, on parlera simplement de transformation pour désigner soit une exécution de transformation, soit une méthode de transformation.

Il existe trois types principaux de transformations, qui peuvent être combinés. Tout d'abord, les transformations par *sélection d'observés* consistent à sélectionner des observés d'une trace source selon certains critères pour les réécrire dans la trace résultat. Une méthode associée à une telle transformation décrit alors essentiellement des règles de sélection (ou filtres) posant des contraintes sur les observés, le domaine temporel et les relations structurelles de la trace à transformer. Ce type de transformation est par exemple utilisé pour séparer les observés pertinents du bruit.

Ensuite, les transformations par *réécriture de motifs* consistent à rechercher des motifs dans une trace source pour les réécrire sous la forme d'autres motifs dans la trace transformée. Une méthode associée à une telle transformation contient des règles de réécriture de nouveaux observés à partir de motifs décrivant la forme des configurations d'observés à réécrire. Ce type de transformation permet par exemple de remplacer ou réécrire un ou plusieurs observés en un nouvel observé qui pourra décrire l'activité à un plus haut niveau d'abstraction (par exemple une suite de *modifications* d'un texte est réécrite en un observé décrivant une *édition de document*).

Enfin, les transformations par *fusion temporelle de traces* recopient les observés et les rela-

39. Opérations non-neutres eu égard aux transformations, puisqu'une modification d'une trace source peut entraîner une cascade de conséquences sur des traces dérivées.

tions de plusieurs traces sources dans une seule trace cible. Une telle transformation nécessite que les traces soient temporellement comparables, c'est-à-dire disposent de domaines temporels homogènes⁴⁰. La trace transformée par fusion obéit à un modèle de trace regroupant les modèles des traces fusionnées.

Les transformations peuvent être réalisées en « temps réel » sur des traces ouvertes, pour produire d'autres traces ouvertes (par exemple dans le cas d'une utilisation immédiate), ou bien sur des traces fermées, produisant alors d'autres traces fermées (cas d'utilisations hors du temps de l'activité immédiate, telles que analyse, rétrospection, *etc.*)

Lignées de traces. Nous avons défini les traces premières comme les traces issues de la collecte. Nous pouvons désormais être plus précis en les définissant comme des traces non transformées dans la base de trace à laquelle elles appartiennent. Une base de traces est alors composée de traces premières et de traces transformées. Par exemple la base présentée figure 4.4 contient une trace première T1 et quatre traces transformées (T1 est transformée en T2 et en T3, T2 est transformée en T4, T3 et T4 sont fusionnées en T5).

Un SGBT doit gérer un graphe des transformations qui ont été menées dans la base. Il s'agit d'assurer la traçabilité des transformations qui permettra d'*expliquer* l'interprétation automatique si besoin. Un concept utile pour mobiliser ce graphe de transformations est la notion de *lignée d'une trace* conçue comme l'ensemble des traces issues de cette trace par des transformations (T2, T3, T4 et T5 font partie de la lignée de T1). Un SGBT doit permettre de parcourir les lignées dans un sens et dans l'autre, c'est-à-dire, pour toute trace, d'accéder aux traces transformées dont elle est la source, tout comme aux traces sources ayant permis de la construire⁴¹. Une trace *émancipée* d'une lignée est une trace originellement issue de transformation dont les liens à sa ou ses traces sources ont été coupés.

Le cas des traces conjointes. Nous pouvons désormais aborder la question des traces liées à l'activité *conjointe*, c'est-à-dire collective, coopérative ou collaborative (Laflaquière et Prié, 2009a ; Laflaquière, 2009). On pourrait penser que la transformation par fusion de traces « individuelles » conduit directement à la création de traces qu'on pourrait qualifier de « collectives ». Cependant de telles traces ne peuvent qu'être composées d'obsels issus d'observations d'individus isolés et non de l'observation d'un groupe en tant que tel. Il convient donc d'aller plus loin dans la prise en compte explicite dans le modèle des acteurs effectivement observés. La notion de *sujet* d'une trace permet d'aborder une telle prise en compte au sein des traces *conjointes*.

Le raisonnement est le suivant : la transformation de traces permet de considérer la fusion en une seule trace T de deux traces T_1 et T_2 correspondant à deux utilisateurs différents (deux sujets s_1 et s_2). La question se pose alors de déterminer quel est le sujet de la trace résultante, qui pourrait être soit un double sujet (s_1, s_2) , soit le groupe composé des deux sujets s_1s_2 . Nous écartons cette dernière hypothèse, car pour que le sujet d'une trace soit un groupe, il aurait été nécessaire de considérer que c'est le groupe s_1s_2 qui a été observé explicitement, ce qui n'a pas été le cas. Nous considérons donc que le sujet d'une telle trace composée est (s_1, s_2) . La gestion formelle de ceci amène à considérer que chaque obsel d'une trace est associé à un sujet et que le sujet d'une trace est l'ensemble des sujets des observés de la trace (dans ce sens de calcul). La fusion de deux traces de deux sujets différents sera donc composée d'obsels de sujets différents (on pourra en considérer deux partitions correspondant

40. Par exemple on ne fusionnera pas automatiquement une trace séquentielle et une trace chronologique.

41. Cette traçabilité va en fait plus loin puisqu'on peut si on le souhaite garder la mémoire des *obsels source* qui ont été mobilisés pour construire d'autres obsels au cours d'une transformation.

à des traces mono-sujet). On peut alors qualifier une telle trace de *conjointe*. Dans le cas de l'observation d'un groupe, il convient de *décider* que c'est le groupe et son activité *en tant que groupe* qui sont observés, et de définir un sujet correspondant au groupe, ce serait par exemple le cas d'observés ayant pour sujet s_1s_2 ou *Binôme A*. Au final, la définition du sujet d'une trace est donc l'*ensemble des sujets des observés de la trace, construit à partir des sujets de ses observés*, qui peut être un singleton quand tous les observés ont le même sujet. Une trace conjointe est simplement *toute trace ayant un sujet de cardinalité supérieure à 1*.

Nous pouvons alors compléter nos définitions des transformations en définissant d'abord la notion de transformation par *enrichissement de trace* comme une transformation dont la trace résultante contient les mêmes observés que la trace source *plus* d'autres observés et relations. Nous définissons ensuite les transformation par γ -*enrichissement de trace* comme toutes les transformations par enrichissement qui ajoutent dans une trace soit des observés ayant un sujet référençant un groupe (constitué à partir de sujets de la trace source), soit des relations entre observés de sujets différents (γ signifie « groupe »).

La trace transformée résultante sera appelée une *trace conjointe γ -enrichie*. Une telle trace peut par exemple être issue de la fusion de deux traces individuelles T_1 et T_2 , et contenir un obsel o_1 « envoyer un message de chat » de sujet s_1 et un obsel o_2 « recevoir un message de chat » de sujet s_2 . Son γ -enrichissement peut consister à mettre en place une relation r_{12} entre o_1 et o_2 , ou bien à ajouter un obsel o_3 « échange d'information » de sujet (s_1, s_2) , permettant de matérialiser le fait que l'envoi de message par s_1 et la réception de message par s_2 sont liés et correspondent à quelque chose de commun dans l'activité collective (ici le fait que le message envoyé a été reçu).

4.2.2.4 Exploitation de traces.

L'exploitation des traces est réalisée par des applications à base de traces qui utilisent les services d'un SGBT pour stocker, interroger et transformer les traces. Une telle application peut couvrir toute la gamme des systèmes que nous avons présentés à la section 4.1.2 : visualisation interactive pour l'analyse ou la mémoire, assistance par contextualisation ou directe, *etc.* Au-delà de ces applications qui utilisent directement les traces, un SGBT peut alimenter d'autres systèmes qui pourront à leur tour les utiliser comme données (par exemple pour les fouiller). Tant que le système à base de traces utilise un SGBT pour stocker et transformer les traces qu'il manipule, il bénéficie des services de l'approche à base de modèle associée, notamment de la généralité des outils.

Une question se pose quant à la possibilité de fournir des outils génériques qui aillent au-delà de la simple gestion de bases de traces. La visualisation interactive nous semble un premier élément intéressant, qui permet de façon basique de présenter les obsels d'une trace, de naviguer temporellement et structurellement dans celle-ci, et de façon plus avancée de revenir aux traces dont elle est issue, de lancer des transformations, de la transformer manuellement, *etc.* Les outils basiques peuvent sans doute être partagés entre applications et domaines variés et être paramétrés par des *feuilles de style*, les outils avancés sont *in fine* des outils d'analyse de traces qui peuvent servir des objectifs variés. Le partage et la réutilisation de modèles de traces et des transformations associées nous semble un deuxième élément de généralité, qui permet *en même temps* le partage d'applications ou de parties d'applications comme modes d'appréhension et de manipulation des traces partagées. Remarquons que dans le cas de la présentation de traces, des modèles de traces associés à des transformations et à des feuilles de style de présentations correspondent peu ou prou à ce que nous appelions *matérialisation de pratiques* de systèmes d'interprétation au chapitre précédent.

4.2.3 Formalisation pour les systèmes à base de traces

On peut au final définir plus précisément un SBTm comme *tout système mobilisant des traces modélisées, c'est-à-dire associant un ou des collecteurs, un système de gestion de bases de traces*⁴², *une ou plusieurs applications rendant des services à base de traces modélisées à un ou plusieurs utilisateurs.*

Pour précise qu'elle soit, cette définition est cependant indépendante de toute formalisation précise et de toute implémentation : la notion de SBTm est générique et peut être formalisée de plusieurs manières. Comme il est clair que le noyau conceptuel et technologique d'un SBTm est le système de gestion de base de traces associé, cette section vise à présenter rapidement des éléments associés à la dimension formelle des SGBT et à en discuter l'implémentation.

Le travail de thèse de Lotfi-Sofiane [Settoui \(2011\)](#) a permis de proposer un cadre formel pour l'expression des traces modélisées et leur manipulation⁴³. L'objectif était de prendre en compte les contraintes liées à la représentation de traces modélisées, à la description des requêtes et des transformations qu'il est possible de mener sur ces traces, enfin à l'évaluation de requêtes et de transformations de manière *continue* sur des traces pouvant être ouvertes (pour pouvoir exploiter les traces pendant et après la collecte).

4.2.3.1 Traces modélisées et transformations

Une formalisation des modèles de traces et des traces a été proposée, ainsi qu'une définition des notions et de la syntaxe des *patterns* et de *templates* pour décrire les transformations, associées à une sémantique déclarative, dont nous essayons de donner un aperçu ci-dessous ([Settoui, 2011](#), pp. 87–136)⁴⁴.

Modèles de traces. Un modèle de trace est défini comme un tuple

$$M = (\mathcal{T}, C, R, A, \leq_C, \leq_R, \text{dom}R, \text{range}R, \text{dom}A, \text{range}A)$$

constitué de :

- un domaine temporel \mathcal{T} ,
- un ensemble fini C de types d'observé (ou classes) et un ordre partiel \leq_C défini sur C ,
- un ensemble fini R de types de relation disjoint de C et un ordre partiel \leq_R défini sur R ,
- un ensemble fini A d'attributs disjoint de C et R ,
- deux fonctions $\text{dom}R : R \rightarrow C$ et $\text{range}R : R \rightarrow C$ définissant le domaine et le codomaine des types de relation,
- deux fonctions $\text{dom}A : A \rightarrow C$ and $\text{range}A : A \rightarrow D$ définissant le domaine et le codomaine des attributs,

Un modèle de trace doit respecter la contrainte suivante pour garantir la consistance des hiérarchies de types :

$$\forall r1, r2 \in R, r1 \leq_R r2 \Rightarrow \text{dom}_R(r1) \leq_C \text{dom}_R(r2) \wedge \text{range}_R(r1) \leq_C \text{range}_R(r2)$$

42. Pouvant être réduit à sa plus simple expression, par exemple le simple stockage des traces.

43. Une première version de la formalisation est disponible dans ([Settoui et collab., 2009](#)).

44. Qui reprend et donne une direction légèrement différente à ([Settoui et collab., 2009](#)).

Intuitivement, un modèle de trace définit un vocabulaire pour décrire des traces en définissant : comment le temps est représenté (\mathcal{T}), comment les observés sont catégorisés et classés (C), quelles relations peuvent exister entre des observés (R), quels attributs décrivent chaque élément observé (A). Les domaines de début et d'arrivée contraignent les types de relations et les attributs qu'un observé d'un type donné peut avoir. Les ordres partiels \leq_C et \leq_R définissent des hiérarchies de types pour les observés et les relations. La dernière contrainte garantit la cohérence et la consistance du domaine et du codomaine pour une relation et ses parents dans la hiérarchie.

Traces modélisées. Une m-trace est alors définie comme un tuple

$$T = (M, id, obs, attr, rel)$$

constitué de

- un modèle de trace $M = (\mathcal{T}, C, R, A, \leq_C, \leq_R, domR, rangeR, domA, rangeA)$,
- un ensemble d'identifiants d'observés $id \subseteq V$ potentiellement infini avec V ensemble de toutes les valeurs littérales,
- une fonction totale⁴⁵ $obs : id \rightarrow C \times \mathcal{T} \times \mathcal{T}$ définissant l'ensemble, potentiellement infini, des observés de T . Chaque tuple $(i, c, s, e) \in obs$ est un observé tel que :
 - i est l'identifiant de l'observé. La définition de obs comme étant une fonction totale (au lieu d'une relation) assure que i identifie sans ambiguïté l'observé de la trace T ;
 - c est le type d'observé ;
 - s et e sont respectivement le temps de début et de fin de l'observé.
- $rel \subseteq R \times d \times id$ est une relation définissant l'ensemble, potentiellement infini, des relations existant entre deux observés.
- une fonction partielle⁴⁶ $attr : id \times A \rightarrow V$ définissant l'ensemble, potentiellement infini, des valeurs associées aux attributs des observés.

De plus, la trace doit vérifier les deux contraintes suivantes :

- une trace doit être *consistante* avec son modèle, i.e.
 1. $\forall (i, a, v) \in attr, obs(i) = (c, s, e)$ avec $c \leq_C dom_A(a) \wedge v \in range_A(a)$. Ceci permet de garantir la conformité entre les types des domaines et co-domaines des attributs.
 2. $\forall (r, i, i') \in rel, obs(i) = (c, s, e), obs(i') = (c', s', e')$ et $c \leq_C dom_R(r) \wedge c' \leq_C range_R(r)$. Ceci permet de garantir la conformité entre les types des domaines et co-domaines des relations.
- $\forall (i, c, s, e) \in obs, s \leq_T e$ (où \leq_T est la relation d'ordre du domaine temporel \mathcal{T}) pour garantir que le temps de début de l'observé est au moins inférieur à son temps de fin.

Intuitivement, une m-trace représente, en respectant un modèle de trace (M), un ensemble d'identifiants caractérisant les observés sans ambiguïté, un ensemble d'observés identifiés, typés et situés dans le temps (obs), en relation les uns avec les autres (rel) et ayant potentiellement des attributs valués ($attr$). Chaque observé (i, c, s, e) a exactement un type direct (obs est une fonction totale) ; on peut aussi noter que le \leq_C induit une représentation de hiérarchie de type, c'est-à-dire que chaque type $c \leq_C c'$ peut être considéré comme un type indirect de l'observé (i, c, s, e) . Il peut y avoir zéro, une ou plusieurs relation(s) entre deux

45. obs est définie sur chaque $i \in id$.

46. $attr$ peut être indéfinie pour certains $(i, a) \in id \times A$.

observés donnés (*rel* peut être n'importe quelle relation). Par ailleurs, les valeurs d'attribut ne sont jamais obligatoires.

Requêtes et transformations. Les descriptions qui suivent sont une version volontairement simplifiée de (Settouti, 2011).

Un *pattern* lié à un modèle de trace décrit des contraintes que doivent respecter des éléments décrits par des variables. Par exemple $P = ((x : Action) \text{ and } (x \text{ concerns } y))$ décrit des couples (x, y) d'obsels tels que x soit de type *Action* en relation *concerns* avec un obsel y . Un *pattern* complexe offre la possibilité d'utiliser la négation et des relations temporelles spécifiques associées à la négation.

Une *requête* est définie comme un ensemble de variables v_i associée à un *pattern*. Par exemple, la requête $Q1 = \text{Match } x \text{ To } ((x : Action) \text{ and } (x \text{ concerns } y))$ appliquée à une trace rendra l'ensemble des obsels x de type *Action* en relation *concerns* avec un obsel quelconque. Une requête complexe est associée à un *pattern* complexe.

Un *template de transformation* est la notion duale d'un *pattern*, il décrit la manière dont on peut *construire* des obsels à partir des informations trouvées dans le *pattern*. Par exemple $G1 = (z : ActionCopy), (z.start = x.start), (z.end = x.end)$ est un *template* associé à une variable x permettant de construire un observé z de type *ActionCopy* et de mêmes bornes temporelles que x .

Une *règle de transformation* associe un *pattern* à un *template*. Elle définit la construction de nouveaux observés conformes au *template* à partir des observés reconnus par le *pattern*. $R = \text{Construct } (z : ActionCopy), (z.start = x.start), (z.end = x.end)$ On $((x : Action) \text{ and } (x \text{ concerns } y))$ est par exemple une règle de transformation visant à construire des observés de type *ActionCopy* à partir d'observés *Action* en relation *concerns* avec d'autres obsels de types quelconques, en reprenant leur temporalisation.

Une *transformation* regroupe enfin un ensemble de règles de transformation. Par exemple $\tau = \{R\}$ est une transformation par réécriture. Une transformation complexe utilise des règles de transformation qui utilisent des *patterns* complexes⁴⁷.

Sémantique déclarative. La caractéristique des traces modélisées dans les SBTm est qu'elles peuvent être *ouvertes*, c'est-à-dire que les observés continuent d'arriver, envoyés par les collecteurs. La conséquence est qu'il est alors nécessaire de pouvoir évaluer une requête ou une transformation à tout moment (évaluation *continue* par opposition à évaluation *ponctuelle*) sur une trace évolutive. La propriété visée de monotonie stipule que le résultat d'une requête à $t2 > t1$ devra contenir le résultat à $t1$, et que les obsels d'une trace transformée à $t1$ ne devront pas être remis en cause à $t2 > t1$. On comprend alors le fait d'avoir séparé *patterns* simples et *patterns* complexes, car la négation a pour propriété de briser la monotonie d'une évaluation.

De façon très générale, le problème est le suivant : étant donnés un ensemble de règles de transformation et un flux entrant d'observés (ainsi que leurs relations et valeurs d'attribut associés) collectés dans une m-trace, quels sont les éléments qui sont dérivés par les règles de transformation⁴⁸ ? Pour répondre à cette question, il convient d'associer à la syntaxe des langages d'expression de transformation (et de requêtes) une sémantique qui en précise de façon non ambiguë l'interprétation lorsque ces transformations (ou requêtes) sont appliquées

47. Les langages simples et complexes sont appelés QML^- et QML^w pour les requêtes et $TQML^-$ et $TQML^w$ (TQML signifiant *Transforming and Querying Modelled traces Langage* et w simplement *without*).

48. Le problème est le même pour les requêtes.

à des traces modélisées. [Settouti \(2011\)](#) propose de répondre à cette question en définissant une sémantique déclarative formelle, sous la forme d'une théorie des modèles, définie récursivement sur la structure des expressions du langage TQML. Nous ne la décrivons pas ici en détails. Retenons simplement qu'elle prend en compte les m-traces telles que définies plus haut, leurs hiérarchies de types (type d'observé et type de relation), les observés et leurs attributs, leurs relations les uns avec les autres, et valeurs temporelles; et qu'elle est adaptée aux spécificités des traces : aspects temporels des patterns de requête, expressions dans les templates de règles de transformation, *etc.*

Il s'agit d'exprimer la satisfaction d'une transformation comme la recherche d'interprétations (de modèles) qui à la fois satisfont toutes les règles d'une transformation et contiennent le flux des observés entrant et nouveaux.

La sémantique de [Settouti \(2011\)](#) permet de traiter notamment le cas particulier des *auto-transformations* (la trace transformée cible est la trace source), ce qui va plus loin que les SGBT standards présentés, où la trace transformée (cible) est différente de la trace source :

- Dans le cas des transformations simples, il fournit une sémantique déclarative utilisant les notions de substitution et de satisfaction pour les allo- et auto-transformations.
- Dans le cas des transformations complexes, les auto-transformations posent des problèmes liés à la présence de la négation, en particulier l'existence de plusieurs modèles et la non-monotonie de l'évaluation. La non-monotonie est traitée par une approche dite de *stratification*, qui consiste à contrôler l'interprétation et à donner un ordre de préférence à l'application des règles (une stratégie qui revient en fait au cas d'un ensemble d'allo-transformations organisées le long d'une lignée considérée comme une seule). La multiplication des modèles est traitée par une théorie du point fixe spécifiant un modèle minimal non ambigu comme plus petit point fixe d'un opérateur de conséquence immédiate (qui dérive des nouveaux obsels à partir d'obsels connus). La preuve est ensuite donnée que l'interprétation des transformations stratifiées est bien définie et sans ambiguïté pour une auto-transformation. Le cas des allo-transformations complexes, plus simple, est résolu par la même occasion.

4.2.3.2 Implémentations

Vers une sémantique opérationnelle. Au-delà du travail de formalisation et de spécification d'une sémantique déclarative associée, il s'agit de définir comment implémenter concrètement des SGBT en définissant finalement des sémantiques opérationnelles qui obéiront à la sémantique déclarative. Il est alors nécessaire de s'appuyer sur des langages et des technologies existantes.

Lotfi-Sofiane [Settouti \(2011, pp. 137–169\)](#) a étudié différents travaux⁴⁹ proposant des langages se rapportant potentiellement aux SGBT sous l'angle de leurs capacités à modéliser les m-traces (hiérarchies dans les modèles et aspects temporels) et à mener des requêtes et transformations (en prenant en compte la négation, la gestion de flux de données entrantes, la transformation de m-traces, la sémantique formelle). Un bilan rapide permettra de retenir que RDF est le langage le plus adapté à la modélisation de traces, mais qu'il est peu efficace pour les requêtes et les transformations continues, à l'instar des SGBDR ou XML. Les langages pour traiter les flux offrent des opérateurs de négation et de détection temporelle associés mais ne permettent pas d'exprimer des règles de transformation contrairement aux systèmes

49. Les Systèmes de Gestion de Bases de Données Relationnelles (SGBDR), le traitement d'événements complexes (Complex Event Processing), les Systèmes de Gestion de Flux de Données (SGFDs), les systèmes à base de règles, les entrepôts XML et enfin les dépôts ontologiques RDF/OWL.

à base de règles. Certains langages sont en fait adaptés aux requêtes ponctuelles, d'autres aux requêtes continues. Le problème pour les SGBT est qu'il existe de nombreuses applications où on doit à la fois faire des traitements continus et ponctuels (on le verra par exemple pour le logiciel *Visu* où la trace est à la fois présentée aux utilisateurs pendant l'interaction et après celle-ci). Il pourrait être utile de considérer des approches *hybrides*, mais le prix en serait la complexification du système, puisqu'il faudrait alors maintenir la cohérence entre les données manipulées par les traitements continus et ponctuels.

Finalement, aucune des technologies étudiées ne permet une réification directe de la sémantique spécifiée. La conclusion de [Settouti \(2011\)](#) est qu'il convient de définir une sémantique opérationnelle en étendant un langage existant, en particulier RDF/OWL dans le cadre du web de données ou Datalog dans celui des bases de données déductives ([Abiteboul et collab., 1995](#)).

ATER. Le système *ATER* (Atelier pour la gestion de Traces, leurs Exploitations et Représentations) ([Settouti, 2011](#)) est un prototype qui a permis d'étudier la notion même de SGBT, de concevoir les sémantiques nécessaires et d'en mesurer les contraintes d'opérationnalisation. Il permet la collecte depuis des fichiers XML, la gestion de traces modélisées, de groupes, rôles et droits, ainsi que plusieurs visualisations différentes. Les traces sont stockées en RDF et un requêtage et des transformations minimales sont possibles en SPARQL. Un moteur d'interprétation de requêtes et de transformations de traces fondé sur Datalog qui implémente une partie de ([Settouti et collab., 2009](#)) (algorithmes 3, 4 et 5) a par ailleurs été développé, qui a vocation à y être intégré.

KTBS. *KTBS* (*Kernel for Trace-Based Systems*) est un système développé dans le cadre du projet ITHACA ([Champin et collab., 2009](#)) dont l'architecte principal est Pierre-Antoine Champin. Le cadre théorique choisi est celui des langages RDF/RDFS et SPARQL dont on a vu qu'ils se prêtaient bien à la sémantique déclarative définie pour les traces modélisées. Le système permet la collecte, la transformation et le requêtage de traces dont les modèles de traces sont des ontologies RDF-*Schema*. Il offre différentes API REST (*Representational State Transfer*) pour la collecte et les requêtes et est donc naturellement interrogeable en mode client serveur en utilisant HTTP. Les traces sont soit stockées, soit calculées au besoin si elles sont issues de transformations automatiques. Les transformations peuvent être spécifiées en SPARQL ou définies comme des méthodes du système. Des visualisations minimales de l'ensemble des composants gérés dans le système sont accessibles dans des pages web dédiées. KTBS est le SGBT utilisé actuellement dans les différents travaux de l'équipe SILEX, les outils génériques développés dans différents projets venant compléter la plateforme.

Plateforme Knowings. Nous devons également évoquer la plateforme de gestion de traces de la société *Knowings*, développée au cours du projet ANR *Procogec*, qui implémente une sous-partie de ([Settouti et collab., 2009](#)) (en particulier, si les traces sont bien modélisées, les modèles ne sont pas gérés par le système). La technologie utilisée est JAVA, qui implémente une API spécifiée dans une JSR (*Java Specification Request*). Cette plateforme est actuellement utilisée dans l'offre commerciale de Knowings et permet des traitements allant jusqu'au million d'observés.

Autres implémentations. Signalons enfin que de nombreux travaux de l'équipe SILEX ont vu la conception de Systèmes à base de traces modélisées qui en implémentaient de façon

ad hoc les systèmes de gestion de bases de traces associés, citons par exemple *Abstract* (Georjeon, 2008), *Geonotes*⁵⁰, *Ambre-Add* (Settoui et collab., 2010), *SBT-IM* (Djouad et collab., 2010), *Advene-traces* (Richard, 2010) ou *Visu V1* (Bétrancourt et collab., 2011). Ces projets montrent que les principes généraux de l'approche à base de trace ne sont pas dépendants de l'implémentation d'un SGBT générique, même si bien sûr ils en bénéficieraient, voire commencent à en bénéficier dans leurs évolutions récentes.

4.3 Travaux autour des traces modélisées

Au-delà des travaux formels et d'implémentation autour des SGBT comme noyau des systèmes à base de traces modélisées, de nombreuses recherches plus appliquées visent à étudier la manière dont les traces modélisées peuvent être mobilisées dans des systèmes d'interprétation de traces numériques explicites ou d'assistance au sens large. Ces directions de recherche sont par exemple :

- La fouille interactive de traces pour la construction de transformations, vue comme une assistance à la construction d'interprétations automatiques.
- Le Raisonnement à Partir de l'Expérience Tracée (RàPET) vu comme la recherche d'épisodes significatifs réutilisables dans une trace, dont les caractéristiques seraient fournies directement par l'utilisateur interprète de sa propre trace.
- Les modèles et outils pour la visualisation interactive de traces, la navigation dans une base de traces et ses transformations, *etc.*
- L'utilisation et la modélisation de traces en contexte collectif, la notion même de traces collectives.
- La documentarisation de traces comme continuation de l'interprétation dans une forme documentaire plus aisément partageable.
- L'ingénierie des traces modélisées conçue comme une démarche de modélisation associée à l'introduction des traces et des systèmes à base de traces dans les organisations.
- L'aspect « éthique et confidentialité » lié aux systèmes à base de trace⁵¹.

Parmi les nombreux travaux applicatifs qui s'inscrivent dans l'approche des systèmes à base de traces modélisées, nous présentons dans la suite quelques-uns pour lesquels nous avons été particulièrement impliqué. Ces travaux mettent notamment en jeu la partie visualisation et interaction avec les traces modélisées comme interprétation au cours de l'activité.

4.3.1 Traces et marquage dans les activités synchrones

Ce travail lié à au projet ITHACA⁵² a l'avantage de présenter un système à base de traces qui illustre un panorama relativement complet des notions que nous avons présentées et des différentes utilisations possibles des traces.

50. <http://praxis.inrp.fr/praxis/projets/geomatique/geonote/>

51. Sans avoir pour l'instant mené de véritable recherche sur ce sujet, nous pouvons donner les principes généraux qui sont les nôtres : nous considérons qu'un utilisateur est toujours propriétaire de ses traces, en contrôle la collecte (débrayage complet, débrayage partiel), ainsi que la diffusion et le partage. Pour cela, il convient pour chaque système de lui fournir une notification du traçage, par exemple un retour instantané (léger) sur ce qui est tracé et des outils permettant de gérer, d'explorer et d'interpréter ses traces.

52. ITHACA (*Interactive Traces for Human Awareness and Collaborative Annotation* — <http://liris.cnrs.fr/ithaca>) est un projet ANR regroupant dans sa deuxième mouture les Universités Lyon 1 et Lyon 2 ainsi que le TECFA de Genève. Le projet initial impliquait en plus l'entreprise *Elycée* <http://www.elycee.com/>.

4.3.1.1 Traces dans les applications collaboratives

L'environnement général que nous considérons est celui de l'activité collaborative synchrone, dans laquelle des utilisateurs interagissent en mobilisant des outils tels que chat, visioconférence, tableau blanc, partage d'écran, *etc.* Un tel environnement synchrone est, en tant qu'espace de collaboration, un espace de *médiatisation de l'interaction* qui permet de construire de l'intelligibilité mutuelle, de négocier des savoirs, d'adapter l'interaction et la tâche, *etc.* (Schmidt et Simone, 2000). En tant qu'il est synchrone, il amène en plus la dimension de l'*awareness mutuel* c'est-à-dire de l'« observabilité et de la perception mutuelle des activités » des autres rendues possibles par le partage quasi-instantané d'informations sur les actions de chacun (Salembier et Zouinar, 2004). Si les canaux audio et vidéo sont fondamentaux, d'autres notifications liées à l'articulation de l'activité peuvent être utilisées, qu'on pense par exemple à la notification, désormais classique, que quelqu'un est en train d'écrire dans un chat.

Notre objectif général dans ce travail était d'étudier en quoi l'introduction de traces dans un environnement synchrone pouvait fournir des éléments de facilitation ou d'enrichissement de l'activité. Il s'agissait alors d'une part d'étendre l'environnement à partir de traces pour construire des outils d'*awareness* individuelle (*mirroring*) ou mutuelle (indices d'activité, y compris en dehors de l'application synchrone), et d'autre part de fournir des outils à base de traces supportant des processus réflexifs (contextualisation, remémoration, *reflective follow-up*) dont les résultats puissent être partageables, permettant une réflexivité de groupe.

Approche générale La figure 4.6 (à gauche et en haut) illustre le cadre général choisi (Clauzel et collab., 2011). Un utilisateur a à sa disposition un outil synchrone ainsi que d'autres applications. Il dispose d'un SGBT qui peut collecter les traces des applications, les stocker et les partager vers d'autres SGBT d'autres utilisateurs. Deux types d'applications sont possibles techniquement : d'une part une *extension d'application synchrone à base de traces* (cas de l'utilisateur $u1$), d'autre part une *application autonome de visualisation et partage de traces* (cas $u2$ et $u3$). Le partage de traces peut être synchrone ou différé.

La figure 4.6 (à droite et en bas) illustre abstraitement une base de traces telle qu'elle peut être considérée dans un tel contexte. L'utilisateur $u2$ dispose par exemple de sa propre trace d'activité privée $T1$, qu'il peut transformer (par exemple censurer) pour la partager avec d'autres utilisateurs sous la forme de $T3$. Il peut par ailleurs y avoir des transformations de cette trace privée pour fournir une trace plus abstraite $T5$ plus pertinente que $T1$. Par ailleurs les utilisateurs $u1$ et $u2$ partagent leurs traces censurées qui sont disponibles dans la base de $u2$ sous la forme de $T2$ et $T4$. Les différentes traces partagées permettent le cas échéant de considérer une trace de groupe $T6$ qui pourra être à l'origine — une fois mise en relation avec $T1$ — d'une trace $T7$ représentant une vue de l'activité de $u2$ dans celle du groupe.

L'approche illustre les différentes façons dont on peut considérer les traces, tant pour enrichir l'interaction à partir des traces d'autrui, que ce soit pour l'assistance, l'*awareness*, la réflexivité individuelle ou de groupe. Trois points méritent d'être soulignés. Tout d'abord, il est possible de négocier au sein du groupe ce qui sera partagé, les collaborateurs pouvant décider par exemple dans une période de temps limitée de partager des traces plus riches qu'ordinairement. Ensuite, il est possible d'enrichir l'interaction synchrone par des éléments d'activité issus de l'activité complète y compris sur des applications non synchrones, car les mécanismes sont les mêmes. Enfin, il est bien entendu possible d'utiliser les traces y compris hors de l'activité synchrone, par exemple comme mémoire de ce qu'il s'y est passé, utilisables

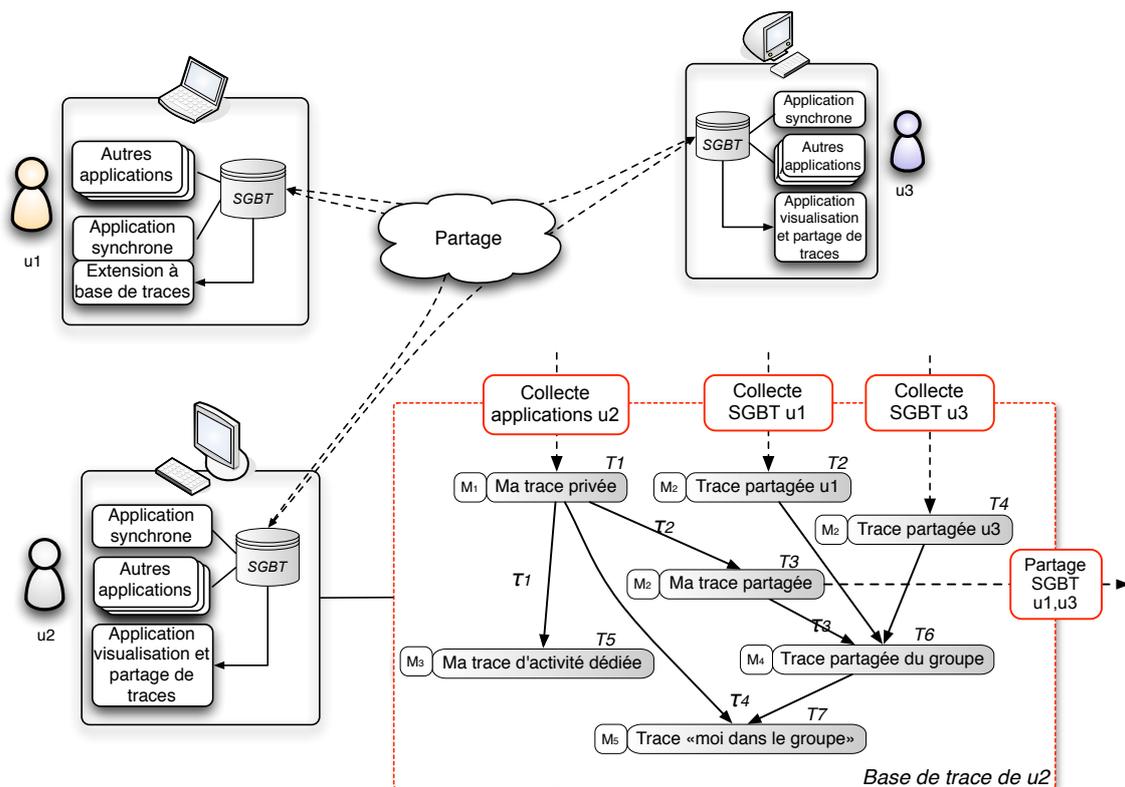


FIGURE 4.6 – Schéma général d'un SBTm dans une situation collective — Illustration des différentes traces qu'on peut considérer pour l'utilisateur u_2 .

de façon asynchrone.

Éléments de modélisation. Une modélisation abstraite spécialisable des traces de l'activité synchrone a été proposée dans (Clauzel et collab., 2011), dont on retiendra l'objectif de prendre en compte le fait que plusieurs outils synchrones indépendants peuvent être utilisés en conjonction (par exemple un outil de visio-conférence et un tableau blanc), ce qui signifie que l'activité synchrone doit être pensée de façon globale et non en lien avec un outil particulier.

Par ailleurs, notons que c'est à cette occasion qu'est apparu le concept de *marqueur* comme type d'observé particulier, qui est un observé déposé par l'utilisateur lui-même dans la trace comme note pour lui-même plus tard. Un obsel marqueur est défini comme tout obsel mis en place manuellement *pendant* l'activité, en général d'une durée nulle (puisque'il s'agit d'un marquage à la volée), et temporalisé par l'instant où il est créé⁵³. Un marqueur, quand il est partagé, peut également jouer le rôle d'« *activity updates* » (Farooq et collab., 2007) de notification pour ceux qui le reçoivent, instantanés ou utilisés plus tard.

53. Le concept d'observé dual du marqueur est le *commentaire*, qui est mis en place manuellement *après* l'activité. Les commentaires sont les obsels de base liés à la transformation manuelle de traces *a posteriori*, nous y reviendrons quand nous évoquerons le salon de rétrospection.

4.3.1.2 Visu : une application de tutorat synchrone à base de traces

Si le cadre général n'a pas été implémenté dans sa totalité, nous avons pu en explorer certaines dimensions dans le cadre applicatif du projet ITHACA, qui est celui du *tutorat en ligne synchrone*, plus précisément dans le cadre de l'*enseignement des langues*, ici du français langue étrangère (FLE)

Terrain applicatif : un enseignement de FLE. Les acteurs de la situation sont les suivants. Les *apprenants* sont à distance (Université de Berkeley), ce sont des étudiants qui dans le cadre de leur cours de FLE ont sept semaines de suite une interaction directe (visioconférence) avec un tuteur situé en France, à l'Université Lyon 2. Les tuteurs eux-mêmes ne sont pas des professionnels, mais des étudiants de M1 en Sciences du Langage qui apprennent à devenir enseignants de FLE. On parlera alors d'*apprenti-tuteurs* qui réalisent à cette occasion leur premiers tutorats. Le *responsable de la formation* est un enseignant de Lyon 2 qui pilote l'UE au sein de laquelle se déroule la formation des apprenti-tuteurs. Par ailleurs, dans le cadre de cette formation, les séances sont préparées par les apprenti-tuteurs qui mettent en place chaque semaine un *plan de séance* composé de quatre *activités pédagogiques*, lesquelles mobilisent différents documents (images, vidéos), mots-clé et instructions. Un plan de séance hebdomadaire est proposé par deux apprenti-tuteurs, discuté par les pairs et le responsable, et validé par l'enseignant de Berkeley. Les séances de tutorat peuvent alors avoir lieu, pendant lesquelles apprenti-tuteurs et apprenants mènent l'interaction synchrone pendant 45 minutes. À cette occasion, les apprenti-tuteurs dirigent la séance et fournissent aux apprenants les retours nécessaires (*feedback*). En fin de séance, un rapide résumé de la séance est dressé par l'apprenti-tuteur qui en résume les éléments importants. Après la séance, il est encore demandé aux apprenti-tuteurs d'*analyser* réflexivement leurs performances en tant que tuteurs en utilisant un enregistrement de celle-ci, afin de préparer une séance de débriefing qui aura lieu en commun animée par le responsable de la formation. L'ensemble de ces tâches est répété sept semaines de suite de janvier à mars.

Démarche. Il s'agit de fournir un outil à base de traces qui permette de soutenir l'ensemble de ces tâches, aussi bien la gestion de plan de séances que les séances synchrones ou les analyses *a posteriori* de l'activité. On collectera donc les traces pendant la séance synchrone, éventuellement enrichies de *marqueurs* posés par les utilisateurs, qu'on utilisera immédiatement

- comme soutien à la réflexivité instantanée par leur présentation aux utilisateurs qui en sont à l'origine,
- comme soutien à l'*awareness* mutuel par leur partage instantané.

Les traces serviront par ailleurs

- de support de remémoration pour les tuteurs pour faire le résumé de fin de séance,
- de support de réflexivité individuelle sur la pratique pour les tuteurs qui préparent le *debriefing* après la séance,
- pour la construction de bilans, des tuteurs vers les apprenants (bilans consolidés), des apprenants vers les tuteurs si une telle tâche leur est demandée (par exemple pour poser des questions), ou des tuteurs vers le responsable (bilan de pratique professionnelle par exemple). La construction de bilans peut notamment favoriser les activités réflexives et métacognitives.

L'outil *Visu* est conçu pour permettre ces usages, il offre la possibilité de créer et de partager des plans de séances, de gérer des utilisateurs, de gérer la planification des séances. Il permet surtout de mener les séances dans le *salon synchrone* et d'interagir avec les traces de

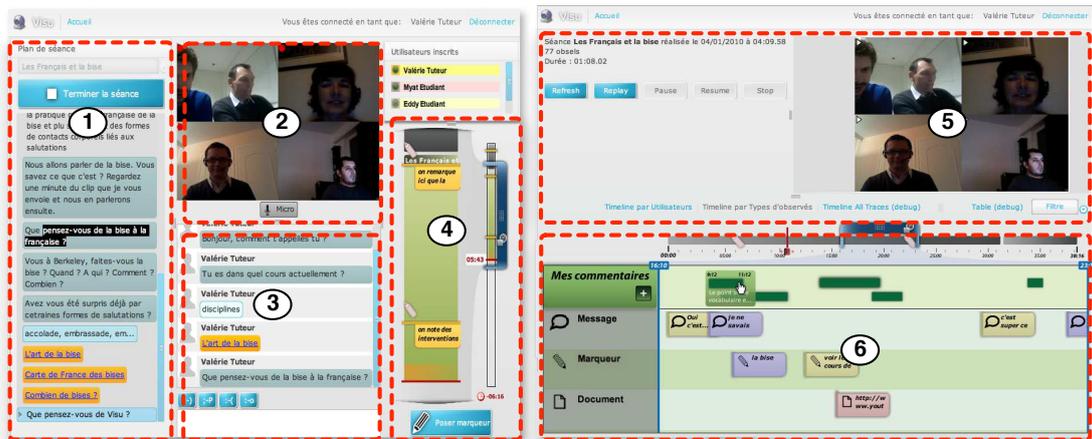


FIGURE 4.7 – Salon synchrone tuteur (à gauche) et salon de rétrospection (à droite) dans *Visu* 1. Les zones sont les suivantes : 1) zone de gestion plan de séance, 2) visioconférence, 3) chat, 4) *timeline* synchrone et bouton de marquage (en bas), 5) lecteur des vidéos de la séance, 6) *timeline* de contrôle du lecteur, de présentation des traces et des commentaires. Les deux *timelines* sont présentées plus en détails figure 4.9.

celles-ci dans le *salon de rétrospection*. La figure 4.7 présente globalement ces deux interfaces.

Traces modélisées considérées. Différents types de traces sont considérés dans *Visu*, illustrés par la figure 4.8. On distingue ainsi trois types de traces modélisées, en plus des *enregistrements audio et vidéo* de la vidéoconférence (Bétrancourt et collab., 2011).

Les *traces d'interaction* collectées automatiquement à partir de l'activité de l'utilisateur. Par exemple *Lancer document vidéo*, *Envoyer mot-clé*, *Commencer nouvelle activité*, *Envoyer message chat*, *Agrandir vidéo synchrone*, etc. Sur la figure 4.8, la trace première de l'utilisateur *u1* a été filtrée (transformation τ_1) et la trace résultante est partagée. Sur la *timeline* verticale de la figure 4.9, (a) et (b) sont des représentations d'obsels correspondant à la réception et à l'affichage d'une image par un étudiant, affichés dans la trace du tuteur, après leur partage; tandis que (c) représente le *Début d'une nouvelle activité*.

Les *traces de marqueurs* contiennent des obsels définis par l'utilisateur similaires aux notes papier prises pendant une présentation orale en vue d'un *feedback*. Le contenu des marqueurs est du texte libre qui peut porter sur n'importe quel élément de l'activité en cours (par exemple « *Utilisation du vocabulaire de la session précédente : bien* », « *Prononciation* », « *X ne parle pas beaucoup* » ou « *Problème microphone* »). Les marqueurs peuvent également être posés par les apprenants pour marquer par exemple une incompréhension ou un moment sur lequel ils souhaiteraient revenir. Sur la figure 4.8 la trace des marqueurs a été construite à partir de la *trace de marquage* (transformation τ_2), laquelle est une trace d'interaction qui décrit l'activité de marquage (créer, effacer, modifier un marqueur). Sur la *timeline* verticale de la figure 4.9, (d) et (e) sont des marqueurs déposés par le tuteur. Dans les choix de conception qui ont été faits, les traces de marqueurs de tuteurs sont privées, tandis que celles des étudiants sont partagées.

Les *traces de commentaires* contiennent des obsels commentaires définis par l'utilisateur après l'activité pour décrire celle-ci, par exemple « *bon dialogue entre les étudiants* », « *mo-*

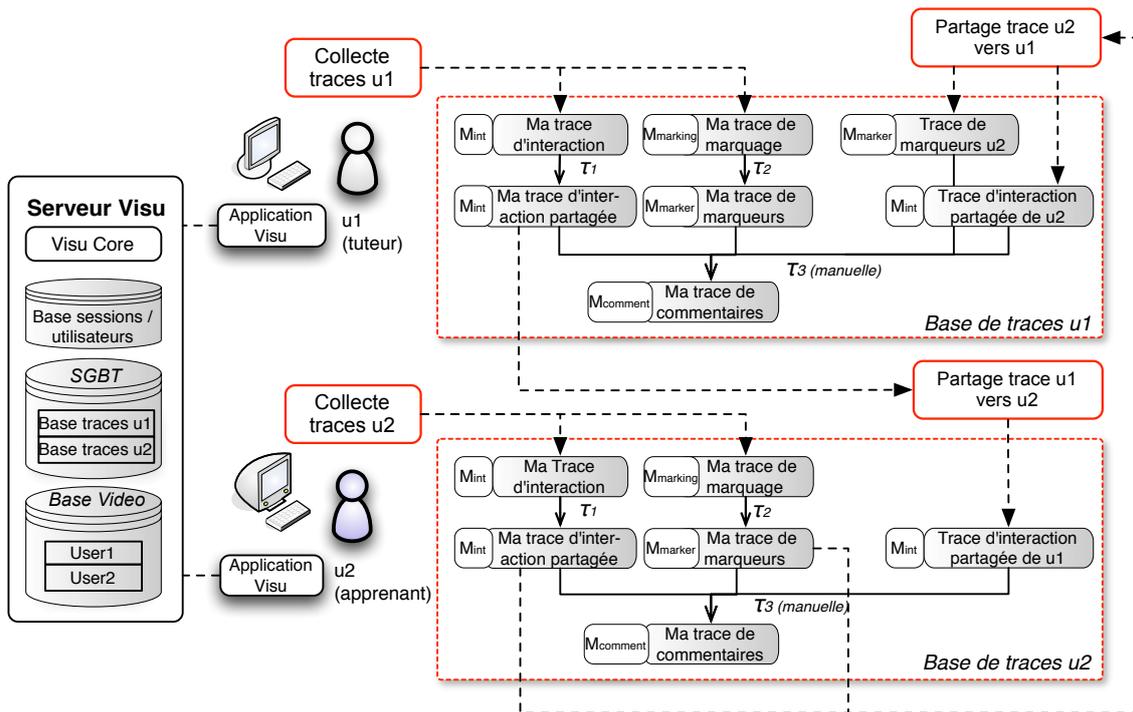


FIGURE 4.8 – Les différentes traces de Visu et leur partage. Un tuteur u_1 interagit avec un apprenant u_2 . La base vidéo stocke les flux enregistrés pendant l'interaction. Chaque utilisateur a sa propre base de traces. La base de trace de u_1 contient 7 traces, dont 5 proviennent de son activité et 2 ont été partagées par u_2 depuis sa propre base. La base de trace de u_2 contient 6 traces, dont 5 proviennent de son activité et 1 a été partagée par u_1 depuis sa propre base. En tant que tuteur, u_1 ne partage pas sa trace de marqueurs, alors que u_2 , en tant qu'apprenant, le fait.

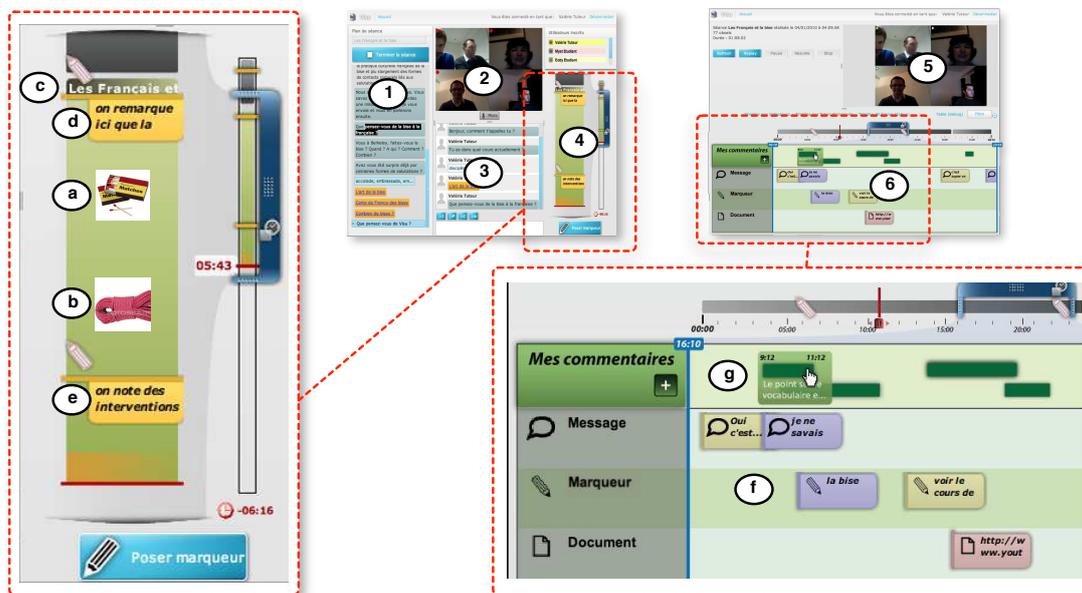


FIGURE 4.9 – Zoom sur la *timeline* verticale du salon synchrone et la *timeline horizontale* du salon de rétrospection de *Visu 1*. (a) et (b) sont des représentations d’obsels correspondant à la réception et à l’affichage d’une image par un étudiant, affichés dans la trace du tuteur ; (c) représente le début d’une nouvelle activité ; (d) et (e) sont des marqueurs déposés par le tuteur ; (f) présente les obsels de la trace d’interaction ; (g) est une trace de commentaires.

ment de blanc un peu long » ou « bien dit ». Une trace de commentaires est considérée comme une trace *manuellement transformée*, comme une *réécriture* des traces disponibles pour exprimer une interprétation en lien avec les besoins de l’activité en cours (par exemple réflexion sur sa pratique de tuteur en vue d’un débriefing, ou bien description en vue d’un bilan pour l’apprenant). Sur la *timeline* horizontale de la figure 4.9, (g) est une trace de commentaires.

Nous pouvons maintenant présenter les deux interfaces principales de *Visu*, qui sont le salon synchrone et le salon de rétrospection.

Salon synchrone. La partie gauche de la figure 4.9 présente le salon synchrone au sein duquel se déroule l’interaction synchrone. On peut y voir, en plus d’un outil classique de visioconférence, (1) un gestionnaire de plan de séance⁵⁴, (2) l’espace de visioconférence, (3) une fenêtre de chat et (4) une *timeline* verticale qui présente différents obsels, soit issus de la trace d’interaction (a, b, c), soit de la trace des marqueurs sous la forme de crayons (d, e), fournissant un support de mémoire et d’*awareness* de l’activité des apprenants aux tuteurs. La *timeline* permet également de poser des marqueurs (bouton *Poser marqueur* en bas) afin de prendre des notes sur des moments importants de l’activité afin d’y revenir plus tard, soit en fin de séance, soit dans le salon de rétrospection.

54. Le gestionnaire de plan de séance donne accès aux activités qui ont été préparées, aux instructions, mots-clés et documents support (images et vidéos), il est possible de déplacer une instruction ou un mot-clé directement dans le chat.

Salon de rétrospection. Après l'interaction, les participants peuvent accéder de façon asynchrone au salon de rétrospection, qui offre un accès à toutes les traces collectées durant la séance. La figure 4.9 (à gauche) en donne un aperçu : un lecteur permettant de lire les vidéos de la séance en haut, et une *timeline* en bas qui permet de contrôler le lecteur. La *timeline* horizontale présente les obsels issus de la séance soit par types, soit par utilisateurs (f), elle donne un accès rapide aux marqueurs (en haut dans la vue contexte) et permet de commenter la trace, ce qui revient à ajouter des obsels commentaires dans la trace des commentaires (*Mes commentaires*), qui au contraire des marqueurs peuvent avoir une durée (g). L'utilisation du salon de rétrospection est liée à l'interprétation de la trace *a posteriori* comme construction d'un ensemble de commentaires. Dans le cas où un tuteur prépare un débriefing, il s'agit ici de favoriser une prise de distance réflexive permettant un développement de la pratique professionnelle (Guichon, 2009). L'interprétation de la trace comme structuration peut être poursuivie au-delà des commentaires par la construction d'autres types d'inscriptions, documentaires cette fois-ci, que nous appelons des *bilans* dans le cadre d'une activité de documentarisation (voir section 4.3.2.2).

Une expérimentation. La session d'enseignement menée avec *Visu 1* en 2009-2010 a été particulièrement étudiée, notamment en focalisant sur l'utilisation des marqueurs. Nous en livrons rapidement les conclusions principales, le lecteur intéressé se reportera à (Bétrancourt et collab., 2011 ; Guichon et collab., 2011) pour des résultats plus complets. Les données utilisées sont issues des traces de *Visu* pour 8 tuteurs et d'entretiens avec ces tuteurs.

L'utilisation des marqueurs se révèle stable des séances 2 à 6, et montre une différence inter-individuelle forte (certains tuteurs l'utilisent, d'autres non), il n'y a pas de lien de corrélation entre l'utilisation du chat et des marqueurs (qui pourrait découler de leur modalité écrite commune). On remarque que les tuteurs qui donnent des retours verbaux ont plus tendance à utiliser les marqueurs. L'utilisation des marqueurs par les étudiants n'a pu être testée, la fonctionnalité ne leur ayant pas été présentée.

Si on s'intéresse aux catégories de marqueurs, qui ont été étudiées plus finement pour deux tuteurs, on remarque que ceux-ci servent à décrire plusieurs éléments de l'activité correspondant aux fonctions du tutorat proposées par Daele et Docq (2002) :

- fonction sociale : qualité sociale de la communication (« l'apprenant est satisfait »),
- fonction organisationnelle : organisation de la session (« l'apprenant arrive », « utilisation des mots-clé »),
- fonction pédagogique : indication sur les capacités linguistiques et les erreurs récurrentes (« prononciation de "fromage" ») mais aussi éléments concernant le profil de l'apprenant (« besoin d'être encouragé »),
- fonction technique : commentaires sur le système (« l'apprenant ne voit pas l'image »),
- autres fonctions : par exemple l'utilisation du marqueur comme *to-do* (« aller voir tel mot dans le dictionnaire »).

Par ailleurs, les tuteurs ont développé des pratiques idiosyncrasiques de marquage, en mettant en place au fil des séances des codes plus ou moins explicites, par exemple « pr » indique simplement un problème de prononciation, tandis que « pr : tellemenT » donne en plus le mot concerné et l'erreur.

L'utilité potentielle des marqueurs est clairement perçue, en tant qu'ils permettent de prendre des notes sans interrompre la conversation et de les réutiliser plus tard. Côté utilisabilité, le tableau est moins bon, pour deux raisons. D'une part il y a des problèmes ergonomiques liés à la position du bouton de marquage en bas à droite, à la complexité de la

procédure (création puis édition⁵⁵) qui entraînent le regard dans cette direction et favorisent un décrochage de la communication. D'autre part à la fois gérer la communication et poser des marqueurs est une double-tâche difficile à mener pour des tuteurs novices, qui n'ont pas pu les intégrer au sein d'une pratique en si peu de temps (Band et collab., 2006).

La *timeline* verticale s'est révélée difficile à utiliser et à comprendre, mais n'a pas gêné l'utilisation de l'outil pour les tuteurs qui ne l'ont pas utilisée. Le salon de rétrospection a été utilisé par les tuteurs, mais cette utilisation n'a pas été étudiée en interview, ce qui fait qu'il est difficile de conclure sur son utilité ou son utilisabilité.

Bilan. Le logiciel *Visu* nous semble intéressant du fait qu'il présente presque toute la gamme des utilisations possibles des traces (traces ouvertes, fermées, partagées, timelines, utilisation immédiate ou non, etc.). L'expérience menée a montré tout l'intérêt et la richesse d'une démarche interdisciplinaire, cependant, comme le lecteur a pu s'en rendre compte ce sont plus les marqueurs qui ont été étudiés que l'utilisation des traces, conséquence d'une recherche en contexte réel, avec des contraintes très fortes. L'utilisation de la timeline du salon synchrone ou du salon de rétrospection n'a par exemple pas pu être réellement testée, pas plus que l'extension d'*awareness* à base de traces ou l'utilisation des marqueurs par les étudiants.

Néanmoins, l'utilité des marqueurs a pu être mise en évidence avec un début de développement de pratiques et d'orientation autour de leur utilisation. Le marquage va bien au-delà d'une simple compilation des erreurs de l'apprenant, et concerne l'activité telle qu'elle se déroule dans toutes ses fonctions, ouvrant la voie à une utilisation prometteuse dans le salon de rétrospection en terme de développement réflexif des pratiques professionnelles.

Les problèmes ergonomiques ont été pris en compte dans *Visu 2* (voir figure 4.10) pour une illustration), notamment : le marquage se fait désormais sous la fenêtre vidéo, la *timeline* est désormais plus classiquement horizontale et homogène dans les salons synchrone et de rétrospection. Par ailleurs, *Visu 2* permet la construction de bilans et offre des fonctionnalités plus avancées de gestion de la vidéo (possibilité de faire un focus sur un intervenant). La prochaine expérimentation est prévue pour 2011-2012⁵⁶ et devrait permettre de tester de façon plus précise l'utilisation du salon de rétrospection⁵⁷ en lien avec les marqueurs et la fabrication de bilans. La suite du travail devrait également voir des essais avec des tuteurs moins novices, l'utilisation de nouvelles transformations en temps réel pour permettre d'offrir des niveaux de description de l'activité plus hauts. Par ailleurs, des fonctionnalités d'utilisation de *Visu 2* par les analystes seront étudiées en mêlant vidéo, traces et commentaires⁵⁸.

4.3.2 Traces pour la redocumentation d'activité

La notion de *documentarisation* a été utilisée à la suite des travaux de (Pédauque, 2003) notamment pour désigner l'appropriation de documents existants selon une vision person-

55. Il se passe 20 s. en moyenne entre le moment de la création d'un marqueur et la fin de son édition, ce qui est long, même si la moitié des marqueurs sont posés en moins de 12 s.

56. L'expérimentation 2010-2011 n'a pu vraiment avoir lieu, du fait d'une mauvaise évaluation du temps nécessaire au développement de *Visu 2*, qui a vu un logiciel non mature être utilisé, avec des problèmes trop lourds pour permettre une évaluation. Le soutien de LST (Lyon Science Transfert) à *Visu* permettra de consacrer 2011-2012 à une pré-industrialisation du prototype.

57. Dont l'utilisation est désormais intégralement tracée pour les chercheurs.

58. La question de l'annotation vidéo à base de trace a déjà été notamment abordée par Le Berre (2008) en s'intéressant à l'activité de débriefing instrumenté à base de traces, dans lesquelles la vidéo d'une simulation industrielle est annotée par des traces d'un simulateur et des marqueurs, et utilisée en debriefing par des formateurs, travail en partie poursuivi par Champalle et collab. (2011) dans le cadre plus général de l'aide à l'observation de simulation industrielle.



FIGURE 4.10 – Illustration du redesign du salon synchrone dans *Visu 2*. La zone de marquage (3) est désormais sous la video, le chat (4) à droite et la *timeline* (5) horizontale.

nelle, par exemple en les réindexant ou en les annotant, ou la création de documents à partir de données numériques sur le monde ou les personnes, ce qu'on a pu appeler « redocumentarisation du monde » (Pédauque, 2007). Leila Yahiaoui et collab. (2008) a pu dans le cadre de sa thèse s'intéresser à la problématique de la *redocumentarisation de traces*, définie en première analyse comme la transformation d'une trace en document. Elle s'est alors placée dans le cadre théorique des transactions communicationnelles proposé par (Zacklad, 2007b) pour considérer tout d'abord que les traces sont une première *documentation de l'activité*, mais qui souvent manquent des bonnes caractéristiques qui permettent de les qualifier de document (lisibilité, partage, etc.). Ces traces sont plus ou moins *documentarisées*, au sens où elles sont plus ou moins gérées dans des bases, structurées, accessibles, et il est souvent nécessaire de les *redocumentariser*, c'est-à-dire de les *réarticuler* suivant une interprétation et un usage en les intégrant dans une pratique. Au final, et dans un contexte numérique, Yahiaoui et collab. (2008) définissent la redocumentation d'une activité comme la création d'un nouveau document à partir de documents qui en sont une documentation, qui va plus loin qu'une redocumentarisation puisqu'elle autorise à reformuler complètement les documents initiaux (au lieu d'une simple articulation). Un utilisateur interprète alors et réécrit les traces dans un nouveau document, à même de décrire l'activité dans toute sa richesse car il est possible de reformuler le contenu des traces, de l'enrichir avec d'autres informations (commentaires, annotations, justifications ou informations sur le contexte), de supprimer des parties, voire de les réécrire entièrement. Ceci renforce alors le statut documentaire du résultat selon les trois dimensions de la lisibilité, de l'intelligibilité et de l'échange.

Si nous en revenons à l'approche générale présentée au début de ce chapitre qui consiste à considérer l'interprétation d'inscriptions comme leur structuration spatio-temporelle plus ou moins automatisée, un élément important à considérer nous semble en fait le moment du processus à partir duquel l'utilisateur a accès aux traces. Tout ce qui précède ce moment relève de la structuration automatique, et constitue donc une *première documentation* de l'activité qui correspond à une interprétation inscrite dans les outils. Tout ce qui suit, réalisé par l'utilisateur avec son outil, semi-automatiquement ou manuellement, constitue le véritable *tissage* des inscriptions en une interprétation partageable et correspond donc à une *redocumentation* de l'activité. Nous présentons dans la suite de cette section deux exemples d'outils de redocumentation d'activité à partir de traces modélisées.

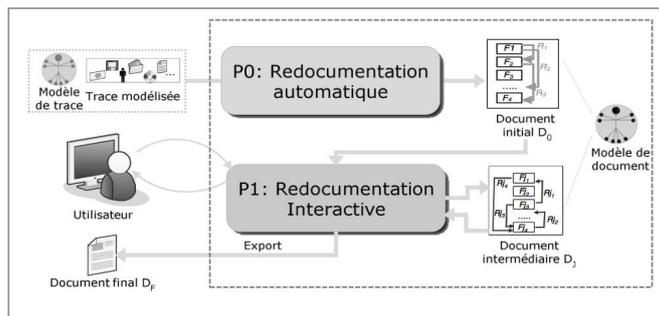


FIGURE 4.11 – Une redocumentation de trace en deux étapes, se basant sur des modèles de traces et de documents.

4.3.2.1 Redocumentation semi-automatique textuelle

L'objectif de Leila [Yahiaoui et collab. \(2011\)](#) est de définir un cadre pour penser la redocumentation d'activité à partir de traces modélisées. Il s'agit à partir d'une trace modélisée de produire un document indépendant de la base et du SGBT dont la trace est issue qui pourra être partagé, archivé ou publié et servir de support à une analyse (par exemple un document pour un médecin), à une assistance (par exemple un mode d'emploi d'un outil), à une remémoration ou à une activité réflexive (par exemple un bilan d'une semaine d'activité).

L'approche est dite *narrative*, l'objectif étant de décrire l'activité à travers la construction d'une sorte de récit, aisé à interpréter. Le processus est *semi-automatique*, car il s'agit d'assister l'utilisateur dans la construction du document, tout en lui permettant de personnaliser celui-ci à volonté. La forme du résultat est *textuelle*, familière et facile à échanger. Par ailleurs, l'approche et l'outil auteur associé sont génériques et utilisent des technologies à base de *modèles* (ontologies) pour décrire les traces et les documents et les manipuler en accord avec les sémantiques associées. En particulier, dans le cadre d'une approche narrative, un modèle rhétorique du document sera considéré, fondé sur la théorie de la structure rhétorique (*RST — Rhetorical Structure Theory*) ([Mann et Thompson, 1988](#)).

La redocumentation se passe en deux étapes (figure 4.11) : une première phase P_0 de redocumentation *automatique* pour générer un document initial D_0 à partir d'une trace modélisée, puis une phase de redocumentation *interactive* P_1 pour s'appropriier ce document et le restructurer itérativement ($D_1...D_j$) en le personnalisant et en y amenant des informations inaccessibles à la machine, avant d'exporter le document final D_F .

Différents modèles. Les modèles des traces considérées sont orientés action, c'est-à-dire que les observés sont tous des sous-observés de l'observé générique *Action* (cliquer, chercher...) qui portent sur des sous-classes du concept du domaine *Entité* (notice, page...).

Les structures documentaires (physique, logique et sémantique) sont au sens large des graphes de segments qui obéissent à des modèles. La structure sémantique est ici une structure rhétorique organisée suivant les principes de RST. Le modèle documentaire sémantique décrit donc les types de segments de contenu (qui seront ici des fragments textuels) et surtout les types de relations rhétoriques qu'il est possible de définir entre eux. La structure logique est un ensemble de segments paragraphes en relation séquentielle, déduits de la structure sémantique. La structure physique a un modèle documentaire correspondant au format de sortie, elle est déduite de la structure logique par l'application d'une feuille de style.

Les relations de la structure sémantique sont les relations définies par RST, qui propose de typer un segment soit comme *Noyau* soit comme *Satellite*. On peut alors définir un ensemble de relations rhétoriques entre ces segments et mettre en évidence (analyse) ou construire (production) un texte dont la cohérence tient à ces relations. Une argumentation utilisera par exemple des relations mettant en jeu causes et conséquences, interprétation et justification, jonction et contraste, *etc.* Un segment de type noyau est considéré comme un segment plus essentiel pour le contenu du document qu'un satellite, par exemple dans le cas d'une relation de *justification* c'est le contenu noyau justifié par le contenu satellite (cas d'une relation noyau-satellites - SN) qui sera le plus important. Dans une relation noyau-noyau (NN), par exemple de *séquence*, les deux segments sont d'égale importance⁵⁹.

Outil ActRedoc. L'outil *ActRedoc* (figure 4.12) est l'outil auteur qui implémente l'approche de redocumentation semi-automatique en suivant les modèles documentaires choisis.

La génération de D_0 se fait à partir d'une sélection d'obsels d'une trace décrits comme instances d'une ontologie OWL (modèle de trace), en utilisant l'outil *NaturalOWL*⁶⁰ (Galanis et Androutsopoulos, 2007). La redocumentation automatique génère donc un document comme ensemble de fragments en relations rhétoriques, principalement⁶¹ la relation *Sequence* qui traduit dans le texte la séquentialité des observés. Les fragments générés peuvent à ce niveau garder un lien à la trace (id obsel source, temporalité).

La redocumentation interactive des D_i se fait avec l'outil auteur qui constitue le noyau d'ActRedoc, au cours de laquelle l'utilisateur va pouvoir appliquer différentes opérations visant à transformer la structure sémantique du document. Les opérations peuvent être au niveau *organisationnel* : suppression de fragments, changement d'ordre, remplacement, fusion, *etc.* Elles peuvent également être au niveau *rhétorique* et donner lieu à l'insertion d'une relation rhétorique en insérant un nouveau segment noyau ou satellite en relation rhétorique avec le segment existant considéré : simple séquence, justification d'un segment, évaluation, *etc.*

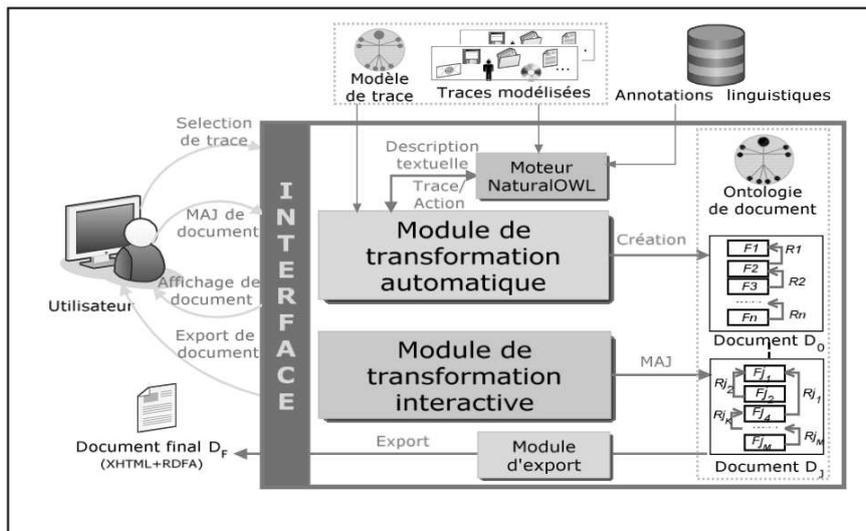
Une fois que l'utilisateur est satisfait du document intermédiaire, il peut l'exporter comme un document texte final. La relation *Sequence* donne une relation séquentielle entre paragraphes. Les autres relations rhétoriques correspondent à des expressions textuelles dans le document final, soit définies par défaut, soit personnalisées par l'utilisateur, qui vont être utilisées pour compléter les segments de la structure sémantique en vue de générer les fragments de la structure logique. Par exemple, une relation *justification* sera associée à l'expression « *The reason is that* » qui sera automatiquement ajoutée au début du texte du segment satellite associé, ou *Élaboration* à « *Moreover* ». Pour la structure physique, un modèle de présentation prédéfini est proposé à l'utilisateur avec la possibilité de modifier certaines de ses propriétés (e.g. typographie et couleurs) ; le document résultant peut également contenir des annotations permettant de faire le lien à la trace en cas de format adéquat (par exemple si le format de sortie est HTML, il est possible d'utiliser RDFa pour lier certains fragments à l'URI de leur obsel source).

L'interface principale de *ActRedoc* (figure 4.13) est composée de trois panneaux. Le panneau de droite permet l'accès aux opérations de transformation, celui du milieu affiche la

59. Relations NN : *Sequence, Contrast, Junction*. Relations SN : *Justification, Elaboration, Background, Enablement, Evaluation, Interpretation, Introduction, Purpose, Summary, Solutionhood*.

60. Outil de génération de textes à partir d'instances d'une ontologie, pourvu que celle-ci ait été *annotée* par des connaissances langagières (par exemple la chaîne de caractères exacte à utiliser pour un concept, une propriété, *etc.*).

61. Les relations entre obsels de la trace pourraient le cas échéant être également utilisées pour générer des relations rhétoriques, ou bien d'autres types de relations de D_0 .

FIGURE 4.12 – Architecture du système *ActRedoc*.

structure sémantique : contenu segment, segment N ou S (couleur de l'encadré), relations (info-bulle). Le panneau de gauche affiche une forme physique hypertexte du document intermédiaire pour vérifier le résultat à tout instant. L'utilisateur part donc du document initial et le modifie petit à petit pour obtenir un document final en en modifiant la structuration, les relations rhétoriques servant de support à l'explicitation comme interprétation.

Évaluation. Une évaluation a été menée en utilisant des traces de navigation dans les archives en ligne du *Progrès illustré*⁶². Le système d'accès aux archives a été instrumenté pour fournir plus d'informations que les simples logs. Une modélisation de la trace d'activité de navigation dans cette archive a été réalisée, comme une suite d'actions s'appliquant à diverses entités. Cette ontologie a été annotée linguistiquement pour piloter la génération du texte initial par le module NaturalOWL de ActRedoc.

L'objectif était de mener une étude préliminaire visant l'évaluation de l'utilisabilité et de l'utilité de *ActRedoc*. Différents sujets ont pu mener une tâche de navigation dans la base en suivant un scénario. Les traces de leur activité ont été collectées pour fournir une trace modélisée correspondant à l'ontologie de la trace. Six traces ont été sélectionnées en fonction de caractéristiques telles que la longueur, l'ancienneté, les sujets impliqués, et ont été affectées pour redocumentation à dix utilisateurs, de façon à multiplier les variantes : sujets qui redocumentent leur propre trace ou celles d'autrui, dont un qui redocumente deux traces personnelles (une récente et une plus lointaine), chaque trace est redocumentée par deux sujets, un sujet redocumente une courte et une longue trace. L'objectif de la redocumentation était libre, une fois celle-ci achevée, chacun des participants devait décrire son objectif et évaluer l'outil utilisé.

Les principaux résultats sont les suivants. Les objectifs de redocumentation peuvent être courts ou longs, destinés à d'autres personnes ou personnels, et sont de trois types : les rapports de synthèse sont composés avec les informations jugées importantes puis appropriées de façon personnelle ; les rapports d'analyse s'attachent à analyser le raisonnement de l'utilisa-

62. Journal lyonnais du XIXème — <http://collections.bm-lyon.fr/>

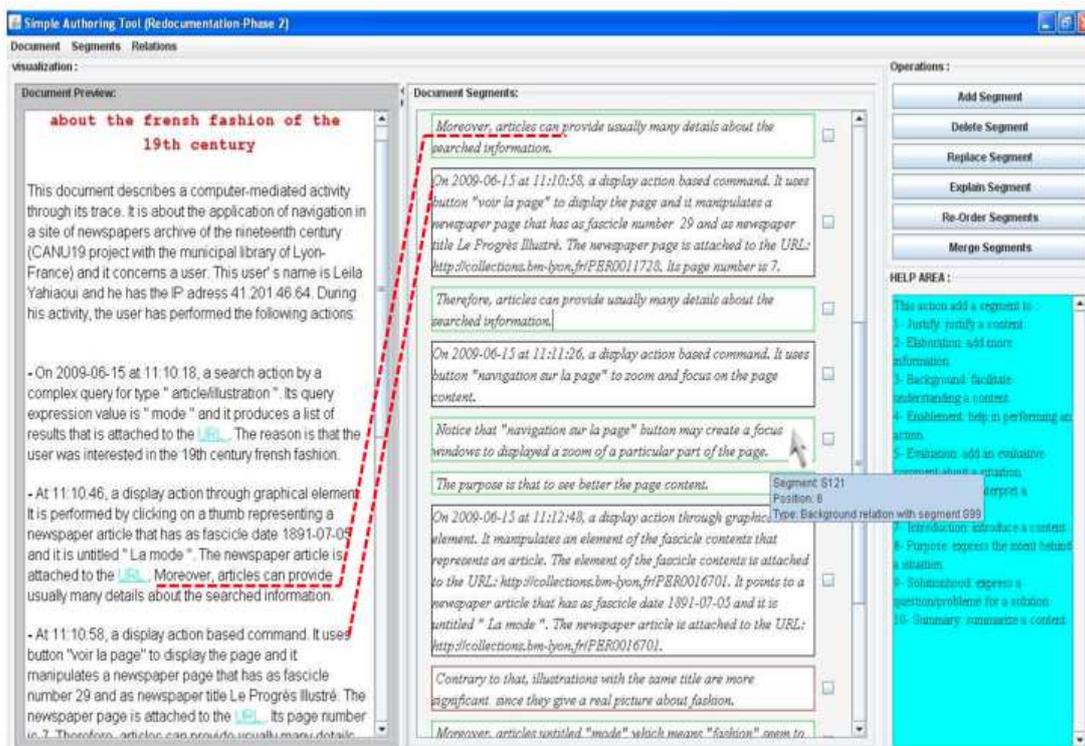


FIGURE 4.13 – Les trois parties de l'interface de l'outil ActRedoc.

teur tracé et son comportement, le contenu étant enrichi et reformulé ; tandis que les rapports annotés tentent au contraire de préserver le contenu du document initial D_0 en l'annotant selon des relations rhétoriques. Les interviews ont révélé que les participants n'ont pas eu de mal à utiliser l'outil, même si des suggestions ergonomiques ont été faites. Les participants ont globalement apprécié le document (D0) produit automatiquement et l'ont qualifié de plus compréhensible que la trace d'activité dont il était issu. Trois participants ont eu des problèmes pour comprendre les relations rhétoriques. La durée de l'activité de redocumentation dépend de la longueur de la trace et de l'objectif du participant ; il semble qu'un sujet tracé mette moins de temps à traiter sa trace d'activité que celles des autres, mais cela ne peut être généralisé, car le degré d'engagement dans le processus varie d'un sujet à l'autre. Le participant qui avait une trace lointaine et une trace récente à redocumenter a passé plus de temps sur la trace ancienne, mais les données manquent pour en conclure quoi que ce soit. Il semble que l'engagement soit plus fort sur sa propre trace que sur celle d'autrui. Les relations organisationnelles étaient plus faciles à comprendre que les relations rhétoriques, *Replace*, *Merge* ont été les plus utilisées du côté organisationnel, et *Justify* du côté rhétorique.

Les résultats de cette étude exploratoire sont au final relativement satisfaisants car ils ont permis de raffiner les concepts et les besoins. Une future expérimentation devra cependant être plus précise et plus directive (traces équivalentes, objectif fixé, *etc.*), il conviendra également d'évaluer la qualité des documents générés ainsi que l'influence des structures rhétoriques dans la qualité du résultat.

4.3.2.2 Redocumentation manuelle multimédia

Nous présentons ici rapidement le module de redocumentation de *Visu* qui permet de construire un document multimédia à partir des traces qui y sont disponibles. Le modèle documentaire choisi est très simple, il s'agit d'une séquence de segments sans modèle sémantique rhétorique. L'objectif est comme dans *ActRedoc* de focaliser sur un résultat textuel, ici enrichi de deux types d'éléments multimédia.

Les quatre types de segments sont les *Titres* (textes qui seront présentés comme des titres), les *Textes* (textes qui seront des paragraphes normaux), les *Fragments vidéo* (issus de la vidéo de l'enregistrement de la séance, associés un texte explicatif éventuel), enfin les *Fragments audio* (enregistrements audio faits au moment de la redocumentation, associés à un texte explicatif éventuel). Les fragments vidéos permettent d'illustrer un commentaire quelconque par l'enregistrement de la séance, les fragments audio permettent par exemple de donner une prononciation d'un mot, ou faire un commentaire oral.

Les bilans sont construits depuis le salon de rétrospection, notamment par glisser-déposer d'obsels depuis la *timeline*. Les bilans peuvent être partagés et une interface de visualisation spécifique leur est dédiée (figure 4.14). Le module de bilan est en cours de finalisation et sera testé en 2011-2012. Un des intérêts sera notamment de voir si on peut observer l'émergence de genre de bilans comme formes partagées.

4.3.3 Traces pour la reprise d'activité

Nous mettons dans cette catégorie deux travaux relativement différents qui relèvent de l'interprétation de traces de sa propre activité en vue de la reprendre au cours d'une remémoration orientée. Dans le premier cas l'activité visée est éloignée temporellement et la trace est le moyen principal de remémoration, dans le second cas l'activité visée est très proche, et la trace est une des inscriptions à disposition de l'utilisateur.

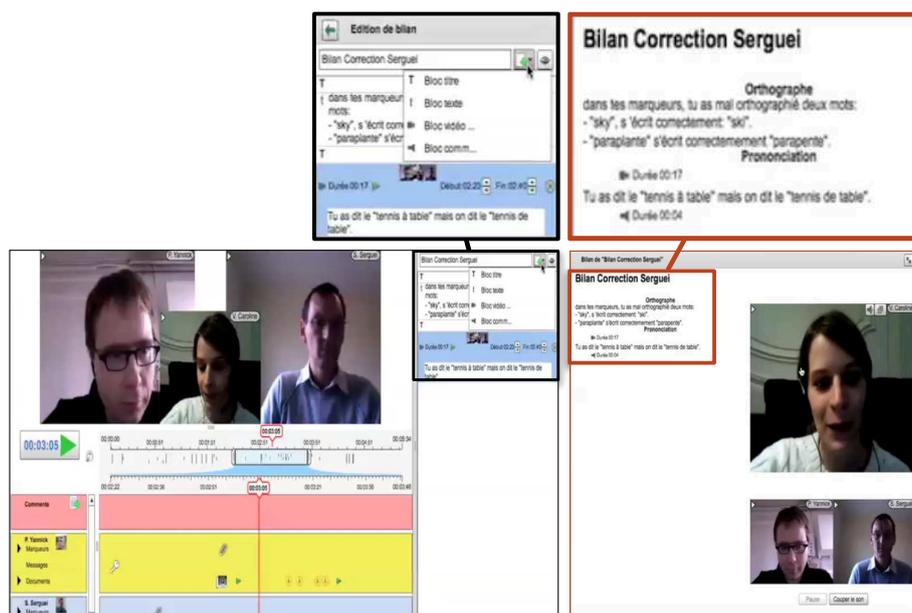


FIGURE 4.14 – Conception et visualisation de bilan dans *Visu* 2.1. À gauche l'édition d'un bilan, qui peut être composé de blocs titre, texte, vidéo ou audio. À droite un rendu de bilan.

4.3.3.1 Reprendre une activité éloignée

Ce travail a été mené dans le cadre de la thèse de Julien Laflaquière (2009, pp. 161–184) dans le but de tester une méthodologie de modélisation de traces d'activité (voir section 4.3.4), en l'appliquant dans une situation de travail réelle, une activité de développement collaboratif de contenus pédagogiques dans un centre de formation d'EDF. L'objectif était de pouvoir fournir une trace permettant de soutenir une activité réflexive susceptible de faciliter la reprise et la transmission d'activité au sein d'une équipe de développeurs de contenus pédagogiques multimédia. Le logiciel utilisé pour la conception de ces contenus était le logiciel *Emulsion*⁶³ spécialement instrumenté pour permettre la capture de logs enrichis. Un modèle de trace a été conçu, ainsi qu'un outil de visualisation de traces fondé sur la *timeline* *SIMILE*⁶⁴.

L'expérimentation s'est déroulée de la façon suivante. Deux participants ont travaillé pendant deux jours sur la réalisation d'une activité pédagogique, chacun en développant une partie, à l'aide des outils numériques utilisés habituellement à cet effet. Les deux développeurs ont été observés et tracés : le logiciel utilisé était instrumenté, leur écran était dynamiquement capturé, ainsi que la scène avec une caméra/micro extérieure. Pour comprendre quels descripteurs de l'activité et quels contenus-clefs étaient pertinents pour cette activité particulière, il a été demandé à un participant d'effectuer une « transmission » de son activité en exposant son travail à un troisième participant, lors d'une conversation en face à face, afin que celui-ci soit capable de poursuivre le développement.

Le matériel recueilli à cette occasion a permis de définir un modèle de traces se focalisant sur l'articulation d'observés simples, mais centraux, de l'activité de production de contenus, ainsi qu'une trace associée. Un mode de visualisation adéquat à la remémoration de l'activité a également été conçu sous la forme d'une *timeline* multi-échelle permettant de visualiser glo-

63. <http://www.solunea.fr/produits/emulsion-professional.html>

64. <http://www.simile-widgets.org/timeline/>



FIGURE 4.15 – Présentation d’une trace d’activité ; certaines données ont été volontairement cachées. Les obsels présentés correspondent à des manipulations de documents, à l’exploration de systèmes de fichiers et à des copier-coller entre applications.

blement les obsels temporalisés sous la forme icône+texte et d’obtenir les détails au besoin (figure 4.15). Plusieurs mois plus tard, les participants se sont vu demander de reprendre l’activité, en verbalisant leur recherche d’informations. Un des participants disposait de la trace et de son environnement de travail, l’autre participant ne disposait que de son environnement.

La *timeline* s’est révélée facile à utiliser, le reste de l’environnement ne servant qu’à accéder à des documents. Le modèle de trace sous-jacent a montré une certaine pertinence, puisque les observés sélectionnés ont permis de retrouver rapidement les documents du projet ; les obsels « copier-coller » mettant notamment en évidence des éléments importants. La trace a également permis d’*objectiver* l’activité : les commentaires montrent en effet que le participant a pu facilement reconnaître une façon de faire « classique » dans sa pratique, identifiant également ce qui apparaissait comme une anomalie dans cette façon de faire. Cela montre que même avec une présentation interactive très simple, la trace modélisée et sa présentation ont le potentiel d’être un support de remémoration et de réflexivité, d’interprétation critique de l’activité, ce qui est un résultat positif. Cependant, il est apparu que la trace n’a pas donné d’avantage significatif à la reprise de l’activité interrompue. Chaque participant a passé près d’une heure à travailler, rencontrant des difficultés liées à la recherche du « déclic » qui lui aurait permis de mettre en relation l’activité qu’il reconnaissait dans sa forme générale à une activité particulière⁶⁵. Cependant, le résultat inverse (meilleure reprise pour l’utilisateur de la trace) ne se serait pas forcément révélé plus concluant, si ce n’est qu’un « amer situationnel » adéquat y aurait été disponible, quel qu’il soit. Il nous semble que l’expérimentation devrait nécessairement être menée sur plus de participants, ce qui est malheureusement à peu près impossible dans le contexte considéré.

Par ailleurs, Laflaquière (2009) suggère que la structure de représentation du déploiement d’une activité modélisée n’est pas forcément celle correspondant à la structure de la même activité telle que les participants se la représentent au moment de l’activité, ou telle qu’ils se la représentent encore plus tard. Ceci signifie que la trace en tant qu’elle objectifie une représentation de l’activité n’est pas forcément un support qui entraîne une activité réflexive.

65. Il a fallu une rencontre en face à face des participants pour que le « déclic » se passe, que tous les éléments soient remémorés, les documents et acteurs identifiés, ouvrant la voie à une reprise du travail.

Ceci suggère que la trace doit sans doute être manipulable et transformable manuellement par l'utilisateur pour lui permettre de construire une représentation significative, l'activité réflexive étant plutôt dans le processus de construction que dans l'accès à une représentation objectivant l'activité. Nous ajoutons que tant que la pratique d'utilisation de la trace n'est pas définie, c'est-à-dire à la fois l'outil donnant une représentation objectivée et les schèmes associés à sa manipulation, il nous semble qu'on se retrouve à une étape initiale d'une genèse instrumentale visant à construire la bonne objectivation de l'activité. Ceci signifie que le point de vue du concepteur de la trace (qui est réifié dans l'interprétation automatique de l'activité) n'est de toute façon qu'une interprétation qui doit être continuée par l'utilisateur. Par ailleurs, une solution possible serait de faire participer l'utilisateur à la construction de la trace de sa propre activité en cours d'activité (ou juste après). L'engagement cognitif nécessaire à cette tâche garantirait alors la tenue d'une activité réflexive qui favoriserait l'interprétation de la même trace, plus tard (dans le cas cependant où une telle « redocumentation » de l'activité serait menée avec un objectif cohérent avec l'objectif ultérieur).

4.3.3.2 Reprendre une activité récente

Ce travail s'inscrit dans le cadre général de l'assistance à la lecture active dans des systèmes d'interprétation audiovisuels (voir section 3.3.1). La lecture active est une activité pendant laquelle l'utilisateur est fréquemment interrompu, soit par des auto-interruptions classiques (Jin et Dabbish, 2009), soit par des pertes d'attention du fait de la complexité intrinsèque de la tâche ajoutée à la dimension temporelle des vidéos (effets d'entraînement voire de fascination, manipulations obligatoires associées : *play*, *pause*, *retour*). Il est bien sûr possible de chercher à améliorer les interactions pour limiter ces pertes d'attention, par exemple en éliminant les sous-tâches potentiellement distractives. Il est également possible d'essayer de favoriser la reprise après interruption (d'où qu'elle vienne) en restituant à l'utilisateur l'historique de l'activité en plus de l'environnement dans lequel il était en train d'agir.

Bertrand Richard (2010) a ainsi pu proposer deux modèles de traces correspondant grosso-modo aux niveaux *opération*⁶⁶ et *action*⁶⁷ de la théorie de l'activité, le premier étant considéré comme trace première, le second comme trace transformée à partir de la trace première, avec une transformation assez simple regroupant les opérations de la même catégorie qui se suivent. Par exemple, des opérations *play*, *pause*, *play*, *édition annotation*, *abandon édition d'annotation*, *play* sont transformées dans les actions *navigation*, *restructuration*, *navigation*. La couverture des modèles de traces (et de la transformation associée) a été vérifiée en comparant ses résultats sur plusieurs séances d'utilisation d'*Advene* à des captures dynamiques d'écran de ces mêmes séances.

Les traces des opérations et des actions sont présentées dans plusieurs interfaces au sein d'*Advene* (figure 4.16). Quand l'enregistrement est en cours, un indicateur de collecte est affiché et deux interfaces sont mises à disposition de l'utilisateur pour accéder aux traces. Un visualisateur séquentiel (*preview*) présente les dernières opérations collectées, leur *timecode*, des icônes représentant actions et objets et la couleur de l'action associée par la transformation. Une *timeline* « trace » (par opposition à la *timeline* « annotation ») présente cinq colonnes correspondant aux cinq actions, qui contiennent les opérations associées, représentées

66. Correspondant à une sous-partie des événements internes à *Advene* *play*, *pause*, *activation vue*, *changement vidéo*, *déplacement vidéo*, *fusion annotations*, *déplacement d'annotation*, *création* (d'annotation, de type d'annotation, de type de relation, de vue), *début d'édition* (...), *fin d'édition* (...), *suppression* (...), *abandon d'édition* (...).

67. Inspiré des propositions présentées dans la section 3.3.3 : *annotation*, *restructuration*, *navigation*, *classification*, *construction de vue*.

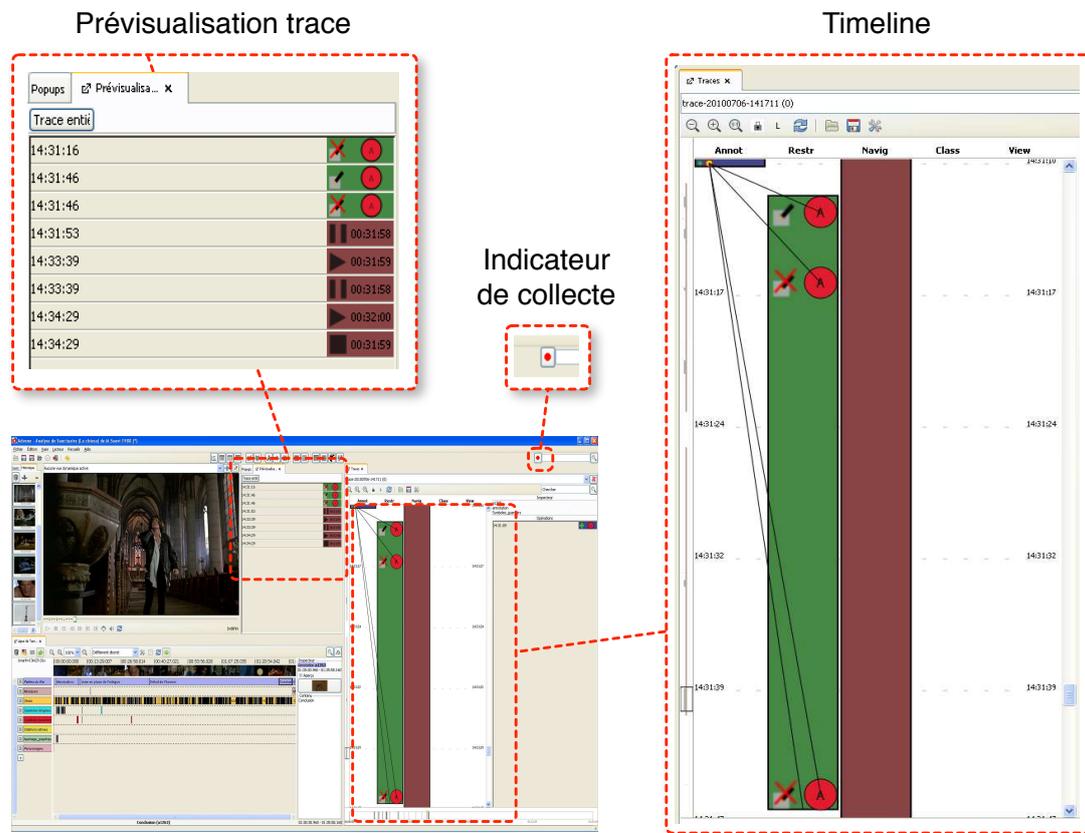


FIGURE 4.16 – Indicateur de collecte, visualisateur séquentiel des dernière opérations collectée, *timeline* verticale de visualisation de la trace.

par l'icône d'action et l'icône d'objet. Lorsqu'une icône d'objet est survolée (une annotation sur la figure présentée), les éventuelles utilisations du même objet sont mises en relation avec lui. Un objet peut être directement réédité depuis son icône dans la trace. La sélection d'un obsel présente les informations à droite de la *timeline* et il est possible d'annoter tout obsel. Un *radar* représentant le flux est disponible sous la *timeline* principale, indiquant les opérations effectuées en fonction de la position de la tête de lecture à ce moment (permettant de voir quels endroits de la vidéo ont été travaillés, sortes d'« *active reading wear* » de la vidéo).

Une expérimentation a été menée avec une dizaine de sujets, de débutants à experts en lecture active audiovisuelle, pendant des séances de 2 heures conclues par un questionnaire. Chacun devait annoter un extrait d'un film de 5 minutes, compléter et modifier des annotations déjà existantes, créer ses propres types d'annotations et relations et produire une vue de navigation dans le document. Pour un expert, cette activité était facile à mener en 2 heures, ce qui n'était pas le cas pour un débutant. Le sujet a été interrompu entre cinq et dix fois, soit pour répondre à des questions orales sur son travail, soit pour résoudre quelques exercices, soit pour répondre à un questionnaire. Des interruptions extérieures ont également eu lieu, comme des appels téléphoniques et des irrptions imprévisibles dans les bureaux. La durée de ces interruptions a varié entre une et dix minutes. Une capture d'écran dynamique a été enregistrée pour chaque sujet, afin de pouvoir étudier son activité.

Le constat général qui ressort de cette expérimentation est l'apport limité de la trace au cours du travail. Ceci peut être expliqué par deux facteurs principaux. Le premier est que la charge de l'activité et des interruptions était sans doute trop légère pour les sujets les plus experts. Le second, que le logiciel, de par sa *timeline* d'annotation, fournissait déjà un rappel du contexte suffisamment riche pour ne pas avoir besoin de la trace, notamment pour les interruptions les plus courtes. La trace a été utilisée pour des interruptions plus longues, notamment pour voir les derniers éléments modifiés ou les derniers déplacements dans le flux. La trace dans sa globalité n'a été utilisée que dans le cas d'une interruption correspondant à une pause-déjeuner. On constate par ailleurs que la présentation de la trace n'est pas intrusive, et ne semble pas avoir d'impact négatif sur la réalisation du travail, ce qui est un argument en faveur de la possibilité d'une assistance à l'utilisateur à partir de traces. La trace a tout de même été utilisée spontanément par quelques sujets pour retrouver leur contexte, ce qu'ils ont fait sans difficulté, ce qui valide une certaine pertinence des informations disponibles pour permettre une récupération d'activité. La trace a également été utilisée de façon opportuniste pour résoudre un problème lié à une suppression malencontreuse.

Au bilan, il apparaît que la tâche que nous avons visée était sans doute trop simple et les interruptions trop minimes pour que la reprise de l'activité pose problème au vu des inscriptions déjà naturellement présentes dans l'interface d'*Advene*. Le cadre expérimental n'était donc pas adéquat, et il conviendrait sans doute d'alourdir la tâche et d'augmenter la durée des interruptions. Une autre conclusion est que la trace complète est sans doute d'une trop grande complexité pour la reprise d'activité après perte d'attention, alors qu'une présentation simple devrait sans doute être suffisante (*Advene* offre d'ailleurs une interface à base de traces supplémentaire, qui montre les cinq derniers éléments créés et les cinq derniers éléments modifiés).

4.3.4 Vers une ingénierie des Systèmes à base de traces

Les différents travaux que nous venons de présenter définissent tous un ou plusieurs modèles des traces qui vont être manipulées. Comme toute modélisation ontologique, la modélisation d'une trace d'activité est une activité complexe, le plus souvent réalisée sans méthode spécifique, comme point de rencontre entre la manière dont le ou les concepteurs comprennent l'activité tracée et les sources de collecte disponibles, associée le cas échéant à un expert métier. Le modèle réalisé peut être testé auprès d'un utilisateur pour vérifier que celui-ci est à même de comprendre les obsels utilisés en lien avec son expérience. Au-delà de la modélisation *ad hoc*, et comme dans toutes les pratiques impliquant une modélisation, il semble utile de disposer d'une *méthodologie* spécifiant les différentes étapes de création d'un modèle de trace, de mettre en place une *ingénierie des systèmes à base de traces*.

Julien Laflaquière (2009, pp. 125–148) a pu faire une première proposition en ce sens dans le contexte large de l'insertion d'un SBTm dans le système d'information d'une organisation en vue de soutenir l'activité collective⁶⁸. Il s'agissait de se poser des questions liées à la démarche de conception d'un modèle de trace significatif de leur activité pour les acteurs, puis du déploiement d'un système leur proposant ces traces comme support de réflexivité, et enfin de l'évolution de ce modèle et du SBTm associé. La démarche comprend deux grandes étapes principales (figure 4.17) : l'*amorçage* consiste à préparer une première version du SBTm, tandis que l'*évolution* vise à faire évoluer les modèles sur lesquels se base celui-ci en fonction des retours des pratiques, à adapter les modes de visualisation, etc.

68. On se place ici dans un cadre où une activité et ses outils sont déjà disponibles, par exemple sans chercher à définir en même temps application innovante tracée et assistance à son utilisation à base de trace,

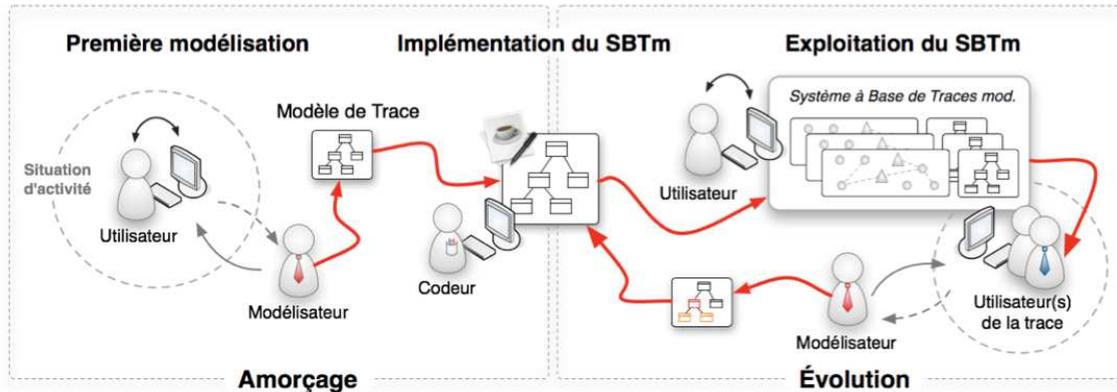


FIGURE 4.17 – Principe général insertion d'un SBT (Laflaquière et collab., 2008).

Les techniques de modélisation utilisées dans l'amorçage s'inspirent à la fois de la modélisation de tâches et de la modélisation de connaissances, appliquées dans le cadre singulier d'une situation d'activité, de l'objectif attribué aux traces modélisées, ainsi que des moyens fournis aux utilisateurs pour accéder *in fine*, à ces traces modélisées. L'amorçage se compose de deux phases appelées *analyse descriptive* et *création du modèle* (figure 4.18).

La phase d'*analyse descriptive* est une analyse de l'activité qui vise à déterminer les éléments de l'activité significatifs pour les utilisateurs, qui doit aller bien au-delà d'une simple décomposition en tâches. Par exemple, dans le cas de la conception de contenus multimédia, un *copier-coller* est un élément significatif techniquement, mais peut n'avoir aucune pertinence pour un utilisateur s'il est noyé dans un ensemble d'opérations non conscientes. Seule une étude précise permet alors de déterminer que certains copier-coller sont significatifs de l'activité (d'un document technique à un support de cours) et les autres non. La phase d'analyse descriptive consiste alors :

1. à observer soigneusement les situations de travail et à décider à la fois de l'activité tracée et du système observé (outil ou ensemble d'outils) ce qu'on appellera *périmètre de modélisation*,
2. à en étudier les dimensions du *sujet* (social), de l'*objet* (inscriptions manipulées) et de l'*outil* (opérations) auxquelles on ajoutera la dimension *temporelle*,
3. à intégrer toutes ces dimensions dans une grille d'analyse descriptive.

La phase de *création du modèle* est une structuration progressive des éléments issus de la phase d'analyse, qui consiste à :

1. choisir des observés potentiels et les *schématiser* sous la forme d'un graphe représentant l'activité, ce qui revient à créer manuellement une trace d'activité,
2. à *abstraire* de cette schématisation les types d'obsels et de relations,
3. à *structurer* ces différents éléments en un modèle de trace hiérarchique, ce qui est appelé *consolidation* du modèle.

La démarche propose par ailleurs de ne pas prendre en compte dans un premier temps les questions techniques de collecte, mais à les considérer dans un second temps afin de ne pas être trop influencé par celles-ci.

ce qui a pu conduire dans certains projets à une dispersion des efforts souvent dommageable.

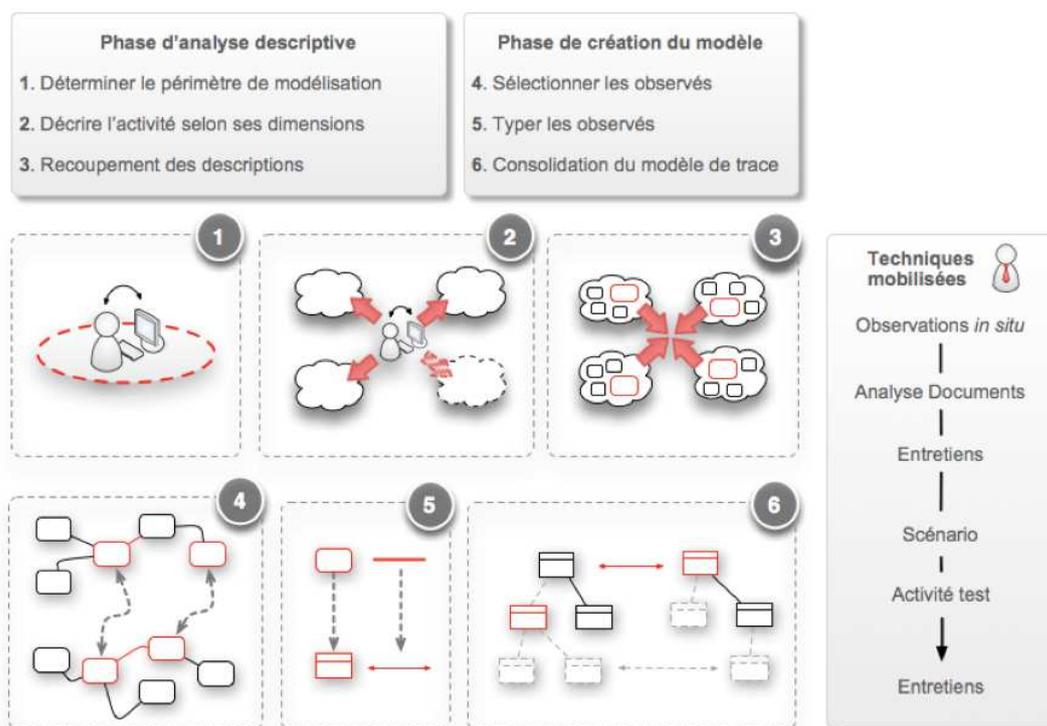


FIGURE 4.18 – Une modélisation de trace en deux phases (Laflaquière, 2009).

L'expérimentation de reprise d'activité présentée plus haut (section 4.3.3.1) avait pour objectif de tester cette première proposition de méthode de modélisation *a priori*. Elle a révélé que la trace proposée était un bon support d'objectivation de l'activité, la démarche d'évolution *a posteriori* n'ayant, quant à elle, pas pu être testée. Il conviendra maintenant d'appliquer cette méthode dans d'autres contextes, mais sa lourdeur suppose que cela soit fait sur des cas d'application réels, dans un contexte de projet industriel suffisamment long. C'est pourquoi une autre démarche consistera également à capitaliser les expériences de modélisation des différents projets de l'équipe sous la forme de guides de bonnes pratiques.

4.3.5 Bilan

Nous avons vu dans la première partie de ce chapitre qu'une trace est une inscription utilisée comme signe dans la visée interprétative d'un événement ou d'un processus passé au cours d'une activité qui alors peut être considérée comme mobilisant l'inscription comme trace. Dans le cadre numérique, l'interprétation est liée à la structuration automatique puis interactive d'inscriptions numériques. Nous nous sommes intéressé plus spécifiquement à des inscriptions numériques non seulement temporellement orientées, mais également explicites (ou canoniques), c'est-à-dire manipulées comme telles par le système d'interprétation considéré.

Les travaux présentés. L'approche générale des SBTm vise à penser de façon générique des systèmes d'interprétation (automatique et interactive) de traces modélisées explicites. Nous avons présenté cette approche ainsi que les travaux de formalisation indispensables aux

développements de SGTB comme noyaux des systèmes à base de traces. Les traces modélisées peuvent également être exploitées dans des applications qui ont des objectifs de mobilisation de traces très variés (de l'analyse à la réflexivité) et nous avons présenté quelques travaux qui illustrent cette variété.

- Les travaux autour de *Visu* sont orientés sur le partage des traces, sur leur utilisation pendant l'activité (*awareness*) et après celle-ci (remémoration, réflexivité et analyse du chercheur), sur l'utilisation des marqueurs pendant et après l'activité, enfin sur la redocumentation de l'activité à base de traces. On se retrouve ici dans le cas unique d'une application qui *est* un SBTm, dans la conception de laquelle l'approche des traces modélisées a été appliquée de façon systématique. Les enjeux applicatifs ou théoriques sont multiples, tandis que le cadre intégré offre l'intérêt de permettre de concevoir de nouvelles fonctionnalités (y compris par les chercheurs en Sciences du langage) à partir de traces existantes.
- Les travaux autour de la redocumentation sont plus précis et visent à penser celle-ci comme la continuation de l'interprétation des traces explicites vers des produits qui n'ont plus la même forme, mais qui restent des traces au sens où elles peuvent encore être interprétées comme faisant référence à l'activité passée. Les questions qui se posent ici relèvent de l'appropriation de traces, de la construction plus ou moins automatisée et du partage de représentations documentaires de son activité et de celle d'autrui, problématiques en liens forts avec les *lifelogs*.
- Les travaux autour de la reprise d'activité à base de traces modélisées sont essentiellement liées à la problématique de la remémoration, de la possibilité de retrouver dans la trace une activité, non seulement dans sa forme générale, mais comme activité précise. Si pour une reprise d'activité à court terme l'environnement informatique fournit souvent un cadre suffisant, une reprise à plus long terme semble possible, les enjeux relevant par exemple de la construction de visualisations mêlant descriptions génériques et amers situationnels particuliers, une piste pouvant être celle de la « redocumentation immédiate » d'activité comme gestion prospective de connaissances personnelles.

Les travaux que nous avons menés autour des méthodologies de modélisation des traces montrent par ailleurs que cette problématique n'a été qu'effleurée, et que de nombreux enjeux demeurent, liés à la modélisation de l'activité effective et de ses inscriptions en fonction des applications visées lorsque l'on veut *introduire* des traces modélisées dans un système existant. Il nous semble cependant qu'il reste impératif d'enchaîner deux étapes, la première visant à proposer un premier modèle de trace (issu d'une approche analytique plus ou moins rigoureuse), et la seconde, visant — une fois que le premier système est fourni — à faire évoluer les modèles de traces. Une telle évolution est soit le fait de l'analyste-concepteur qui prend en compte les retours utilisateurs, soit celui des utilisateurs eux-même qui continuent dans l'usage la conception du système en proposant des interprétations (transformations, modes de visualisation, *etc.*) adaptées à leur pratiques.

Tensions entre plusieurs types de recherches. La recherche sur les systèmes à base de traces modélisées telle que nous l'avons menée met en jeu plusieurs types de recherches (figure 4.19).

- La construction du *cadre général théorique des systèmes à base de traces modélisées* (traces modélisées, transformations, *etc.*) est une recherche visant une conceptualisation unifiée des systèmes manipulant des traces explicites, la définition d'une ingénierie des traces modélisées, *etc.*
- La *formalisation et l'opérationnalisation technique générique des SBTm* (modèles formels, SGBT et outils associés) visent à fournir des outils formellement validés de gestion

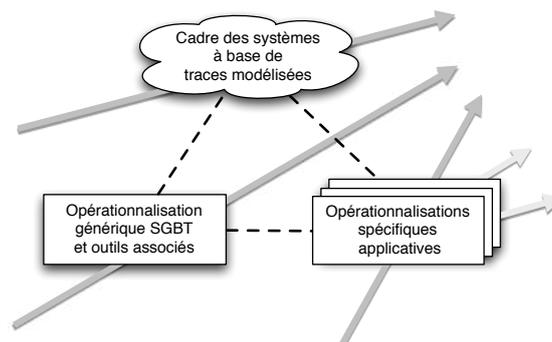


FIGURE 4.19 – Plusieurs types de recherches qui doivent converger.

de traces modélisées, utilisables dans de nombreuses situations applicatives.

- Les *opérationnalisations applicatives spécifiques* visent la conception, la construction et la validation de systèmes opérationnels concrets à base de traces modélisées qui rendent les services attendus à leurs utilisateurs et permettent de valider différents modes d'utilisation des traces.

Idéalement toutes ces recherches sont menées en harmonie, se nourrissant les unes les autres, mais on peut se rendre compte que parfois des tensions peuvent apparaître qui résultent de ce que nous pourrions appeler les « inerties » associée aux types de recherches :

- inertie liée à l'investissement lourd dans la formalité ou le développement du SGBT qui peut amener à ignorer des retours ou des besoins applicatifs, voire à bloquer des avancées de l'approche générique, ou bien qui peut amener à utiliser un SGBT là où sa puissance n'est pas utile.
- inertie théorique qui peut amener à manquer les moments où le cadre théorique n'est plus pertinent et complique plus les choses qu'il ne les simplifie, par exemple en utilisant des traces modélisées dans des applications où leur présence ne se justifie pas.
- inertie liée aux recherches applicatives, qui pour peu qu'elles donnent des résultats peuvent inciter à développer ceux-ci plus avant en spécialisant les applications autour du problème considéré, ce qui peut amener à négliger le cadre théorique des traces modélisées.

Il nous semble que notre proposition de penser l'activité de l'utilisateur avec une trace définie comme interprétation d'inscriptions et comme structuration de ces inscriptions, *indépendamment* de la questions des traces explicites (traces modélisées dans notre manière de penser les choses) permet de prendre du recul par rapport au cadre théorique des SBTm. On peut alors intégrer les SBTm dans des pratiques ou des systèmes plus généraux, en articulant les dimensions automatiques (par exemple la collecte) et interactives *hors* des traces modélisées (par exemple la redocumentation, ou l'utilisation d'indicateurs). Il devient également possible de considérer par exemple le passage d'une manipulation de trace comme structure informationnelle non canonique à celle d'une trace explicite canonique.

De plus, un moyen de maintenir la convergence entre les types de recherche consiste à se focaliser sur l'objectif de faire des traces modélisées des *objets informatiques de premier niveau*, c'est-à-dire explicitement présentés, manipulés, *etc.* par les utilisateurs comme traces modélisées temporelles, toujours présentes, accessibles et appropriables.

Les traces modélisées comme objets de premier niveau. Faire des traces explicites des objets informatiques de *premier niveau* intégrés de façon naturelle dans les espaces d'information où se déroule l'activité, est un objectif pour le moins ambitieux. Il s'agit en effet de définir une catégorie nouvelle d'inscription numérique qui soit considérée de façon unitaire au travers de ses différentes manifestations dans différents outils à base de traces, lesquelles pourraient être simples (indicateurs) ou complexes (*timeline*). Cette trace serait toujours disponible pour un utilisateur donné qui aurait construit des pratiques variées liées à sa mobilisation plus ou moins explicite dans les outils et serait accessible en tant que telle avec au moins un outil dédié. L'apprentissage de la manipulation de la trace n'aurait pas à être direct ni même obligatoire et pourrait se faire de façon opportuniste à partir de ses manifestations intégrées à l'activité dans les outils. L'appréhension de la structure commune de trace pour le fonctionnement d'un certain nombre de fonctionnalités offertes à l'activité aurait l'avantage de permettre de considérer celle-ci d'abord depuis ses utilisations dans les outils, puis de construire le cas échéant de nouvelles utilisations (on a vu qu'une inscription pouvait permettre de viser le passé de plusieurs manières différentes). Bien évidemment, la trace dont nous parlons serait en fait composée de plusieurs niveaux de traces, construits à partir d'une trace première commune, et adaptés aux différents outils qui l'utiliseraient.

Divers enjeux sont associés à une telle approche, dont certaines directions seront explorées dans notre travail futur : *enjeux techniques* tout d'abord, liés à la possibilité de définir une base de traces indépendante des applications, accessible à l'utilisateur⁶⁹ ; *enjeux de modélisation et de conception de système* ensuite, puisqu'il s'agirait de déterminer en quoi il est possible par exemple que plusieurs outils à base de trace partagent une vision commune de ce que contiendrait une trace première, mais aussi des modèles de traces de plus haut niveau, de manipulation, de visualisation, *etc.* ; *enjeux sociaux* également, liés aux outils à base de traces orientés sur le partage, permettant aux utilisateurs d'un groupe de réutiliser une trace collective, utilisation collective de traces individuelles, *etc.* ; *enjeux éthiques* enfin, liés à la manière de penser le contrôle des traces, de leur collecte, de leur utilisation et leur gestion de façon unifiée et simple.

Objectivation de structures informationnelles à partir de traces. Nous avons proposé dans la partie 2.3 qu'un utilisateur mobilise en permanence des structures informationnelles associées à des instruments plus ou moins canoniques. Nous avons proposé notamment à la section 2.3.4.2 qu'un moyen de soutenir l'activité d'un utilisateur dans un espace informationnel était de lui permettre d'inscrire dans son système les structures informationnelles non canoniques en structures canoniques, en concevant des systèmes qui accompagnent cette dynamique de formalisation incrémentale qui soient souples, réflexifs et permettent le partage. La réflexivité ici évoquée est celle de la prise de conscience explicite de son activité et des structures et instruments que celle-ci met en œuvre, pour prendre en considération de façon réflexive ses propres processus, décider le cas échéant des modifications qu'il faut apporter à ceux-ci, enfin mesurer l'effectivité des personnalisations mises en place. Il s'agit de percevoir les structures de l'activité au sens large (structures mobilisées dans l'activité, structures du déroulement de l'activité) comme structures informationnelles non canoniques qui peuvent être réintégrées comme autant de figements d'éléments de pratiques. Si les systèmes de gestion de connaissances personnelles sont des systèmes qui permettent de réaliser ce genre de

69. Pour ce qui concerne l'utilisation d'un ordinateur, nous avons effleuré il y a quelques années la question des « systèmes d'exploitation exploitant des traces » (Touch, 2006). Dans le contexte d'une activité menée en ligne avec des outils du *cloud*, la question se pose de façon renouvelée, et les technologies du web de données pourraient fournir un support à la gestion des données personnelles comme traces, dont tout un chacun aurait intérêt à reprendre le contrôle.

choses en permanence, car l'activité se nourrit de ses inscriptions, les systèmes d'interprétation de traces en tant qu'ils manipulent des inscriptions de l'activité temporalisées explicites constituent un support adéquat pour l'interprétation, l'objectivation et l'objectification de nouvelles inscriptions.

L'enjeu est alors de fournir des outils à base de traces qui permettent aux utilisateurs d'abord de *repérer*⁷⁰ ces structures de l'activité, plus ou moins automatiquement, à l'aide de présentations variées, puis de les *inscrire* (objectifier) plus ou moins automatiquement dans le système, soit comme modes de visualisation personnels, soit — en allant plus loin — comme nouveaux outils. Des tels outils seraient associés à de nouvelles inscriptions, par exemple comme macros (nouveaux outils canoniques) traitant et présentant des inscriptions d'une certaine forme (nouvelles inscriptions canoniques) accompagnés de leur schèmes. Il nous semble qu'on toucherait là à la limite subtile entre la *programmation utilisateur* et l'*écriture numérique* assistée par les traces. Un cran plus loin se poserait la question d'une évolution générale de tels systèmes dans laquelle les nouveaux outils construits grâce aux traces seraient à leur tour tracés.

70. La notion de marqueur paraît à cet égard importante, qui permet de *préparer* un tel repérage dans le cadre d'une pratique établie. Le repérage doit également être assisté par des outils adaptés. On peut notamment se poser la question de la visualisation symbolique ou visuelle de la trace dans le cadre d'une activité de bureau, la spatialité d'une représentation visuelle pouvant favoriser la désignation de structures pertinentes.

5

Conclusion

Sommaire

| | | |
|------------|------------------------------------|------------|
| 5.1 | Bilan des travaux | 207 |
| 5.2 | Perspectives | 208 |

Au terme de notre cheminement, dont nous espérons que la variété des paysages visités atténue la longueur perçue par le lecteur, nous sommes à même de dresser un bilan des travaux menés et de discuter les perspectives ouvertes.

5.1 Bilan des travaux

La figure 5.1 présente une vision synoptique des grandes thématiques de recherche qui ont été les nôtres depuis une dizaine d'années¹. Les deux thématiques principales sont bien entendu liées à la lecture active audiovisuelle et aux systèmes à base de traces. Différentes thématique connexes passées (constellations, multi-structures) ou présentes (accessibilité audiovisuelle, systèmes d'interprétation) sont également présentées dans cette figure, qui ont déjà largement été décrites dans ce mémoire dans les chapitres 3 et 4.

Deux thématiques récentes n'ont par contre été qu'évoquées. La thématique appelée *visualisation de traces* a toujours existé, mais n'est devenue un véritable sujet d'étude que récemment, avec nos efforts pour essayer de tirer un bilan des différents travaux au sein de l'équipe Silex et les développements en cours de plusieurs *timelines* génériques et la spécification de modèles de feuilles de styles de présentations de traces modélisées. La thématique appelée *phénoménologie du numérique* est également récente, et regroupe nos réflexions et nos premiers travaux autour de l'étude du vécu de l'interaction avec les inscriptions.

1. On peut remarquer que ces thématique s'inscrivent dans la lignée de nos travaux de thèse (Prié, 1999) — les annotations audiovisuelles et les préoccupations documentaires y étaient en effet déjà présentes, ainsi que les linéaments de ce qui deviendrait plus tard l'approche des systèmes à base de traces modélisées — en les étendant considérablement.

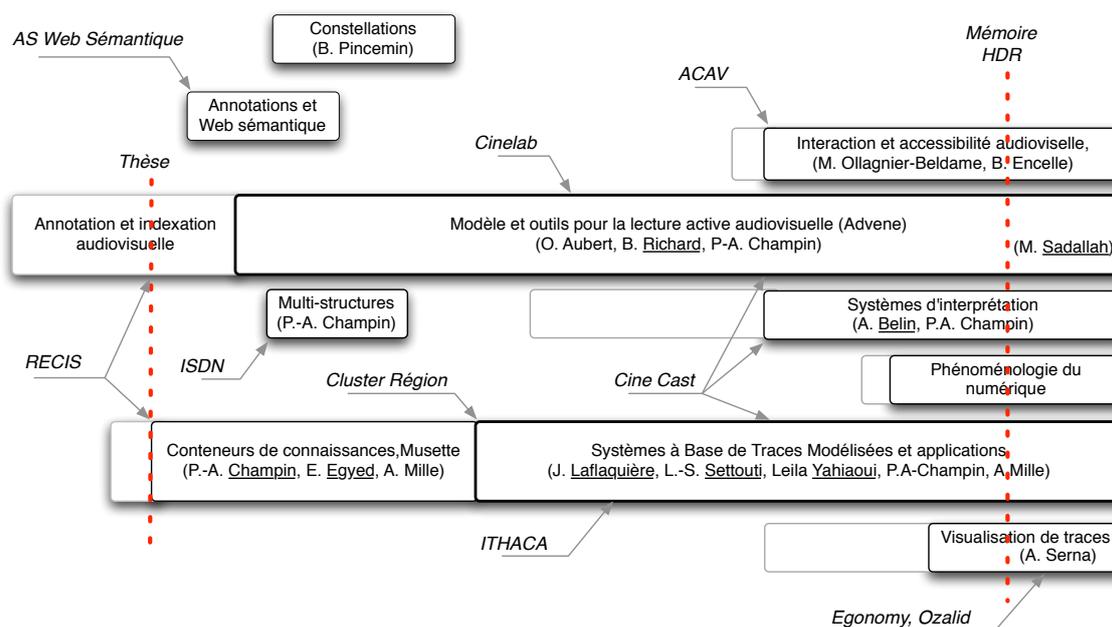


FIGURE 5.1 – Différences thématiques de recherches, projets qui permettent de les financer, collègues et doctorants impliqués (souligné). L'échelle de temps n'est pas stricte.

5.2 Perspectives

Nous reprenons les thématiques de recherche actuelles présentées dans la figure 5.1 et en analysons les perspectives. En termes disciplinaires, les directions que nous prenons impliquent notamment de continuer sur la voie de la collaboration interdisciplinaire avec des chercheurs d'autres disciplines, mais également de considérer l'interaction homme-machine comme thème de recherche à part entière dans nos travaux.

Modèle et outils pour la lecture active audiovisuelle. Comme évoqué à la fin du chapitre 3, nos objectifs principaux pour cette thématique sont de définir des modèles conceptuels des hypervidéos à base d'annotations (dans leurs dimensions statiques et dynamiques) qui permettent la conception de celles-ci par des non-informaticiens. Il s'agira de définir les modèles documentaires et les interfaces de création associés, en visant particulièrement des applications web, en lien avec des applications dans des contextes précis, critique filmique, instrumentation des répétitions théâtrales ou enseignement en ligne à base de vidéos.

Interaction et accessibilité audiovisuelle. Les travaux démarrés dans le projet ACAV autour de l'accessibilité des vidéos devraient se poursuivre, en lien avec la thématique plus générale de l'interaction avec des flux annotés et les hypervidéos, soit avec des interfaces standard soit plus novatrices (gestuelles notamment). De tels travaux ont d'ores et déjà commencé à titre exploratoire. Nos projets dans le Labex en construction LOEC2 vont dans ce sens.

Systèmes à base de traces modélisées et applications. Les travaux menés autour des SBTm se poursuivent dans les directions déjà présentées (réflexivité, analyse, RàPET,

etc.) et nous continuerons à utiliser *Visu* comme plateforme expérimentale au moins pendant le temps de sa maturation industrielle. Les thématiques actuelles (qui correspondent aux projets en montage) s'orientent vers la conceptualisation des traces sur le web notamment en lien avec le web de données, des traces collectives dans les organisations, du génie logiciel de la trace (en lien avec la modélisation et les itérations de reconception des traces), enfin des SGBT haute-performance en lien avec nos partenaires industriels (par exemple Knowings). La question déjà évoquée des traces comme objets informatiques de premier niveau se pose de façon générale dans l'ensemble de nos projets, notamment lorsque nous abordons la question de l'analyse, de la remémoration et de la réflexivité.

Visualisation interactive de traces. Notre réflexion sur la visualisation interactive de traces se place dans ce contexte, et il s'agit de définir des principes et de modèles permettant de viser des modes de représentation génériques de traces modélisées soutenant l'interprétation de traces d'activité. Ces travaux ont commencé, et se poursuivront en considérant différents cadres applicatifs, existants ou nouveaux, tels que ceux des projets *Egonomy* (navigation dans des bases d'images) et *Ozalid* (transcription semi-automatique et annotation de textes manuscrits). Cette recherche devra notamment étudier dans quelle mesure il est possible d'interagir avec des traces pour objectiver facilement des éléments de l'activité (inscriptions de l'activité : structures informationnelles ou outils et structure de l'activité : instruments), et le cas échéant d'en proposer des réifications.

Structures informationnelles. Cette thématique est en fait un cadre théorique qui dépasse les thématiques de recherche présentées figure 5.1. L'ambition que porte notre proposition de considérer des structures informationnelles vise à essayer de se donner un moyen tangible, en tant qu'informaticien, d'étudier la rencontre de l'humain et de la machine. Une structure informationnelle correspond à ce qui est réellement mobilisé par l'humain, en se donnant la contrainte qu'elle doit être objectivable en lien avec ce que manipule la machine (le canonique). Les structures informationnelles sont des réifications existantes ou potentielles des inscriptions numériques mobilisées dans une activité médiée qui d'une certaine manière peuvent être rencontrées dans l'ensemble de nos travaux et applications.

Les structures non canoniques peuvent notamment être considérées dans leur réintégration dans le canonique, l'activité peut alors être conçue comme dynamique d'objectification ou d'écriture dans le support numérique tel qu'il est proposé par les applications, de façon plus ou moins explicite (de la modification d'un texte au changement d'un schéma ou à la conception d'une feuille de style). Il est également possible, on l'a vu, de considérer que les traces forment un support réflexif d'explicitation des structures et des instruments associés, ouvrant la voie à la possibilité de réifier des éléments de l'activité effective. Enfin, le cadre des structures informationnelles peut sans doute permettre d'étudier les indices d'une éventuelle raison computationnelle (voir ci-dessous).

Pour autant, notre proposition n'en est qu'à ses débuts et doit être consolidée dans un certain nombre de directions, notamment en étudiant les différentes classes de mobilisation que l'on peut définir à des niveaux d'activités variés, pour les structures et les instruments associés, en considérant des formes générales de manipulation de l'information (par exemple les manipulations associées à un graphe, ou à une hiérarchie formelle), mais aussi des formes de mobilisation variées (par exemple la mobilisation d'une annotation d'un texte). Il s'agira dans une démarche empirique d'aller étudier la mobilisation de ces structures, leur genèse notamment, au moyen d'études fines qui pourraient utiliser les méthodes du cours d'action.

Systèmes d'interprétation. Ces systèmes fournissent des terrains idéaux pour de telles études, on peut notamment y étudier le couplage conscient des utilisateurs à leur espace informationnel, et la dimension de manipulation explicite de structures informationnelles dans des pratiques toujours en évolution. Le maintien dans une cohérence suffisante pour être viable des trois types d'inscriptions de connaissances personnelles (comme proposé dans notre tripartition données - présentation - modèle) peut être alors étudié en lien avec les différentes genèses instrumentales. On souhaite également proposer aux utilisateurs des outils à même de faciliter ces genèses, au moins en leur proposant une visualisation de traces leur permettant d'objectiver leurs pratiques de gestion de leur espace informationnel (travaux en cours dans la thèse d'Amaury Belin).

Phénoménologie du numérique. Cette dernière thématique de recherche découle directement de nos propositions autour des structures informationnelles et vise à étudier quelles sont les structures effectivement mobilisées par un individu. Comme nous l'avons suggéré à la fin du chapitre 2, il s'agit d'accéder à l'expérience vécue des structures, des instruments et des interactions à des niveaux opérationnels de l'activité, d'analyser l'appréhension temporelle ou non de structures, les focalisations et défocalisations, les éventuelles « microgenèses instrumentales », *etc.* De telles recherches nécessiteront sans doute des études à la fois en 3ème et en 2ème personne, et des outillages adéquats, par exemple d'articuler une traces symbolique à une visualisation d'enregistrements d'écran pour un analyste, ou bien de permettre le recueil de « moments d'expérience » d'activité médiée.

Au-delà, et comme nous l'avons déjà suggéré, il nous semble que s'intéresser aux structures informationnelles effectivement mobilisées dans l'activités et à leur partage pourrait sans doute permettre d'étudier la raison computationnelle de la même manière que la raison graphique, en liant le niveau micro de la phénoménologie du numérique au macro de l'utilisation de structures partagées et réifiées socialement, au sein de l'« organologie générale » que Bernard Stiegler appelle de ses vœux. Le niveau macro serait alors à notre sens lié à la science du web comme moyen pour les chercheurs en SHS de s'emparer des données du web et d'étudier les effets plus larges du numérique, qui ne pourraient être validés comme indices d'une raison computationnelle que s'il est possible de les mettre en relation avec l'action signifiante vécue d'utilisateurs menant une activité médiée numériquement.

Bibliographie

- Aamodt, A. et E. Plaza. 1994, «Case-based reasoning : Foundational issues, methodological variations, and system approaches», *AICom - Artificial Intelligence Communication*, vol. 7, n° 1, p. 39–59. [166](#)
- Abiteboul, S., R. Hull et V. Vianu. 1995, *Foundations of Databases*, Addison-Wesley. [180](#)
- Adar, E., D. Karger et L. Stein. 1999, «Haystack : Per-user Information Environments», dans *CIKM '99 : Proceedings of the Eighth International Conference on Information and Knowledge Management*, p. 413–422. [156](#)
- Agre, P. E. 1988, *The Dynamic Structure of Everyday Life*, thèse de doctorat, Massachusetts Institute of Technology Cambridge, MA, USA. [28](#)
- Agre, P. E. 1997, *Computation and Human Experience*, Cambridge University Press. [29](#)
- Agre, P. E. et D. Chapman. 1987, «Pengi : an implementation of a theory of activity», *Proceedings of the sixth National conference on Artificial intelligence - Volume 1*, p. 268–272. [29](#)
- Akers, D., M. Simpson, R. Jeffries et T. Winograd. 2009, «Undo and erase events as indicators of usability problems», dans *CHI '09 : Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems*, Boston, MA, p. 659–668. [155](#)
- Alcorta, M. 1997, «Maîtrise de l'écrit et réussite scolaire. Approche ontogénétique des capacités d'écrit des élèves», dans *Colloque "Défendre et Transformer l'École pour tous"*, Marseille. [105](#)
- Aneiros, M., V. Estivill-Castro et C. Sun. 2003, «Group unified histories an instrument for productive unconstrained co-browsing», dans *Proceedings of the 2003 international ACM SIGGROUP conference on Supporting group work*, GROUP '03, ACM, Sanibel Island, Florida, USA, p. 330–338. [157](#)
- Arana, J., S. Hassas et Y. Prié. 2004, «MAZETTE : multi agent MUSETTE for sharing and reusing ontologies», dans *On the Move to Meaningful Internet Systems 2004 : OTM 2004 Workshops, LNCS*, vol. 3292, Agia Napa, Cyprus, p. 741–752. [169](#)
- Athea, G.-V. 2009, «Le document numérique et/est son parcours de lecture», dans *Poster in Actes du Colloque de l'ARCo*, p. 229–231. [106](#)
- Aubert, O., P.-A. Champin, Y. Prié et B. Richard. 2008, «Canonical processes in active reading and hypervideo production», *Multimedia Systems*, vol. 14, n° 6, p. 427–433. [132](#)
- Aubert, O. et Y. Prié. 2004a, «Documents audiovisuels instrumentés - temporalités et dé-temporalisations dans les hypervidéos», *Document Numérique : numéro spécial Temps et document numérique*, vol. 8, n° 4, p. 143–168. [117](#), [141](#)

- Aubert, O. et Y. Prié. 2004b, «From video information retrieval to hypervideo management», dans *Corimedia, the international workshop on multidisciplinary image, video, and audio retrieval and mining*, Sherbrooke, Canada. 119
- Aubert, O. et Y. Prié. 2005, «Advene : active reading through hypervideo», dans *Proceedings of the sixteenth ACM conference on Hypertext and hypermedia*, Salzburg, Austria, p. 235–244. 123, 125
- Aubert, O. et Y. Prié. 2006, «Des vidéos aux hypervidéos : vers d'autres interactions avec les médias audiovisuels», *Technique et Science Informatiques*, vol. 25, n° 4, p. 409–436. 123, 125
- Auroux, S. 1995, *La révolution technologique de la grammatisation*, Mardaga. 18
- Avouris, N., G. Fiotakis, G. Kahrmanis, M. Margaritis et V. Komis. 2007, «Beyond logging of fingertip actions : analysis of collaborative learning using multiple sources of data», *Journal of Interactive Learning Research JILR. Special Issue : Usage Analysis in Learning Systems : Existing Approaches and Scientific Issues.*, vol. 18, n° 2, p. 231–250. 155
- Azevedo, R. 2007, «Understanding the complex nature of self-regulatory processes in learning with computer-based learning environments : an introduction», *Metacognition and Learning*, vol. 2, n° 2-3, p. 57–65. 162
- Bachimont, B. 1996a, *Herméneutique matérielle et Artéfacture : des machines qui pensent aux machines qui donnent à penser ; Critique du formalisme en intelligence artificielle*, Thèse de doctorat en épistémologie, Ecole Polytechnique. 9, 19
- Bachimont, B. 1996b, «Intelligence artificielle et écriture dynamique : de la raison graphique à la raison computationnelle», dans *Colloque de Cerisy La Salle "Au nom du sens"*, édité par J. Petitot et P. Fabbri, Grasset, Cerisy, p. 290–319. 19, 20
- Bachimont, B. 1999a, «Bibliothèques numériques audiovisuelles : des enjeux scientifiques et techniques», *Document Numérique, numéro spécial "Les Bibliothèques Numériques"*, vol. 2, n° 3-4, p. 219–242. 117
- Bachimont, B. 1999b, «De l'hypertexte à l'hypotexte : les parcours de la mémoire documentaire», *Technologies, Idéologies, Pratiques. Mémoire de la technique et techniques de la mémoire.*, p. 195–225. 23
- Bachimont, B. 2004a, *Arts et Sciences du numérique : ingénierie des connaissances et critique de la raison computationnelle*, Habilitation à diriger des recherches, Université de Technologie de Compiègne, Compiègne. 4, 7, 8, 11, 13, 22, 26, 61, 93, 94, 95, 106, 107
- Bachimont, B. 2004b, «Pourquoi n'y a-t-il pas d'expérience en ingénierie des connaissances?», dans *15èmes Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances*, Lyon, France, p. 53–64. 21, 22, 23
- Bachimont, B. 2010, «La présence de l'archive : réinventer et justifier», *Intellectica*, , n° 54-55, p. 281–309. 15, 22, 146, 161
- Bachimont, B. 2011, «Information et communication : phénomènes empiriques mais concepts mal définis», Colloque sur l'épistémologie comparée des concepts d'information et de communication dans les disciplines scientifiques (EPICIC). 80

- Baljko, M. et N. Tenhaaf. 2008, «The aesthetics of emergence : Co-constructed interactions», *Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, vol. 15, n° 3. 54
- Band, Guido, Jolicoeur, Pierre, Akyurek, Elkan, Memelink et Jiska. 2006, «Integrative views on dual-task costs», *The European Journal of Cognitive Psychology*, vol. 18, n° 4, p. 481–492. 189
- Bannon, L. J. 1991, «From human factors to human actors : the role of psychology and human-computer interaction studies in system design», dans *Design At Work : Cooperative Design of Computer Systems*, édité par J. Greenbaum et M. Kyng, L. Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, p. 25–44. 30, 55, 56
- Bannon, L. J. et S. Bødker. 1991, «Beyond the interface : Encountering artifacts in use», dans *Designing Interaction : Psychology at the human-computer interface*, édité par J. Carroll, Cambridge University Press, NY, p. 227–253. 30, 48
- Barreau, D. et B. A. Nardi. 1995, «Finding and reminding : file organization from the desktop», *SIGCHI Bull.*, vol. 27, n° 3, p. 39–43. 102, 108
- Bationo-Tillon, A. 2006, *Pratiques des activités narratives instrumentées : Une analyse diachronique et structuro-fonctionnelle en amont de la conception*, Thèse de doctorat en ergonomie, Université Paris 8. 46, 55, 105, 111, 161
- Beaudouin-Lafon, M. 2000, «Instrumental interaction : an interaction model for designing post-WIMP user interfaces», dans *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, ACM Press New York, NY, USA, p. 446–453. 54, 67
- Beaudouin-Lafon, M. 2004, «Designing interaction, not interfaces», dans *Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces*, ACM New York, NY, USA, p. 15–22. 54
- Begole, J. B., J. C. Tang, R. B. Smith et N. Yankelovich. 2002, «Work rhythms : analyzing visualizations of awareness histories of distributed groups», dans *Proceedings of the 2002 ACM conference on Computer supported cooperative work*, CSCW '02, ACM, New Orleans, Louisiana, USA, p. 334–343. 155
- Béguin, P. et Y. Clot. 2004, «Situating action in the development of activity», *@ctivités*, vol. 1, n° 2, p. 50–63. 28, 32, 37, 38, 44, 51
- Béguin, P. et P. Rabardel. 2000, «Designing for instrument-mediated activity», *Scandinavian Journal of Information Systems*, vol. 12, n° 1-2, p. 173–190. 38
- Bellotti, V., B. Dalal, N. Good, P. Flynn, D. G. Bobrow et N. Ducheneaut. 2004, «What a to-do : studies of task management towards the design of a personal task list manager», dans *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, CHI '04, ACM, Vienna, Austria, p. 735–742. 101
- Betaille, H., M. Nanard et J. Nanard. 2001, «OPALES : An Environment for Sharing Knowledge among Experts Working on Multimedia Archives», dans *Museum and the Web*, Seattle, USA, p. 145–154. 119
- Bétrancourt, M., N. Guichon et Y. Prié. 2011, «Assessing the use of a trace-based synchronous tool for distant language tutoring», dans *9th International Conference on Computer Supported Collaborative Learning*, Hong Kong, p. 486–493. 181, 185, 188

- Bitbol, M. 2010, *De l'intérieur du monde : Pour une philosophie et une science des relations*, Flammarion. 12
- Blackwell, A. F. 2001, *Thinking with Diagrams*, Springer. 79
- Blackwell, A. F. et S. Fincher. 2010, «Pux : Patterns of user experience», *Interactions*, vol. 17, n° 2, p. 27–31. 91, 108
- Boavida, M., S. C. o et N. Correia. 2004, «Videozapper : A system for delivering personalized video content», *Multimedia Tools and Applications Journal*. 119
- Bødker, S. 1995, «Applying activity theory to video analysis : how to make sense of video data in human-computer interaction», dans *Context and Consciousness : Activity Theory and Human-Computer Interaction*, Massachusetts Institute of Technology, p. 147–174. 53
- Bødker, S. et P. Andersen. 2005, «Complex mediation», *Hum.-Comput. Interact.*, vol. 20, n° 4, p. 353–402. 42
- Bottini, T. 2010, *Instrumenter la lecture critique personnelle multimédia*, Thèse de doctorat en informatique, Université de Technologie de Compiègne. 104, 105, 110
- Bourguin, G. et A. Derycke. 2005, «Systèmes interactifs en co-évolution. Réflexions sur les apports de la théorie de l'activité au support des pratiques collectives distribuées», *Revue d'Interaction Homme-Machine Vol*, vol. 6, n° 1. 56, 155
- Bowker, G. C. et S. L. Star. 2000, *Sorting things out : classification and its consequences*, The MIT Press. 51
- Brassac, C. 2003, «Lev, Ignace, Jerome et les autres... Vers une perspective constructiviste en psychologie interactionniste», *Technologies, Idéologies et Pratiques : revue d'anthropologie des connaissances*, vol. 15, n° 1, p. 195–214. 32, 37, 39, 50
- Brassac, C. 2005, «Computers and knowledge : a dialogical approach», *AI & SOCIETY*, vol. 20, n° 3, p. 249–270. 83
- Brassac, C. 2007, «Une vision praxéologique des architectures de connaissances dans les organisations», *Revue d'Anthropologie des Connaissances*, vol. 1, p. 121–135. 28
- Bratitsis, T. et A. Dimitracopoulou. 2006, «Monitoring and analyzing group interactions in asynchronous discussions with the dias system», dans *12th International Workshop on Groupware, GRIWG2006, Groupware : Design, Implementation and Use*, n° 4154 dans LNCS, Medina Del Campo, Spain, p. 54–61. 162
- Brooks, R. A. 1991, «Intelligence without representation», *Artificial Intelligence*, vol. 47, n° 1-3, p. 139–159. 28, 29
- Brugman, H. et A. Russel. 2004, «Annotating multi-media / multi-modal resources with ELAN», dans *Proceedings of LREC*, Lisbon, Portugal, p. 2065–2068. 122
- Bush, V. 1945, «As we may think.», *The Atlantic Monthly*, vol. 176, n° 1, p. 101–108. 99
- Cahour, B., C. Brassac, P. Vermersch, J. Bouraouis, B. Pachoud et P. Salembier. 2007, «Étude de l'expérience du sujet pour l'évaluation de nouvelles technologies : l'exemple d'une communication médiée», *Revue d'anthropologie des connaissances*, , n° 2007/1, p. 85–120. 90

- Callon, M. 1986, «Some elements of a sociology of translation : domestication of the scallops and the fishermen of St-Brieuc Bay», *Power action and belief a new sociology of knowledge*, vol. 32, p. 196–223. 30, 50
- Cangiano, G. R. et J. D. Hollan. 2009, «Capturing and restoring the context of everyday work : A case study at a law office», dans *Proceedings of the 1st International Conference on Human Centered Design : Held as Part of HCI International 2009*, HCD 09, Springer-Verlag, San Diego, CA, p. 945–954. 155, 160
- Card, S. K., T. P. Moran et A. Newell. 1983, *The psychology of human-computer interaction*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ. 30
- Carroll, J. M. 1991, *Designing interaction : psychology at the human-computer interface*, Cambridge University Press, 356 p.. 52, 54
- Carron, T., J.-C. Marty, L. France et J.-M. Heraud. 2007, «Matching the performed activity on an educational platform with a recommended pedagogical scenario : A multi-source approach», *Journal Of Interactive Learning Research*, vol. 18, n° 2, p. 267–283. 155
- Cesar, P., D. C. Bulterman, D. Geerts, J. Jansen, H. Knoche et W. Seager. 2008, «Enhancing social sharing of videos : fragment, annotate, enrich, and share», dans *Proceeding of the 16th ACM international conference on Multimedia*, p. 11–20. 120
- Chalmers, M., I. MacColl et M. Bell. 2003, «Seamful design : showing the seams in wearable computing», dans *IEE Eurowearable*, Birmingham, UK, p. 11–16. 94
- Chalupsky, H., Y. Gil, C. A. Knoblock, K. Lerman, J. Oh, D. V. Pynadath, T. A. Russ et M. Tambe. 2002, «Electric elves : Agent technology for supporting human organizations», *AI Magazine*, vol. 23, n° 2, p. 11–24. 156
- Chambel, T. et N. Guimaraes. 2002, «Context perception in video-based hypermedia spaces», dans *Proceedings of the thirteenth conference on Hypertext and hypermedia*, ACM Press, College Park, Maryland, USA, p. 85–94. 121
- Chambel, T., C. Zahn et M. Finke. 2006, «Hypervideo and cognition : Designing video-based hypermedia for individual learning and collaborative knowledge building», dans *Cognitively Informed Systems : Utilizing Practical Approaches to Enrich Information Presentation and Transfert*, édité par E. Alkalifa, Idea Group Publishing, p. 26–49. 121
- Champalle, O., K. Sehaba, A. Mille et Y. Prié. 2011, «A framework for observation and analysis of learners' behavior in a full-scope simulator of a nuclear power plant - Approach based on modelled traces», dans *ICALT 2011 - The 11th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. Communication affichée*. 189
- Champin, P., B. Encelle, N. W. D. Evans, O. Magali, Y. Prié et R. Troncy. 2010, «Towards collaborative annotation for video accessibility», dans *Proceedings of the 2010 International Cross Disciplinary Conference on Web Accessibility (W4A)*, W4A '10, ACM, Raleigh, North Carolina. 136
- Champin, P.-A., D. Clauzel, Y. Prié et K. Sehaba. 2009, «D1.4-a rapport d'implémentation du module de gestion des m-traces», Rapport contractuel projet ithaca, LIRIS - Université Claude Bernard Lyon 1. 180

- Champin, P.-A. et Y. Prié. 2007, «Models for sustaining emergence of practices for hypervideo», dans *Workshop On Semantically Aware Document Processing And Indexing (SADPI 07)*, Toulouse. 135
- Champin, P.-A., Y. Prié et A. Mille. 2002, «Conteneurs de connaissances : une approche fondée sur les usages pour le web sémantique», dans *Reconnaissances de Formes et Intelligence Artificielle*, Angers, p. 633–642. 166
- Champin, P.-A., Y. Prié et A. Mille. 2003, «MUSERTE : Modeling USEs and Tasks for Tracing Experience», dans *Workshop "From Structured Cases to Unstructured Problem Solving Episodes For Experience-Based Assistance"*, ICCBR'03, Trondheim, NO, p. 279–286. 166
- Champin, P.-A., Y. Prié et A. Mille. 2004, «Musette : a framework for knowledge capture from experience», dans *Actes des quatrièmes journées Extraction et Gestion des Connaissances*, p. 129–134. 166
- Chernov, S., G. Demartin, E. Herder, M. Kopycki et W. Nejdl. 2008, «Evaluating personal information management using an activity logs enriched desktop dataset.», dans *Proceedings of 3rd Personal Information Management Workshop (PIM 2008)*, Florence, Italy. 155
- Clancey, W. J. 1993, «Situated action : A neuropsychological interpretation response to vera and simon», *Cognitive Science*, vol. 17, p. 87–116. 32
- Clancey, W. J. 1997, «The conceptual nature of knowledge, situations, and activity», dans *Human and Machine Expertise in Context*, édité par P. Feltovich, R. Hoffman et K. Ford, The AAAI Press, p. 247–291. 29
- Clancey, W. J. 2011, «Relating modes of thought», dans *Switching Codes*, édité par T. Bartshcherer et R. Coover, University of Chicago Press. 29
- Clauzel, D., K. Sehaba et Y. Prié. 2011, «Enhancing synchronous collaboration by using interactive visualisation of modelled traces», *Simulation Modelling Practice and Theory*, vol. 19, n° 1, p. 84–97. 182, 183
- Clot, Y. 2005, «Pourquoi et comment s'occuper du développement en clinique de l'activité ?», dans *In Symposium Artefacts et collectifs, action située et théories de l'activité*. 65
- Cole, M. 1998, *Cultural Psychology : A Once and Future Discipline*, Belknap Press of Harvard University Press. 51
- Cole, M. et Y. Engeström. 1993, «A cultural-historical approach to distributed cognition», dans *Distributed Cognitions : Psychological and Educational Considerations*, édité par G. Salomon, Cambridge University Press, p. 1–46. 37
- Cole, M. et J. V. Wertsch. 1996, «Beyond the individual-social antimony in discussions of piaget and vygotsky», *Human Development*, vol. 39, p. 250–256. 39, 42, 50
- Conein, B. et E. Jacopin. 1999, «L'appauvrissement de la représentation : projection de plan et contrôle de l'action par les objets», *Revue d'Anthropologie des Connaissances*, vol. XIII, n° 2, p. 129–140. 45
- Cordier, A., B. Mascaret et A. Mille. 2010, «Dynamic Case Based Reasoning for Contextual Reuse of Experience», dans *Provenance-Awareness in Case-Based Reasoning Workshop. ICCBR 2010*, édité par C. Marling, Alessandria, Italy, p. 69–78. 156

- Cotte, D. 1998, «Le texte numérique et l'intériorisation des dispositifs documentaires», *Document Numérique, numéro special "Les Bibliothèques Numériques"*, vol. 2, n° 3-4, p. 259–279. 103
- Crabtree, A. 2004, «Taking technomethodology seriously : hybrid change in the ethnomethodology-design relationship», *European Journal of Information Systems*, vol. 13, n° 3, p. 195–209. 32, 58
- Daele, A. et F. Docq. 2002, «Le tuteur en ligne, quelles conditions d'efficacité dans un dispositif d'apprentissage collaboratif à distance?», dans *Proceedings of the AIPU Conference*, Louvain-la-Neuve. 188
- Datchary, C. et C. Licoppe. 2007, «La multi-activité et ses appuis : l'exemple de la "présence obstinée" des messages dans l'environnement de travail», *@ctivités*, vol. 4, n° 1, p. 4–29. 108
- De Loor, P., K. Mana'ch et J. Tisseau. 2009, «Enaction-based artificial intelligence : Toward co-evolution with human in the loop», *Minds and Machines*, vol. 19, n° 3, p. 319–343. 55
- De Sanctis, G. et M. Poole. 1994, «Capturing the complexity in advanced technology use : Adaptive structuration theory», *Organization Science*, vol. 5, n° 2, p. 121–147. 91
- Despres, C. et S. George. 2001, «Supporting learners' activities in a distance learning environment», *International Journal of Continuing Engineering Education and Lifelong Learning*, vol. 11, p. 261–272. 157
- Diakopoulos, N., S. Goldenberg et I. Essa. 2009, «Videolyzer : Quality analysis of online informational video for bloggers and journalists», dans *CHI '09 : Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems*, p. 799–808. 120
- Dieberger, A., P. Dourish, K. Höök, P. Resnick et A. Wexelblat. 2000, «Social navigation : techniques for building more usable systems», *interactions*, vol. 7, n° 6, p. 36–45. 156
- Ding, W., G. Marchionini et D. Soergel. 1999, «Multimodal surrogates for video browsing», dans *Proceedings of the fourth ACM conference on Digital libraries*, Berkeley, California, United States, p. 85–93. 119
- Djouad, T., L. S. Settouti, Y. Prié, C. Reffay et A. Mille. 2010, «Un Système à Base de Traces pour la modélisation et l'élaboration d'indicateurs d'activités éducatives individuelles et collectives. Mise à l'épreuve sur Moodle.», *TSI*, vol. 29, n° 6, p. 721–741. 181
- Dourish, P. 2001, *Where the Action Is. The Foundations of Embodied Interaction*, MIT Press. 26, 28, 29, 32, 46, 48, 49, 57, 59, 62, 82, 94
- Dourish, P. 2003, «The appropriation of interactive technologies : Some lessons from placeless documents», *Comput. Supported Coop. Work*, vol. 12, n° 4, p. 465–490. 57, 91, 110, 161
- Dourish, P. et G. Button. 1998, «On "technomethodology" : Foundational relationships between ethnomethodology and system design», *Human-Computer Interaction*, vol. 13, n° 4, p. 395–432. 57, 91, 100
- Dragunov, A. N., T. G. Dietterich, K. Johnsrude, M. McLaughlin, L. Li et J. L. Herlocker. 2005, «Tasktracer : A desktop environment to support multi-tasking knowledge workers», dans *International Conference on Intelligent User Interfaces*, San Diego, California, U.S.A., p. 75–82. 159, 172

- Drucker, P. F. 1973, *Management : Tasks, Responsibilities, Practices*, Harper Paperbacks. 99
- Dumais, S., E. Cutrell, J. J. Cadiz, G. Jancke, R. Sarin et D. C. Robbins. 2003, «Stuff i've seen : a system for personal information retrieval and re-use», dans *Proceedings of the 26th annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval*, SIGIR '03, ACM, Toronto, Canada, p. 72–79. 158
- Dyke, G., K. Lund et J. Girardot. 2009, «Tatiana : an environment to support the CSCL analysis process», dans *Proceedings of the 9th international conference on Computer supported collaborative learning - Volume 1*, CSCL'09, International Society of the Learning Sciences, Rhodes, Greece, p. 58–67. 155
- Edmondson, W. H. et R. Beale. 2008, «Projected cognition – extending distributed cognition for the study of human interaction with computers», *Interacting with Computers*, vol. 20, n° 1, p. 128–140. 49, 79
- Edwards, W. K. et E. D. Mynatt. 1997, «Timewarp : techniques for autonomous collaboration», dans *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, CHI '97, ACM, Atlanta, Georgia, United States, p. 218–225. 157
- Egyed-Zsigmond, E., N. Guin et A. Mille. 2009, *Réutilisation de l'expérience : modèles et applications*, Hermes Science Publications. 166
- Egyed-Zsigmond, E., A. Mille et Y. Prié. 2003, «Club (Trèfle) : a use trace model», dans *5th International Conference on Case-Based Reasoning*, LNAI, Trondheim, NO, p. 146–160. 166
- Eklund, J., J. Sawers et R. Zeiliger. 1999, «Nestor navigator : A tool for the collaborative construction of knowledge through constructive navigation.», dans *proceedings of Ausweb99, The Fifth Australian World Wide Web Conference*, Lismore, Australia, p. 396–408. 158
- Emond, B., M. Barfurth, G. Comeau et M. Brooks. 2006, «Technologies d'annotation vidéo et leurs applications de la pédagogie du piano», *La revue de recherche en éducation musicale*, vol. 24, n° 49–60. 121
- Encelle, B., P.-A. Champin, Y. Prié et O. Aubert. 2011a, «Models for video enrichment», dans *11th ACM Symposium on Document Engineering*, Mountain View, CA, p. 55–88. 137
- Encelle, B., M. Ollagnier-Beldame, S. Pouchot et Y. Prié. 2011b, «Annotation-based video enrichment for blind people : A pilot study on the use of earcons and speech synthesis», dans *13th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, Dundee, Scotland. 138
- Engelbart, D. C. 1962, «Augmenting human intellect : A conceptual framework», cahier de recherche Summary report afosr - 3223, Air Force Office of Scientific Research, SRI, Menlo Park, CA. 99
- Engeström, Y. 1987, *Learning by expanding : An activity-theoretical approach to developmental research*, Orienta-Konsultit Oy. 35
- Engeström, Y. 1999, «Activity theory and individual and social transformation», dans *Perspectives on activity theory*, édité par Y. Engeström, R. Miettinen et R.-L. Punamäki-Gitai, Cambridge University Press, Cambridge, UK, p. 19–38. 51

- Engeström, Y. 2000, «Activity theory as a framework for analyzing and redesigning work», *Ergonomics*, vol. 47, n° 3, p. 960–974. 37
- Escorcía, D. et F. Fenouillet. 2011, «Quel rôle de la métacognition dans les performances en écriture? analyse de la situation d'étudiants en sciences humaines et sociales», *Canadian Journal of Education/Revue canadienne de l'éducation*, vol. 34, n° 2. 162
- Eyssautier-Bavay, C., S. Jean-Daubias et J.-P. Pernin. 2009, «Un modèle de processus de gestion de profils d'apprenants», dans *EIAH 2009 - Environnements Informatique pour l'Apprentissage Humain*, p. 69–76. 170
- Farooq, U., J. M. Carroll et C. H. Ganoë. 2007, «Supporting creativity with awareness in distributed collaboration», dans *Proceedings of the 2007 international ACM conference on Supporting group work*, ACM, Sanibel Island, Florida, USA, p. 31–40. 157, 162, 183
- Fayet-Scribe, S. 1997, «Chronologie des supports, des dispositifs spatiaux, des outils de repérage de l'information», *Solaris*, vol. 3. 99
- Feiner, S., S. Nagy et A. van Dam. 1982, «An experimental system for creating and presenting interactive graphical documents», *ACM Trans. Graph.*, vol. 1, n° 1, p. 59–77. 158, 159, 240
- Fertig, S., E. Freeman et D. Gelernter. 1996, «Lifestreams : an alternative to the desktop metaphor», dans *Conference companion on Human factors in computing systems : common ground*, CHI '96, ACM, Vancouver, British Columbia, Canada, p. 410–411. 158
- Fisher, D. et P. Dourish. 2004, «Social and temporal structures in everyday collaboration», dans *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, CHI '04, ACM, Vienna, Austria, p. 551–558. 156
- Flavell, J. 1979, «Metacognition and cognitive monitoring : A new area of cognitive development inquiry», *American Psychologist*, vol. 34, p. 906–911. 162
- Fleck, M., M. Fleck, M. Frid, E. O'Brien-Strain, M. Frid, T. Kindberg, T. Kindberg, R. Rajani, R. Rajani, M. Spasojevic et M. Spasojevic. 2002, «Rememberer : A tool for capturing museum visits», dans *UbiComp '02 Proceedings of the 4th international conference on Ubiquitous Computing*, vol. 48, Göteborg, Sweden, p. 48–55. 160
- Fleury, A., M. Vacher, F. Portet, P. Chahuaara et N. Noury. 2010, «A Multimodal Corpus Recorded in a Health Smart Home», dans *LREC Workshop Multimodal Corpora and Evaluation*, Malta, p. 99–105. 136
- Folcher, V. 1999, «Des formes de l'action aux formes de la mémoire : un jeu de miroir?», *Revue d'Anthropologie des Connaissances*, vol. XIII, n° 2, p. 181–193. 91
- Folcher, V. 2003, «Appropriating artifacts as instruments : when design-for-use meets design-in-use», *Interacting with Computers*, vol. 15, n° 5, p. 647–663. 49, 91
- France, L., J. Heraud, J. Marty, T. Carron et J. Heili. 2006, «Monitoring virtual classroom : Visualization techniques to observe student activities in an e-Learning system», dans *Proceedings of the Sixth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, ICALT '06, IEEE Computer Society, p. 716–720. 157
- Freeman, E. et D. Gelernter. 1996, «Lifestreams : a storage model for personal data», *SIGMOD Records*, vol. 25, n° 1, p. 80–86. 160

- Fuller, M., L. Kelly et G. Jones. 2008, «Applying contextual memory cues for retrieval from personal information archives», dans *PIM 2008 - Proceedings of Personal Information Management, Workshop at CHI 2008*. 102
- Gagnière, L. 2010, *Comment inciter les régulations métacognitives pour favoriser la résolution de problèmes mal structurés ?*, Thèse de doctorat en psychologie, Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation de l'Université de Genève. 47
- Gagnière, L., M. Bétrancourt, F. Détienne et G. Chabert. 2004, «Developing a reflective incentive to encourage metacognitive activities in a computer-supported collaborative learning environment», dans *Proc. of 1st EARLI SIG Meeting on Metacognition*, Amsterdam, The Netherlands. 162
- Galanis, D. et I. Androutsopoulos. 2007, «Generating multilingual descriptions from linguistically annotated OWL ontologies : the NaturalOWL system», dans *Proceedings of the Eleventh European Workshop on Natural Language Generation, ENLG '07*, Association for Computational Linguistics, Germany, p. 143–146. 192
- Gama, C. A. 2004, «Integrating metacognition instruction in interactive learning environments», Degree of d. phil., University of Sussex. 162
- Gandhi, R., G. Kumar, B. Bederson et B. Shneiderman. 2000, «Domain name based visualization of web histories in a zoomable user interface», dans *11th International Workshop on Database and Expert Systems Applications, 2000. Proceedings*, IEEE, p. 591–598. 158
- Ganoe, C. H., J. P. Somervell, D. C. Neale, P. L. Isenhour, J. M. Carroll, M. B. Rosson et D. S. McCrickard. 2003, «Classroom BRIDGE : using collaborative public and desktop timelines to support activity awareness», dans *Proceedings of the 16th annual ACM symposium on User interface software and technology*, UIST '03, ACM, Vancouver, Canada, p. 21–30. 157
- Gapenne, O. 2007, *Percevoir en acte. A propos des mécanismes impliqués dans les genèses perceptives directes et médiatisées*, Habilitation à diriger des recherches, Université de Technologie de Compiègne. 55, 73
- Garfinkel, H. 2007, *Recherches en ethnométhodologie*, Presses Universitaires de France - PUF. 30, 31
- Gebers Freitas, E. 2008, *Environnement numérique de lecture : instrumentation de l'activité de lecture savante sur support numérique*, Thèse de doctorat informatique, Université de Technologie de Compiègne, Compiègne. 103, 106
- Gemmell, J., G. Bell et R. Lueder. 2006, «MyLifeBits : a personal database for everything», *Communications of the ACM*, vol. 49, n° 1, p. 88–95. 160
- Georgeon, O. 2008, «Analyzing Traces of Activity for Modeling Cognitive Schemes of Operators», *AISB Quarterly*, , n° 127, p. 1–3. 155, 170, 181
- Gibson, J. J. 1986, *The Ecological Approach to Visual Perception*, new edition éd., Lawrence Erlbaum Associates Inc. 44
- Gillespie, A. et T. Zittoun. 2010, «Using resources : Conceptualizing the mediation and reflective use of tools and signs», *Culture & Psychology*, vol. 16, n° 1, p. 37 –62. 39
- Ginzburg, C. 2010, «Traces. racines d'un paradigme indiciaire», dans *Mythes, emblèmes, traces : Morphologie et histoire*, chap. 139–180, Verdier. 146

- Girgensohn, A., L. Wilcox, F. Shipman et S. Bly. 2004, «Designing affordances for the navigation of detail-on-demand hypervideo», dans *Proceedings of ACM Advanced Visual Interfaces*, p. 290–297. 121
- Goldin, D. Q. et P. Wegner. 2008, «The interactive nature of computing : Refuting the strong church-turing thesis», *Minds and Machines*, vol. 18, n° 1, p. 17–38. 25
- Gonçalves, D. et J. A. Jorge. 2008, «In search of personal information : narrative-based interfaces», dans *Proceedings of the 13th international conference on Intelligent user interfaces*, p. 179–188. 109
- González, V. M. et G. Mark. 2004, «"Constant, constant, multi-tasking craziness" : managing multiple working spheres», dans *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, CHI '04, ACM, Vienna, Austria, p. 113–120. 101
- Goody, J. 1979, *La raison graphique : la domestication de la pensée sauvage*, Les Editions de Minuit. 19
- Grégori, N. et C. Brassac. 2001, «La conception collaborative d'artefacts : activités cognitives en situation dialogiques», dans *Actes des Premières Journées d'Études en Psychologie Ergonomique*, Nantes, p. 21–31. 26
- Guichon, N. 2009, «Training future language teachers to develop online tutors' competence through reflective analysis», *ReCALL*, vol. 21, n° 2, p. 166–185. 188
- Guichon, N., M. Bétrancourt et Y. Prié. 2011, «Managing written and oral negative feedback in a synchronous online teaching situation», *Computer-Assisted Language Learning*. 188
- Habert, B. 2000, «Des corpus représentatifs : de quoi, pour quoi, comment ?», dans *Linguistique sur corpus. Etudes et réflexions*, édité par M. Bilger, Cahiers de l'Université de Perpignan, Presses Universitaires de Perpignan, Perpignan, p. 11–58. 160
- Hassenzahl, M. 2011, «Encyclopedia chapter titled "user experience and experience design"», URL http://www.interaction-design.org/encyclopedia/user_experience_and_experience_design.html. 54
- Haué, J.-B. 2004, «Intégrer les aspects situés de l'activité dans une ingénierie cognitive centrée sur la situation d'utilisation», *@ctivités*, vol. 1, n° 2, p. 170–194. 33
- Hauptmann, A., R. Baron, W. Lin, M. Chen, M. Derthick, M. C. R. Jin et R. Yan. 2002, «Video classification and retrieval with the informedia digital video library system», dans *Proceedings of the Tenth Text REtrieval Conference*, Gaithersburg, MD. 119
- Havelange, V., C. Lenay et J. Stewart. 2002, «Les représentations : mémoire externe et objets techniques», *Intellectica*, , n° 35, p. 115–131. 6
- Hemmecke, J. et C. Stary. 2004, «A framework for the externalization of tacit knowledge embedding repertory grids», dans *Proceedings OKLC-2004, 5th European Conference on Organizational Knowledge, Learning and Capabilities*, Innsbruck. 56
- Henderson, S. 2009, «Personal document management strategies», dans *Proceedings of the 10th International Conference NZ Chapter of the ACM's Special Interest Group on Human-Computer Interaction*, CHINZ '09, ACM, Auckland, New Zealand, p. 69–76. 102

- Hendler, J., N. Shadbolt, W. Hall, T. Berners-Lee et D. Weitzner. 2008, «Web science : an interdisciplinary approach to understanding the web», *Communications of the ACM*, vol. 51, n° 7, p. 60–69. [64](#)
- Herrenschmidt, C. 2007, *Les trois écritures*, Gallimard. [77](#)
- Hill, W. et J. Hollan. 1993, «History-enriched digital objects», dans *Computers, Freedom, and Privacy (CFP'93)*. [152](#), [157](#)
- Hill, W., J. Hollan, D. Wroblewski et T. McCandless. 1992, «Edit wear and read», dans *Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'92)*, ACM Press, p. 3–9. [152](#), [157](#), [162](#)
- von Hippel, E. 2005, *Democratizing innovation*, MIT Press, Cambridge. [123](#)
- Hochon, J.-C. et F. Evrard. 1994, «Lecture professionnelle et gestion personnalisée de documents textuels», *ICO. Intelligence artificielle et sciences cognitives au Québec*, vol. 6, n° 1-2, p. 9–18. [103](#)
- Hoffmann, P., T. Kochems et M. Herczeg. 2008, «HyLive : Hypervideo-Authoring for live television», dans *Proceedings of the 6th European conference on Changing Television Environments*, EUROITV '08, Springer-Verlag, Salzburg, Austria, p. 51–60. [121](#)
- Hollan, J., E. Hutchins et D. Kirsh. 2000, «Distributed cognition : toward a new foundation for human-computer interaction research», *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, vol. 7, p. 174–196. [30](#), [42](#), [43](#), [45](#), [53](#), [76](#)
- Hsieh, H. et I. I. I. Shipman. 2000, «VITE : a visual interface supporting the direct manipulation of structured data using two-way mappings», *Proceedings of the 5th international conference on Intelligent user interfaces*, p. 141–148. [67](#), [75](#)
- Hurlburt, R. T. et C. L. Heavy. 2006, *Exploring Inner Experience : The Descriptive Experience Sampling Method*, John Benjamins Publishing Co. [91](#)
- Hutchins, E. 1995, *Cognition in the Wild*, MIT Press, Cambridge, MA. [28](#), [30](#), [42](#)
- Hutchins, E. L., J. D. Hollan et D. A. Norman. 1985, «Direct manipulation interfaces», *Human-Computer Interaction*, vol. 1, n° 4, p. 311–338. [53](#)
- Indratmo, I. et J. Vassileva. 2008, «A review of organizational structures of personal information management», *Journal of Digital Information*, vol. 9, n° 26. [100](#), [101](#), [109](#)
- Iqbal, S. T. et B. P. Bailey. 2007, «Understanding and developing models for detecting and differentiating breakpoints during interactive tasks», dans *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, p. 697–706. [101](#), [155](#)
- Iqbal, S. T. et B. P. Bailey. 2010, «Oasis : A framework for linking notification delivery to the perceptual structure of goal-directed tasks», *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, vol. 17, n° 4, p. 1–28. [156](#)
- Jaczynski, M. et B. Trousse. 1999, «Broadway : A case-based system for cooperative information browsing on the world-wide-web», dans *Collaboration between Human and Artificial Societies*, n° 1624 dans LNCS, p. 264–283. [168](#)

- Jensen, S. S. 2006, «Virtual exploratories : Designing for reflective practices and social innovation in activity systems», dans *Proceedings. Informal Learning and Digital Media, Dream Conference 2006*, University of Southern Denmark, Odense. 136
- Jermann, P., A. Soller et Muehlenbrock. 2005, «From mirroring to guiding : a review of the state of the art technology for supporting collaborative learning», *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 15, n° 4, p. 261–290. 162
- Jin, J. et L. A. Dabbish. 2009, «Self-interruption on the computer : a typology of discretionary task interleaving», dans *CHI '09 : Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems*, Boston, MA, p. 1799–1808. 108, 198
- Johnson, H. et L. Carruthers. 2006, «Supporting creative and reflective processes», *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 64, n° 10, p. 998–1030. 47
- Jones, W. 2008, «How is information personal?», dans *Personal Information Management : PIM 2008, CHI 2008 Workshop*, Florence, Italy. 99
- Jones, W. et K. M. Anderson. 2011, «Many views, many modes, many tools... one structure», dans *Proceedings of the 22nd ACM conference on Hypertext and hypermedia*, HT '11, ACM, Eindhoven, The Netherlands, p. 113–122. 101
- Kaptelinin, V. 1996, «Computer-mediated activity : functional organs in social and developmental contexts», dans *Context and Consciousness : Activity Theory and Human-Computer Interaction*, Massachusetts Institute of Technology, p. 45–68. 37, 39, 59
- Kaptelinin, V. 2003, «UMEA : translating interaction histories into project contexts», dans *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, CHI '03, ACM, Ft. Lauderdale, Florida, USA, p. 353–360. 56, 159
- Kaptelinin, V. et B. A. Nardi. 2006, *Acting With Technology : Activity Theory And Interaction Design*, MIT Press. 27, 29, 30, 31, 34, 35, 36, 37, 38, 43, 44, 45, 51, 53, 55, 56, 57, 92, 239
- Katz, S., A. Lesgold, G. Eggan et M. Gordin. 1992, «Modelling the student in sherlock 2», *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 4, n° 3, p. 495–518. 163
- Kidd, A. 1994, «The marks are on the knowledge worker», dans *Conference companion on Human factors in computing systems*, CHI '94, ACM, Boston, Massachusetts, United States, p. 212–. 99
- Kim, B. et T. C. Reeves. 2007, «Reframing research on learning with technology : in search of the meaning of cognitive tools», *Instructional Science*, vol. 35, n° 3, p. 207–256. 39, 43
- Kim, D. et F. M. Shipman. 2010, «Interpretation and visualization of user history in a spatial hypertext system», dans *Proceedings of the 21st ACM conference on Hypertext and hypermedia*, HT '10, p. 255–264. 160
- Kipp, M. 2001, «ANVIL - A Generic Annotation Tool for Multimodal Dialogue», dans *Proceedings of Eurospeech 2001*, Aalborg, p. 1367–1370. 122
- Kirsh, D. 1995, «The intelligent use of space», *Artificial Intelligence*, vol. 73, p. 31–68. 45
- Kleek, M. V., M. Bernstein, K. Panovich, G. Vargas, D. Karger et M. Schraefel. 2009, «Note to self : Examining personal information keeping in a lightweight note-taking tool», dans *CHI '09 : Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems*, Boston, MA, p. 1477–1480. 102, 110

- Klokmose, C. N. et M. Beaudouin-Lafon. 2009, «Vigo : instrumental interaction in multi-surface environments», dans *CHI '09 : Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems*, Boston, MA, p. 869–878. [81](#)
- Ko, A. J., R. Abraham, L. Beckwith, A. Blackwell, M. Burnett, M. Erwig, C. Scaffidi, J. Larrance, H. Lieberman, B. Myers, M. B. Rosson, G. Rothermel, M. Shaw et S. Wiedenbeck. 2011, «The state of the art in end-user software engineering», *ACM Comput. Surv.*, vol. 43, n° 3, p. 21 :1–21 :44. [92](#)
- Komlodi, A. et W. G. Lutters. 2008, «Collaborative use of individual search histories», *Interacting with Computers*, vol. 20, n° 1, p. 184–198. [161](#)
- Komlodi, A., G. Marchionini et D. Soergel. 2007, «Search history support for finding and using information : user interface design recommendations from a user study», *Information Processing and Management : an International Journal*, vol. 43, n° 1, p. 10–29. [158](#)
- Krishnan, A. et S. Jones. 2005, «TimeSpace : activity-based temporal visualisation of personal information spaces», *Personal Ubiquitous Comput.*, vol. 9, n° 1, p. 46–65. [152](#), [159](#)
- Kuutti, K. 1996, «Activity theory as a potential framework for human computer interaction research», dans *Context and consciousness : Activity theory and human-computer interaction*, édité par B. A. Nardi, The MIT Press, Cambridge, MA, p. 17–44. [35](#), [36](#), [37](#), [53](#), [56](#)
- Laffey, J., R. Hong, K. Galyen, S. Goggins et C. Amelung. 2009, «Context-aware activity notification system : supporting CSCL», dans *Proceedings of the 9th international conference on Computer supported collaborative learning - Volume 2*, International Society of the Learning Sciences, Rhodes, Greece, p. 171–173. [163](#)
- Lafraquière, J. 2009, *Conception de système à base de traces numériques pour les environnements informatiques documentaires*, Thèse de doctorat en informatique, Université de Technologie de Troyes. [145](#), [155](#), [174](#), [196](#), [197](#), [200](#), [202](#), [241](#)
- Lafraquière, J., P.-A. Champin, Y. Prié et A. Mille. 2005, «Approche de modélisation de l'expérience : utilisation de systèmes complexes pour l'assistance aux tâches de veille informatiquement médiées», dans *ISKO-France 2005*, édité par A. David, Nancy, p. 209–230. [169](#)
- Lafraquière, J. et Y. Prié. 2007, «Traces d'utilisation et réflexivité : la question du collectif», dans *Colloque de l'Association pour la Recherche Cognitive - ARCo'07 : Cognition – Complexité – Collectif*, Nancy. [170](#)
- Lafraquière, J. et Y. Prié. 2009a, «L'expérience tracée des activités conjointes instrumentées», dans *Atelier Interaction, Contexte, Traces (ICT2009)*, Caen. [174](#)
- Lafraquière, J. et Y. Prié. 2009b, «Musette : Modéliser les usages et les tâches pour tracer l'expérience», dans *Réutilisation de l'expérience : modèles et applications*, Hermes Science Publications. [156](#), [166](#)
- Lafraquière, J., Y. Prié et A. Mille. 2008, «Ingénierie des traces numériques d'interaction comme inscriptions de connaissances», dans *19èmes Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances*, Nancy, p. 183–195. [201](#), [241](#)

- Lafraquière, J., L. S. Settouti, Y. Prié et A. Mille. 2006, «Trace-Based framework for experience management and engineering», dans *Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems*, vol. 4251, édité par B. Gabrys, R. J. Howlett et L. C. Jain, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, ISBN 978-3-540-46535-5, p. 1171–1178. 170
- Lakoff, G. et M. Johnson. 1999, *Philosophy in the Flesh : The Embodied Mind and Its Challenge to Western Thought*, Basic Books. 28
- Laperrousaz, C. 2005, «Analysing a collaborative writing activity in order to improve tutor's perception of individual contributions of learners», dans *Proceedings of the Fifth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, ICALT '05, IEEE Computer Society, Kaohsiung, Taiwan, p. 182–184. 157
- Lassègue, J. 2005, «Formes symboliques et émergence de valeurs ; pour une cognition culturalisée», *Revue d'Intelligence Artificielle*, vol. 19, n° 1-2, p. 45–55. 77
- Latour, B. 1994, «Une sociologie sans objet ? note théorique sur l'interobjectivité», *Sociologie du Travail*. 38, 45
- Le Berre, M. 2008, «Modèles de traces pour l'apprentissage réflexif à base d'hypervidéos en débriefing de simulation industrielle», Mémoire de master 2 recherche en informatique, Ecole Centrale de Lyon. 189
- Lee, A. 1992, *Investigations into history tools for user support*, thèse de doctorat, University of Toronto. UMI Order No. GAXNN-73815 (Canadian dissertation). 152
- Lee, H., A. F. Smeaton, N. O'Connor, G. Jones, M. Blighe, D. Byrne, A. Doherty et C. Gurrin. 2008, «Constructing a sensecam visual diary as a media process», *Multimedia Systems Journal, Special Issue on Canonical Processes of Media Production*, vol. 14, n° 6, p. 341–349. 160
- Leleu-Merviel, S. 2004a, «Effets de la numérisation et de la mise en réseau sur le concept de document», *Revue I3 : Information, Interaction, Intelligence, A Journal in the Sciences of Information Engineering*, vol. 4, n° 1, p. 121–140. 106
- Leleu-Merviel, S. 2004b, «Le document constructif comme outil de la pensée», Discussion sur la notion de Document, RTP Doc. URL http://archivesic.ccsd.cnrs.fr/sic_00001099.html. 106
- Lenay, C. 2003, *Ignorance et suppléance : la question de l'espace*, Habilitation à diriger des recherches, Université de Technologie de Compiègne. 24, 73, 77, 94
- Lenay, C. 2006, «Enaction, externalisme et suppléance perceptive», *Intellectica*, , n° 43, p. 27–52. 55
- Lenay, C. 2010, «Scientific studies of cognitive technologies», Cahiers Costech. 73
- Lenay, C., I. Thouvenin, A. Guénand, O. Gapenne, J. Stewart et B. Maillet. 2007, «Designing the ground for pleasurable experience», *Proceedings of the 2007 conference on Designing pleasurable products and interfaces*, p. 35–58. 48, 55
- Leontiev', A. 1984, *Activité, conscience, personnalité*, Éditions du Progrès. 28, 34, 36
- Leroi-Gourhan, A. 1964, *Le Geste et la Parole, tome 1 : Technique et Langage*, Albin Michel. 6

- Leshed, G., E. M. Haber, T. Matthews et T. Lau. 2008, «CoScripter : automating & sharing how-to knowledge in the enterprise», dans *Proceeding of the twenty-sixth annual SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, CHI '08, ACM, Florence, Italy, p. 1719–1728. 160
- Li, I., J. Nichols, T. Lau, C. Drews et A. Cypher. 2010, «Here's what i did : sharing and reusing web activity with ActionShot», dans *Proceedings of the 28th international conference on Human factors in computing systems*, ACM, Atlanta, Georgia, USA, p. 723–732. 160
- Lieberman, H. 1995, «A demonstrational interface for recording technical procedures by annotation of videotaped examples», *International Journal of Human Computer Studies - IJHCS*, vol. 43, n° 3, p. 383–417. 121
- Lieberman, H., F. Paternò, M. Klann, V. Wulf, H. Lieberman, F. Paternò et V. Wulf. 2006, «End-User development : An emerging paradigm», dans *End User Development*, vol. 9, Springer Netherlands, ISBN 978-1-4020-4220-1, p. 1–8. 92
- Lim, B. Y., O. Brdiczka et V. Bellotti. 2010, «Show me a good time : using content to provide activity awareness to collaborators with activityspotter», *Proceedings of the 16th ACM international conference on Supporting group work*, p. 263–272. 157
- Lim, Y., S.-S. Lee et K.-y. Lee. 2009, «Interactivity attributes : A new way of thinking and describing interactivity», dans *CHI '09 : Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems*, Boston, MA. 95
- Little, G., T. A. Lau, A. Cypher, J. Lin, E. M. Haber et E. Kandogan. 2007, «Koala : capture, share, automate, personalize business processes on the web», dans *CHI '07 : Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, ACM, New York, NY, USA, p. 943–946. 160
- Löwgren, J. et E. Stolterman. 2007, *Thoughtful Interaction Design : A Design Perspective on Information Technology*, The MIT Press. 54
- Luengo, V., L. Vadcard, M. Dubois et D. Mufti-Alchawafa. 2006, «Teleos : de l'analyse de l'activité professionnelle à la formalisation des connaissances pour un environnement d'apprentissage», dans *Journée francophones d'Ingénierie des Connaissances, IC'2006*, Nantes, p. 101–110. 156
- Mackay, W. 2000, «Responding to cognitive overload : Co-adaptation between users and technology», *Intellectica*, vol. 30, n° 1, p. 177–193. 91, 92
- Mackay, W. E. 1989, «EVA : an experimental video annotator for symbolic analysis of video data», *ACM SIGCHI Bulletin*, vol. 21, p. 68–71. 118
- Mackay, W. E. 1990a, «Patterns of sharing customizable software», dans *Proceedings of the 1990 ACM conference on Computer-supported cooperative work*, CSCW '90, ACM, New York, NY, USA, p. 209–221. 114
- Mackay, W. E. 1990b, *Users and Customizable Software : A Co-Adaptive Phenomenon*, Ph.d. thesis., Massachusetts Institute of Technology. 91
- Maes, P. 1994, «Agents that reduce work and information overload», *Commun. ACM*, vol. 37, n° 7, p. 30–40. 156

- Maes, P. 2005, «Attentive objects : enriching people's natural interaction with everyday objects», *interactions*, vol. 12, n° 4, p. 45–48. 158
- Malone, T. W. 1983, «How do people organize their desks ? : Implications for the design of office information systems», *ACM Transactions on Information Systems*, vol. 1, n° 1, p. 99–112. 102
- Mann, W. et S. Thompson. 1988, «Rhetorical structure theory : Toward a functional theory of text organization», *Text*, vol. 8, n° 3, p. 243–281. 191
- Mark, G., V. M. Gonzalez et J. Harris. 2005, «No task left behind ? : examining the nature of fragmented work», dans *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, CHI '05, ACM, Portland, Oregon, USA, p. 321–330. 101
- Marshall, C., Jones et Teevan. 2007, «How people manage personal information over a lifetime», dans *Personal Information Management*, University of Washington Press, Seattle, Washington, p. 57–75. 100
- Marshall, C. C. 1998, «Making metadata : a study of metadata creation for a mixed physical-digital collection», dans *ACM Digital Libraries '98 Conference*, Pittsburgh, PA, p. 162–171. 104
- Marshall, C. C. 2007, «How people manage personal information over a lifetime», dans *Personal Information Management*, édité par T. Jones, University of Washington Press, Seattle, Washington, p. 57–75. 104
- Marshall, C. C., F. M. Shipman et J. H. Coombs. 1994, «Viki : Spatial hypertext supporting emergent structure», dans *European Conference on Hypermedia Technologies*, Edinburgh, p. 13–23. 102, 105, 110
- Martinez, J., R. Koenen et F. Pereira. 2002, «MPEG-7 : the generic multimedia content description standard, part 1», *IEEE Multimedia*, vol. 9, n° 2, p. 78–87. 119
- Marty, J., A. Mille et Collectif. 2009, *Analyse de traces et personnalisation des environnements informatiques pour l'apprentissage humain*, Hermes Science Publications. 153
- Marty, J.-C., T. Carron et J. Heraud. 2009, «Traces and indicators : Fundamentals for regulating learning activities», dans *Teachers and Teaching Strategies : Innovations and Problem Solving*, édité par G. F. Ollington, Nova Science Pub Inc, p. 323–351. 157
- Maturana, H. R. et F. Varela. 1987, *Tree of Knowledge*, Shambhala. 32
- McGrenere, J. et W. Ho. 2000, «Affordances : Clarifying and evolving a concept», dans *Proceedings of Graphics Interface 2000*, p. 179–186. 44
- Mehra, P. 2003, *Interaction Streams : An Approach for Workspace Management in Collaborative Environments*, Master's thesis, Rutgers, The State University of New Jersey. 157
- Meixner, B., B. Siegel, G. Hölbling, F. Lehner et H. Kosch. 2010, «SIVA suite : authoring system and player for interactive non-linear videos», dans *Proceedings of the international conference on Multimedia*, MM '10, ACM, Firenze, Italy, p. 1563–1566. 121
- Michel, C., M. Bobillier-Chaumon et F. Tarpin-Bernard. 2009, «Fracture numérique chez les seniors du 4ème age. Observation d'une acculturation technique», *Les Cahiers du numérique*, vol. 5, n° 1, p. 147–168. 169

- Michel, C., Y. Prié et L. Le Graët. 2005, «Construction d'une base de connaissance pour l'évaluation de l'usage d'un environnement STIC», dans *17ème Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine - IHM 2005*, Toulouse, France, p. 199–202. 169
- Michelis, G. D., M. Loregian et C. Moderini. 2009, «itsme : Interaction design innovating workstations», *Knowledge, Technology & Policy*, vol. 22, n° 1. 159
- Mille, A., G. Caplat et M. Philippon. 2006, «Faciliter les activités des utilisateurs d'environnements informatiques : quoi, quand, comment?», *Intellectica*, vol. 2, n° 44, p. 121–143. 169
- Mille, A. et Y. Prié. 2006, «Une théorie de la trace informatique pour faciliter l'adaptation dans la confrontation logique d'utilisation/logique de conception», dans *13èmes Journées de Rochebrune - Traces, Enigmes, Problèmes : Emergence et construction du sens - Rencontres interdisciplinaires sur les systèmes complexes naturels et artificiels*, Rochebrune, Megève. 91, 161, 170
- Miller, R. 2005, «The evolution of knowledge management : This time it's personal», *ECCONTENT -WILTON-*, vol. 28, n° 11, p. 38–41. 100
- Mohl, R. 1981, *Cognitive Space in the Interactive Movie Map : An Investigation of Spatial Learning in Virtual Environments*, Phd dissertation, education and media technology, M.I.T. 120
- Mu, X. et G. Marchionini. 2003, «Enriched video semantic metadata : Authorization, integration, and presentation», dans *Proceedings of the Annual Meeting of the American Society for Information Science and Technology*, p. 316–322. 119
- Mwanza, D. 2003, «Reflections on methods for applying activity theory to cscw research and practice? the AODM approach», dans *Applying Activity Theory to CSCW research and practice Full-day workshop at ECSCW'03*, Helsinki, Finland. 56
- Nakakoji, K., Y. Yamamoto, M. Akaishi et K. Hori. 2005, «Interaction design for scholarly writing : hypertext representations as a means for creative knowledge work», *New Rev. Hypermedia Multimedia*, vol. 11, n° 1, p. 39–67. 105
- Nakamura, T. et T. Igarashi. 2008, «An application-independent system for visualizing user operation history», dans *UIST '08 : Proceedings of the 21st annual ACM symposium on User interface software and technology*, ACM, New York, NY, USA, p. 23–32. 160
- Nardi, B. 1995, *Context and Consciousness : Activity Theory and Human-Computer Interaction*, MIT Press. 28
- Nardi, B. A. 1996, «Studying context : a comparison of activity theory, situated action models, and distributed cognition», dans *Context and consciousness : Activity Theory and Human-Computer Interaction*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA, p. 69–102. 29, 31, 35, 37, 45, 55
- Nardi, B. A. et J. R. Miller. 1991, «Twinkling lights and nested loops : distributed problem solving and spreadsheet development», *International Journal of Man-Machine Studies*, vol. 34, n° 2, p. 161–184. 92, 114
- Nelson, T. 2004, «A cosmology for a different computer universe : Data model, mechanisms, virtual machine and visualization infrastructure», *Journal of Digital Information*, vol. 5, n° 1. 77, 78

- Nelson, T. H. 1974, *Computer Lib/Dream Machines*, Distributors. 99, 123
- Netchine-Grynberg, G. 1995, «The functionality of cognition according to Cassirer, Meyer, Vygotsky, and Wallon : toward the roots of the concept of cognitive tool», dans *Trends and issues in theoretical psychology*, édité par I. Lubek, R. Hezewijkvan, G. Pheterson et C. Tolman, Springer Publishing Company, New York, NY., p. 207–213. 39
- Nonaka, I. et H. Takeuchi. 1995, *The Knowledge-Creating Company : How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*, Oxford University Press, USA. 100
- Norman, D. 1993, «Cognition in the head and in the world : An introduction to the special issue on situated action.», *Cognitive Science*, vol. 17, n° 1, p. 1–6. 28
- Norman, D. 2002, *The Design of Everyday Things*, reprint éd., Basic Books. 44, 49, 53
- Norman, D. A. 1991, «Cognitive artifacts», dans *Designing interaction : psychology at the human-computer interface*, Cambridge University Press, p. 17–38. 43, 44, 51
- Norman, D. A. 2010, *Living With Complexity*, MIT Press. 44
- Nova, N., T. Wehrle, J. Goslin, Y. Bourquin et P. Dillenbourg. 2006, «Collaboration in a multi-user game : impacts of an awareness tool on mutual modeling», *Multimedia Tools and Applications*, vol. 32, n° 2, p. 161–183. 162
- Oda, T., Y. Yamamoto et K. Nakakoji. 2006, «Use-centric information re-presentation for creative knowledge work», dans *Symposium on Interactive Visual Information Collections and Activity (IVICA2006)*, College Station, TX. 101, 107
- O'Hara, K., A. Taylor, W. Newman et A. Sellen. 2002, «Understanding the materiality of writing from multiple sources», *International journal of human-computer studies*, vol. 56, n° 3, p. 269–305. 105
- Ollagnier-Beldame, M. 2006, *Traces d'interactions et processus cognitifs en activité conjointe : Le cas d'une co-rédaction médiée par un artefact numérique*, Thèse de doctorat en sciences cognitives, Université Lumière Lyon 2. 46, 155
- Ospina, V. E. et A.-J. Fougères. 2009, «Aide à la conception collaborative : un système de médiation pour l'usage de micro-outils logiciels», *In Cognito*, vol. 3, n° 3, p. 89–121. 92
- van Ossenbruggen, J., F. Nack et L. Hardman. 2004, «That obscure object of desire : multimedia metadata on the web, part-1», *IEEE Multimedia*, vol. 11, p. 38–48. 119
- Paccoud, A. 1998, «L'écrit à l'écran, usages et usagers», Note bibliographique, ENSSIB. 84
- Paternò, F., C. Mancini et S. Meniconi. 1997, «ConcurTaskTrees : a diagrammatic notation for specifying task models», dans *Proceedings of the IFIP TC13 International Conference on Human-Computer Interaction, INTERACT '97*, Chapman & Hall, Ltd., p. 362–369. 167
- Patrick, M. 2010, «Personal information management – literature review», cahier de recherche, Sudamih Project, Oxford University Computing Service. 102
- Pea, R., M. Mills, J. Rosen, K. Dauber, E. W et E. Hoffert. 2004, «The diver project : interactive digital video repurposing», *IEEE Multimedia*, vol. 11, p. 54–61. 122
- Pédauque, R. 2003, «Document : forme, signe et médium, les re-formulations du numérique», cahier de recherche Version 3, CNRS - RTP Doc. 84, 103, 189

- Pédauque, R. T. 2007, *La redocumentarisation du monde*, Editions Cepaduès. 190
- Pedersen, E. R. et D. W. McDonald. 2008, «Relating documents via user activity : the missing link», dans *Proceedings of the 13th international conference on Intelligent user interfaces*, p. 389–392. 156
- Pfaender, F. 2009, *Spatialisation de l'information : lire, inscrire et explorer les systèmes informationnels*, Thèse de doctorat en sciences de l'information et informatique, Université de Technologie de Compiègne. 73, 74, 79, 94
- Pfeiffer, S., C. Parker et C. Schremmer. 2003, «Annodex : a simple architecture to enable hyperlinking, search and retrieval of time-continuous data on the web», dans *5th ACM SIGMM International workshop on Multimedia information retrieval*, p. 87–93. 121
- Phielix, C., F. J. Prins et P. A. Kirschner. 2009, «The design of peer feedback and reflection tools in a CSCL environment», dans *Proceedings of the 9th international conference on Computer supported collaborative learning - Volume 1*, International Society of the Learning Sciences, Rhodes, Greece, p. 626–635. 162
- Pincemin, B. et Y. Prié. 2003, «Pratiques d'édition électronique et constellations de mots», Séminaire TIC, nouveaux métiers et nouveaux dispositifs d'apprentissage. URL http://www.inrp.fr/Tecne/Rencontre/tic_lyon02.htm. 85
- Plaisant, C., B. Milash, A. Rose, S. Widoff et B. Shneiderman. 1996, «Life lines : Visualizing personal histories», dans *ACM CHI 1996*, Vancouver, BC, Canada, p. 221–227. 160
- Plaisant, C., A. Rose, G. Rubloff, R. Salter et B. Shneiderman. 1999, «The design of history mechanisms and their use in collaborative educational simulations», dans *Proceedings of the 1999 conference on Computer support for collaborative learning*, International Society of the Learning Sciences, p. 348–359. 163
- Portier, P.-É. et S. Calabretto. 2010, «Dinah, a philological platform for the construction of multi-structured documents», dans *Proceedings of The European Conference on Research and Advanced Technology for Digital Libraries (ECDL)*, Glasgow, p. 364–375. 110, 161
- Prié, Y. 1995, *Contribution à une clarification des rapports entre Sémantique Interprétative et Informatique*, Mémoire de DEA Université de Rennes I, Télécom Bretagne. 6
- Prié, Y. 1999, *Modélisation de documents audiovisuels en Strates Interconnectées par les annotations pour l'exploitation contextuelle*, Thèse de doctorat informatique, INSA de Lyon, Lyon. 85, 166, 207
- Prié, Y. 2000, «Sur la piste de l'indexation conceptuelle de documents. Une approche par l'annotation», *Document Numérique, numéro spécial "L'indexation"*, vol. 4, n° 1-2, p. 11–35. 87, 104
- Prié, Y. et A. Mille. 2000, «Reuse of knowledge containers : a local semantics approach», dans *Workshop on Flexible Strategies for Maintaining Knowledge Containers, 14th European Conference on Artificial Intelligence ECAI 2000*, édité par M. Minor, Berlin, p. 38–45. 166
- Prié, Y., A. Mille et J.-M. Pinon. 1999, «Modèle d'utilisation et modèles de tâches pour l'assistance à l'utilisateur basée sur l'expérience : le cas d'un système d'information audiovisuelle», dans *Ingénierie des connaissances*, Palaiseau, p. 21–30. 165, 166

- Prié, Y. et I. Yokaris. 2007, «Informatique et analyse filmique : « indécidabilité » et « contagion sémiotique » dans Epidemic de Lars von Trier», dans *Semio 2007*, Paris. 135
- Puig, V. 2007, «Lignes de temps, une plateforme collaborative pour l'annotation de films et d'objets temporels», dans *Actes de l'université d'automne, Collection "À propos de ...", Les représentations du réel à l'écran, Ministère de l'Éducation Nationale/Cinémathèque française*. 122
- Rabardel, P. 1995a, *Les hommes et les technologies, une approche cognitive des instruments contemporains*, Armand Colin, Paris. 32, 38, 40, 41, 44, 45, 48, 49, 50, 51, 114
- Rabardel, P. 1995b, «Qu'est-ce qu'un instrument ? appropriation, conceptualisation, mises en situation», *Dossiers de l'ingénierie éducative. Des outils pour le calcul et le traçage de courbes*, p. 61–65. 38, 161
- Rabardel, P. et G. Bourmaud. 2003, «From computer to instrument system : a developmental perspective», *Interacting with Computers*, vol. 15, n° 5, p. 665–691. 38, 41, 42
- Rastier, F. 1987, *Sémantique interprétative*, Presses Universitaires de France. 6, 16
- Rastier, F. 1991, *Sémantique et Recherche Cognitive*, P.U.F., Paris. 29
- Rekimoto, J. 1999, «Time-machine computing : a time-centric approach for the information environment», *Proceedings of the 12th annual ACM symposium on User interface software and technology*, p. 45–54. 158
- Relieu, M., P. Salembier et J. Theureau. 2004, «Introduction», *@ctivités n° spécial "Activité et Action/Cognition située"*, vol. 1, n° 2. 29
- Renucci, F. et D. Gaste. 2003, «Sens d'un film interactif et position de l'auteur face au spectateur», dans *Hypertextes hypermédiés. Créer du sens à l'ère numérique. H2PTM'03*, Paris, p. 311–323. 121
- Rich, C. et C. L. Sidner. 1997, «Segmented interaction history in a collaborative interface agent», dans *Proceedings of the 2nd international conference on Intelligent user interfaces, IUI '97*, ACM, Orlando, Florida, United States, p. 23–30. 160
- Richard, B. 2005, «Documents multi-structurés. du point de vue de l'utilisateur point de vue de l'usage», Master Recherche en Informatique de l'Ecole Doctorale Informatique et Information pour la Société, INSA-Lyon. 88
- Richard, B. 2010, *Lecture active de documents audiovisuels : de la gestion de connaissances personnelles au soutien de l'attention du lecteur actif*, Thèse de doctorat en informatique, INSA de Lyon. 132, 134, 181, 198
- Richard, B., Y. Prié et S. Calabretto. 2008, «Towards a unified model for audiovisual active reading», dans *Tenth IEEE International Symposium on Multimedia*, Berkeley, California, p. 673–678. 134
- Ringel, M., E. Cutrell, S. Dumais et E. Horvitz. 2003, «Milestones in time : The value of landmarks in retrieving information from personal stores», dans *In Proceedings of Interact 2003*, p. 184–191. 158

- Rocio Abascal Mena, M., A. Bénel, M. Beigbeder, S. Calabretto, B. Chabbat, P.-A. Champin, N. Chatti, E. Egyed-Zsigmond, D. Jouve, Y. Prié, B. Rumpler et E. Thivant. 2004, «Un modèle de document à structures multiples», dans *Sciences of Electronic, Technology of Information and Telecommunications (SETIT2004)*, Susa, Tunisia. 87, 239
- Roda, C. et J. Thomas. 2006, «Attention aware systems : Theories, applications, and research agenda», *Computers in Human Behavior*, vol. 22, n° 2006, p. 557–587. 156
- Rosenfield, I. 1994, *L'invention de la mémoire*, Flammarion, Paris. 146
- Rosenthal, V. et Y.-M. Visetti. 2008, «Modèles et pensées de l'expression : perspectives microgénétiques», *Intellectica*, , n° 50, p. 177–252. 76
- Roussel, N., J. Fekete et M. Langet. 2005, «Vers l'utilisation de la mémoire épisodique pour la gestion de données familières», *Proceedings of the 17th conference on 17ème Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine*, p. 247–250. 155
- Sadallah, M., O. Aubert et Y. Prié. 2011a, «Component-based hypervideo model : high-level operational specification of hypervideos», dans *11th ACM Symposium on Document Engineering*, Mountain View, CA, p. 53–56. 140
- Sadallah, M., O. Aubert et Y. Prié. 2011b, «Hypervideo and annotations on the web», dans *Workshop on Multimedia on the Web 2011*, Graz, Austria. 140
- Salembier, P. 2007, *Analyse, modélisation et instrumentation des activités coopératives situées*, Mémoire d'habilitation à diriger les recherches spécialité psychologie, Université de Nancy 2. 45, 51, 55
- Salembier, P., J. Theureau, M. Zouinar et P. Vermersch. 2001, «Action/cognition située et assistance à la coopération», dans *Ingénierie des connaissances*, PUG, Grenoble, p. 369–388. 29, 31, 32, 45, 46
- Salembier, P. et M. Zouinar. 2004, «Intelligibilité mutuelle et contexte partagé. Inspirations théoriques et réductions technologiques», *@CTIVITES*, vol. 1, n° 2. 182
- Samurçay, R. et P. Rabardel. 2004, «Modèles pour l'analyse de l'activité et des compétences», dans *Recherches en didactique professionnelle*, édité par R. Samurçay et P. Pastré, Octares, Toulouse, France, p. 163–180. 40, 48
- Sawhney, N. N., D. Balcom et I. E. Smith. 1996, «HyperCafe : Narrative and Aesthetic Properties of Hypervideo», dans *UK Conference on Hypertext*, Bethesda, Maryland, United States, p. 1–10. 121
- Schilit, B. N., G. Golovchinsky et M. N. Price. 1998, «Beyond paper : supporting active reading with free form digital ink annotations», dans *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, CHI '98, ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., Los Angeles, California, United States, p. 249–256. 104
- Schmidt, K. et C. Simone. 1996, «Coordination mechanisms : towards a conceptual foundation of CSCW systems design», *Computer Supported Cooperative Work*, vol. 5, p. 155–200. 29, 46
- Schmidt, K. et C. Simone. 2000, «Mind the gap! Towards a unified view of CSCW», dans *Fourth International Conference on Design of Cooperative Systems (COOP2000)*, Sophia-Antipolis, p. 205–221. 182

- Schön, D. A. 1984, *The Reflective Practitioner : How Professionals Think In Action*, 1^{re} éd., Basic Books. 46, 47, 162
- Schütt, P. 2003, «The post-Nonaka knowledge management», *Journal of Universal Computer Science*, vol. 9, p. 290–301. 99, 100
- Searle, J. 1990, «Is the brain's mind a computer program?», *Scientific American*, vol. 262, n° 1, p. 26–31. 27
- Sellen, A. J., A. Fogg, M. Aitken, S. Hodges, C. Rother et K. Wood. 2007, «Do life-logging technologies support memory for the past ? : an experimental study using sensecam», dans *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, CHI '07, ACM, San Jose, California, USA, p. 81–90. 160
- Sellen, A. J. et S. Whittaker. 2010, «Beyond total capture : a constructive critique of lifelogging», *Commun. ACM*, vol. 53, n° 5, p. 70–77. 153, 160
- Sengers, P. 1999, «Practices for machine culture : A case study of integrating artificial intelligence and cultural theory», *Surfaces*, vol. VIII. 28
- Sengers, P., K. Boehner et S. David. 2005, «Reflective design», dans *Proceedings of the 4th decennial conference on Critical computing : between sense and sensibility*, ACM New York, NY, USA, p. 49–58. 47, 55, 91, 161
- Serres, A. 2002, «Quelle(s) problématique(s) de la trace?», dans *Séminaire du CERCOR sur la question des traces et des corpus dans les recherches en Sciences de l'Information et de la Communication*. 144, 146
- Settouti, L., N. Guin, V. Luengo et A. Mille. 2010, «A Trace-Based Learner Modelling Framework for Technology-Enhanced Learning Systems», dans *The 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, p. 73–77. 170, 181
- Settouti, L. S. 2011, *Systèmes à Base de Traces Modélisées : Modèles et Langages pour l'exploitation des traces d'Interactions*, Thèse de doctorat en informatique, Université Claude Bernard Lyon 1. 155, 176, 178, 179, 180
- Settouti, L. S., Y. Prié, J.-C. Marty et A. Mille. 2009, «A Trace-Based System for Technology-Enhanced Learning Systems Personalisation », dans *The 9th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*. 176, 180
- Shen, E. Y., H. Lieberman et G. Davenport. 2009, «What's next ? : emergent storytelling from video collection», dans *Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems*, CHI '09, ACM, Boston, MA, USA, p. 809–818. 119
- Shipman, F., A. Girgensohn et L. Wilcox. 2003, «Image annotation and video summarization : Generation of interactive multi-level video summaries», dans *Proceedings of the eleventh ACM international conference on Multimedia*, Berkeley, CA, USA, p. 392–401. 119
- Shipman, F. M. et C. C. Marshall. 1999, «Formality considered harmful : experiences, emerging themes, and directions on the use of formal representations in interactive systems», *Computer-Supported Cooperative Work*, vol. 8, n° 4, p. 333–352. 91, 95, 109, 110
- Shipman, I. I. I. et R. McCall. 1994, «Supporting knowledge-base evolution with incremental formalization», dans *Conference companion on Human factors in computing systems*, CHI '94, ACM, Boston, Massachusetts, United States, p. 285–291. 91, 110

- Shirai, Y., K. Nakakoji et Y. Yamamoto. 2008, «Interacting with interaction histories in a history-enriched environment», dans *Ubiquitous Computing : Design, Implementation and Usability*, édité par Y.-L. Theng et H. Duh, Idea Group. 152, 157
- Shirai, Y., Y. Yamamoto et K. Nakakoji. 2006, «A history-centric approach for enhancing web browsing experiences», dans *Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM Press New York, NY, USA, p. 1319–1324. 158
- Shneiderman, B. 1983, «Direct manipulation : A step beyond programming languages», *Computer*, vol. 16, n° 8, p. 57–69. 53
- Shneiderman, B. 1987, *Designing the User Interface : Strategies for Effective Human-Computer Interaction*, Addison-Wesley, Reading, MA. 30
- Shum, S. 2000, «Structuring discourse for collective interpretation», dans *Distributed collective practices 2000 : Conference on Cognition and Memory Practices*, Paris. 91, 110
- Simondon, G. 2001, *Du mode d'existence des objets techniques*, Aubier. 6, 94
- Smeaton, A. F., N. Murphy, N. E. O'Connor, S. Marlow, H. Lee, K. McDonald, P. Browne et J. Ye. 2001, «The fishlar digital video system : a digital library of broadcast tv programmes», dans *JCDL '01 : Proceedings of the 1st ACM/IEEE-CS joint conference on Digital libraries*, ACM, New York, NY, USA, p. 312–313. 119
- Smeaton, A. F., P. Over et W. Kraaij. 2006, «Evaluation campaigns and trecvid», dans *MIR '06 : Proceedings of the 8th ACM International Workshop on Multimedia Information Retrieval*, ACM Press, New York, NY, USA, p. 321–330. 119
- Souchier, E. 2003, «Lorsque les écrits de réseaux cristallisent la mémoire des outils, des médias et des pratiques», *Interdisciplines, Les défis de la publication Web*. 77
- Star, S. L. et J.-R. Griesemer. 1989, «Institutional ecology, 'translations', and boundary objects : Amateurs and professionals in berkeley's museum of vertebrate zoology, 1907 - 1939», *Social Studies of Science*, vol. 19, p. 387–420. 46
- Steiner, P. 2007, *De l'externalisme de la signification à l'externalisation de la pensée. Usages contemporains du pragmatisme en philosophie de l'esprit et en philosophie des sciences cognitives*, thèse de doctorat, Université de Provence. 43
- Steiner, P. 2010, «Philosophie, technique et cognition. État des lieux et perspectives.», *Intellectica*, n° 53-54, p. 7–40. 6, 43
- Steiner, P. et J. Stewart, éd.. 2010, *Intellectica numéro spécial "Philosophie, Technologie et Cognition"*, 53-54. 6
- Stiegler, B. 1990, «Machines à lire», *Autrement*, vol. 121, p. 143–161. 104
- Stiegler, B. 1994a, *La technique et le temps. 1. La faute d'Epiméthée*, Galilée, Paris. 6, 24, 51, 145
- Stiegler, B. 1994b, «Machines à écrire et matières à penser», *Genesis*, vol. 5, p. 25–49. 104, 105
- Stiegler, B. 2000, «Annotation, navigation, édition électronique : vers une géographie de la connaissance», *Ec/arts*, vol. 1, n° 2. 106, 111

- Stiegler, B. 2005, «Désir et connaissance : le mort saisi par le vif. éléments pour une organologie de la libido», *Revue d'intelligence artificielle*, vol. 19, n° 1-2, p. 13–39. 7
- Suchman, L. A. 1986, *Plans and Situated Actions : The Problem of Human-Machine Communication*, Cambridge University Press. 28, 30, 31, 32
- Suchman, L. A. 2006, «Human/machine reconsidered», dans *Plans and Situated Actions : the problem of human-machine communication (2nd edition)*, Cambridge University Press. 50
- Tabard, A. 2009, «Interfaces réflexives, faciliter la co-adaptation avec des historiques d'interaction», dans *Rencontres doctorales, Annexes des Actes des journées 19ème francophones sur l'Interaction Homme Machine (IHM'07)*, Paris. 92
- Tabard, A., W. Mackay, N. Roussel et C. Letondal. 2007, «Pagelinker : integrating contextual bookmarks within a browser», dans *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, ACM Press New York, NY, USA, p. 337–346. 158
- Terry, M. 2009, «Temporal ecologies in computing», dans *Interacting with temporal data, Workshop at CHI 2009*. 152, 155
- Terveen, L. et W. Hill. 2001, «Beyond recommender systems : Helping people help each other», dans *HCI In the New Millennium*, Addison-Wesley. 156
- Teulier, R. et N. Girard. 2001, «Des connaissances pour l'action dans les organisations. Quelle ingénierie des connaissances pour assister l'activité?», dans *Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances*, PUG, Grenoble, p. 253–273. 56
- Theureau, J. 2004a, *Le cours d'action, méthode élémentaire*, Éditions Octarès, Toulouse. 6, 33, 136
- Theureau, J. 2004b, «L'hypothèse de la cognition (ou action) située et la tradition d'analyse du travail de l'ergonomie de langue française», *@ctivités*, vol. 1, n° 2, p. 11–25. 28, 31, 32, 33
- Theureau, J. 2006, *Le cours d'action : méthode développée*, Éditions Octares, Toulouse. 33, 136
- Tiellet, C. A. B., A. G. Pereira, E. B. Reategui, J. V. Lima et T. Chambel. 2010, «Design and evaluation of a hypervideo environment to support veterinary surgery learning», dans *Proceedings of the 21st ACM conference on Hypertext and hypermedia*, HT '10, ACM, Toronto, Ontario, Canada, p. 213–222. 121
- Torrance, S. 2005, «In search of the enactive : Introduction to special issue on enactive experience», *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, vol. 4, n° 4, p. 357–368. 33
- Touch, S. 2006, «Système d'exploitation intégrant des traces (set)», Rapport Master Recherche Informatique de Lyon. 205
- Tricot, M. 2008, *Le moment cybernétique : La constitution de la notion d'information*, Editions Champ Vallon. 25
- Troncy, R. et J. Carrive. 2004, «A reduced yet extensible audio-visual description language», dans *Proceedings of ACM Document Engineering*, p. 87–89. 119

- Twidale, M. B. et D. M. Nichols. 1998, «A survey of applications of csw for digital libraries», Technical report, Lancaster University, UK. 29
- Varela, F. 1996, «Neurophenomenology : a methodological remedy for the hard problem», *Journal of Consciousness Studies*, p. 330–349. 33
- Varela, F. J. 1989, *Autonomie et connaissance : essai sur le vivant*, Seuil, Paris. 33, 82
- Varela, F. J., E. Thompson et E. Rosch. 1993, *L'inscription corporelle de l'esprit*, La couleur des idées, Seuil, Paris. 6, 28, 32, 33
- Vermersch, P. 1994, *L'entretien d'explicitation*, ESF, Paris. 47, 90
- Vicente, K. J. 2000, «HCI in the global knowledge-based economy : designing to support worker adaptation», *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, vol. 7, p. 263–280. 100
- Vinck, D. 2009, «De l'objet intermédiaire à l'objet-frontière», *Revue d'Anthropologie des Connaissances*, vol. 3, n° 1. 46, 111
- Virbel, J. 1994, «Annotation dynamique et lecture expérimentale : vers une nouvelle glose ?», *Littérature, "Informatique et littérature"*, vol. 9, p. 91–105. 104
- Voida, S. et E. D. Mynatt. 2009, «"it feels better than filing" : Everyday work experiences in an activity-based computing system», dans *CHI '09 : Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems*, Boston, MA, p. 259–268. 56, 101
- Völkel, M. et A. Abecker. 2008, «Cost-benefit analysis for the design of personal management system», dans *Proc. of 10th International Conference on Enterprise Information Systems*, Barcelona, Spain, p. 95–105. 100
- Weibel, N., A. Fouse, E. Hutchins et J. D. Hollan. 2011, «Supporting an integrated paper-digital workflow for observational research», *Proceedings of the 16th international conference on Intelligent user interfaces*, p. 257–266. 122
- Weiser, M. 1991, «The computer for the twenty-first century», *Scientific American*, p. 94–104. 48, 94
- Weiser, M. et J. S. Brown. 1996, «Designing calm technology», *PowerGrid Journal*, vol. 1, n° 1. 48
- Wenger, E. 1998, *Communities of Practice : Learning, Meaning, and Identity*, 1^{re} éd., Cambridge University Press. 32
- Wexelblat, A. et P. Maes. 1999, «Footprints : History-rich tools for information foraging», dans *CHI '99 Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, Pittsburgh PA, p. 270–277. 152, 157, 158
- Whittaker, S., Q. Jones, B. Nardi, M. Creech, L. Terveen, E. Isaacs et J. Hainsworth. 2004, «ContactMap : organizing communication in a social desktop», *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, vol. 11, n° 4, p. 445–471. 156
- Winograd, T. 1993, «Heidegger et la conception des systèmes informatiques», *Intellectica*, , n° 17, p. 51–78. 30

- Winograd, T. 2006, «Shifting viewpoints : Artificial intelligence and human–computer interaction», *Artificial Intelligence*, vol. 170, n° 18, p. 1256–1258. 30
- Winograd, T. et F. Flores. 1987, *Understanding Computers and Cognition : A New Foundation for Design*, 1^{re} éd., Addison Wesley. 28, 29, 30, 37, 48, 51, 54
- Won, S. S., J. Jin et J. I. Hong. 2009, «Contextual web history : Using visual and contextual cues to improve web browser history», dans *CHI '09 : Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems*, p. 1457–1466. 158
- Wright, P., J. Wallace et J. McCarthy. 2008, «Aesthetics and experience-centered design», *Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, vol. 15, n° 4. 54
- Yahiaoui, L., Y. Prié et Z. Boufaïda. 2008, «Redocumentation des traces d'activité médiée informatiquement dans le cadre des transactions communicationnelles», dans *19ème Journées francophones d'Ingénierie des Connaissances IC'2008*, Nancy, p. 197–209. 161, 190
- Yahiaoui, L., Y. Prié, Z. Boufaïda et P.-A. Champin. 2011, «Redocumenting computer mediated activity from its traces : a model-based approach for narrative construction», *Journal of Digital Information (JoDI)*, vol. 12, n° 3. 191
- Yamamoto, Y. et K. Nakakoji. 2005, «Interaction design of tools for fostering creativity in the early stages of information design», *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 63, n° 4-5, p. 513–535. 71, 102, 105, 107
- Yukawa, J. 2006, «Co-reflection in online learning : Collaborative critical thinking as narrative», *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, vol. 1, n° 2, p. 203–228. 47, 162
- Zacklad, M. 2004, «Processus de documentarisation dans les documents pour l'action (dopa) : statut des annotations et technologies de la coopération associées», dans *Le numérique : Impact sur le cycle de vie du document pour une analyse interdisciplinaire*, Montréal, p. 13–15. 46, 85, 103
- Zacklad, M. 2007a, «Annotation : attention, association, contribution», dans *Annotation dans les documents pour l'action*, édité par P. Salembier et M. Zacklad, Lavoisier, Paris, p. 29–46. 106
- Zacklad, M. 2007b, «Une théorisation communicationnelle et documentaire des TIC», dans *Humanités numériques. Nouvelles technologies cognitives et concepts des sciences sociales*, édité par B. Reber et C. Brossaud, Hermes Publishing, Londres-Paris. 190
- Zahn, C., B. Barquero et S. Schwan. 2004, «Learning with hyperlinked videos–design criteria and efficient strategies for using audiovisual hypermedia», *Learning and Instruction*, vol. 14, n° 3, p. 275–291. 121

Table des figures

| | | |
|------|---|-----|
| 2.1 | À gauche : médiations selon Leontiev' (triangle réduit) et Engeström (triangle complété). À droite : structuration d'une activité, à chaque niveau correspond une orientation (Kaptelinin et Nardi, 2006, p. 62) | 36 |
| 2.2 | Une situation d'activité instrumentée met en jeu une médiation principale entre le sujet et l'objet qui est celle de l'instrument. D'autres médiations peuvent être considérées. | 40 |
| 2.3 | Un analyste peut observer une activité et les inscriptions numériques effectivement manipulées objectivant des configurations d'inscriptions qui lui semblent signifiantes, il peut les objectifier en éléments d'activité calculés, nouvelles inscriptions canoniques qui pourront être réintégrées dans le système. | 63 |
| 2.4 | Des représentations dans un espace spatial | 66 |
| 2.5 | La médiation de l'instrument revisitée en mettant en évidence les représentations. | 67 |
| 2.6 | Une structure informationnelle est une inscription numérique qui peut mettre en jeu différentes inscriptions canoniques mais n'est pas obligatoirement canonique. | 69 |
| 2.7 | Un lexicogramme extrait d'un corpus de documents syndicaux, présenté de deux manières différentes, qui induisent des parcours et des interprétations différents. | 86 |
| 2.8 | Un exemple d'une constellation pour la catégorie des boissons et d'un parcours oculaire correspondant. | 87 |
| 2.9 | À gauche, un document multi-structuré comme graphe orienté de structures. À droite, un exemple de document bi-structuré, composé d'une structure première simple séquence de caractère, et d'une structure plus sémantique qui s'appuie sur elle. Extraits de (Rocio Abascal Mena et collab., 2004). | 87 |
| 2.10 | Différentes types de structures liées à une image, en fonction des différents outils utilisés. | 89 |
| 3.1 | Un utilisateur interagit dans un système d'interprétation avec des <i>données</i> au travers de processus pilotés par des <i>feuilles de style</i> et des <i>formulaires</i> , tandis que les processus liés aux données prennent appui sur les schémas. Ces trois types d'inscriptions sont des inscriptions de connaissances personnelles (ICP) | 113 |
| 3.2 | Trois pôles pour les inscriptions de connaissances personnelles : <i>D</i> (Données), <i>S</i> (Schémas) et <i>P</i> (Présentation). <i>D</i> est également polarisé en <i>d</i> , <i>s</i> et <i>p</i> | 114 |
| 3.3 | Circulations d'inscriptions de connaissances personnelles | 115 |
| 3.4 | Une hypervidéo est un ensemble de vues construites à partir d'un document audiovisuel annoté. | 124 |
| 3.5 | Principales classes du modèle Advene v1 | 126 |

| | | |
|------|--|-----|
| 3.6 | Un exemple du schéma de description <i>Summary</i> , avec trois types d'annotation et un type de relation. | 127 |
| 3.7 | Annotations, schémas, vues, requêtes et ressources font partie des recueils qui peuvent être échangés. | 127 |
| 3.8 | L'outil Advene (version 0.30, 2008) dans une configuration de démonstration de plusieurs modalités d'annotation avec un lecteur vidéo, en dessous une ligne de temps, à droite respectivement une interface de prise de note, de prise de signet de manipulation de ceux-ci, et un accumulateur d'annotations qui permet d'éditer plusieurs annotations à la fois. | 129 |
| 3.9 | Deux rendus de vues statiques produits par Advene 0.17 (2005). | 130 |
| 3.10 | Une des trois règles de la vue dynamique associée aux parties de discours annotées (Advene 0.17, 2005). | 132 |
| 3.11 | Rendu d'une vue dynamique précédente (Advene 0.17, 2005) : popup de navigation en dessous de la vidéo, sous-titrage de la partie de discours, construction progressive d'un plan du discours à droite. | 133 |
| 3.12 | Un signe hexadique et ses composantes, lié à la transcription de la vidéo d'autoconfrontation. | 137 |
| 3.13 | Différents types d'acteurs autour de la plateforme ACAV. | 138 |
| 3.14 | Un exemple de rendu enrichi dans ACAV : le synopsis de la vidéo contenu dans les métadonnées générales est d'abord oralisé. Lors du jeu du flux, les annotations de type <i>TextOnScreen</i> sont oralisées, ainsi que les <i>Actions</i> des personnages, les annotations <i>Set</i> (décors) sont rendues par une icône sonore suivie à la première apparition de l'oralisation du nom du décor. | 139 |
| 3.15 | Principales classes du modèle Advene 2. | 140 |
| 3.16 | CHM : un modèle pour décrire des hypervidéos à partir de composants standards. | 141 |
| 4.1 | Une <i>timeline</i> présentée dans Feiner et collab. (1982). | 159 |
| 4.2 | Approche générale Musette | 167 |
| 4.3 | Des objets d'intérêt <i>Entités</i> et <i>Événements</i> organisés dans une trace composée d'états et de transtions | 168 |
| 4.4 | Principe général des systèmes à base de traces modélisées | 170 |
| 4.5 | Deux traces modélisées : T1 décrit la création d'un document suivi de sa modification immédiate (<i>directe</i>), T2 est obtenue par transformation à partir de T1. | 171 |
| 4.6 | Schéma général d'un SBTm dans une situation collective — Illustration des différentes traces qu'on peut considérer pour l'utilisateur <i>u2</i> | 183 |
| 4.7 | Salon synchrone tuteur (à gauche) et salon de rétrospection (à droite) dans <i>Visu 1</i> . Les zones sont les suivantes : 1) zone de gestion plan de séance, 2) visioconférence, 3) chat, 4) <i>timeline</i> synchrone et bouton de marquage (en bas), 5) lecteur des vidéos de la séance, 6) <i>timeline</i> de contrôle du lecteur, de présentation des traces et des commentaires. Les deux <i>timelines</i> sont présentées plus en détails figure 4.9. | 185 |

| | | |
|------|---|-----|
| 4.8 | Les différentes traces de Visu et leur partage. Un tuteur $u1$ interagit avec un apprenant $u2$. La base vidéo stocke les flux enregistrés pendant l'interaction. Chaque utilisateur a sa propre base de traces. La base de trace de $u1$ contient 7 traces, dont 5 proviennent de son activité et 2 ont été partagées par $u2$ depuis sa propre base. La base de trace de $u2$ contient 6 traces, dont 5 proviennent de son activité et 1 a été partagée par $u1$ depuis sa propre base. En tant que tuteur, $u1$ ne partage pas sa trace de marqueurs, alors que $u2$, en tant qu'apprenant, le fait. | 186 |
| 4.9 | Zoom sur la <i>timeline</i> verticale du salon synchrone et la <i>timeline horizontale</i> du salon de rétrospection de <i>Visu 1</i> . (a) et (b) sont des représentations d'obsels correspondant à la réception et à l'affichage d'une image par un étudiant, affichés dans la trace du tuteur ; (c) représente le début d'une nouvelle activité ; (d) et (e) sont des marqueurs déposés par le tuteur ; (f) présente les obsels de la trace d'interaction ; (g) est une trace de commentaires. | 187 |
| 4.10 | Illustration du redesign du salon synchrone dans <i>Visu 2</i> . La zone de marquage (3) est désormais sous la vidéo, le chat (4) à droite et la <i>timeline</i> (5) horizontale. | 190 |
| 4.11 | Une redocumentation de trace en deux étapes, se basant sur des modèles de traces et de documents. | 191 |
| 4.12 | Architecture du système <i>ActRedoc</i> | 193 |
| 4.13 | Les trois parties de l'interface de l'outil <i>ActRedoc</i> | 194 |
| 4.14 | Conception et visualisation de bilan dans <i>Visu 2.1</i> . À gauche l'édition d'un bilan, qui peut être composé de blocs titre, texte, vidéo ou audio. À droite un rendu de bilan. | 196 |
| 4.15 | Présentation d'une trace d'activité ; certaines données ont été volontairement cachées. Les obsels présentés correspondent à des manipulations de documents, à l'exploration de systèmes de fichiers et à des copier-coller entre applications. | 197 |
| 4.16 | Indicateur de collecte, visualisateur séquentiel des dernières opérations collectées, <i>timeline</i> verticale de visualisation de la trace. | 199 |
| 4.17 | Principe général insertion d'un SBT (Lafraquière et collab., 2008). | 201 |
| 4.18 | Une modélisation de trace en deux phases (Lafraquière, 2009). | 202 |
| 4.19 | Plusieurs types de recherches qui doivent converger. | 204 |
| 5.1 | Différences thématiques de recherches, projets qui permettent de les financer, collègues et doctorants impliqués (souligné). L'échelle de temps n'est pas stricte. | 208 |

Liste des tableaux

| | | |
|-----|--|-----|
| 2.1 | La théorie du support en une thèse principale et six thèses associées (p. 78) | 14 |
| 2.2 | Caractérisation des instruments et des structures informationnelles | 81 |
| 4.1 | Exemples d'interprétations d'inscriptions numériques comme traces de processus mondains. | 150 |
| 4.2 | Triple caractérisation des situations de mobilisation de traces d'activité | 154 |

Liste des encadrés

| | | |
|------|---|-----|
| 2.1 | Cognitivism | 28 |
| 2.2 | Action située | 31 |
| 2.3 | Énaction | 33 |
| 2.4 | Éléments historiques sur la Théorie de l'Activité | 34 |
| 2.5 | Approche instrumentale | 38 |
| 2.6 | Cognition distribuée | 42 |
| 2.7 | Réflexivité | 47 |
| 2.8 | Manipulation directe | 53 |
| 2.9 | Structures et structures informatiques | 70 |
| 2.10 | Perception et action à Costech | 73 |
| 3.1 | Gestion des connaissances | 100 |