



**HAL**  
open science

## Vers l'analyse de l'engagement de l'apprenant : une approche par la visualisation multi-échelle de traces hétérogènes

Rubiela Carrillo, Elise Lavoué, Yannick Prié

### ► To cite this version:

Rubiela Carrillo, Elise Lavoué, Yannick Prié. Vers l'analyse de l'engagement de l'apprenant : une approche par la visualisation multi-échelle de traces hétérogènes. Deuxième journée EIAH & IA, l'AFIA et l'ATIEF, Jun 2015, Rennes, France. pp.13-22. hal-01231811

**HAL Id: hal-01231811**

**<https://hal.science/hal-01231811v1>**

Submitted on 27 Nov 2015

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

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

# Vers l'analyse de l'engagement de l'apprenant : une approche par la visualisation multi-échelle de traces hétérogènes

Rubiela Carrillo Rozo<sup>1</sup>, Elise Lavoué<sup>2</sup>, and Yannick Prié<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Université de Lyon, CNRS

Université Lyon 1, LIRIS, UMR5205, F-69622, France

[rubiela.carrillo-rozo@liris.cnrs.fr](mailto:rubiela.carrillo-rozo@liris.cnrs.fr),

<sup>2</sup>Magellan, IAE Lyon, Université Jean Moulin Lyon 3, France

[elise.lavoue@univ-lyon3.fr](mailto:elise.lavoue@univ-lyon3.fr),

<sup>3</sup>Université de Nantes, LINA - UMR 6241 CNRS, France

[yannick.prie@univ-nantes.fr](mailto:yannick.prie@univ-nantes.fr)

**Résumé** De nombreux travaux de recherche dans le domaine des Learning Analytics proposent des indicateurs statistiques tels que la durée ou le nombre d'actions réalisées sur les outils ou les ressources utilisés. Ces indicateurs supportent généralement le suivi et la réflexivité des activités de l'apprenant en renvoyant des informations sur l'utilisation de chaque outil et ressource. Mais les contextes d'apprentissage en ligne sont de plus en plus complexes, permettant l'utilisation de ressources variées. Dans ces nouveaux contextes, l'activité de l'apprenant devient "hétérogène" (avec plusieurs outils et types de documents), et "discrète" (interrompue par les actions sur chaque outil ou document). Ainsi, les bilans d'indicateurs statistiques ne suffisent pas pour comprendre l'activité de l'apprenant et plus particulièrement son engagement dans l'activité et les pratiques de régulation mises en place. Nos travaux de recherche visent à proposer aux enseignants, apprenants et concepteurs, des visualisations des traces hétérogènes des apprenants avec une attention particulière sur leur engagement et leurs pratiques de régulation. Ces visualisations cherchent à favoriser l'interprétation de ces comportements grâce à des analyses à plusieurs niveaux temporels et de groupe (apprenant, classe, institution).

**Keywords:** Learning Analytics, Visual Analytics, EIAH, engagement, régulation, visualisation, multi-échelle, traces hétérogènes

## 1 Introduction

L'engagement des apprenants dans les formations en ligne est un enjeu d'autant plus important que l'offre devient nombreuse, notamment à travers la création de MOOC. Or, peu d'outils permettent aujourd'hui d'observer et analyser cet engagement en conditions écologiques d'utilisation [1]. De même, les apprenants sont face à de nombreuses ressources et doivent développer leur autonomie. Une manière de les aider est de leur permettre d'observer les pratiques de régulation de leurs activités qu'ils ont mises en places [9]. Afin de soutenir l'engagement

et la régulation des apprenants dans ce contexte, notre intérêt porte sur la représentation visuelle des activités hétérogènes des apprenants à partir de leurs traces hétérogènes d'interaction avec un environnement d'apprentissage en ligne.

Nous appelons « activité hétérogène » une activité qui est réalisée sur plusieurs outils informatiques, sur des documents de différentes natures et qui est constituée de tâches diverses réparties dans le temps. Les traces hétérogènes correspondent alors à des traces provenant d'actions de l'apprenant sur des outils et des documents variés, comme c'est le cas sur les Environnement Numérique de Travail (ENT<sup>1</sup>) existants. Notre objectif est de permettre à l'enseignant de suivre l'ensemble de l'activité des apprenants (individu, classe) et à l'apprenant à avoir une démarche réflexive sur ses propres pratiques.

Notre intérêt particulier consiste à supporter la compréhension du comportement des apprenants, traduisant leur engagement vis-à-vis de l'activité d'apprentissage et les pratiques de régulation mises en place. Nous considérons que la visualisation des traces des apprenants à la fois multi-échelle (à plusieurs niveaux de finesse d'analyse) et focalisant sur la continuité de l'activité (suivant les multiples outils) est importante pour en permettre l'interprétation.

La première partie de cet article présente le contexte pédagogique, la problématique et l'objectif de nos travaux de recherche. Nous présentons dans la deuxième partie une étude bibliographique des travaux en lien avec notre problématique, et dans la troisième partie les fondements de notre proposition.

## 2 Contexte et problématique de recherche

### 2.1 Contexte : le projet Meta-Education

Notre travail de recherche est conduit dans le cadre du projet Meta-Education, financé par le programme Investissements d'Avenir (e-Education 2). Le projet a pour objectif de développer une plateforme intégrée de ressources et de services, permettant aux enseignants et élèves d'accéder dans un espace unique à des ressources sous droits et à des ressources libres, de créer et d'assembler leurs propres contenus, et de disposer de services innovants (e.g. vidéos interactives, annotations « sociales », partage par groupe de niveau). Ce projet regroupe les partenaires ITOP Education<sup>2</sup>, Erdenet<sup>3</sup>, Vodkaster<sup>4</sup>, et l'Institut de Recherche et d'Innovation du Centre Pompidou (IRI<sup>5</sup>). Au sein de ce projet, nous avons pour objectif, selon une démarche itérative et participative, d'observer les usages des outils proposés selon des scénarios pédagogiques complexes (i.e. utilisant des outils innovants avec une banque de ressources multimédia), ceci afin d'améliorer ces outils et inciter à des nouveaux usages. Comme précisé auparavant, les

1. Un Espace Numérique de Travail (ENT) est un ensemble intégré de services numériques, choisi, organisé et mis à disposition de la communauté éducative par l'établissement scolaire. <http://eduscol.education.fr/cid55726/qu-est-ent.html>.

2. <http://www.itopeducation.fr/>

3. <http://erdenet.fr/site/>

4. <http://www.vodkaster.com>

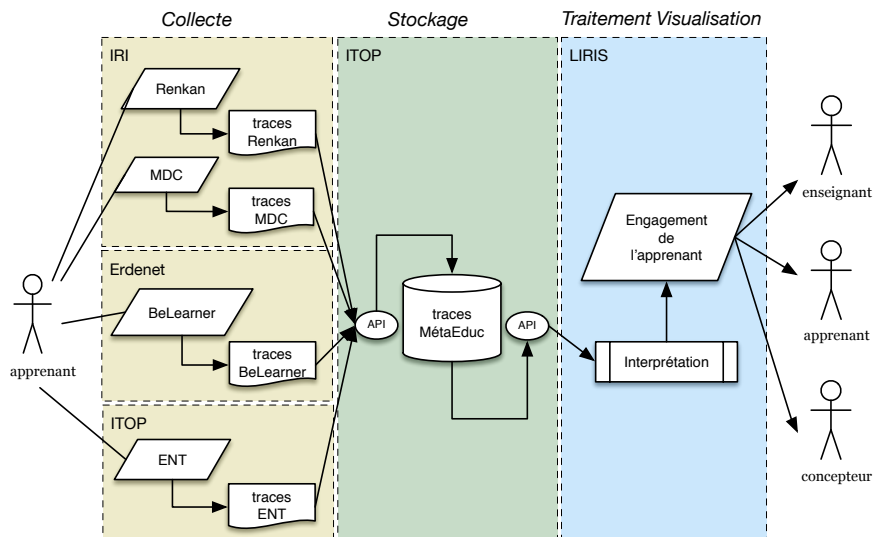
5. <http://www.iri.centrepompidou.fr>

visualisations proposées s'adresseront à l'enseignant et à l'apprenant, mais aussi au concepteur.

La plate-forme visée par Méta-Education devra plus particulièrement permettre l'intégration des outils suivants :

- Une solution ENT qui sera le point d'articulation des ressources et outils en ligne pour que les apprenants réalisent les activités pédagogiques.
- L'outil *BeLearner* qui permet de lier des supports et des contenus hétérogènes pour les diffuser sous la forme de parcours de pédagogiques.
- L'outil *Renkan* de création de cartes mentales à partir de documents variés.
- L'outil *MetaData Composer (MDC)* permettant l'annotation collaborative de documents audiovisuels.

Les données collectées sur les différents outils devront être intégrées et accédées via des APIs pour le traitement et l'obtention des visualisations souhaitées. Un premier schéma de l'architecture de flux de données à partir des traces de l'apprenant se trouve Figure 1.



**Figure 1.** Flux de données MétaEducation

Tous ces outils partagent une même banque de ressources disponibles ou créées par les enseignants eux-mêmes. Ces ressources peuvent ainsi être des vidéos, des segments de vidéos annotés, des cartes mentales, des images ou encore des parcours pédagogiques. Il est à préciser que les apprenants peuvent créer des ressources dans le cadre d'activités pédagogiques, mais celles-ci ne seront

pas indexées dans la banque de ressources, à moins que l'enseignant ne le décide volontairement.

## 2.2 Problématique de recherche

L'exemple suivant décrit une activité hétérogène : un enseignant de lycée demande à ses élèves de réaliser un devoir pour l'apprentissage d'une langue étrangère. Le devoir consiste à compléter la transcription d'un extrait vidéo d'un film en anglais. Pour cela, l'élève dispose des outils et des documents mis à disposition sur l'ENT de l'établissement. Il dispose d'un outil qui permet de lire et faire des annotations sur des vidéos, un dictionnaire, et un éditeur de texte. Il dispose aussi de l'extrait vidéo sous-titré avec des espaces vides pour certains mots des dialogues des personnages, et un document texte qui contient la transcription des sous-titres avec les mêmes espaces vides que dans la vidéo. L'élève peut se servir de la fonctionnalité « annotations » de l'outil vidéo fournie pour mettre des repères ou signaler des difficultés rencontrées sur la vidéo. Le but de l'activité est de rendre un texte contenant la transcription complète de l'extrait vidéo.

Nous considérons trois utilisateurs des visualisations des activités de l'apprenant : l'enseignant, le concepteur d'outils, et l'apprenant lui-même. Chacun a des besoins particuliers. L'enseignant a besoin de suivre l'activité de l'apprenant. Le suivi lui permet, entre autres, de l'évaluer, de découvrir les activités réalisées pour essayer de comprendre son rendu, de préparer des interventions et d'améliorer sa démarche pédagogique. Dans le cas de l'activité de transcription présentée auparavant, l'enseignant peut s'intéresser à identifier les ressources utilisées par sa classe, mais également à l'ordre d'utilisation par un élève en particulier afin de comprendre ses bons ou mauvais résultats et son engagement (vs désengagement) vis-à-vis de l'activité d'apprentissage. L'enseignant peut par exemple chercher à répondre à des questions telles que : l'élève a-t-il utilisé le dictionnaire en ligne ? Dans quel ordre et éventuellement avec quels aller-retours a-t-il utilisé les ressources ? A-t-il lu le texte fourni en premier pour se faire une idée de son sujet ? A-t-il vu l'extrait vidéo entier avant de commencer à remplir les espaces du texte ? A-t-il mis des points de repère sur la vidéo via les annotations et dans quel but (i.e. prise de notes ou réflexion) ? Comment l'utilisation des annotations a-t-elle évolué au cours des différentes activités de transcription ?

L'apprenant en tant qu'auteur de l'activité analysée peut bénéficier de représentations visuelles de son activité afin d'engager une démarche réflexive. Il a besoin de réfléchir sur sa démarche d'apprentissage, d'avoir conscience de sa progression et son niveau d'engagement. Il peut vouloir se comparer à ses collègues pour se situer dans sa classe, ou réfléchir sur leurs activités pour découvrir d'autres stratégies et éventuellement les appliquer. Il pourrait se poser les questions suivantes : qui a eu les meilleurs résultats de la classe ? Comment-il les a obtenus ? Quelle a été sa démarche, sa stratégie ? Quelles ont été les démarches adoptées pour compléter la transcription de l'extrait vidéo ? Comment ont-ils utilisé les annotations pour cela ?

Le concepteur a aussi besoin de comprendre l'activité des apprenants. Il a besoin de connaître leurs difficultés pour identifier ou et pourquoi elles ont lieu, d'évaluer ses outils et déterminer les liens et niveaux d'intégration possibles des différents outils pour supporter une activité pédagogique globale (réalisée sur un ensemble d'outils). Il peut ainsi avoir intérêt à plusieurs niveaux d'analyse dans les visualisations. Dans l'activité « Compléter le scénario », le concepteur peut, par exemple, identifier si la ressource dictionnaire ou la fonctionnalité « annotations » de l'outil vidéo ont été utilisées par la classe comme attendu. Il peut s'intéresser aux étudiants qui ne l'ont pas utilisé pour identifier de possibles difficultés ou problèmes des ressources (accès, temps de réponse, ergonomie, manque de fonctionnalités, manque d'intégration des fonctionnalités entre elles, etc.) en vue de proposer des améliorations. Le concepteur peut aussi s'intéresser à des visualisations des ressources ou fonctionnalités utilisées par pays, régions, départements, collectivités ou établissements pour faire évoluer ses outils.

Des métriques statistiques isolées telles que le nombre de visites au dictionnaire ou le temps passé sur la vidéo peuvent représenter l'utilisation de ces deux ressources, mais ne sont pas des représentations de l'activité d'apprentissage effective des apprenants et ne permettent pas d'interpréter des comportements engagés (ou non) dans le contexte de ces activités. Les bilans statistiques ne peuvent pas expliquer pourquoi les apprenants ont fait certaines actions, pourquoi ils sont restés un temps spécifique sur une ressource ou pourquoi ils ont eu certains résultats. Nous pensons qu'une approche basée sur des visualisations multi-échelle en relation à différents types d'analyse, construites à partir des traces d'utilisation des différents outils, présente une alternative pour aider les enseignants, apprenants et concepteurs à répondre aux questions soulevées ci-dessus.

### 2.3 Objectifs de nos travaux

Notre objectif est de proposer des représentations visuelles permettant d'analyser l'engagement et les pratiques de régulation des apprenants. De telles visualisations construites à partir des traces hétérogènes de l'apprenant seront multi-échelle et devront permettre d'interpréter l'activité d'apprentissage dans sa continuité, c'est-à-dire sur plusieurs outils et sur la durée (plusieurs jours, semaines ou mois). Pour cela nous chercherons notamment à répondre aux questions suivantes :

1. Comment identifier l'engagement dans un contexte distribué / collectif à partir des traces d'activité hétérogènes des apprenants ?
2. Comment présenter ces traces hétérogènes de telle sorte que l'activité soit considérée dans sa continuité, à différents niveaux temporels et de groupe, afin de traduire l'engagement des apprenants ?

## 3 État de l'art

Nous présentons dans ce qui suit des travaux autour de la notion de trace en tant qu'indice comme outil de support pour l'interprétation, ainsi que les

acteurs visés dans les travaux de représentation de traces d'apprentissage en ligne. Une deuxième partie présente des travaux de visualisation de traces dans l'enseignement à distance.

### 3.1 Analyse de traces et acteurs visés

Les actions des apprenants sur les outils Méta-Education fourniront des traces hétérogènes des activités pédagogiques. Ginzburg dans son « Paradigme Indiciaire » [6] établit une relation étroite entre les traces et les indices. Pour lui, les traces deviennent des indices lorsque l'observateur cherche à reconstruire les actions qui ont occasionné telles traces. Ginzburg signale que la reconstruction des actions à partir de traces remonte à l'époque à laquelle l'homme était un chasseur. L'homme a appris à « déchiffrer » des empreintes des animaux, des branches cassées, des plumes arrachées, etc. Ces traces constituent des indices des actions réalisées par les animaux, et la reconstruction de ces actions (génératrices de traces) correspond à l'interprétation des traces (générées). Ginzburg présente le paradigme indiciaire comme une méthode qui a déjà été appliquée pour résoudre des problèmes issus des sciences en relation à l'être humain (incluant la médecine), dont les caractéristiques de chaque cas sont particulières. Par exemple, le diagnostic d'une maladie à partir de l'observation des symptômes par le médecin, l'attribution d'un tableau à son véritable auteur à partir de l'observation de coups de pinceaux par le connaisseur d'œuvres d'art, la découverte de l'auteur d'un délit à partir de l'observation par le détective des traces laissées dans la scène du crime. Ces problèmes ne peuvent être abordés que par des méthodes du même type : « qualitatives ».

Deux aspects peuvent être retenus à partir de ce paradigme : l'interprétation par la reconstruction des actions réalisées, et la nature qualitative des indices (traces) pour la reconstruction de l'activité. Notre proposition vise à définir des « indices qualitatifs » à partir des traces hétérogènes pour construire des représentations visuelles de l'ensemble des actions de l'apprenant qui soient conformes à son activité.

Le travail de J. Laflaquière [8] sur les systèmes traçants les classifie en deux catégories : systèmes pour soutenir l'activité de l'utilisateur, et systèmes pour la re-conception des outils informatiques. Les approches issues des travaux de Learning Analytics soutiennent principalement les activités des apprenants et des enseignants. Verbert et al. [14] présentent une étude comparative de quinze *learning dashboards* pour ces deux types d'utilisateurs. Très peu de travaux considèrent d'autres utilisateurs qui pourraient s'intéresser à l'analyse de traces, et aucun d'entre eux n'offre des visualisations pour nos trois utilisateurs cibles (apprenants, enseignants et concepteurs) dans la même approche. Par exemple, Fortenbacher et al. [4] présentent LEMO, une application de visualisation interactive de traces pour les enseignants. Les évolutions envisagées pour l'application ont pour but de mettre à disposition des visualisations pour les concepteurs, mais ces visualisations ne sont pas adaptées aux apprenants. Le projet Data Wranglers [3] cherche à offrir des visualisations de traces des étudiants aux décideurs de l'établissement afin qu'ils aient des informations plus riches pour structurer les

programmes d'études au profit des apprenants. Cette approche ne tient compte ni des besoins des apprenants, ni de ceux des enseignants.

### 3.2 Visualisation de traces

Santos et al. [12] représentent des indicateurs calculés à partir du temps passé sur chaque application, document et site Web, sous la forme de diagrammes en bâtons, motion charts, tableaux et lignes de temps. Leony et al. [10] proposent GLASS, une plateforme qui enregistre des traces hétérogènes des apprenants selon le schéma *Contextualized Attention Metadata* (CAM) [15]. Des modules qui contiennent des scripts et des filtres de présentation permettent des visualisations de plusieurs indicateurs statistiques dans un *dashboard*. On retrouve parmi ces indicateurs le nombre d'actions par jour et nombre d'actions par type. Les deux approches proposent des visualisations d'indicateurs statistiques définis à partir des traces des actions de l'apprenant par outil utilisé. Ces représentations visuelles ne sont pas suffisantes pour donner une vue globale de l'activité hétérogène des apprenants et rendent difficile l'interprétation de leur comportements, notamment de leur niveaux d'engagement.

Les techniques de visualisation sont à explorer pour proposer des représentations « parlantes » pour les apprenants, enseignants et concepteurs. Les niveaux d'analyses correspondent à des visualisations multi-échelle. Les types d'analyses peuvent être : statistique, thématique, temporelle, géo-spatiale et de réseau [2]. Des combinaisons de niveaux d'analyse et types d'analyse dans les visualisations peuvent répondre aux besoins particuliers de chacun des utilisateurs. Le travail de Loboda et al. [11] présente en « *Mastery Grids* » un exemple de visualisations à plusieurs niveaux d'analyse qui peut nous inspirer. Ces grilles à trois dimensions présentent : les thématiques du cours (dimension verticale), les ressources du cours (dimension horizontale), et le niveau d'accomplissement des tâches liées aux ressources disponibles par thématique (dimension définie par l'intensité de la couleur de la cellule). Les visualisations permettent d'aller par exemple, d'un niveau qui présente l'accomplissement des tâches liées à une ressource par thématique du cours, à un niveau plus détaillé où est présenté l'accomplissement des tâches liées à la même ressource par sous-thématique de la même thématique affichée précédemment.

Les visualisations interactives peuvent favoriser l'interprétation de l'activité représentée. Le principe proposé par Shneiderman [13], « *overview first, zoom and filter, then details on demand* » semble être appliqué largement dans les visualisations interactives en contexte d'apprentissage. Des *tool tips* sont affichés par exemple, lorsque l'utilisateur survole les objets pédagogiques (nœuds) du graphe qui représente l'activité de l'apprenant [4]. Le *dashboard* Student Activity Meter (SAM) [7] implémente le *zooming* [5]. Dans SAM, l'utilisateur peut visualiser une partie du graphique linéaire dans une autre fenêtre du *dashboard*. Dans le graphique linéaire, chaque ligne représente le temps dédié à l'activité par un apprenant. Un nombre élevé d'apprenants affecte notablement la lisibilité du graphique. Les exemples de techniques mentionnées semblent chercher à résoudre les problèmes de lisibilité plutôt qu'à proposer des visualisations multi-échelle.



Nous voulons proposer ce type de visualisations mettant l'accent sur la représentation de la dimension temporelle des actions de l'apprenant pour supporter des analyses de l'activité à plusieurs niveaux de finesse adaptés aux besoins des utilisateurs (i.e. apprenant, classe, institution).

## 4 Approche proposée

Notre travail cherche à proposer des visualisations multi-échelle générées à partir d'une architecture intégrant des traces hétérogènes. Ses fondements et la méthode de validation envisagée sont présentés ci-après.

Les différents niveaux d'analyse des visualisations sont définis principalement par trois critères : 1) l'usage et la nature des outils, 2) la représentation de la dimension temporelle et 3) l'objet d'étude (apprenant, classe ou institution). L'usage des outils lors de l'activité de l'apprenant et leur nature sont des facteurs déterminants de l'hétérogénéité des traces. Le nombre d'outils utilisés détermine si les données des traces sont mono ou multi-sources. La nature des outils est mise en relation avec les types de ressources manipulées et avec les possibles actions qui peuvent être réalisées par les apprenants. Par exemple, un lecteur de vidéo permettra de réaliser des actions sur les vidéos telles que la lire, l'arrêter, afficher ses sous-titres, augmenter le volume, etc. D'autre part, la dimension temporelle peut être représentée à partir de plusieurs unités de temps et grâce à des techniques de visualisation existantes (cf. 2.3). Les visualisations pourront représenter l'activité par séances, jours, semaines, mois, etc. selon les besoins. Ces différents niveaux dans la représentation des traces permettront des analyses plus ou moins fines. La temporalité peut aussi être représentée par les traces d'un apprenant ou un groupe d'apprenants exploitant toujours la notion « multi-échelle » au profit des observateurs.

Nous envisageons une validation incrémentale des visualisations proposées. Dans un premier temps, le processus global de collecte, stockage, traitement et visualisation de traces sera réalisé pour observer les comportements engagés et les pratiques de régulation des apprenants pour un outil, en l'occurrence BeLearner. Nous collecterons ainsi les traces de l'activité de construction de parcours pédagogiques par les apprenants eux-mêmes. Les visualisations seront construites de manière participative avec les enseignants afin d'identifier les éléments extraits des traces faisant sens pour eux en terme d'observation des pratiques de régulation et de l'engagement des apprenants.

Le processus de traitement des traces et les visualisations proposées pour le premier outil seront ensuite appliqués à un deuxième outil (construction de cartes mentales) afin d'en tester la généralité. Nous ferons de même avec le troisième outil (annotation de vidéo) intégré à l'ENT dans le cadre de MétaEducation. Nous disposons ainsi d'une variété d'outils (cf. 2.2) qui nous permettra de valider notre proposition sur différents cas d'application, utilisant différents types de ressources (images, cartes mentales, vidéos annotées, parcours pédagogiques). Notre objectif final est de valider notre architecture de traitement de traces et les visualisations génériques proposées afin d'observer l'engagement et les pratiques

de régulation sur différents outils disponibles sur les divers ENT existants à l'heure actuelle.

## Références

1. P. Bouvier, K. Sehaba, and E. Lavoué. A trace-based approach to identifying users' engagement and qualifying their engaged-behaviours in interactive systems : application to a social game. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 24(5) :413–451, July 2014.
2. K. Börner. *Visual insights : a practical guide to making sense of data*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2014.
3. D. Clow. Data Wranglers : Human Interpreters to Help Close the Feedback Loop. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Learning Analytics And Knowledge*, LAK '14, pages 49–53, New York, NY, USA, 2014. ACM.
4. A. Fortenbacher, L. Beuster, M. Elkina, L. Kappe, A. Merceron, A. Pursian, S. Schwarzrock, and B. Wenzlaff. LeMo : A learning analytics application focussing on user path analysis and interactive visualization. In *2013 IEEE 7th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS)*, volume 02, pages 748–753, Sept. 2013.
5. G. W. Furnas. A Fisheye Follow-up : Further Reflections on Focus + Context. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '06, pages 999–1008, New York, NY, USA, 2006. ACM.
6. C. Ginzburg. Signes, traces, pistes : Racines d'un paradigme de l'indice. *Le Débat*, 6(6) :3, 1980.
7. S. Govaerts, K. Verbert, E. Duval, and A. Pardo. The Student Activity Meter for Awareness and Self-reflection. In *CHI '12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '12, pages 869–884, New York, NY, USA, 2012. ACM.
8. J. Laflaquière. *Conception de système à base de traces numériques pour les environnements informatiques documentaires*. PhD thesis, Université de Technologie de Troyes, France, 2009.
9. E. Lavoué, G. Molinari, Y. Prié, and S. Khezami. Reflection-in-action markers for reflection-on-action in Computer-Supported Collaborative Learning settings. *Computers & Education*, 88 :129–142, Oct. 2015.
10. D. Leony, A. Pardo, L. de la Fuente Valentín, D. S. de Castro, and C. D. Kloos. GLASS : A Learning Analytics Visualization Tool. In *Proceedings of the 2Nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, LAK '12, pages 162–163, New York, NY, USA, 2012. ACM.
11. T. D. Loboda, J. Guerra, R. Hosseini, and P. Brusilovsky. Mastery Grids : An Open-source Social Educational Progress Visualization. In *Proceedings of the 2014 Conference on Innovation & Technology in Computer Science Education*, ITiCSE '14, pages 357–357, New York, NY, USA, 2014. ACM.
12. J. L. Santos, S. Govaerts, K. Verbert, and E. Duval. Goal-oriented Visualizations of Activity Tracking : A Case Study with Engineering Students. In *Proceedings of the 2Nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, LAK '12, pages 143–152, New York, NY, USA, 2012. ACM.

13. B. Shneiderman. The eyes have it : a task by data type taxonomy for information visualizations. In , *IEEE Symposium on Visual Languages, 1996. Proceedings*, pages 336–343, Sept. 1996.
14. K. Verbert, E. Duval, J. Klerkx, S. Govaerts, and J. L. Santos. Learning Analytics Dashboard Applications. *American Behavioral Scientist*, 57(10) :1500–1509, Oct. 2013.
15. M. Wolpers, J. Najjar, K. Verbert, and E. Duval. Tracking Actual Usage : the Attention Metadata Approach. *Journal of Educational Technology & Society*, 10(3) :106–121, 2007.