

## Chapitre 1

# Traces, traces d'interactions, traces d'apprentissages : définitions, modèles informatiques, structurations, traitements et usages

Kris Lund<sup>1</sup>, Alain Mille<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ICAR- Interactions, Corpus, Apprentissages, Représentations  
CNRS / Université Lumière Lyon 2  
ENS-LSH  
69342 Lyon

Kristine.Lund@univ-lyon2.fr

<sup>2</sup> LIRIS- Laboratoire d'Informatique en Image et Systèmes d'information  
UMR 5205 CNRS/ Université Claude Bernard  
Campus de la Doua  
69622 Villeurbanne Cedex  
alain.mille@liris.cnrs.fr

### 1.1. Introduction

La personnalisation des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain suppose par définition la prise en compte d'éléments spécifiques à un processus d'apprentissage tel qu'il se déroule pour un « apprenant » particulier.

## 2□ Analyse de traces et personnalisation des EIAH

L'EIAH est alors adapté sur la base d'écart constatés entre le processus attendu d'apprentissage et le processus tel qu'il est observé. Le processus d'apprentissage attendu sert de spécification pour l'EIAH et dirige sa (re)-conception. Une adaptation conduit naturellement à un nouveau processus attendu, laissant présager de futures adaptations. Le cycle de conception/adaptation commence avec l'EIAH tel qu'il est mis à disposition au départ sur la base de spécifications fondées sur un processus d'apprentissage issu de la conception et se continue chaque fois qu'une adaptation est menée (cf. [PUU 06] pour une méthode de re-conception partant de ce principe). Cette façon de définir la personnalisation des EIAH inclut aussi bien les mécanismes qui relèvent de la ré-ingénierie des EIAH et des situations dans lesquelles ceux-ci fonctionnent, que les mécanismes d'adaptation dynamique en temps réel liés aux interactions apprenant-EIAH, en passant par les adaptations médiées par un tiers (enseignant, tuteur, animateur, etc.).

La capacité à détecter un écart entre un processus attendu et un processus observé nécessite naturellement de pouvoir décrire les éléments caractéristiques du processus d'apprentissage qui seront utiles à observer en vue d'une adaptation. Ceci peut se faire :

- A) Au moment d'une étude empirique de processus de résolution de problème ; il s'agit alors d'analyser les interactions humaines afin de déceler des écarts entre aspects du processus attendu — jugés favorables à l'apprentissage — et aspects du processus observé. Ces aspects sont interprétés dans le cadre d'une théorie de l'apprentissage (e.g. cognitivisme, constructivisme) ou selon d'autres cadres interprétatifs (e.g. conflit socio-cognitif, représentations externes). L'objectif est d'expliquer ces écarts et de proposer des changements d'instruction, d'outils, de caractéristiques d'outils, de scénario pédagogique, etc. pour favoriser les aspects comportant le processus attendu selon des objectifs pédagogiques précis. [LUN 07 ; OLL 08]
- B) Au niveau de l'ingénierie ou de la ré-ingénierie d'un EIAH ; il s'agit alors d'exploiter un retour d'expérience pour concevoir une nouvelle version d'un EIAH en tenant compte des écarts observés lors de la mise en oeuvre. Ce retour d'expérience peut-être organisé en intégrant dans les EIAH les éléments de mesure d'écart (indicateurs) qui faciliteront les adaptations à réaliser au moment de l'activité d'apprentissage [CHO 07 ; HAU 07] telle qu'elle se déroulera en réalité (préparant le niveau suivant) ;
- C) Au niveau de l'adaptation au cours de l'activité d'apprentissage elle-même [HER 04] ; il s'agit alors d'exploiter les capacités métacognitives liées à la réflexivité pour permettre aux apprenants et aux tuteurs de disposer d'une capacité à résoudre l'écart entre le processus d'apprentissage attendu et le processus d'apprentissage tel qu'il se déroule en réalité.

Dans tous les cas, la détection d'écarts entre le processus d'apprentissage prévu et le processus d'apprentissage réel nécessite une observation du processus

d'apprentissage et l'élaboration d'indicateurs dont la sémantique permettra la personnalisation de l'activité d'apprentissage. L'observation d'un processus exige la collecte *d'observés* (spécifiés par des descriptions *d'observables*) temporellement situés si l'on veut pouvoir prendre en compte le « quand, » le « comment », le « quoi » et, si possible, le « pourquoi » pour un « qui » particulier dans une activité. La collecte de telles séquences d'observés temporellement situés fournit les « traces » de l'activité d'apprentissage qui seront la source de connaissances pour le processus de personnalisation quel que soit son niveau.

C'est cette notion de « traces » qui est interrogée dans ce chapitre pour en montrer tout à la fois les usages et le potentiel et la théorisation qu'il convient sans doute d'en faire pour en faciliter l'usage dans les situations d'usage A, B ou C (voir plus haut).

Ce chapitre fait suite à l'exposé inaugural de l'école thématique CNRS « Personnalisation des EIAH » qui s'est tenue en juillet 2007 à St Quentin en Isère. Il en conserve le plan général : présentation de l'usage des traces dans diverses situations relevant des niveaux A, B ou C précédemment cités ; théorisation de la notion de trace modélisée permettant de généraliser son exploitation dans les différentes situations données. Il introduit naturellement les évolutions que les auteurs ont pu relever dans ce domaine des traces modélisées pour les EIAH. Outre les références introduites dans le texte, une liste bibliographique organisée par grands thèmes est proposée en annexe qui devrait permettre au lecteur intéressé d'explorer d'autres aspects de la personnalisation à partir de traces d'activité d'apprentissage que ceux abordés directement ici.

## **1.2. Observation et analyse de situations d'apprentissage avec l'aide de traces numériques d'interaction**

Dans cette section, nous donnerons une définition plus précise de traces numériques d'interactions et nous montrerons en quoi les trois usages des traces : A, B et C sont liés. Dans chaque type d'usage, la trace est manipulée, mais par des acteurs différents et pour des objectifs différents. La portée de la manipulation en question sur les EIAH est également différente, selon l'usage.

### ***1.2.1 Interactions médiatisées et médiées : vers une définition de traces numériques d'interaction***

Il convient tout d'abord de définir la notion d'interaction dans notre contexte. [BAK 99] distingue les interactions entre humains des interactions entre un humain et un milieu inanimé (e.g. un ordinateur). Pour lui, une interaction (action entre) est une suite d'actions verbales ou non-verbales qui sont interdépendantes et qui

#### 4□ Analyse de traces et personnalisation des EIAH

s'influencent mutuellement. Une telle interaction présuppose des êtres capables d'exercer une volonté dans l'action ou d'être muni d'un pouvoir de délibération. Les êtres humains remplissent cette condition, mais non les ordinateurs. Dans le cas où un humain interagit avec un ordinateur, il est préférable de parler d'une suite d'événements prenant la forme d'une action-réaction. Dans ce chapitre, il s'agit d'humains interagissant entre eux au travers un ordinateur ainsi que d'un humain interagissant avec un ordinateur. Malgré la distinction qui vient d'être faite — une distinction importante puisqu'elle reflète la nature différente des corpus recueillis — le terme « interaction » sera utilisé plus généralement afin évoquer les deux cas pour raison d'économie d'expression.

Quant à l'interaction entre êtres humains au travers d'un ordinateur, les expressions « d'interaction médiatisée » et « d'interaction médiée » par ordinateur se trouvent toutes deux dans la littérature. Il est également utile pour notre propos de les distinguer. Pour Peraya et Meunier [PER 03 ; MEU 04], les processus de médiatisation et de médiation portent sur des objets différents. La médiatisation désignerait le processus de mise en dispositif médiatique, incluant ainsi le choix de médias et d'une scénarisation, alors que la médiation serait le processus par lequel un artefact technique et symbolique peut modifier les processus de production et de communication des connaissances ou encore influencer sur l'apprentissage ou sur le développement des processus cognitifs des êtres humains ([CHA 06]). Dans le tour d'horizon présenté dans ce chapitre, il s'agit des deux : médiatisation et médiation. Nous illustrons à travers un ensemble de cas différents, le choix de la représentation d'un objet de granularité différente (e.g. concept, classe conceptuelle) dans un dispositif donné et nous montrerons comment la trace numérique d'interactions autour de ce concept peut nous aider à déchiffrer la médiation supposée être en cours.

Nous sommes maintenant en mesure d'étoffer la définition d'une trace numérique d'interactions dont il est question dans ce chapitre. Il s'agit d'une suite temporellement située d'observés, qui relève soit d'une interaction entre humains, médiatisée et médiée de diverses façons par ordinateur soit d'une suite d'actions et réactions entre un humain et un ordinateur. Cette trace est éventuellement re-jouable, auquel cas, elle devient dynamique. Elle est numérique puisqu'il s'agit d'enregistrements d'actions effectuées sur ordinateur ou d'une version numérisée de vidéo (montrant des humains en interaction ou montrant une capture d'écran lors de cette interaction).

À partir de là, nous pouvons distinguer plusieurs types de traces selon la façon dont les outils d'enregistrement rendent observable l'interaction humaine. En effet, les traces peuvent être constituées de sources multiples et multimodales (enregistrements informatiques y compris de vidéos d'écrans, mais aussi audios et vidéos d'êtres humains en interaction entre eux, autour d'un ordinateur, ou avec un

ordinateur ou encore des technologies assistives produisant des traces – e.g. systèmes brailles).

Dans les trois sections qui suivent, nous présentons une sélection d'exemples de travaux de recherche récents impliquant les traces numériques d'interaction dans les trois grandes familles mentionnées en introduction : 1) Etudes empiriques sur les caractéristiques d'une interaction humaine, 2) Ré-ingénierie d'un EIAH, et 3) Adaptation d'une interaction en temps réel. Deux exemples emblématiques sont illustrés dans chaque famille de façon à mettre en évidence les caractéristiques qui différencient les traces entre elles. Chaque exemple est décliné par un ensemble de descripteurs : l'acteur qui produit, qui manipule et qui est destinataire de la trace, sachant qu'il ne s'agit pas forcément du même acteur ; le temps de la manipulation de la trace et le type de manipulation effectuée et enfin l'objectif précis de la manipulation ainsi que l'adaptation proposée. Puis nous proposons une synthèse des pratiques autour de ces traces numériques d'interaction.

### ***1.2.2 Études empiriques sur les caractéristiques de l'interaction humaine***

Les études empiriques, qu'elles soient menées dans un paradigme de psychologie expérimentale ou qu'elles aient pour but d'observer des situations écologiques, se focalisent sur une description des caractéristiques, voire de la qualité de l'interaction humaine, médiatisée et médiée par ordinateur. L'objectif de cette description est souvent de différencier entre les interactions humaines produites dans deux scénarii pédagogiques différents. Les scénarii diffèrent par exemple, dans la succession des tâches demandées aux apprenants, dans les instructions précises qui leur sont données ou encore dans les outils mis à leurs dispositions. Cette différenciation entre interactions humaines produites est donc utilisée pour évaluer lequel des deux scénarii favorise davantage l'apprentissage en question sachant que les différences décelées dans les interactions sont, par hypothèse, générées par les différences des caractéristiques des scénarii eux-mêmes. De tels résultats permettent aux chercheurs analystes de traces numériques d'interactions de :

1. décrire les situations qui donnent lieu à des apprentissages spécifiques et donc de choisir les caractéristiques d'un scénario pédagogique qui lui feront atteindre ses objectifs pédagogiques;
2. proposer une re-ingénierie d'un système informatique et du contexte dans lequel il sera utilisé, basé sur la combinaison des caractéristiques de l'interaction humaine et les caractéristiques du scénario pédagogique et cela selon les objectifs à atteindre ;
3. proposer des façons d'agir en temps réel lors des prochains scénarii – autrement dit, proposer des actions à mener par le système informatique qui

pourraient être déclenchées à la découverte d'un observable calculé de manière automatique dans 1).

Considérons deux exemples de la littérature pour illustrer ces propos. Dyke & Lund (2007) ont mis en évidence comment les caractéristiques d'un éditeur de texte influencent les formes de l'écriture collective effectuée avec cet outil. Treize binômes devaient concevoir un texte procédural à distance par l'utilisation de la plateforme collaborative DREW<sup>1</sup>. Il s'agissait d'un mode d'emploi pour la fabrication d'un pliage en origami (cf. [LUN 07] pour les détails sur le dispositif expérimental). Certains des binômes utilisaient un éditeur de texte à accès par jeton et certains, un éditeur de texte libre : les participants devaient soit négocier le temps de rédaction, soit ils pouvaient rédiger en même temps. La *Figure 1.1.1* montre trois des formes de rédaction mises en place par les binômes (cas 2 à gauche, cas 1 en haut à droite et cas 3 et 4 en bas à droite) ; les descriptions de chaque cas se trouvent ci-dessous. L'écriture d'un des individus de chaque binôme apparaît en vert, l'autre en rouge.

Cas 1) Rédaction exclusive par l'un des participants en copiant ses propres suggestions ou celles de son binôme dans le chat et en les collant dans l'éditeur de texte partagé, ou en rédigeant directement dans l'éditeur de texte partagé.

Cas 2) Rédaction distribuée : après discussion, les participants se sont répartis les tâches et ont rédigé simultanément leurs sections respectives.

Cas 3) Rédaction alternée : les participants ont rédigé tour à tour dans l'éditeur de texte partagé, chacun reprenant là où l'autre s'était arrêté. Cette alternance s'est faite de manière très "naturelle", la discussion dans le chat portant sur le contenu de l'éditeur de texte partagé et non sur l'organisation de la rédaction.

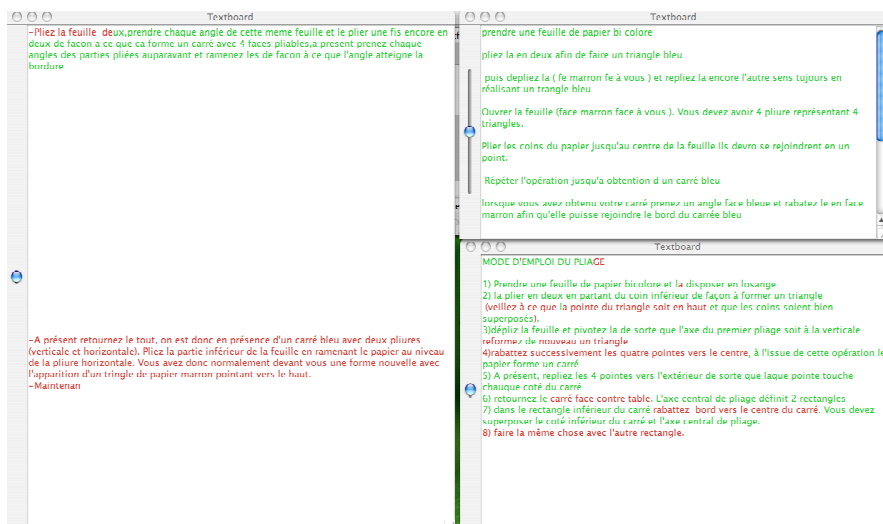
Cas 4) Rédaction/correction : l'un des participants a été le principal rédacteur du texte puis son binôme est passé "derrière lui", corrigeant des fautes et ajoutant des précisions.

Dans cet exemple, l'acteur produisant la trace est un individu au sein d'un binôme, sachant que les couleurs sont rajoutées par un chercheur à posteriori et apparaissent grâce au rejoueur de DREW ; les utilisateurs voient le texte en noir pendant leur écriture. Dans cette étude, le destinataire de la trace est le chercheur. L'objectif précis est de déceler les formes différentes d'écriture collective. En ce qui concerne une adaptation à proposer, sous l'hypothèse que la co-élaboration favorise l'apprentissage (représenté ici par les cas 3 et 4 et présents lors d'un usage d'un éditeur de texte libre), un prochain scénario pédagogique pourrait donner des

---

<sup>1</sup> DREW (*Dialogical Reasoning Educational Website*) a été conçu et développé dans le cadre du projet Européen SCALE, (Internet-based intelligent tool to Support Collaborative Argumentation-based LEarning in secondary schools, 20012004), 5ème Plan, IST (Internet Societies Technologies).

instructions et/ou les caractéristiques de l'éditeur de texte pour que la co-élaboration ait lieu. Face à un exemple du cas 1 (rédaction exclusive), il serait facile d'imaginer une adaptation à proposer en temps réel — des instructions encourageant une rédaction commune.



**Figure 1.1.** Trois extraits de co-rédaction dans DREW avec coloration par participant pour faciliter l'analyse. À gauche, la rédaction distribuée (cas 2) ; en haut à droite, une rédaction exclusive (cas 1) ; le texte en bas à droite est le fruit d'une combinaison de phases de rédaction alternée (cas 3) et de rédaction/correction (cas 4).

Notre deuxième exemple (cf. Lund, Molinari, Séjourné & Baker, 2007 pour plus de détails) avait pour objectif d'étudier 36 apprenants, regroupés en dyades pour débattre des OGM (organismes génétiquement modifiés). Le scénario pédagogique était construit en trois phases. 1) production individuelle de graphe d'argumentation ; 2) collaboration à deux où les apprenants utilisaient un graphe d'argumentation soit comme médium de débat (accompagné par un chat), soit comme façon de représenter un débat déjà fait par chat ; 3) révision individuelle d'un graphe d'argumentation produit lors de la première phase.

Nous avons développé une méthode originale appelée ADAM : *Argumentative Diagram Analysis Method* (cf. également [SEJ 04 ; MOL 05] afin d'évaluer les différences entre les graphes d'argumentation construits lors des phases collaboratives et individuelles. Six caractéristiques sont mesurées :

- 1) La forme du graphe d'argumentation;
- 2) La quantité d'arguments et des relations exprimées ;

8 □ Analyse de traces et personnalisation des EIAH

- 3) La quantité et la nature des opinions exprimées ;
- 4) La quantité de sujets traités dans l'espace de débat ;
- 5) La variété et le degré d'élaboration des arguments exprimés ;
- 6) Le degré de correction des relations argumentatives.

La Figure 1.2 montre un exemple de graphe d'argumentation construit par une dyade d'apprenants où il apparaît des arguments en faveur (+) ou contre (-) une thèse ou un autre argument. De plus, chaque apprenant peut marquer son opinion (pour/contre) à propos de chaque élément du graphe.

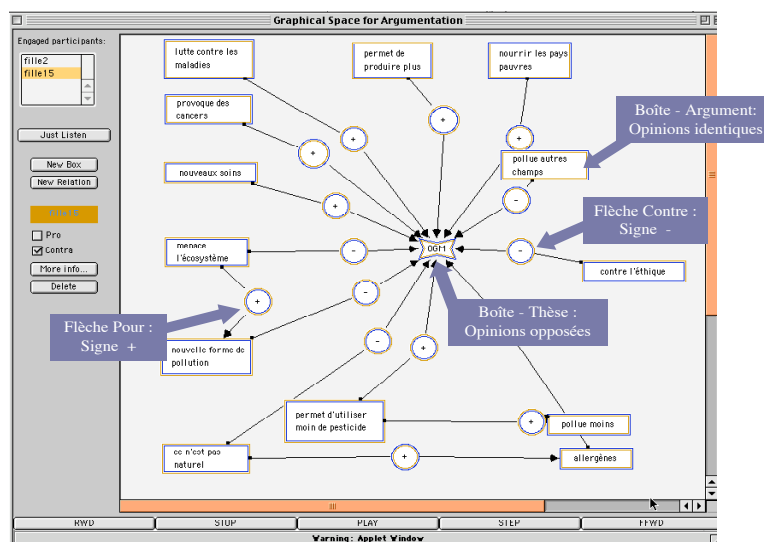


Figure 1.2. Exemple de graphe d'argumentation construit par une dyade d'apprenants.

Dans cet exemple, l'acteur produisant la trace dépend de la phase : en phases 1 et 3, il s'agit de l'individu apprenant, en phase 2 de la dyade. L'acteur manipulant la trace a posteriori par codage ADAM est le chercheur. L'individu consulte bien le produit de son travail (e.g. son graphe d'argumentation individuel) en début de la phase collaborative. Mais il peut aussi « manipuler » la trace de son dialogue avec son partenaire en phase collaborative — au travers l'historique de chat — par la sélection d'informations ou par la référence aux énoncés s'y trouvant. C'est le chercheur qui est destinataire des différentes traces en tant qu'objet analytique. Mais les apprenants peuvent reformuler les énoncés présents dans le chat en transformant la représentation du débat dans le registre textuel (chat) en une représentation de ce même débat dans le registre graphique (graphe argumentatif) (Duval 1995). Par conséquent, le type de manipulation varie avec le manipulateur : le chercheur



analyse l'utilisation d'un graphe d'argumentation comme medium de débat comparé à son utilisation comme façon de représenter un débat alors que l'apprenant transforme des éléments d'une représentation externe vers une autre.

L'objectif du chercheur est d'évaluer les différences entre les graphes d'argumentation construits de manière collaborative lors de chaque condition expérimentale, ainsi que de manière individuelle avant et après collaboration. Il est plus difficile d'être sûr de l'objectif de l'apprenant, il pourrait être, par exemple, d'effectuer la tâche qui lui est donnée. En termes d'adaptation proposée lors d'un prochain scénario pédagogique, si l'objectif est de faire exprimer des opinions personnelles, alors les résultats montrent qu'il faut utiliser le graphe d'argumentation comme un medium de débat. De plus, il s'avère que les instructions données à propos de l'utilisation du graphe pendant la phase collaborative ont un impact net sur les graphes individuels post-débat. Lorsque le graphe était utilisé pour représenter un débat, les apprenants rajoutaient plus d'exemples, de conséquences et de causes. L'acte de transposition entre deux représentations externes d'argumentation (d'un débat dans un chat vers un graphe d'argumentation) est bénéfique pour l'élaboration du contenu argumentatif. Par contre, les apprenants ont besoin d'aide afin de distinguer entre les élaborations qui sont plus directement argumentatives (e.g. des prédicats pour un argument donné et des justifications d'arguments) et les élaborations qui soutiennent plus généralement le discours argumentatif (exemples, causes et conséquences d'arguments). A la lumière de ses résultats, il serait intéressant de proposer une automatisation partielle de la méthode ADAM afin de pouvoir réagir de manière automatique et en temps réel. Par exemple il serait possible de réclamer le marquage des opinions de chacun, de proposer qu'un thème particulier dans l'espace de débat soit traité, qu'il y ait un équilibre d'arguments pour ou contre une thèse donnée, ou encore de proposer que les apprenants débattent plus en profondeur un argument pour lequel ils sont en désaccord.

### ***1.2.3 La ré-ingénierie d'un EIAH***

La conception d'une nouvelle version d'un EIAH à partir d'une version existante se base sur l'observation des indicateurs qui sont soit préalablement définis — souvent en collaboration avec l'enseignant --- soit récoltés à la volé en cas de nouveaux besoins, lors du déroulement d'un scénario pédagogique. Il s'agit de tenir compte des écarts observés entre le scénario tel qu'il a été conçu pour fonctionner (scénario prédictif) et tel qu'il s'est réellement déroulé (scénario descriptif), l'idée étant d'identifier comment la ré-ingénierie de tel ou tel aspect pourrait faire mieux atteindre les objectifs pédagogiques.

Notre premier exemple vient de Barré & Choquet [BAR 05], qui ont analysé depuis plusieurs années l'usage d'une unité d'enseignement de DUT Services et Réseaux de Communication (niveau Bac+2) par une cinquantaine d'étudiants, à l'IUT de Laval (cf. [BAR 03]). La formation est diffusée en présentiel et vise à former les étudiants aux architectures logicielles des services sur réseaux. Elle comprend sept activités : 1) introduire l'unité d'enseignement (une vidéo de présentation) ; 2) approfondir les concepts (des textes de référence) ; 3) synthétiser les concepts (deux diaporamas) ; 4) s'exercer pour comprendre (des exercices à résoudre) ; 5) s'auto-évaluer (deux QCM) ; 6) apprendre en faisant (mise en pratique de l'ensemble des connaissances du domaine et modification, étape par étape, du code Java d'une aide à la réingénierie d'un scénario 145 serveur web) et 7) utiliser pour produire (activité collective de conception d'un site Web utilisant le serveur HTTP précédemment développé).

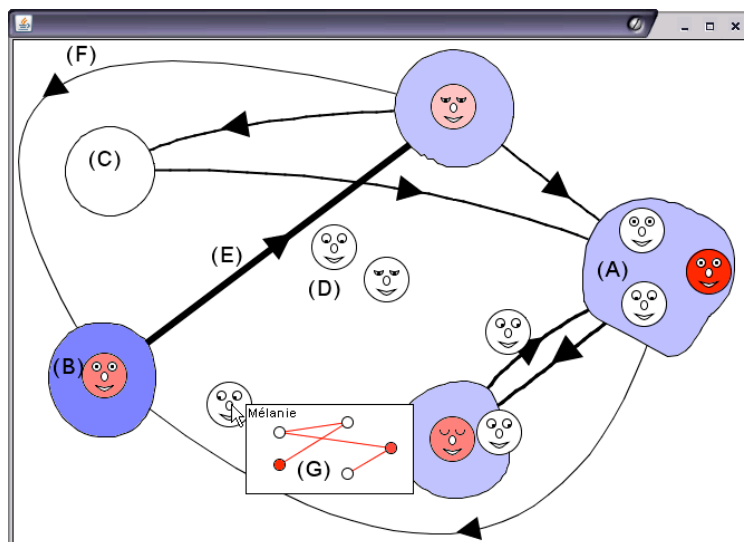
Les concepteurs ont bien défini un scénario prédictif, mais les étudiants sont pourtant libres de naviguer comme ils le souhaitent entre les six premières activités. L'intérêt de l'étude de Barré & Choquet réside dans la façon dont les traces des apprenants seront utilisées afin *d'enrichir* le scénario prédictif par des changements basés sur la conservation des informations sur les apprenants ou sur les groupes d'apprenants. L'acteur manipulant la trace est l'EIAH, sachant que le chercheur et l'enseignant ont défini préalablement un ensemble d'indicateurs et ont donc manipulé la forme de la trace avant son enregistrement. Le destinataire de la trace est l'enseignant ainsi que le concepteur de l'EIAH. Le temps de la manipulation est postérieur à la production de la trace. Le type de manipulation est par exemple, de compter la quantité des activités menées ou sautées, de calculer le score d'un QCM donné ou encore de calculer une relation entre les deux. L'objectif pourrait être d'enregistrer le parcours d'un élève et l'adaptation proposée d'individualiser le prochain parcours par rapport aux résultats obtenus.

Notre deuxième exemple se trouve dans les travaux de Luengo et collègues (e.g. [LUE 06]). Il s'agit d'un travail didactique portant sur l'analyse des connaissances des apprenants en milieu hospitalier (chirurgie orthopédique) et sur un système d'enseignement et d'apprentissage correspondant. L'acteur produisant la trace est un apprenant agissant seul, qui s'entraîne à poser une vis dans le bassin d'un patient grâce à un simulateur. L'acteur manipulant la trace est l'EIAH et cette manipulation se fait en temps réel. Le type de manipulation effectuée porte sur la modélisation de connaissances de l'utilisateur en fonction des actions qu'il effectue à l'interface informatique du simulateur pendant la pose de la vis ainsi que sur la prise de décision didactique qui suit. L'objectif précis est l'automatisation de la prise de la décision didactique en utilisant les connaissances chirurgicales représentées par les réseaux bayésiens. En termes d'adaptation proposée, les auteurs préconisent trois types : de pointer vers les cours en ligne qui sont pertinents vis-à-vis du diagnostic du travail de l'apprenant; de choisir un problème similaire et mettre le simulateur

dans un état précis afin que l'apprenant puisse le prendre en main ; de choisir un cas clinique et le présenter à l'utilisateur. Ces adaptations sont proposées suite à la décision diagnostic et sont implémentées plus tard. Elles sont donc considérées comme relevant de la re-ingénierie et non pas de l'adaptation en temps réel, mais ces deux usages forment deux bouts d'un continuum ; certains travaux de recherche se trouvent plus proche de la re-ingénierie et d'autres des adaptations en temps réel.

#### 1.2.4 Adaptation d'une interaction en temps réel

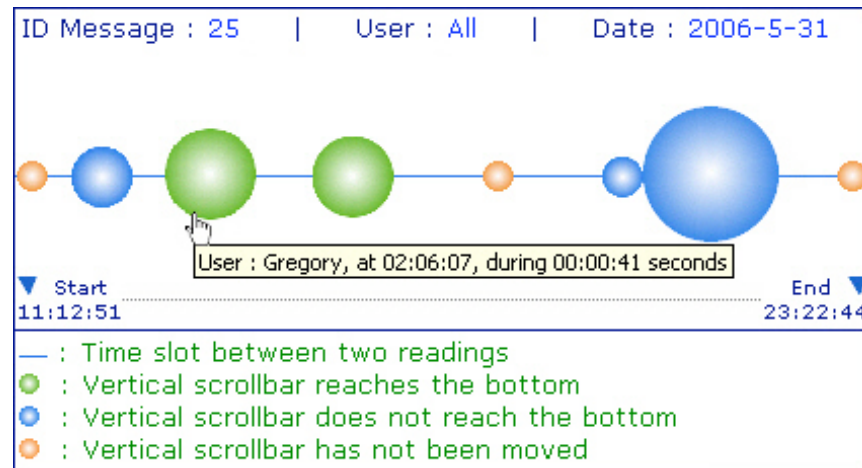
Les deux types d'usage présentés plus haut peuvent avoir tous deux comme objectif d'adapter une interaction en la personnalisant en temps réel. Simplement, cela se passe dans une phase postérieure à l'activité ou cela fait éventuellement partie d'un programme de recherche à plus long terme. Pour les exemples de travaux de recherche que nous présentons dans cette section, l'adaptation est quasi immédiate en temps réel et il est l'objectif premier. Les travaux de France, Heraud, Marty & Carron [FRA 07] montrent comment une visualisation de trace en temps réel permet au tuteur d'observer l'activité d'un groupe d'apprenants et d'adapter l'activité en interagissant directement avec l'interface de visualisation. La figure 1.3 utilise des bulles pour représenter des activités et des liens pour représenter les parcours entre les activités [CHE 73]. Les apprenants sont représentés par des visages.



**Figure 1.3.** Une visualisation des états des apprenants, les parcours effectués et les activités réalisées (France, et al. 2007)

Ces différentes visualisations évoluent dynamiquement dans le temps, en fonction des traces laissées par l'apprenant pendant la session. Par exemple, la forme des yeux du « visage » d'un apprenant donné (e.g. fermée, ouverte) correspond à la quantité d'événements produits par l'apprenant pour une certaine activité. Si un apprenant « dort » dans une activité particulière, le tuteur peut intervenir en lui suggérant de participer plus activement. L'acteur produisant la trace est ici l'apprenant au sein de son groupe. C'est l'EIAH qui manipule la trace en temps réel et c'est l'enseignant qui est destinataire de la trace. L'objectif précis est de permettre des rétroactions du tuteur par rapport à la visualisation de l'activité des élèves en termes de sa participation et de son parcours au travers les activités. Les adaptations peuvent être de plusieurs natures : aider un apprenant qui a des difficultés (cela se voit par son retard pour une activité donnée), proposer une activité supplémentaire, échanger avec l'ensemble des étudiants travaillant sur une activité donnée, réguler les outils disponibles pour une activité donnée ou encore ordonner les activités.

Les travaux de May, Georges & Prévot [MAY 07] sont similaires, mais se focalisent sur une activité plus restreinte – l'utilisation d'un forum. L'acteur produisant la trace est l'apprenant lecteur. L'acteur manipulant la trace est l'EIAH. Le destinataire de la trace est multiple pour ces auteurs – l'apprenant, l'enseignant ou le chercheur. La manipulation de la trace est faite en temps réels et il s'agit de calculer de manière automatique le nombre de messages lu par personne ainsi que le temps qui aurait pu être passé pour la lecture d'un message. En effet, il n'est pas possible d'affirmer avec certitude qu'un apprenant a lu un message. Par contre, il est possible d'indiquer si un apprenant donné n'a pas vu un message ou une partie de message. La figure 1.4 montre une visualisation du temps passé par lecteur, sur un message donné.



**Figure 1.4.** Visualisation du temps possible de lecture passé par plusieurs lecteurs, sur un message donné. Chaque boule correspond à un lecteur ; la couleur représente l'activité de l'ascenseur de la fenêtre qui contient le message.

L'acteur apprenant peut avoir un objectif d'auto-régulation : est-ce que j'ai lu tous les messages ? Ou il peut se demander comment partager la préparation d'une présentation sur le contenu du forum. L'EIAH peut respectivement lui suggérer de manière explicite de lire tel et tel message ou de proposer que tel apprenant travaille sur la présentation du contenu d'un tel ensemble de messages. L'acteur enseignant peut également utiliser ces informations afin de suivre ou de réguler l'interaction : quels sont les apprenants qui ne passent pas de temps et sur quels messages ? Muni d'une telle information, l'enseignant peut intervenir en temps réel. La trace peut aussi lui dire quel groupe surinvestit une thématique donnée et dans ce cas, l'enseignant peut suggérer de passer à une autre thématique. Quant au chercheur, il peut, par exemple, s'interroger sur l'usage du forum au sein d'une tâche de rédaction ou se poser des questions sur les conséquences des adaptations données en temps réel.

### 1.2.5 Synthèse de pratiques autour des traces numériques d'interaction

Les trois usages de traces numériques d'interaction issus de la littérature et présentés ici peuvent s'organiser comme l'illustre le tableau 1.1. Pour chaque exemple d'usage, l'entité produisant la trace est l'individu, la dyade ou le groupe. L'acteur manipulant la trace est l'apprenant, l'enseignant, le chercheur ou l'EIAH ;

le destinataire étant les trois premiers de cette liste. Le temps de manipulation de trace se passe en temps réel ou a posteriori. Le type de manipulation est automatique ou manuel. L'objectif précis porte sur une étape allant vers un but d'apprentissage ou sur une façon de communiquer qui, par hypothèse, favorise l'apprentissage. Bien sûr, l'adaptation proposée varie en fonction de l'objectif précis. Les exemples que nous avons précédemment présentés sont synthétisés ici de façon à pouvoir comparer les trois usages de traces numériques d'interactions. Le tableau ne reflète donc que les exemples cités et ne prétend pas être exhaustif par rapport à la totalité des recherches menées sur ces trois usages. Nous pouvons remarquer un certain nombre de choses de ce petit échantillon:

**Tableau 1.1.** Synthèse des pratiques d'un nombre limité d'exemples de chaque type d'usage

	<b>Études empiriques sur les caractéristiques de l'interaction humaine</b>	<b>La ré-ingénierie d'un EIAH</b>	<b>Adaptation d'une interaction en temps réel</b>
Acteur produisant la trace	Apprenants – individus et dyades	Apprenants – individus	Apprenants en groupe
Acteurs manipulant la trace	Apprenants et chercheur	EIAH	EIAH
Destinataire de la trace	Apprenants et chercheur	Apprenant, concepteur d'EIAH, enseignant	Apprenant ou enseignant
Temps de manipulation	Lors d'une phase ou il y a de l'histoire du chat à re-utiliser (apprenant) ou à posteriori du scénario (chercheur)	A posteriori ou en temps réels	Temps réels ou au bout d'une certaine quantité d'activité
Type de manipulation	Choisir d'éléments à proposer (apprenants) Rejouer et /ou analyser la trace numérique d'interactions à la main ou assisté d'un logiciel (chercheur)	Modéliser les connaissances et/ou l'activité de l'apprenant ; enregistrer des données quantitatives par rapport à son activité,	Calculer automatiquement des informations de nature quantitatives par rapport à l'activité menée

		diagnostiquer	
Objectif précis	Évaluer les différences entre les activités menées par les apprenants selon le scénario pédagogique	Définition d'une personnalisation basée sur une diagnostique de l'activité de l'apprenant	Définition d'une personnalisation basée sur une diagnostique de l'activité de l'apprenant
Adaptation proposée	Faire un appariement entre l'interaction voulue est les caractéristiques qu'elle provoque	Proposer du contenu dans diverses formes, adapté au profil de l'élève lors d'un prochain scénario ou lors d'une phase successive	Suggérer une action pour combler un manque ou pour rendre plus équilibré une activité ou une tâche donnée

Premièrement, il manque dans les recherches décrites ici d'exemples d'enseignants ou de chercheurs produisant des traces pour un objectif spécifique. En ce qui concerne les enseignants, des exemples pourraient être imaginés dans le cadre que fournit Develotte (2004) sur le discours de tuteur en ligne. L'activité d'analyse des traces par des chercheurs peut elle-même être tracée afin de mieux comprendre et mieux soutenir cette activité ; cela est un des développements prévus pour Tatiana, l'outil d'aide à l'analyse des traces multimodales présenté brièvement dans la section suivante.

Deuxièmement, il n'y a pas d'exemples d'apprenants ou d'enseignants manipulant sa propre trace en temps réel ou dans le cas de ré-ingénierie. Il convient de noter que manipuler sa propre trace n'est pas la même chose que d'être destinataire de sa propre trace, suite à une manipulation d'EIAH. Pour quelle raison précise, un apprenant ou un enseignant manipulerait-il la trace de sa propre activité ? Dans le cas d'une manipulation en temps réel, ces deux acteurs pourraient diriger la nature de leur auto-régulation, autrement dit, réclamer de leur trace des informations qu'ils jugent nécessaires pour agir sur leur propre activité. Selon Millerand *et al.* (2001), l'appropriation ne peut être appréhendée que dans le cadre d'un processus impliquant des transformations de la situation par les utilisateurs. Dans cette perspective, le fait que l'utilisateur sélectionne et réaménage telle ou telle fonctionnalité de l'outil informatique pour donner un sens à son usage peut le conduire à une nouvelle redéfinition de cet outil comme le proposent Ollagnier-Beldame & Mille, 2007. Dans le cas de la ré-ingénierie, les manipulations faites par les apprenants et les enseignants sur leurs propres traces pourraient les conduire à proposer des changements pour l'EIAH dans un paradigme de conception participative. Encore faudrait-il que ces acteurs sachent quel type de requêtes ferait sens pour eux.

Troisièmement, parfois la manipulation sur une trace amène directement à une adaptation et parfois la manipulation et l'adaptation qui en résulte est décalée dans le temps. Une adaptation peut être proposée dès qu'il y a suffisamment de données recueillies (dans un cas de surveillance d'un groupe d'apprenants par un tuteur). Une adaptation peut aussi cibler une phase particulière d'un même scénario pédagogique (proposer un nouveau contenu adapté à un diagnostic) ou d'un futur scénario (proposer un outil qui donne lieu à un type d'interaction supposé favorable pour l'apprentissage).

Quatrièmement, le premier type d'usage des traces — les études empiriques — a pour objectif d'analyser des différences entre les activités menées par les apprenants et les caractéristiques du scénario pédagogique. La personnalisation d'une interaction EIAH ou d'un système CSCL pour ce type d'usage de trace, peut venir dans un deuxième temps. Les deux autres types d'usage — ré-ingénierie et adaptation en temps réels — ont pour objectif premier, une adaptation personnalisée.

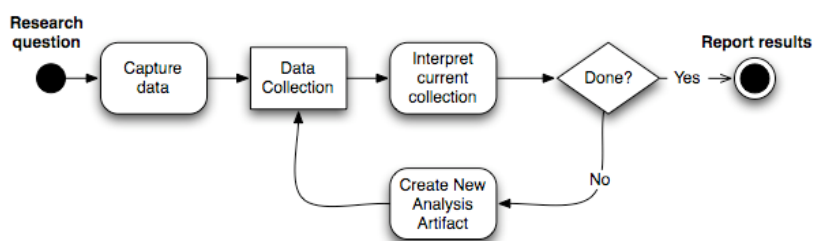
Cinquièmement, la nature de l'adaptation proposée dans les trois cas est différente — elle se définit soit par rapport à un appariement entre l'interaction voulue et les caractéristiques qu'elle provoque, soit par rapport à un contenu didactique prenant diverses formes, soit par rapport à une norme pré-définie (augmenter ou diminuer la fréquence des prises de paroles).

### **1.2.6 Aider les chercheurs dans l'analyse des interactions humaines multimodales — Tatiana**

Tatiana (*Trace Analysis Tool for Interaction ANALysts*) est l'objet du travail doctoral de Gregory Dyke (Dyke, Lund & Girardot, 2008 ; Dyke, Girardot, Lund & Corbel, 2007 ; Dyke, Girardot & Lund, 2007 ; Corbel, Girardot & Lund, 2006) et se mène dans une collaboration entre le Département RIM (Réseaux, Information, Multimédia) à l'École des Mines de St. Etienne et l'UMR CNRS ICAR (Interactions, Corpus, Apprentissages et Représentations) à l'Université de Lyon (PRES). L'objectif de Tatiana est d'épauler le chercheur dans l'analyse des corpus de traces numériques d'interactions humaines surtout lors des études empiriques sur les caractéristiques de l'interaction humaine et lors de la ré-ingénierie d'un EIAH. Les analyses menées par Tatiana ne sont pas de nature à être menée en temps réel puisqu'il s'agit de rejouer un ensemble d'éléments tracés qui ont été récoltés et synchronisés afin de comprendre, d'annoter et de coder toute une séance ou des séquences choisies en fonction de critères définis par le chercheur. Bien que Tatiana ait pour objectif d'analyser les traces numériques d'interaction, il a été également conçu pour prendre en compte l'analyse des enregistrements audio et vidéo qui sont



synchronisés avec la trace numérique d'interactions (voir plus haut la notion étendue de trace). Il s'agit donc des interactions médiatisées et médiées, mais également des interactions où l'activité ayant lieu en dehors de ce qui peut être tracé par une interface EIAH ou CSCL joue un rôle crucial dans la compréhension de l'activité humaine (deux apprenants travaillant face-à-face, chacun sur une machine, deux dyades travaillant à distance, chaque dyade partageant une machine de son côté). Tatiana se développe dans plusieurs contextes de recherche<sup>2</sup> et peut-être considéré comme un système à base de traces (cf. section Traces numériques d'interaction). La figure 1.5 montre le modèle de processus qui sous-tend la conception de Tatiana. L'accent est mis sur la nature *itérative* de l'analyse. Les chercheurs évaluent de manière constante si leurs données suffisent pour répondre de manière viable à leurs questions de recherche. Si oui, ils réifient leur compréhension actuelle dans une visualisation de résultats, sinon, ils créent d'autres artefacts d'analyse afin de conduire à une compréhension plus approfondie.

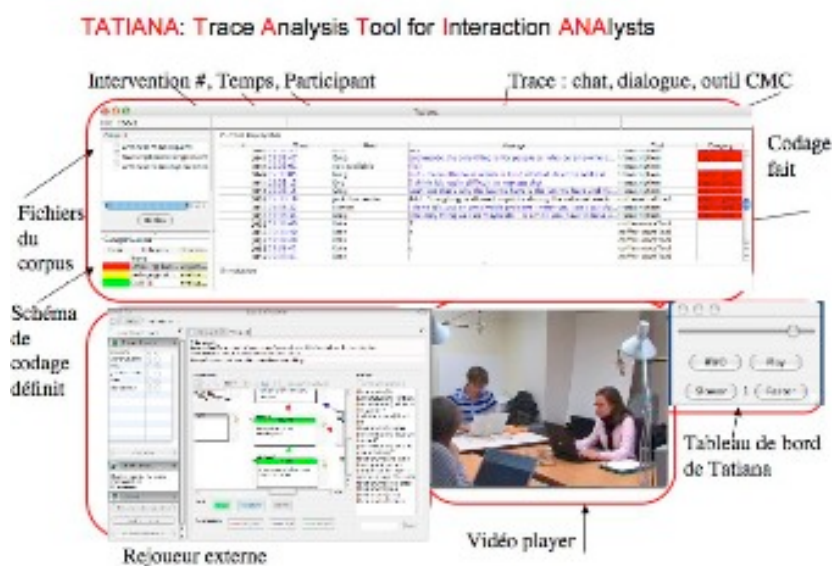


**Figure 1.5.** Représentation graphique du modèle de processus de Tatiana

La figure 1.6 illustre comment une trace numérique d'interaction synchronisée avec une vidéo et avec la transcription audio des acteurs peut former un objet analytique dans Tatiana. La trace numérique d'interactions se trouve en haut de la figure. Tout à gauche, se trouve la liste des fichiers dans le corpus – ici la trace numérique d'interactions, le fichier vidéo et la transcription du dialogue de la vidéo. Sous les fichiers du corpus, se trouve le schéma de codage qui a été défini pour ce

<sup>2</sup> Le projet Européen LEAD (*Technology-enhanced learning and problem-solving discussions: Networked learning environments in the classroom*) est financé par le 6ème plan Information Society Technology LEAD IST-028027. <http://www.lead2learning.org/>. Le projet EIAH (Environnements Informatique d'Apprentissage Humain) est financé par le cluster ISLE (Informatique, Signal et Logiciel Embarqué) de la Région Rhône-Alpes, Le projet ASPIC (Analyse et Structuration des Pratiques en Ingénierie Collaborative) est financé par le cluster GOSPI (Gestion et Organisation des Systèmes de Production et de l'Innovation) de la Région Rhône-Alpes.

corpus, et qui est conçu pour évoluer au fur et à mesure de l'analyse, par l'émergence de nouvelles catégories. Toujours dans la partie haute, et concernant plus spécifiquement la trace numérique d'interactions, on voit de gauche à droite, le numéro d'intervention, le temps auquel l'intervention a eu lieu, le participant générant cette intervention et l'intervention elle-même. Dans la colonne des interventions, se trouvent de manière synchronisée les éléments de la trace numérique d'interactions (chat, représentation textuelle de la construction d'un graphe d'argumentation), mais aussi les énoncés du dialogue transcrit. À droite, on voit le codage appliqué à un certain nombre d'interventions. En bas à gauche, se trouve un rejeueur externe de traces numérique d'interactions (ici, CoFFEE — Cooperative Face2Face Educational Environment), issu du projet Européen LEAD). Tatiana peut faire fonctionner d'autres rejeueurs externes (comme DREW). Au fur et à mesure que l'interaction se rejoue dans le rejeueur externe et au travers de la vidéo, l'élément courant de trace est surligné et se déplace vers le bas. En bas à droite se trouve le tableau de bord de Tatiana qui permet d'arrêter le rejouage, de le rejouer plus vite ou plus lentement, ce qui est intéressant pour repérer des phénomènes interactifs pas forcément visible à l'œil nu.



**Figure 1.6.** Interface de Tatiana montrant la synchronisation d'une visualisation chronologique de la trace numérique d'interactions + dialogue transcrit avec des rejeueurs externes de trace et de vidéo.

Pour une description plus technique de comment Tatiana gère, synchronise, visualise, analyse et partage des données multimodales d'interaction humaine, médiatisée par ordinateur, voir [DYK 08].

### **1.3. Les traces numériques d'interaction comme objets informatiques spécifiques**

La section 2 a permis de présenter les différentes facettes de l'usage des traces numériques d'interactions dans le cadre d'environnements informatiques d'apprentissage humains. Elle a été également l'occasion de présenter un premier « Système à Base de Traces » (Tatiana) démontrant que les traces numériques d'interaction peuvent être centrales dans l'analyse de l'activité d'apprentissage et justifiant une théorisation de ces traces comme « objets informatiques » à part entière. Cette section 3 se propose d'illustrer cette hypothèse et d'en montrer tout l'intérêt théorique et pratique. Après avoir fondé théoriquement la notion de trace comme inscription de connaissance, nous développerons la notion de réutilisation de traces et de signatures d'épisodes d'activité pour terminer sur la proposition d'une formalisation de la trace « modélisée » permettant d'imaginer une exploitation générique par un Système de Gestion de Base de Traces et plus précisément son « noyau » pouvant être le même dans des situations très diverses.

#### ***1.3.1 Prolégomènes : connaissance, expérience, inscription de connaissance***

Théoriser sur la notion de *trace* permettant l'analyse de l'activité pour y découvrir des éléments permettant d'agir sur l'environnement d'apprentissage est une nécessité pour comprendre quel est son rôle dans cette découverte de connaissance. Tout d'abord, il est utile de choisir une définition de la notion de connaissance que nous empruntons ici à [BAC 04] : « Une connaissance est la capacité d'exercer une action pour atteindre un but ». Nous adoptons cette définition pour indiquer qu'une connaissance est le corrélat d'une action possible et qu'un objet n'existe que parce qu'il est possible d'agir sur lui, y compris par la pensée. Cette position a une influence importante sur la manière de modéliser les éléments constitutifs d'une trace qui devront relever d'une interaction avec un objet pour avoir une chance de porter du sens concernant des opérations de personnalisation. En effet, l'environnement (d'apprentissage ici) comprend des structures matérielles, présentant des saillances [GIB 79 ; HUB 95] pour le système perceptif et sensorimoteur (de l'apprenant). Ces saillances suggèrent des actions au détriment d'autres et c'est donc bien l'environnement (informatique pour l'apprentissage humain) qui prescrit ainsi des actions possibles. C'est donc ainsi qu'il est manifeste que l'on met en œuvre des connaissances en réalisant les actions qui les définissent. Cette *théorie du support* [BAC 04] implique que « les propriétés du substrat physique

d'inscription, et du format physique de l'inscription, conditionnent l'intelligibilité de l'inscription ».

Les thèses suivantes sont proposées dans la même théorie : « 1) une connaissance est la capacité d'effectuer une action dans un but donné ; 2) un objet technique prescrit par sa nature 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 explication dans le monde des représentations<sup>3</sup> (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 de ré-écritures considérées comme des interprétations et non comme un mécanisme. »

Donner à la trace d'interactions issue d'une activité médiée par un environnement informatisé le statut d'*objet* lui confère du même coup des vertus potentielles de construction de connaissance très intéressantes. *L'objet trace* d'interaction peut alors être d'autant plus facilement considéré comme « inscription d'une connaissance » qu'il est consubstantiel de l'action tracée. Il est reformulation de l'action sous une forme inscrite, nouvel objet de *réflexion*. Il est la démonstration de la capacité à effectuer une action, et par suite de la connaissance associée. Il renforce la capacité de l'environnement tracé à prescrire des actions par sa structure matérielle. La répétition, prescrite par l'environnement utilisé, s'y inscrit naturellement, et facilite le repérage de la genèse technique associée à l'engendrement de la connaissance. *L'objet trace* peut lui-même prescrire une transformation dans le monde des choses (à condition de l'instrumenter par une fonction d'assistance par exemple), mais surtout il en est inscription sémiotique explicite. Cette inscription externe (non incorporée) résonne toutefois avec la réécriture du corps propre (le corps de l'utilisateur de l'environnement informatique) ayant « vécu » l'expérience ainsi tracée. Les ré-écritures liées à l'interprétation des traces sont explicites et renforcent le sentiment de conscience. Si l'expérience est constitutive du temps<sup>4</sup>, un objet trace d'interactions est également inscription d'un temps se constituant.

---

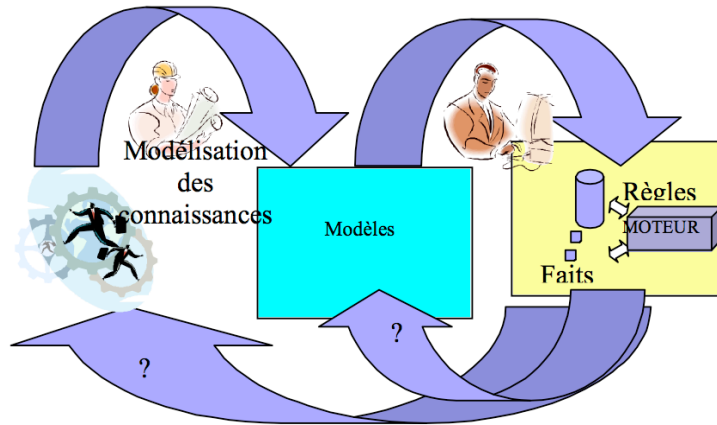
<sup>3</sup> Nous considérons la représentation comme « externe » (e.g. [AIN 99 ; COX 95])

<sup>4</sup> Nous retenons cette théorie des phénoménologues et Husserl au premier rang, mais aussi des réflexions amorcées par Kant (expérience sensible), des propositions de Bergson (vécus de conscience) et naturellement de Heidegger (Etre et temps).

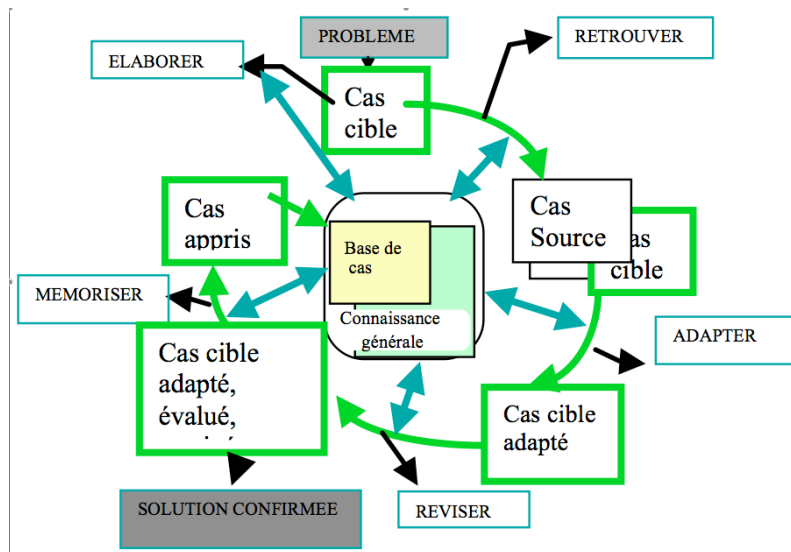
Les environnements informatiques d'apprentissage humain ont été très souvent tracés pour permettre cette émergence de sens à partir des interactions observées (voir la section 2 à ce sujet). Si les traces d'apprentissage constituent le matériau de nombreuses études en ergonomie, en psychologie, elles sont aussi exploitées pour élaborer des « connaissances » permettant des actions de personnalisation des environnements d'apprentissage. Il n'existe que peu de travaux proposant de donner à la trace numérique d'interaction (la trace collectée par et inscrite dans l'environnement informatique) le statut *d'objet informatique* à part entière. La section suivante présente une proposition faite dans ce sens. Cette proposition assume les propriétés que l'on peut attendre d'un tel objet trace en proposant les représentations, les transformations support d'interprétation, les mécanismes d'inscription associés, etc.

### ***1.3.2 Trace numérique d'interaction comme inscription de connaissance***

Les premiers travaux portant sur l'inscription numérique des connaissances issues de l'expérience considéraient l'expérience « synthétisée » sous forme de règles et modèles comme l'illustre la figure 1.7. Il s'agit alors d'une « représentation des connaissances » sous une forme telle qu'elles (les connaissances) puissent déclencher des actions via un moteur d'inférence. La genèse de construction de ces connaissances est en général perdue, ne permettant pas facilement sa révision et son évolution. Un autre paradigme de l'intelligence artificielle, le Raisonnement à Partir de Cas tente d'offrir une autre façon d'inscrire des connaissances issues de l'expérience de façon à tout à la fois résoudre des problèmes et apprendre à partir de la résolution de ces problèmes. Le principe est d'utiliser des *épisodes* de résolution de problème (couples problème-solution) pour résoudre par analogie de nouveaux problèmes similaires.



**Figure 1.7** Modélisation de l'expérience synthétisée en règles expertes



**Figure 1.8** Cycle du raisonnement à partir de cas

Le cycle du raisonnement à partir de cas [MIL 06] schématisé en figure 1.8 illustre le fonctionnement d'un tel « raisonnement analogique/apprentissage ». L'élaboration consiste à préparer la description d'un nouveau problème à résoudre pour maximiser les chances de sélectionner un cas source (cas de la bibliothèque des

cas résolus). Il faut donc que le problème soit « bien » posé, c'est-à-dire posé de façon à ce que le système sache retrouver des problèmes similaires dont l'adaptation sera sans doute possible. Retrouver un cas source similaire consiste à appliquer une mesure de similarité entre le problème cible (le problème nouveau à résoudre) et les problèmes sources de la bibliothèque de cas. Un problème source sera d'autant plus considéré comme proche que sa solution sera « facile » à adapter au problème cible. L'adaptation consiste à transformer la solution du problème source pour l'adapter au contexte du problème cible. Le cas cible adapté est alors confronté à la « réalité ». En cas d'inadaptation, il est alors « réparé » et le cas, avec l'histoire de sa résolution, est ajouté à la bibliothèque de cas disponibles. Même si ce cycle est rarement implanté dans sa totalité dans un système à base de connaissances, il prend en compte la réutilisation de l'expérience pour résoudre de nouveaux problèmes et il présente une manière d'acquérir de nouvelles capacités à résoudre des problèmes (à agir), d'inscrire de nouvelles connaissances donc. Les épisodes de résolution de problèmes (les cas) sont réputés porter tout le « contexte » nécessaire à la résolution et c'est simplement telle ou telle partie du contexte qui est mobilisée lors d'un nouveau cycle de raisonnement-apprentissage. L'expérience est atomisée en épisodes correspondant à des *tâches* pré-établies d'une activité qui échappe en tant que telle à la modélisation pour n'en garder que des épisodes correspondant à des sous-tâches bien identifiées. L'équipe SILEX du LIRIS propose une relaxation de cette contrainte en considérant un cycle de raisonnement-apprentissage intégrant la notion de trace comme *conteneur potentiel de connaissances en contexte*. Le cycle de raisonnement à partir de l'expérience tracée est présenté en figure 1.9.

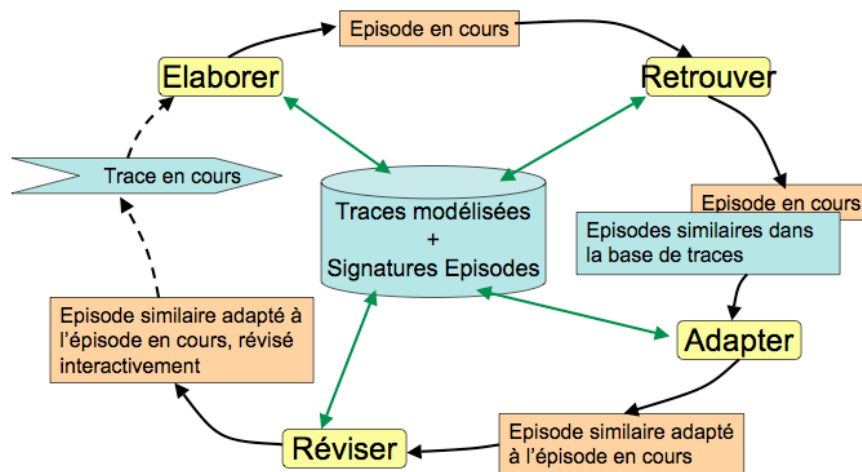


Figure 1.9 Cycle du raisonnement à partir de l'expérience tracée (RAPET)

On peut lire la figure 1.9 de la manière suivante : a) la trace modélisée<sup>5</sup> des interactions en cours d'activité est utilisée par l'utilisateur comme point de départ pour élaborer la description d'un problème cible à résoudre appelé ici *épisode en cours* ; b) cet épisode source correspond à une signature d'épisodes issue de la bibliothèque de signatures<sup>6</sup> ; d) un certain nombre d'épisodes similaires sont retrouvés comme candidats à l'adaptation pour résoudre l'épisode en cours<sup>7</sup> ; e) le résultat de l'adaptation est confronté à la réalité de la situation et une éventuelle opération de révision est menée pour d'une part modifier l'épisode proposée et d'autre part réviser les connaissances associées (modèles de traces, signatures, mesure de similarité). Bien entendu, l'épisode tel qu'il se déroule effectivement fait partie de la trace courante<sup>8</sup> et sera donc gardé par définition.

Ce principe de raisonnement à partir de l'expérience tracée s'instancie facilement sous la forme d'un mécanisme d'assistance à partir de l'expérience qui a donné lieu à une proposition de dispositif d'assistance générique à partir du modèle MUSETTE (Modéliser les Utilisations Et les Tâches pour Tracer l'Expérience) [CHA 03a ; CHA 03 b]. Ce dispositif générique est décrit dans la figure 1.10 qui peut se lire de la manière suivante : a) la collecte des observés donne lieu à une trace dite *primitive*, c'est-à-dire source d'interprétations d'épisodes tels que définis par les *signatures expliquées* de tâches ; b) chaque signature correspond à un objectif d'assistance particulier, ce qui permet de générer des épisodes (des cas) à la volée dans la trace en cours comme dans les traces stockées ; c) la réutilisation d'épisodes est réalisée conformément au cycle du RAPET présenté précédemment. Une variante d'usage du système appelé *Musette-Analyse* correspond aux besoins exprimés par des analystes de l'activité qui cherchent à retrouver des épisodes validant ou invalidant des hypothèses de comportement dans une activité particulière. Le terme *facilitateur* est préféré au terme *d'assistant* pour indiquer qu'il n'y a pas dans ce dispositif d'assistant générique une modélisation de ce qui serait une *bonne* façon de faire telle ou telle chose, mais plutôt la mise à disposition de l'expérience passée sous une forme exploitable en contexte.

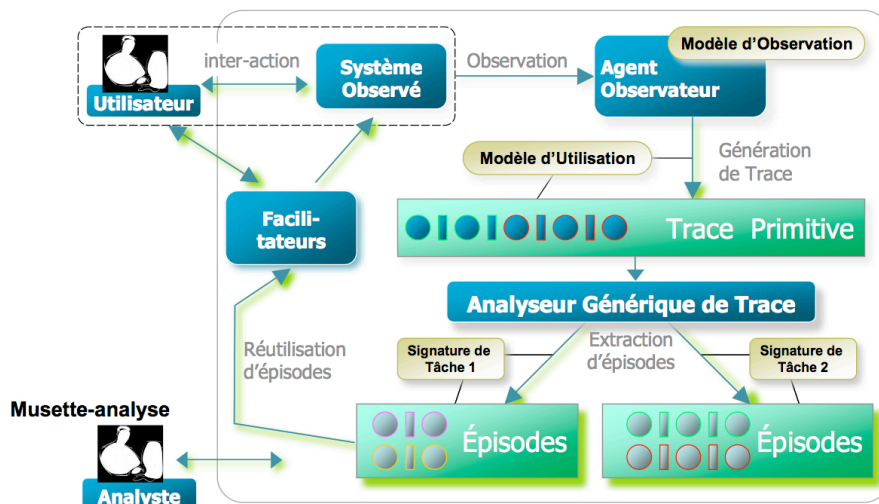
<sup>5</sup> Un modèle de trace précise les observés choisis avec leurs éventuelles relations et le domaine temporel associé. Voir la définition de trace en début de chapitre.

<sup>6</sup> L'utilisateur peut naturellement ajouter dynamiquement une nouvelle signature au moment de sa demande de recherche d'expériences similaires à l'expérience en cours.

<sup>7</sup> La mesure de similarité permettant de classer les épisodes similaires est associée aux signatures de la bibliothèque et peut être « éditée » par l'utilisateur.

<sup>8</sup> Les interactions autour de la réutilisation d'épisodes de la trace peuvent également être tracées à un autre niveau de modélisation de l'activité. On note ici une façon d'introduire un « apprentissage réflexif » [LEE 06 ; GUZ 97].





**Figure 1.10** Dispositif générique d'assistance à partir du modèle Musette

Il est nécessaire de réaliser une modélisation de la trace primitive qui soit au *bon niveau* d'abstraction de l'activité observée. Pour permettre une plus grande flexibilité dans l'expression du *bon niveau* d'abstraction, il faut considérer que la trace doit pouvoir être manipulée en tant que telle pour être modélisée conformément à l'usage qu'il va en être fait. Il s'agit bien de définir la notion de trace modélisée comme objet informatique à part entière avec des opérateurs permettant de transformer une trace A en trace B selon une intention précise exprimée dans les différences entre les modèles de A et B. De façon à gérer cet *objet trace*, l'équipe SILEX du LIRIS propose la notion de *Système à base de trace*. L'élaboration des spécifications de ce que doit être un objet *trace* a profité d'un travail collectif réalisé avec l'équipe Syscom de Chambéry et l'équipe RIM de St Etienne.

### 1.3.3 Trace numérique et trace modélisée

Nous proposons les hypothèses suivantes pour spécifier ce que doit être une trace modélisée :

- Une trace numérique est une inscription volontaire dans l'environnement informatique d'empreintes d'interactions entre un utilisateur et l'environnement informatique qu'il utilise pour son activité. La notion d'inscription volontaire est importante pour démontrer qu'il ne s'agit pas d'empreintes « laissées par hasard » dans l'environnement, mais au contraire délibérément laissées comme inscriptions de connaissances en contexte. Cette volonté de tracer est exercée par l'observateur de l'activité : l'utilisateur lui-même dans une démarche consciente de réflexion sur son activité ; un analyste de l'activité, ce qui donne alors aux traces le statut

d'informations collectées avec l'assentiment et le contrôle de l'utilisateur (l'utilisateur est un sujet dans une expérimentation par exemple). Toute autre utilisation de la trace comme inscription de connaissance (à des fins de pilotage d'une activité collaborative par exemple) doit respecter le droit de l'utilisateur dont l'activité est tracée. En conséquence, et nous y reviendrons dans la discussion, la question de l'accès à ces traces relève des mêmes règles que l'accès à n'importe quelle donnée privée d'un utilisateur et le système de collecte doit garantir l'application de ces règles.

- *Les traces numériques doivent être accessibles à l'homme sous une forme intelligible. A cette fin, les calculs interprétatifs menés sur les traces pour les transformer doivent être intelligibles et modifiables par l'homme.* Il est évident que quel que soit l'observateur, il est nécessaire que les traces soient intelligibles pour qu'elles aient le statut d'inscription de connaissance. La reformulation selon telle ou telle interprétation aboutissant à de nouvelles traces doit être également accessible et intelligible.

- *La dynamique de l'expérience, constitutive du temps doit être intrinsèquement présente dans la trace numérique.* On touche ici à une spécification particulière de ce type d'inscription de connaissances. A chaque trace numérique doit être associé un dispositif permettant d'en constituer la temporalité.

L'objet trace informatique proposé pour tenter de satisfaire ces hypothèses est ce que nous appelons une *trace modélisée*.

Définition informelle d'une Trace Modélisée 1 Une *trace modélisée* est constitué d'une partie *trace* (*séquence d'observés temporellement situés*) et d'une partie *modèle de trace* (vocabulaire et contraintes sur les observés de la trace).

Une première formalisation de cette notion de trace modélisée a été réalisée dans le cadre de la thèse de Lotfi Settouti<sup>9</sup>. Cette première formalisation est reprise de l'exposé fait en juillet 2008, une formalisation plus complète et introduisant une sémantique plus rigoureuse est disponible maintenant sur le site du projet « Personnalisation des EIAH »<sup>10</sup> du cluster de recherche ISLE de la région Rhône-Alpes.

Définition 2 Une *trace modélisée* (M-Trace) est une séquence temporelle d'observés d'une activité interactive avec un EI (Environnement Informatique) munie d'un modèle de trace dans un domaine temporel donné.

---

<sup>9</sup> <http://liris.cnrs.fr/lotfifisofiane.settouti/>

<sup>10</sup> [http://cluster-isle-eiah.liris.cnrs.fr/?Personnalisation\\_des\\_EIAH](http://cluster-isle-eiah.liris.cnrs.fr/?Personnalisation_des_EIAH)

- Une séquence temporelle d'observés est définie par un 4-tuple M-Trace =  $(Dp, Otr, Rt, Rs)$  où
  - Dp est un domaine temporel. Par exemple  $Dp = (T, \leq)$  où T est l'ensemble fini d'intervalles et  $\leq$  est une relation d'ordre dans T. Les intervalles de temps sont décrits par Td et Tf et notés [Td, Tf].
  - Otr est un ensemble fini d'observés de la M-Trace,  $Otr = \{o1, o2, \dots, on\}$
  - Rt relations temporelles  $Dt \times Otr$  tel que  $Rt \subseteq Dt \times Otr$
  - Rs relations structurelles  $Otr \times Otr$  tel que  $Rs \subseteq Otr \times Otr$
- Un modèle de M-Trace est une structure  $\Theta = (\Theta_c, \Theta_r)$ 
  - où  $\Theta_c = \{\theta_{c1}, \theta_{c2}, \dots, \theta_{cn}\}$  et  $\Theta_r = \{\theta_{r1}, \theta_{r2}, \dots, \theta_{rn}\}$
  - $\Theta_c$  est un ensemble fini de classes d'objets  $\theta_{ci}$  (classe au sens du paradigme orienté objet), décrivant les observés de la M-Trace. Une classe est caractérisée par un ensemble d'attributs  $\Theta_c$  est un ensemble fini de types de relations entre classes  $\theta_{ci}$ .
  - $\Theta_c \subseteq \Theta_c \times \Theta_c$

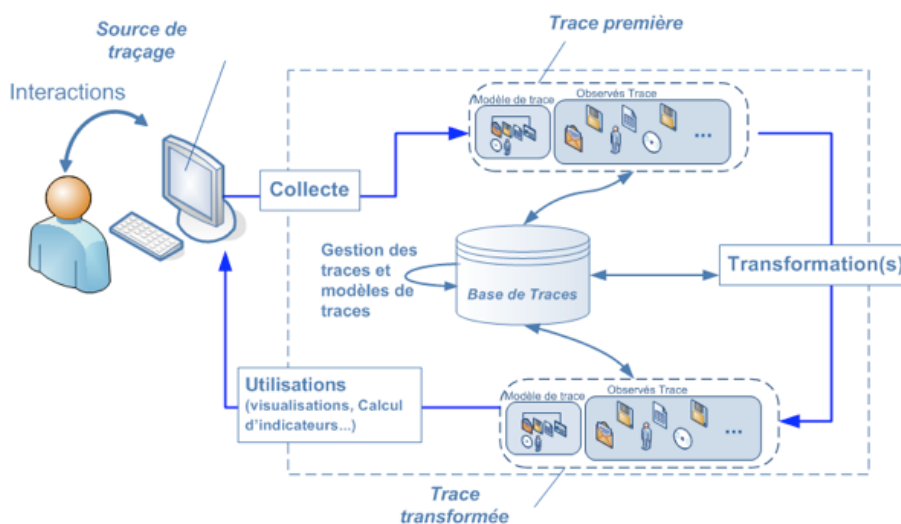
Un modèle de trace permet donc de « parler », d'établir un « discours » à propos des observés d'une trace comme instances d'un ensemble fini de classes d'objets. Chaque observé est temporellement situé conformément au domaine temporel de la trace (séquencement simple, datation en instants, datation par intervalles de temps, etc.).

#### 1.3.4 Système à base de traces

En retenant le principe d'un *objet trace*, on se donne la possibilité de gérer ces objets en tant que tels au sein d'un environnement informatique. Nous définirons donc la notion de *Système à Base de Traces (SBT)* comme tout à la fois un gestionnaire des traces modélisées (stockage, organisation, gestion) et comme un système permettant des requêtes de transformations autorisant des changements de point de vue sur les traces modélisées existantes, c'est-à-dire autorisant de nouvelles *interprétations*<sup>11</sup>. Il s'agit donc d'un système à base *d'inscriptions de connaissances* doté de capacités *d'interprétations* au travers d'opérateurs de transformations mise en œuvre par des requêtes d'applications informatiques ou introduites par l'application d'exploitation intrinsèque du SBT. Pour comprendre de manière intuitive, on peut considérer que le SBT a le même statut qu'un système de gestion

<sup>11</sup> Le terme *interprétations* est à prendre dans son acception la plus simple en informatique qui est de fournir une sémantique formelle à une description symbolique.

de bases de données relationnelles avec son interface de gestion et d'interrogation. La figure 1.11 illustre schématiquement le fonctionnement d'un SBT.



**Figure 1.11** Système à base de traces

Un processus de collecte (voir figure 1.12) est nécessaire pour construire ce que nous appelons les *traces premières*. Une *trace première* est une trace modélisée selon le premier modèle de collecte. Choisir les observés à conserver dans la trace première est naturellement une question ouverte. Dans les usages actuels des traces pour les EIAH, les situations de collecte sont contrastées : du « on prend ce qu'on a dans les logs » au « on instrumente soigneusement l'environnement pour récupérer les observés contrôlés et utiles », en passant par une instrumentation « attrape tout » comme un *key logger* par exemple. L'ingénierie des traces modélisées en est à ses débuts, mais comme il s'agit avant tout de traces d'interactions, il n'est pas impossible d'imaginer des techniques de génie logiciel permettant de paramétrer le modèle de collecte à partir des interfaces de programmation d'applications<sup>12</sup> et dans ce cas, ce paramétrage pourrait être une des fonctions du SBT. Le principe retenu pour le processus de collecte est de considérer des sources de traçage qui peuvent très variées comme l'illustre la Figure 1.12 : les applications utilisées naturellement, mais aussi des textes d'annotation, des informations issues de vidéos, de bandes sonores et d'une manière générale de tout dispositif permettant de fournir des observés temporellement situés (cf. les exemples en section 2).

<sup>12</sup> API : Application Programming Interface.

Dès l'instant où une trace modélisée première est ajoutée dans le SBT, sa collecte démarre et son stockage est assuré dans la base de traces. Il ne faut pas confondre collecte avec capture. La capture a lieu à l'origine de la production des observés ; c'est la collecte qui détermine le sous-ensemble d'observés retenus pour une trace modélisée donnée. Chaque trace modélisée est constituée de la séquence des observés s'instanciant dans le domaine temporel choisi. Cette trace première peut être visualisée soit par l'interface par défaut du SBT, soit par toute application spécialisée connectée au SBT.

Chaque trace est gérée par un identificateur unique et caractérisée par son propriétaire, avec des droits et protections spécifiques. Toute trace modélisée peut être fournie à une application pour réaliser des calculs ou l'exploiter en dehors du système de transformation du SBT, par exemple pour l'élaboration de profils d'apprenants, d'indicateurs de personnalisation, etc.

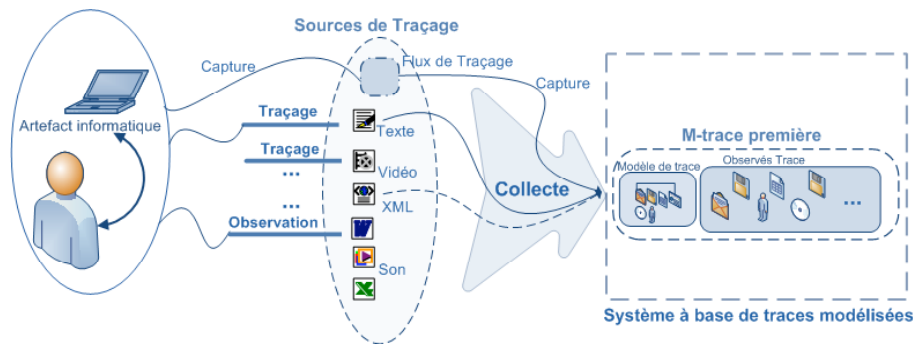


Figure 1.12 Processus de collecte

Un moteur de transformations de traces est intégré au SBT (voir figure 1.13). Ce moteur applique des requêtes de transformation permettant de produire une nouvelle trace, interprétation d'une ou plusieurs autres traces modélisées. C'est le mécanisme d'interprétation du SBT.

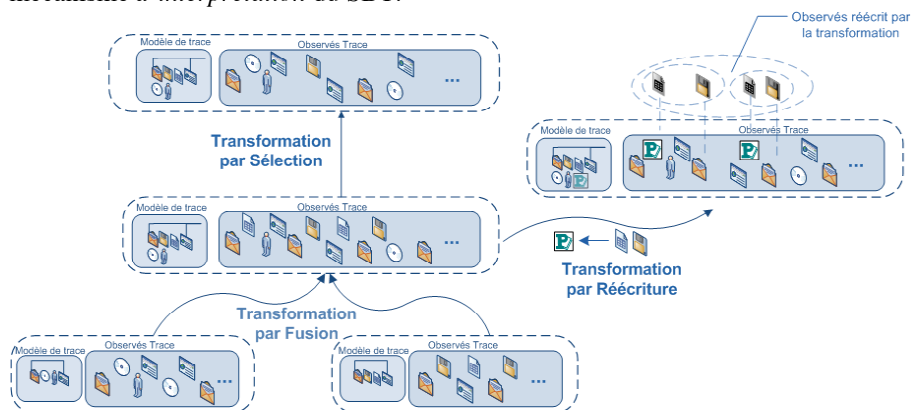


Figure 1.13 Système de transformations de trace

Un exemple simple de transformation est de préparer une trace première en une trace transformée pour y repérer des schèmes de comportements permettant d'établir des indicateurs se fondant sur des statistiques d'occurrence de tel ou tel schème comportemental (cf. les exemples présentés dans la section Observation et analyse de situation d'apprentissage avec l'aide de trace numérique d'interaction). Un autre exemple d'usage plus original est de préparer une trace à l'attention de celui qui la produit dans son activité à des fins de conscience des différents éléments composant cette activité (par exemple faire visualiser une jauge qui représente le nombre total des actions menées vs. messages échangés où l'activité de deux apprenants d'une dyade est représentée l'un par rapport à l'autre et présentée aux apprenants en temps réel [JER 02]). Trois types de transformation sont pour l'instant répertoriés : sélection, fusion et ré-écriture (l'exemple de Jermann combine les trois). L'opération de transformation par ré-écriture nécessite un langage de transformation suffisamment expressif pour permettre tout à la fois d'intégrer les éléments des modèles et le domaine temporel.

Une propriété essentielle et originale du système de transformation de traces est qu'il assure la traçabilité des transformations menées pour arriver à une trace correspondant à une interprétation particulière. De cette manière, une trace interprétée peut être interrogée pour connaître la genèse de cette interprétation, c'est-à-dire la chaîne des interprétations successives menées depuis les sources de traçage jusqu'à la trace dans son niveau d'interprétation actuelle. D'un point de vue pratique d'ailleurs, il n'est pas nécessaire de garder en tant que traces physiques toutes les traces transformées, puisqu'elles peuvent être re-construites dès que besoin.

Le fait de construire des traces avec un modèle de collecte fondant le domaine temporel à partir des sources de traçage permet une exploitation originale et très utile : le rejouage des séquences d'activité (cf. les plateformes DREW [COR 02] et CoFFEE [DeC 07]). En effet, le modèle de collecte peut intégrer les ancres temporelles ou/et événementielles permettant de renvoyer à une application un flux de rejouage. Cette possibilité est actuellement utilisée par des équipes d'analystes (cf. la section Aider les chercheurs dans l'analyse des interactions humaines multimodales — Tatiana), mais constitue également un enjeu pour des projets d'apprentissage collaboratif ainsi pour une nouvelle forme d'apprentissage vicariant (e.g. [COX 05]) utilisant le rejouage des traces. Ces apprentissages pourraient ainsi bénéficier de ce mécanisme pour assister les échanges et les nécessaires synchronisations cognitives pour apprendre à agir ensemble.

#### 1.4. Une architecture d'environnement informatique d'apprentissage humain intégrant un SBT

La notion d'Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain est assez large et nous ne considérerons ici que l'environnement informatique utilisé de manière interactive par un apprenant dans une activité d'apprentissage personnel ou/et collective. La figure 1.14 présente un scénario d'intégration permettant de couvrir une bonne partie des usages actuels des traces d'apprentissage pour la personnalisation de cet apprentissage.

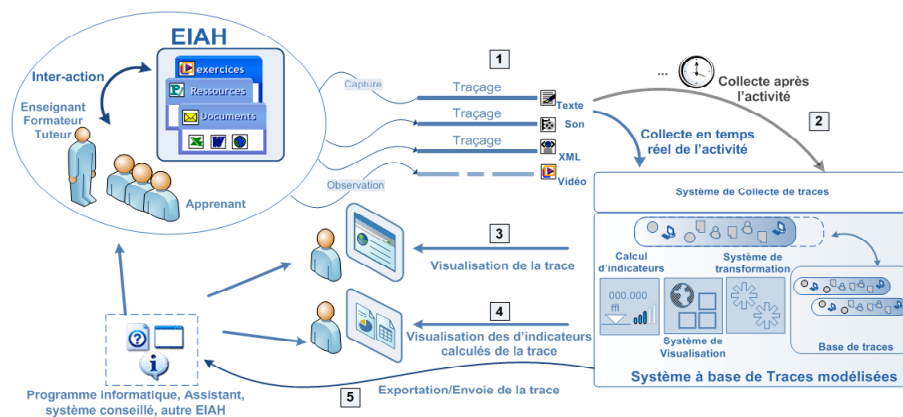


Figure 1.14 Un EIAH s'appuyant sur un SBT

#### 1.5 Discussion

Nous partageons le point de vue des équipes de recherche comme celle du LIUM<sup>13</sup> par exemple, qui considère qu'il faut intégrer la notion d'observables et par suite de traces dès les phases de conception d'un EIAH et des scénarios d'usage en particulier. Cette approche n'est pas illustrée par la figure 1.14 qui considère uniquement la situation d'apprentissage « instrumentée ». Dans cette situation, différents flux de traçage sont pris en compte par la collecte, assemblés conformément au modèle de trace première et gérés au sein du SBT. Un ensemble de transformations est appliquée automatiquement à la trace première pour générer d'une part les traces se prêtant à la visualisation interactive par les apprenants, à une visualisation de pilotage pour les tuteurs et par la visualisation à des fins d'analyse pour les observateurs analystes (dans cette situation où vidéo, son et autres sources sont mobilisés, nous sommes typiquement dans une situation d'observation *écologique* d'une activité d'apprentissage médiée par un EIAH). Par ailleurs des

<sup>13</sup> LIUM : Laboratoire Informatique de l'Université du Mans.

transformations de trace peuvent être spécifiquement conçues pour rechercher des éléments de comportements ou de production qui serviront à la fabrication d'indicateurs pour l'apprenant lui-même, le tuteur et naturellement pour les analystes. Il est très important de noter qu'il est parfaitement possible (moyennant l'interface d'assistants spécialisés) de dynamiquement construire de nouvelles transformations à appliquer à n'importe quelle trace existante découlant de l'activité en cours. C'est ainsi qu'un apprenant peut modifier son *point de vue* sur l'activité, un tuteur pourra tenter de confirmer ou infirmer des comportements qu'il devine en observant lui-même les apprenants et naturellement les analystes pouvant tester directement de nouvelles interprétations issues de l'observation directe des comportements. Le couplage du SBT avec tous les assistants construisant des indicateurs prédéfinis en est facilité, la *documentation* des indicateurs étant alors implicitement faite par la description des transformations opérées pour les établir.

### 1.6 Conclusion

Ce chapitre d'introduction aux traces numériques d'interactions reprend pour l'essentiel les éléments présentés à l'ouverture de l'école d'été CNRS EIAH 2007. De nombreux développements aussi bien théoriques que pratiques ont depuis été produits et pour certains publiés démontrant qu'il s'agit d'un domaine de recherche prometteur et très actif. En particulier, la capacité à considérer la trace numérique d'interactions comme une « trace modélisée indissociable d'un modèle associé et explicite autorise la mise en place d'une « ingénierie de la trace » guidée par les modèles. L'articulation entre l'ingénierie des EIAH guidée par les modèles et l'ingénierie de la trace guidée par les modèles est particulièrement prometteuse : les modèles de trace et les modèles conçus pour les EIAH sont en effet en étroite relation dans la mesure où les premiers fournissent les éléments nécessaires à l'observation de la mise en œuvre des seconds et que, symétriquement, les seconds prescrivent les premiers dans une spirale de conception vertueuse. Cette synergie permet d'imaginer des cycles de conception tout à fait originaux intégrant l'ensemble des acteurs des EIAH, y compris les apprenants, à tous les stades de conception et de mise en œuvre des dispositifs d'apprentissage médiatisés et médiés par un environnement informatique. Un autre développement prometteur de la recherche concerne l'exploitation de la trace comme nouvelle ressource permettant de « documenter » l'activité d'apprentissage et de se retrouver comme support d'apprentissage en tant que tel : pour découvrir des connaissances sur l'activité d'apprentissage, pour échanger l'expérience d'apprentissage, pour l'intégrer dans le port folio, pour réaliser des rejouages de séquence d'apprentissage « augmentées » d'annotations ou de repères complémentaires pour « réviser » les concepts appris par exemple... Enfin, nous aimerions conclure en considérant que les traces numériques d'interaction constituent sans doute une ressource majeure de la personnalisation des



EIAH et que la théorisation, le développement de protocoles d'usages, d'outils génériques, etc. peuvent modifier considérablement l'offre d'activités d'apprentissage humain médiatisé et médié par un environnement informatique considéré au sens large, c'est à dire distribué et ubiquitaire.

## Bibliographie

- [AIN 99] Ainsworth, S. E. (1999). The functions of multiple representations. *Computers & Education*, 33, 131-152.
- [BAC 04] Bachimont 2004 Bruno Bachimont, Document d'Habilitation à Diriger les Recherches, « Arts et sciences du numérique : Ingénierie des connaissances et critique de la raison computationnelle », [http://www.utc.fr/~bachimon/Livresettheses\\_attachments/HabilitationBB.pdf](http://www.utc.fr/~bachimon/Livresettheses_attachments/HabilitationBB.pdf)
- [BAR 05] Barré V., Choquet C. (2005). Une aide à la réingénierie d'un scénario pédagogique via la préconisation et la formalisation d'observables, In: EIAH 2005, 25-27 mai 2005, Montpellier (France), p. 141-152.
- [BAR 03] Barré V., Choquet Ch., Corbière A., Cottier Ph., Dubourg X. & Gounon P. (2003). « MOCA, une approche expérimentale de l'ingénierie des EIAH », *Environnement Informatiques pour l'Apprentissage Humain EIAH 2003*, Strasbourg 2003.
- [CHA 03a] Champin, P.-A., Prié, Y." MUSETTE: uses-based annotation for the semantic web". *Annotation for the Semantic Web.2003*
- [CHA 03b] Champin, P.-A., Mille, A., Prié, Y." MUSETTE: Modelling USEs and Tasks for Tracing Experience". *Workshop From structured cases to unstructured problem solving episodes - WS 5 of ICCBR'03, Trondheim (NO), NTNU.2003*
- [COR 02] Corbel, A., Girardot, J.J., Jaillon, P. (2002). DREW: A Dialogical Reasoning Web Tool, *ICTE2002, Int. Conf. on ICT's in Education. Badajoz, Espagne, 13-16 Novembre 2002.*
- [COX 05] Cox, R. (2005) Vicarious learning, case-based teaching and educational ICT, *Contexts, communities and networks: Mobilising learners' resources and relationships in different domains*, (Open University, October).
- [COX 95] Cox, R., & Brna, P. (1995). Supporting the use of external representations in problem solving: The need for flexible learning environments. *Journal of Artificial Intelligence in Education*, 6, 239-302.
- [OLL 08] Ollagnier-Beldame, M. (2008). Suivre à la trace l'activité de deux co-acteurs : Le cas d'une rédaction conjointe médiée par un artefact numérique. *Revue @ctivités*, vol.5 n° 8, avril 2008.

- [CHE 73] Chernoff H. (1973). "The Use of Faces to Represent Points in k-Dimensional Space Graphically", *Journal Amer. Statistical Association*, Vol. 68, 1973, pp. 361-368.
- [CHO 07] Choquet C., Iksal S. (2007) Modeling Tracks for the Model Driven Reengineering of a TEL System, In: *Journal of Interactive Learning Research (JILR)*, Vol. 18 n°2, p. 161-184.
- [COR 06] Corbel, A., Girardot, J.J., & Lund K. (2006). A method for capitalizing upon and synthesizing analyses of human interactions, In (eds) W. van Diggelen & V. Scarano, *Workshop proceedings Exploring the potentials of networked-computing support for face-to-face collaborative learning*, EC-TEL 2006 First European Conference on Technology Enhanced Learning, Crete, pp. 38-4
- [DeC 07] De Chiara, R., Di Matteo, A., Manno, I., Scarano, V. (2007), CoFFEE: Cooperative Face2Face Educational Environment, in *Proceedings of the 3rd International Conference on Collaborative Computing: Networking, Applications and Worksharing (CollaborateCom 2007)*, New York, USA, November 12-15, 2007.
- [DUV 95] Duval, R., (1995). *Semiosis et pensée humaine*, Bernes : Peter Lang.
- [DYK 07] Dyke, G., Girardot, J.-J., Lund, K. & Corbel, A. (2007). Analysing face to face computer-mediated interactions. EARLI (European Association for Research, Learning and Instruction), 12th Biennial International Conference, University of Szeged, Eötvös Lorand University, Hungarian Academy of Sciences. Budapest, Hungary. August 28-September 1, 2007.
- [DYK 07] Dyke, G., Girardot, J.-J., Lund, K. (2007). L'étude des interactions humaines au travers des objets jouables. (Report N° 2007-400-005). St. Etienne, France : Ecole National Supérieure des Mines.
- [DYK 08] Dyke, G. Lund, K., Girardot, J.-J. (2008). Managing, synchronising, visualising, analysing and sharing multimodal computer-mediated human interaction data: introducing Tatiana (A Trace Analysis Tool for Interaction Analysts). ICLS 2008 Workshop: A Common Framework for CSCL Interaction Analysis, Utrecht, Pays Bas, 23-28 Juin.
- [FRA 07] France, L., Heraud, J-M, Marty, J-C, Carron, T. (2007). Visualisation et régulation de l'activité des apprenants dans un EIAH tracé. Actes de la conférence EIAH 2007. 27-29 Juin, Lausanne.
- [GIB 79] Gibson, J. J. (1979). *The ecological Approach to Visual Perception*. Lawrence Erlbaum Associates, Boston.
- [GUZ 97] Guzdial, M., Hmelo, C., Hubscher, R., Newstetter, W., Puntambekar, S., Shabo, A., Turns, J., & Kolodner, J. (1997). Integrating and guiding collaboration: Lessons learned in computer-supported collaboration learning research at Georgia Tech. *Proceedings of Computer-Support for Collaborative Learning (CSCL '97)*, Toronto, Ontario, 91-100.
- [HAU 07] Hautecouverture, J.-C., Grégori, N., Brassac, C. (2007). Appropriation d'une plate-forme de Coopération par des enfants en cadre scolaire. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée*, Vol. 57, N°1, 1-16.
- [HER 03] Heraud, J.-M., Mille, A (2003). "Pixed: assister l'apprentissage à distance par la réutilisation de l'expérience". *Proceedings de l'Atelier Raisonnement à Partir de Cas, Plateforme AFIA'03 Laval*. 2003
- [HER 04] Heraud, J.M. (2004) A Web-Based Adaptive Educational System Where Adaptive Navigation Is Guided by Experience Reuse. J.-M. H Heraud. *ITS2004: 7th International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, Maceio, pp. 824-826 , 2004.

- [HUC 94] Hutchins, E. (1994). Comment le "cockpit" se souvient des vitesses. *Sociologie du travail*, 4:451-473.
- [JER 02] Jermann, P. (2002). Task and interaction regulation in controlling a traffic simulation. In G. Stahl (Ed.), *Computer Support for collaborative learning: Foundations for a CSCL community*. Proceedings of CSCL2002, Boulder, Colorado. (pp. 601-602). Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.
- [LEE 06] Lee, E. Y. C., Chan, C.K.K., & van Aalst. J. (2006). Students assessing their own collaborative knowledge building. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 1, 277-307.
- [LUE 06] Luengo V., Vadcard L., Dubois M., Mufti-Alchawafa D. (2006). TELEOS : de l'analyse de l'activité professionnelle à la formalisation des connaissances pour un environnement d'apprentissage. Actes de la conférence « Ingénierie de Connaissances », IC 2006, Nantes, Juin 2006.
- [LUN 07] Lund, K., Molinari, G., Séjourné, A. & Baker, M.J. (2007). How do argumentation diagrams compare when student pairs use them as a means for debate or as a tool for representing debate?". *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*. 2:273-295.
- [LUN 06] Lund, K., Rossetti, C., & Metz, Stéphanie (2006). Les facteurs internes à la coopération, influencent-ils l'activité médiatisée à distance ? , M. Sidr, E. Bruillard & G.-L. Baron (Eds.) *Actes des Premières Journées Communication et Apprentissage Instrumentés en Réseau JOCAIR '06*, 6-7 Juillet, 2006, Université de Picardie Jules Vernes : Amiens, pp. 310-329.
- [MAY 07] May, M., George, S., Prévôt, P. (2007). Keeping Tracks of Users' Activities on Discussion Forum: Reflection and Proposal, *National Conference on Learning Through Online Exchanges: Tools, Tasks, Interactions, Multimodality, Corpora (EPAL 2007)* Grenoble, France, 7th to 9th June 2007.
- [MIL 06] Mille, A (2006) From case-based reasoning to traces-based reasoning. A. Mille. *Annual Reviews in Control* 30(2):223-232, ELSEVIER, ISSN 1367-5788. 2006.
- [MIL 01a] Millerand, F., & Martial, O. (2001). Guide pratique de conception et d'évaluation ergonomique de sites Web. Adresse URL <http://www.crim.ca/rd/Guide%20ergonomique.PDF>
- [MIL 01b] Millerand, F., Giroux, L. & Proulx, S. (2001). La « culture technique » dans l'appropriation cognitive des TIC. Une étude des usages du courrier électronique, Dans *Actes du colloque international ICUST 2001*, Paris (France). pp. 400-410.
- [MOL 05] Molinari, G., Baker, M., Séjourné, A. Lund, K. (2005). Les graphes argumentatifs interactifs sur Internet : sont-ils plus efficaces comme média du débat ou comme moyens de le représenter ? *Conférence Nationale Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain — EIAH 2005*. (Montpellier, 25-27 Mai).
- [OLL 07] Ollagnier-Beldame et al. 2007 Ollagnier-Beldame, M., & Mille, A. (2007). Faciliter l'appropriation des EIAH par les apprenants via les traces informatiques d'interactions? *Rapport de recherche LIRIS*, Université de Lyon.
- [PUU 06] Puustinen, M., Baker, M. & Lund, K. (2006). GESTALT: a framework for redesign of educational software. *Journal of Computer Assisted Learning* 22, pp. 34-46.
- [SEJ 04] Séjourné, A., Baker, M., Lund, K., Molinari, G., (2004). « Schématisation argumentative et co-élaboration de connaissances : Le cas des interactions médiatisées par ordinateur », dans *Théodile Lille 3* (éd.), *Actes du colloque*

international « Faut-il parler pour apprendre? », Arras (France), 24 – 26 mars, IUFM Nord – Pas de Calais & Université Lille 3, p. 1-14.

## Annexe : Bibliographie sur la notion de traces numériques

### Articles de Base

- [BAC 04] Bruno Bachimont, Document d'Habilitation à Diriger les Recherches, « Arts et sciences du numérique : Ingénierie des connaissances et critique de la raison computationnelle »  
[http://www.utc.fr/~bachimon/Livresettheses\\_attachments/HabilitationBB.pdf](http://www.utc.fr/~bachimon/Livresettheses_attachments/HabilitationBB.pdf)
- [BER 99] Berners-Lee, T. Weaving the Web, Harper San Francisco.1999
- [BUS 45] Bush 1945 Bush, V. As we may think.1945
- [CHA 04] Jean Charlet, L'ingénierie des connaissances, entre science de l'information et science de gestion. Version allongée d'un chapitre de livre faisant suite au colloque de Cerisy « Activité, connaissance, organisation ». Disponible sur [http://archivesic.ccsd.cnrs.fr/documents/archives0/00/00/08/05/i%index\\_fr.html](http://archivesic.ccsd.cnrs.fr/documents/archives0/00/00/08/05/i%index_fr.html), 2004.
- [DOU 03] Dourish, P. (2003). The Appropriation of Interactive Technologies: Some Lessons from Placeless Documents. *Computer-Supported Cooperative Work: Special Issue on Evolving Use of Groupware*, 12, pp. 465-490.
- [FOL 04] Folcher V. & Rabardel P. (2004). Hommes, artefacts, activités : perspective instrumentale. In P. Falzon (Ed.) *Ergonomie*. Paris : PUF.
- [HUT 95] Hutchins, E. (1995). *Cognition in the Wild*. Cambridge (MA) : MIT Press.
- [LAT 01] Latour, B. (2001). L'espoir de Pandore. Pour une version réaliste de l'activité scientifique. Paris, Ed. La découverte.
- [RAB 01] Rabardel P. & Samurçay R. (2001). From Artifact to Instrument-Mediated Learning, In *Proceedings of International symposium on New challenges to research on Learning*, Helsinki, March 21-23.
- [RAB 95] Rabardel P., (1995). *Les hommes et les technologies: Approche cognitive des instruments contemporains*. Paris: Armand Colin.
- [SCH 82] Schank, R. C. *Dynamic Memory: A theory of reminding and learning in computers and people*.1982
- [SCH 02] Schmidt K. (2002). The problem with "awareness" : Introductory remarks on 'awareness in CSCW' ., *Compute Supported Cooperative Work*, Kluwer Academic Publishers, No 11, 285-298.
- [SER 02] Serres A. (2002). Quelle(s) problématique(s) de la trace ? Traces et corpus dans les recherches en SIC. Texte en ligne : [http://archivesic.ccsd.cnrs.fr/sic\\_00001397.html](http://archivesic.ccsd.cnrs.fr/sic_00001397.html)
- [SOU 04] Soulier, E. *Techniques de STORYTELLING pour le partage de connaissances dans les communautés de pratique*.Université Paris VI Paris Thèse de Doctorat Informatique.2004
- [STI 05] Stiegler, B. "Désir et connaissance. Le mort saisi par le vif. Eléments pour une organologie de la libido". *Revue d'Intelligence Artificielle* 19(1-2) 13-29 2005
- Suchman, 1987SUCHMAN, L. (1987). *Plans and Situated Actions*. Cambridge : Cambridge University Press.

- [TCH 02] Tchounikine P. (2002). Pour une ingénierie des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, Revue I3 information – interaction – intelligence 2(1). [www.revue-i3.org](http://www.revue-i3.org).
- [TRU 86] Truong, J.-M., Bonnet, A., Haton, J.-P. Systèmes Experts, InterEditions, Paris.1986
- [VYG 78] Vygotski, L. (1978). Mind in society. The development of higher psychological process. Cambridge & London : Harvard University Press.
- [WER 98] Wertsch, J. (1998). Mind as Action. Oxford, Oxford University Press.

### **Collaboratif et traces**

- [BRA 03] Brassac, C. & Grégri, N. (2003). Une étude clinique de la conception collaborative : la conception d'un artefact, Le Travail Humain, tome 66, 2, pp. 101-127.
- [BRA 01] Brassac, C. (2001). Rédaction coopérative : un phénomène de cognition située et distribuée, dans M.-M. de Gaulmyn, R. Bouchard and A. Rabatel (Eds). Le processus rédactionnel, écrire à plusieurs voix. Paris : L'Harmattan, pp. 171-193.
- [CER 05] Cerratto Pargman, T. (2005). Pour une conception des technologies centrée sur l'activité du sujet. Le cas de l'écriture de groupe avec collectifiel. Dans P. Rabardel et P. Pastré (Eds). Modèles du sujet pour la conception : Dialectiques activités développement, Octarès, Paris.
- [CER 99] Cerratto, T. (1999). Instrumenting Collaborative Writing and its cognitive tools. In Proceedings HCP'99 Conference, Human Centred Processes, September 24-26. Brest, France, pp. 141-147.
- [DIL 99] Dillenbourg, P. (1999). What do you mean by collaborative learning? Chapter 1 In P. Dillenbourg (Ed) Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches, pp.1-19. Oxford, Elsevier.
- [DIL 93] Dillon, A. (1993). How collaborative is collaborative writing? An Analysis of the production of two technical reports, in Sharples, M. (Ed). Computer Supported Collaborative Writing, pp. 69-86. London: Springer-Verlag.
- [FER 07] Ferraris C., Martel M., Vignolet L. (2007). Helping teachers in designing CSCL Scenarios: a methodology based on the LDL Language. International conference (CSCL).
- [GUZ 96] Guzdial, M., Kolodner, J., Hmelo, C., Narayanan, H., Carlso, D., Rappin, N., Hubscher, R., Turns, J., and Newstetter, W. (1996). The collaboratory notebook, Communications of the ACM 39, 4, pp. 32-33.
- [JER 01] Jermann, P.R., Soller, A. & Mühlenbrock, M. (2001). From mirroring to guiding: A review of state of the art technology for supporting collaborative learning. In Proceedings of European Perspectives on Computer-Supported Collaborative Learning. Bergen, Norway, pp.324-331.
- [KRA 90] Kraut, R., Egidio, C & Galegher, J. (1990). Patterns of communication in scientific research collaboration. In J. Galegher, R. Kraut & C. Egidio (Eds). Intellectual Teamwork. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Press.
- [MIT 95] Mitchell, A., Posner, I. & Baecker, R. (1995). Learning to Write Together Using Groupware. In Proceedings of CHI'95.

**Analyse et trace**

- [AVO 07] Avouris N., Fiotakis G., Kahrimanis G., Margaritis M., Komis V. (2007). Beyond logging of fingertip actions: analysis of collaborative learning using multiple sources of data. *Journal of Interactive Learning Research JILR*. vol. 18(2), pp.231-250.
- [BAK 07] Baker, M.J, Andriessen, J., van Amelsvoort, M., Lund, K, Quginard, M (forthcoming). Rainbow: a framework for analysing computer-mediated pedagogical debates. Accepted for publication in a special issue of the *International Journal of Computer Supported Learning*.
- [BAK 03] Baker M.J., Quignard M., Lund K. Séjourné A. (2003). Computer-supported collaborative learning in the space of debate. In *Proceedings of the International Conference on Computer Support for Collaborative Learning 2003*, p. 11-20.
- [BAK 97] Baker, M.J. & Lund, K. (1997). Promoting reflective interactions in a computer-supported collaborative learning environment. *Journal of Computer Assisted Learning*. 13, 175-193.
- [BRA 05] Bratitsis T., Dimitracopoulou A. (2005). Data Recording and Usage Interaction Analysis in Asynchronous Discussions: The D.I.A.S. System. Workshop on Usage Analysis in Learning Systems, International Conference on Artificial Intelligence in Education AIED.
- [CER 02] Cerratto, T. & Rodríguez, H. (2002). Studies of Computer Supported Collaborative Writing Implications for System Design. In M. Blay-Fornarino, A. Pinna-Dery, K. Schmidt and P. Zarat (Eds.). *Proceeding of 5th International Conference on the Design of Cooperative Systems*, Saint-Raphael, France, 4-7 June, pp. 139- 154. Amsterdam: IOS Press.
- [COR 06] Corbel, A., Girardot, J.-J., Lund, K. (Octobre 2006). A method for capitalizing upon and synthesizing analyses of human interactions. In (eds.) W. van Diggelen & V. Scarano, *Workshop proceedings Exploring the potentials of networked-computing support for face-to-face collaborative learning. EC-TEL 2006 First European Conference on technology Enhanced Learning*, October 1, Crete, pp. 38-47.
- [DAU 99] Dausendschön-Gay, U. & Krafft, U. (1999). Environnement écrivant et processus de mises en mots dans les rédactions conversationnelles. *Langages*, no 134, pp. 51-67.
- [DES 98] Desmarais, L., Duquette, L., Renié, D., Laurier, M." Evaluating learning and interactions in a multimedia environment." *Computer and the Humanities* 31: 327-349.1998
- [DIM 04] Dimitracopoulou A. (2004). State of the Art on Interaction Analysis: "Interaction analysis indicators", ICALTS JEIRP Deliverable D.26.1. Kaleidoscope network of excellence. Disponible sur internet : [www.rhodes.aegean.gr/LTEE/kaleidoscope-icalts](http://www.rhodes.aegean.gr/LTEE/kaleidoscope-icalts).
- [DUB 00] Dubois, J.-M., Dao-Duy, J.-M., & Eldika, S. (2000). L'analyse des traces informatiques des usages : un outil pour valider la conception d'un site web. Dans *Actes des rencontres jeunes chercheurs en Interaction Homme-Machine 2000*, pp. 85-89.

- [DYK 07] Dyke, G., Lund, K. (2007). Implications d'un modèle de coopération pour la conception d'outils collaboratifs. Dans Actes du colloque international EPAL 07 : Echanger pour apprendre en ligne : outils, tâches, interactions, multimodalité, corpus Grenoble, 7-8-9 juin 2007
- [GEO 05] Georgeon, O., Bellet, T., Mille, A., Tisserand, D., Martin, R. Driver behaviour modelling and cognitive tools development in order to assess driver situation awareness Soumis à Humanist workshop on Modelling Driver Behaviour in Automotive Environments. Ispra. 2005
- [GUT 02] Gutwin C. & Greenberg S. (2002). A descriptive Framwework of workspace awareness for real-time groupware. In Computer Supported Cooperative Work Kluwer Academic Publishers, No 11, 411-446. 5. July 2004,
- [HAR 04] Harrer, A., Bollen, L., & Hoppe, U. (2004). Processing and Transforming Collaborative Learning Protocols for Learner's Reflection and Tutor's Evaluation. E. Gaudioso Proceedings on the "Artificial Intelligence in CSCL" workshop at the ECAI, 2004 . Valencia.
- [JER 04] Jermann, P. (2004). Computer Support for Interaction Regulation in Collaborative Problem-solving. Doctoral Dissertation, Ecole Polytechnique Federale de Lausanne.  
Littleton et Light, 1999 Littleton, K. , & Light, P. (1999). Learning with Computers: Analysing productive interaction. London: Routledge.
- [LOG 06] G.C. Loghin. Aide à la compréhension du comportement de l'utilisateur par la transformation des traces collectées. 1eres Rencontres jeunes Chercheurs sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, Evry, 11-12 Mai 2006
- [LUN 07] Lund, K., Rossetti, C. & Metz, S. (2007). Do internal factors of cooperation influence computer-mediated distance activity? In the proceedings of the international conference CSCL 2007, July 16-July 21, New Brunswick, New Jersey, USA.
- [LUN 07] Lund, K., Molinari, G., Arnauld, S., Baker, M. (forthcoming). How do argumentation diagrams compare when student pairs use them as a means for debate or as a tool for representing debate? Accepted for publication in a special issue of the International Journal of Computer Supported Learning.
- [LUN 04] Lund, K. (2004). Human Support in CSCL : what, for whom, and by whom ? In J.-W. Strijbos, P. Kirscher & R. Martens (Eds.). What we know about CSCL in Higher Education. pp. 167 -198. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers.
- [MAR 03] Martinez A., Dimitriadis Y., Gomez E., Rubia B., de la Fuente P., (2003), Combining qualitative and social network analysis for the study of classroom social interactions, Computers and Education, special issue on Documenting Collaborative Interactions: Issues and Approaches, vol 41, no. 4, pp. 353-368
- [MUE 01] Muehlenbrock M. (2001) Action-based collaboration analysis for group learning. Doctoral Dissertation, University of Duisburg, Germany.
- [MUE 04] Muehlenbrock, M. (2004). A conceptual model to differentiate between action and interaction in shared workspaces. J. Mostow, & P. Tedesco (Eds.), 7th International Conference on Intelligent Tutoring Systems 2004. Proceedings of the workshop "Designing Computational Models of Collaborative Learning Interaction" (pp. 37-41). Maceió, Brazil.
- [OLL 06] 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 en Sciences Cognitives de l'Université Lyon II



- [REF 03] Reffay, C., Chanier, T. (2003). How social network analysis can help to measure cohesion in collaborative distance learning. In: Computer Support for Collaborative Learning: Designing for change in Networked Environments. Proceedings of CSCL 2003. (pp. 343-352). Amsterdam: Kluwer Academic Publishers.
- [SOL 02] Soller A. (2002) Computational analysis of knowledge sharing in collaborative distance learning. Doctoral Dissertation, University of Pittsburgh, PA.
- [STE 05] Stefanov J., Stefanova E.. (2005). Analysis of the Usage of the Virtuoso System. Workshop "Usage analysis in learning systems" AIED 05, p.109-110.
- [TAL 07] Talbot S., Courtin C. (2007) Trace Analysis in Instrumented Learning Groupware: an experiment in a practical class at the university. IASTED International Conference on Computers and Advanced Technology in Education (CATE'07), Beijing, China, 8-10 octobre 2007.
- [TAU 97] Tauscher, L. & Greenberg, S. (1997). How People Revisit Web Pages: Empirical Findings and Implications for the Design of History Systems. International Journal of Human Computer Studies, Special issue on World Wide Web Usability, 47(1). p97-138, Academic Press.
- [VAS 04] Vassileva, J., Cheng, R., Sun, L., & Han, W. (2004). Designing Mechanims to Stimulate Contributions in Collaborative Systems for Sharing Course-Related Materials. J. Mostow , & P. Tedesco (Ed. ), Designing Computational Models of Collaborative Learning Interaction, workshop at. ITS 2004 (pp. 59-64). Maceió, Brazil.

### Applications et traces

- [CHA 01] Champin, P.-A. Modéliser l'expérience pour en assister la réutilisation: de la Conception Assistée par Ordinateur au Web Sémantique. Université Claude Bernard Villeurbanne (FR) Informatique.2001
- [COC 00] Cockburn, A. & Jones, S., (2000). Which way now? Analysing and easing inadequacies in WWW navigation. International Journal of HumanComputer Studies (45). 1996, pp. 105-129.
- [COR 97] Corvaisier, F., Mille, A., Pinon, J.-M." Information Retrieval on the WWW using a decision making system". Proceedings: RIAO'97.1997
- [CRA 07] Cram D., Jouvin D., Mille A. (2007). Visualisation interactive de traces et réflexivité : application à l'EIAH collaboratif synchrone eMédiathèque. Soumis au numéro spécial "Analyses des traces d'utilisation dans les EIAH". STICEF, revue francophone de Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation.
- [DOE 94] Doemel, P. (1994). WebMap - A Graphical Hypertext Navigation Tool, In Proceedings of 2nd International Conference on the World Wide Web, Chicago, IL, 1994, 785-789.
- [DUC 04] Duclosson N. : "Représentation des connaissances dans l'EIAH AMBRE-add", Technologies de l'Information et de la Connaissance dans l'Enseignement supérieur et l'industrie, TICE'2004, Compiègne, 20-22 octobre 2004, p. 164-171.

- [DUF 03] Dufresne A., Basque J., Paquette G., Léonard M., Lundgren-Cayrol K., Prom Tep S. (2003). Vers un modèle générique d'assistance aux acteurs du téléapprentissage, Revue STICEF, Volume 10, ISSN : 1764-7223, disponible sur internet : <http://sticf.org>.
- [EYS 06] Eyssautier-Bavay, C. & Ollagnier-Beldame, M. (2006). Médiatiser la prise de conscience métacognitive en contextes d'apprentissage. Dans Actes des Rencontres Jeunes Chercheurs en EIAH 2006, 11-12 mai, Évry, France, pp. 91-98.
- [GAM 03] Gama, C. (2003). Towards a model of Metacognition Instruction in Interactive Learning Environments. Thèse de Doctorat. University of Sussex, England.
- [GAY 93] Gay G., Mazur J. (1993). The utility of computer tracking tools for user-centred design. *Educational Technology* 34 (3), p. 45-59.
- [GEO 06] Georgeon, O., Mille, A. & Bellet, T. (2006a). Analyzing behavioral data for refining cognitive models of operator. Dans *Philosophies and Methodologies for Knowledge Discovery*, Krakow, Poland. IEEE Computer Society Press Proceedings. IEEE.
- [GRE 99] Greenberg, S. & Cockburn, A. (1999). Getting Back to Back: Alternate Behaviors for a Web Browser's Back Button. In *Proceedings of the 5th Annual Human Factors and the Web Conference*, Held at NIST, Gaithersburg, Maryland, USA, June 3th.
- [GRE 88] Greenberg S., Witten I.H. (1988). How Users Repeat Their Actions on Computers: Principles for Design of History Mechanisms. In *Proceedings of the ACM CHI 88 Human Factors in Computing Systems Conference*. Washington, DC, USA. pp.171-178.
- [HAR 04] Hardy J., Antonioletti M., Bates S. (2004). e-Learner Tracking : Tools for discovering Learner Behavior. The IASTED International Conference on Web-base Education, Innsbruck, Austria.
- [HAT 97] Hatcher J.A., Bringle R.G. (1997). Reflections: Bridging the Gap between Service and Learning. *Journal of College Teaching* 45. P. 153-158.
- [HER 03] Heraud, J.-M., Mille, A." Pixed: assister l'apprentissage à distance par la réutilisation de l'expérience". *Proceedings de l'Atelier Raisonement à Partir de Cas*, Plateforme AFIA'03 Laval.2003
- [HIG 98] Hightower, R., Ring, L., Helfman, J., Bederson, B. & Hollan, J. (1998). Graphical multiscale web histories: A study of PadPrints. In *Proceedings of Hypertext '98*, pp. 58-65.
- [HIL 00] Hilbert D.-M., Redmiles D.-F. (2000). Extracting Usability from User Interface Events. *ACM Computing Surveys*. Vol. 32, No 4, p. 384-421.
- [HIL 93] Hill, W.C. & Hollan, J.D. (1993). History-enriched digital objects, In *Proceedings of Third ACM Conference on Computers, Freedom and Privacy*, San Francisco, CA, ACM, pp. 917-920.
- [JAC 98] Jackzinsky, M., Trousse, B." WWW assisted browsing by reusing past navigations of a group of users". *Advances in cases Based-Reasoning EWCBR'98*.1998
- [LeC 03] Le Calvez F., Giroire H., Duma J., Tisseau G., Urtason M. (2003). Combien? a Software to Teach Students How to Solve Combinatorics Exercises. Workshop "Advanced Technologies for Mathematics Education" AIED 2003, p. 447-454.
- [LEM 94] Lemaire, B. & Moore, J. (1994). An improved interface for tutorial dialogues: browsing a visual dialogue history, In *Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 16-22.

- [LES 92] Lesgold A., Lajoie, S., Bunzo, M. & Eggan G. (1992). Sherlock A Coached Practice Environment for an Electronics Troubleshooting Job. In Computer Assisted Instruction and Intelligent Tutoring Systems: Shared Goals and Complementary Approaches, Larkin, Jill, Chabay, Ruth (Eds), Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey.
- [LEK 06] Lettkeman T., Stumpf, Irvine J, Herlocker J (2006) Predicting Task-Specific Web Pages for Revisiting, 21th National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-06), Boston, MA, July 18-20, 2006
- [LIE 01] Lieberman, H. (2001). Interfaces that Give and Take Advice, in Carroll, J. (Ed). Human-Computer Interaction for the New Millenium, ACM Press/Addison-Wesley, pp. 475-485.
- [LUE 05] Luengo V., Vadcard L., Design of adaptive feedback in a web educational system. Workshop on Adaptive Systems for Web-Based Education: Tools and Reusability, In 12th International Conference on Artificial Intelligence in Education, Amsterdam.
- [MAR 04] Marty J.-C., Heraud J.-M., Carron T., France L. (2004). A quality approach for collaborative learning scenarios, Learning Technology Newsletter of IEEE Computer Society, ISSN 1438-0625, Vol. 6, Issue 4, p. 46-48.
- [MAR 07] Marty J.-C., Heraud J.-M., France L., Carron T. (2007). Matching the Performed Activity on an Educational Platform with a Recommended Pedagogical Scenario: a Multi Source Approach. Journal of Interactive Learning Research (JILR). Vol 18, N°2, p 267-283.
- [MAZ 03] Mazza R., Dimitrova V. (2003). CourseVis: Externalising Student Information to Facilitate Instructors in Distance Learning. AIED 2003. p. 279-286.
- [MOR 00] Morse E., Steves M. (2000). CollabLogger: A Tool for Visualizing Groups at Work. Proceedings of WETICE2000, Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises (Gaithersburg, MD, June 2000), IEEE Computer Society, p.104-109.
- [NEA 83] Neal, A. S. & Simons, R. M. (1983). Playback: A method for evaluating the usability of software and its documentation. In Proceedings of CHI '83, pp. 78-82.
- [NOB 91] Noblitt, J.S. et Bland, S.K. Tracking the learner in computer aided language learning. Dans B.F. Freed (dir), Foreign Language Acquisition and the classroom. p.120-132).
- [OLL 07] Ollagnier-Beldame, M., & Mille, A. (2007). Faciliter l'appropriation des EIAH par les apprenants via les traces informatiques d'interactions? Rapport de recherche LIRIS, Université de Lyon.
- [PLA 99] Plaisant, C., Rose, A., Rubloff, G., Salter R., Schneiderman, B. (1999). The Design of History Mechanism and Their Use in Collaborative Educational Simulations, Actes de Computer Support for Collaborative Learning, Palo Alto, CA, 1999, p.348-359.
- [REN 00] Renie D. (2000). Apport d'une trace informatique dans l'analyse du processus d'apprentissage d'une langue seconde ou étrangère. In Duquette, L. & Laurier, M. (dirs) Apprendre une langue dans un environnement multimédia. Outremont, Canada. p. 281-301.
- [RIC 97] Rich, C. & Sidner, C.L. (1997). Segmented Interaction History in a Collaborative Interface Agent. In Proceedings of International Conference on Intelligent User Interfaces. Orlando, FL, pp. 23-30.

- [ROB 07] Robinet, V., Bisson, G., Gordon, M., Lemaire, B. (to appear). Induction of High-level Behaviors from Problem-solving Traces using Machine Learning Tools, /IEEE Intelligent Systems./
- [ROS 00] Rose, A., Salter, R., Keswani, S., Kositsyna, N., Plaisant, C., Rubloff, G. & Shneiderman, B. (2000). Simulation based learning environments and the use of learning histories. Paper presented at the CHI 2000 Conference, The Hague, The Netherlands.
- [SCH 05] Schneider, M., Bauer, M. & Kröner, A. (2005). Building a personal memory for situated user support. In Proceedings of the First International Workshop on Exploiting Context Histories in Smart Environments (ECHISE 2005) at Pervasive 2005, Munich.
- [TER 02] Terveen, L.G., McMackin, J., Amento, B. & Hill, W. (2002). Specifying Preferences Based On User History, in Proceedings of CHI'2002 (Minneapolis MN, April). ACM Press, pp. 315-322.
- [VEE 98] Veermans, K. H., & Van Joolingen, W. (1998). Using Induction to Generate Feedback in Simulation Based Discovery Learning Environments. *Intelligent Tutoring Systems*, 5, 196-205.
- [WEX 97] Wexelblat A. & Maes P. (1997). Footprints: History-rich Web browsing. In: Proceedings of the Conference on Computer-Assisted Information Retrieval (RIAO), pp. 75-84.
- [WEX 99] Wexelblat, A. & Maes, P. (1999). Footprints: History-rich tools for information foraging. In Proceedings of ACM CHI 99 Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 270-277.

### **Trace et modèles informatiques**

- [CHA 03a] Champin, P.-A., Prié, Y." MUSETTE: uses-based annotation for the semantic web". Annotation for the Semantic Web.2003
- [CHA 03b] Champin, P.-A., Mille, A., Prié, Y." MUSETTE: Modelling USEs and Tasks for Tracing Experience". Workshop From structured cases to unstructured problem solving episodes - WS 5 of ICCBR'03, Trondheim (NO), NTNU.2003
- [CHA 04] Champin P.A., Prié Y., Mille A. (2004). Musette : a framework for knowledge capture from experience. extraction et gestion des connaissances ege'04 , Clermont Ferrand.
- [CHO 07] Choquet C., Iksal S. (2007) Modeling Tracks for the Model Driven Reengineering of a TEL System, In: Journal of Interactive Learning Research (JILR), Vol. 18 n°2, p. 161-184.
- [COR 02] Corbel, A., Girardot, J.J., Jaillon, P. (2002). DREW: A Dialogical Reasoning Web Tool, ICTE2002, Int. Conf. on ICT's in Education. Badajoz, Espagne, 13-16 Novembre 2002.
- [COR 03] Corbel A., Jaillon P., Serpaggi X., Baker M.J., Quignard M., Lund K., Séjourné A. (2003). DREW : Un outil Internet pour créer des situations d'apprentissage coopérants, Dans Actes de la conférence EIAH 2003, Strasbourg, pp. 109-113.
- [COU 06] C. Courtin, S. Talbot. Trace Analysis in Instrumented Collaborative Learning Environments. The 6th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, Kerkrade, The Netherlands, July 5-7, 2006.

- [DES 01] Després C. (2001). Modélisation et Conception d'un Environnement de Suivi Pédagogique Synchrone d'Activités d'Apprentissage à Distance. Thèse Doctorat. Université du Maine.
- [DYK 06] Dyke, G. (2006). Extension of the Musette framework for synchronous collective activities. Masters Thesis, EPFL, Lausanne, Switzerland.
- [EGY 03] Egyed-Zigmond, E. Gestion des connaissances dans une base de documents multimédias. INSA Lyon Villeurbanne Thèse de Doctorat Informatique. 2003
- [GEO 06] Georgeon, O., Mille, A. & Bellet, T. (2006b). Abstract: un outil et une méthodologie pour analyser une activité humaine médiée par un artefact technique complexe. Dans Actes de Ingénierie des Connaissances IC 2006, Nantes, France.
- [HER 05] Heraud, J.-M., Marty, J.-C., France, L., Carron, T. Une aide à l'interprétation de traces: Application à l'amélioration de scénarios pédagogiques, Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain 2005
- [KOP 03] Koper R., Olivier B., Anderson T. (2003). IMS Learning Design Information Model. IMS Global Consortium.
- [LAF 06] Julien Laflaquière, Lotfi-Sofiane Settouti, Yannick Prié, Alain Mille (2006) A trace-based System Framework for Experience Management and Engineering. Submitted and accepted to Second International Workshop on Experience Management and Engineering (EME'2006) in conjunction with KES2006. 2006, 8 pp.
- [MIL 06] Mille A. (2006). Raisonner à Partir de l'Expérience Tracée. Le storytelling : concepts, outils et applications». Eddie Soulier (dir), Traité IC2, Série Informatique et SI, Hermes.
- [OLL 07] Ollagnier-Beldame, M., MILLE, A. (2007). Faciliter l'appropriation des EIAH par les apprenants via les traces informatiques d'interactions ? Rapport de recherche de l'équipe SILEX du laboratoire LIRIS. Soumis au numéro spécial « Analyses des traces d'utilisation dans les EIAH » de la revue STICEF, revue francophone de Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation.
- [SAN 94] Sanderson P. M., Scott J., Johnson T., Mainzer J., Watanabe L.M., James J.M. (1994). MacSHAPA and the enterprise of Exploratory Sequential Data Analysis (ESDA). International Journal of Human-Computer Studies, 41, 633-68.
- [SET 06] Settoutti L.S., Prié Y., Mille A., Marty J-C. (2006). Système à base de traces pour l'apprentissage humain. TICE Colloque international en « Technologies de l'Information et de la Communication dans l'Enseignement Supérieur et l'Entreprise », Toulouse.

### **Trace / réflexivité**

- [CAR 96] Carroll S., Beyerlein S., Ford M., Apple D. (1996). The Learning Assessment Journal as a tool for structured reflection in process education, In Proceedings of Frontiers in Education'96, IEEE, p. 310-313.
- [MIL 01] Millerand, F., Giroux, L. & Proulx, S. (2001). La « culture technique » dans l'appropriation cognitive des TIC. Une étude des usages du courrier

46 □ Analyse de traces et personnalisation des EIAH

électronique, Dans Actes du colloque international ICUST 2001, Paris (France).  
pp. 400-410.

### **Trace et vie privée**

- [GAN 04] Ganascia, G. Atelier Information, Communication et Connaissance CNRS  
Rapport de recherche: 00001080 <http://archivesic.ccsd.cnrs.fr> 2004
- [VAS 04] Vassilios, S. V., Elisa, B., Igor~Nai, F., Loredana~Parasilati, P., Yucel, S.,  
Yannis, T. State-of-the-art in Privacy Preserving Data Mining.2004