



**HAL**  
open science

## De l'efficacité de visualisations indicielles ou symboliques pour la régulation d'activités collaboratives

Valentin Lachand, Audrey Serna, Aurélien Tabard, Jean-Charles Marty

### ► To cite this version:

Valentin Lachand, Audrey Serna, Aurélien Tabard, Jean-Charles Marty. De l'efficacité de visualisations indicielles ou symboliques pour la régulation d'activités collaboratives. Actes de la 28ième conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine, Oct 2016, Fribourg, Suisse. pp.144-154, 10.1145/3004107.3004115 . hal-01383911

**HAL Id: hal-01383911**

**<https://hal.science/hal-01383911>**

Submitted on 19 Oct 2016

**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.

# De l'efficacité de visualisations indicielles ou symboliques pour la régulation d'activités collaboratives

**Valentin Lachand**  
 Université Lyon 1  
 LIRIS, UMR5205  
 69622, Villeurbanne, France  
 valentin.lachand@gmail.com

**Audrey Serna**  
 INSA Lyon  
 LIRIS, UMR5205  
 69622, Villeurbanne, France  
 audrey.serna@insa-lyon.fr

**Aurélien Tabard**  
 Université Lyon 1  
 LIRIS, UMR5205  
 69622, Villeurbanne, France  
 atabard@liris.cnrs.fr

**Jean-Charles Marty**  
 Université de Savoie  
 Mont-Blanc  
 LIRIS, UMR5205  
 69622, Villeurbanne, France  
 jcmarty@liris.cnrs.fr

## RÉSUMÉ

Les mécanismes de régulation de groupe sont particulièrement importants pour mener à bien des activités collaboratives. Les dispositifs numériques peuvent permettre une meilleure régulation, notamment en fournissant des retours individuels ou collectifs sur la collaboration en cours. Dans cet article, nous proposons d'étudier l'impact que peuvent avoir différentes visualisations d'indicateurs sur le processus de régulation dans les activités collaboratives. Pour cela, nous avons étudié deux types d'indicateurs, les indicateurs indiciels qui se fondent dans les objets manipulés, et les indicateurs symboliques qui sont adjoints à l'interface de l'activité. Nous avons réalisé une étude préliminaire avec 32 participants. Les résultats mitigés tendent à montrer que qu'une visualisation indicielle ou symbolique n'est pas intrinsèquement meilleure, ce qui nous laisse penser qu'une utilisation mixte pourrait être plus efficace.

## Mots Clés

Collaboration ; Indicateurs ; Feedback ; Régulation ; Visualisation.

## ABSTRACT

Regulatory mechanisms are important when conducting collaborative activities. And previous research showed that providing individual or collective feedback about the ongoing collaboration can lead to better regulation. In this article, we propose to study the impact of different visual of indicators on the control process of collaborative



Figure 1: Une activité collaborative de classification documentaire. Des éléments de visualisation indicielle reflètent l'activité des participants.

activities. We studied two kinds of indicators : indexical indicators built into the objects being handled and symbolic indicators, added to the activity interface. We conducted a preliminary study with 32 participants. Our results show that regulation efficiency according to the indicator is neither better with indexical visualization nor with symbolic visualization, which leads us to think that a mixed use of indexical and symbolic visualizations would be more effective.

## Author Keywords

Collaboration ; Indicators ; Feedback ; Regulation ; Visualization.

## ACM Classification Keywords

H.5.3. Information Interfaces and Presentation (e.g. HCI): Group and Organization Interfaces; Collaborative computing

## INTRODUCTION

L'approche socio-constructiviste de l'apprentissage [4] promeut l'idée que tout apprenant construit du savoir à partir de sa réflexion et des échanges avec les autres. Cette

approche insiste notamment sur la collaboration entre apprenants et sur leur participation équilibrée. Comparées au dispositif écran/clavier/souris, les tables tactiles et les tablettes favorisent justement les interactions face à face et plus égalitaires, notamment en permettant d'interagir en parallèle [19]. Cependant, l'utilisation d'un dispositif à plusieurs peut toujours entraîner des difficultés dans la collaboration. C'est le cas par exemple, lorsqu'une personne monopolise la conversation, s'approprie le dispositif ou des ressources sensément partagées. Des travaux sur la régulation dans le domaine du CSCW (Computer Supported Cooperative Work) [8] et du CSCL (Computer Supported Cooperative Learning) [2] s'intéressent justement aux processus qui permettent d'obtenir une collaboration plus efficace.

La régulation d'activités collaboratives peut être enrichie par des éléments de feedback aux utilisateurs via la visualisation d'indicateurs sur l'activité. On parle d'indicateurs comme de «une information ou un regroupement d'informations contribuant à l'appréciation générale d'une situation par le décideur» [11]. Un indicateur a donc pour but de permettre une meilleure interprétation et compréhension d'une situation ou d'un phénomène observé. D'après Devillers et al., les indicateurs ont pour but premier de «mesurer une situation et d'initier une réaction du décideur» [7], ce qui permet potentiellement d'activer des mécanismes de régulation.

Dans ce cadre, nous nous intéressons au design d'indicateurs dynamiques et visibles tout au long de l'activité, et non pas uniquement visualisés en fin d'activité lors d'un debriefing. Plus particulièrement notre question est de savoir quel type d'indicateur est plus à même de favoriser le processus de régulation. Pour cela, nous distinguons deux types d'indicateurs : les indicateurs indiciels, qui se «fondent» dans les objets manipulés lors de l'activité en en révélant l'usage, et les indicateurs plus classiques, dits symboliques, qui sont adjoints à l'interface de l'activité.

## ÉTAT DE L'ART

### Régulation d'activités collaboratives

L'observation et la régulation d'activité permet d'obtenir des informations à propos des interactions entre participants, que ce soit à destination des participants ou de tuteurs/médiateurs extérieurs. Cela permet d'agir sur les différentes interactions. En effet, la régulation peut être vue comme un cycle comprenant des phases d'observation, pouvant permettre une interprétation, puis des phases de réactions. Il existe trois principaux types de régulation que sont l'auto-régulation, la co-régulation, ainsi que la régulation sociale partagée (socially-shared regulation).

#### Auto-régulation

Dans sa définition de l'auto-régulation, Zimmerman [24] distingue les processus d'auto-régulation et les stratégies afin d'améliorer ceux-ci. Il indique aussi que trois principales caractéristiques peuvent définir l'auto-régulation : l'utilisation de processus d'apprentissage auto-régulant comme par exemple la création de buts intermédiaires, la réactivité face aux retours sur l'apprentissage (cycle d'observation de l'efficacité de l'apprentissage, puis de réaction) ainsi que les gains amenés par les efforts à fournir

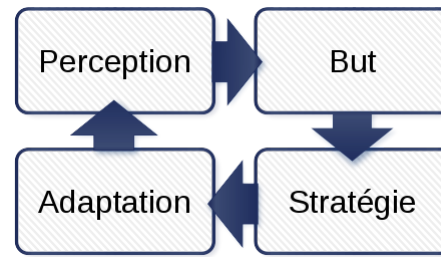


Figure 2: Cycle de régulation selon Jarvela

afin de pousser à l'auto-régulation. Hadwin [12] indique que l'auto-régulation est un processus centré sur l'individu, consistant à lui fournir des informations et indicateurs sur ses actions ou son cheminement. Cette réflexivité amène alors l'utilisateur à changer son comportement, sa motivation, ou encore sa connaissance du sujet.

#### Co-régulation

Selon Hadwin [12], la co-régulation est un type de régulation qui se base sur le partage d'un problème commun à résoudre de la part d'"experts" et d'apprenants. Avec un tel type de système, les interactions entre l'expert et l'apprenant amènent un changement du comportement de l'apprenant en construisant pas à pas le raisonnement. Des définitions plus récentes [14] indiquent qu'avec un système de co-régulation, chaque membre peut être amené à modifier le processus de régulation d'un autre membre du groupe afin de l'aider à progresser ou pour faire avancer le groupe vers son but final. Cette co-régulation peut s'effectuer notamment via des questions ou des avis sur les actions, les raisonnements, les buts, ou encore ce qui va être effectué.

#### Régulation sociale partagée

La définition de la régulation sociale partagée donnée par Hadwin [12] indique que le but de cette régulation est d'amener l'ensemble du groupe à se réguler. Les objectifs et les règles sont donc construits par l'ensemble des apprenants. La régulation sociale partagée s'intéresse particulièrement au groupe, buts communs et interactions entre les utilisateurs. Selon Jarvela [14], la régulation est alors partagée entre les différents membres du groupe, qui construisent alors un but commun et un moyen d'y arriver. Cette régulation entraîne la construction de processus, de connaissance et de croyance.

Il est possible de résumer ces trois types de régulations en disant que l'auto-régulation est une régulation d'un membre pour lui-même, que la co-régulation est la régulation d'un membre du groupe pour un autre et enfin que la régulation sociale partagée est la régulation du groupe pour le groupe. Ces trois régulations impliquent un cycle défini par Jarvela [14] (figure 2) avec pour différence, le point de vue ("moi" dans l'auto-régulation, "toi" dans la co-régulation et "nous" dans la régulation sociale partagée).

#### Visualisation d'indicateurs de collaboration

Les activités collaboratives sont difficiles à quantifier. Il existe toutefois un certain nombre d'indicateurs de qualité, le temps et la fréquence de prise de parole sont par

exemple des indicateurs reconnus. Lors d'activités médiées par du numérique, la manipulation d'objets individuels ou communs peut fournir des indicateurs intéressants sur la structure de l'activité, la participation des membres du groupe, ou la répartition des tâches. Ces indicateurs peuvent être visualisés en temps réel pendant l'activité, ou bien à posteriori pendant un temps de debriefing. Nous nous intéressons particulièrement aux indicateurs affichés pendant l'activité et mis à jour en temps réel, DiMicco [8] ayant montré le potentiel de cette approche. On peut distinguer différents types de représentations en visualisation d'information : les classiques, telles que des diagrammes connus, d'autres plus métaphoriques ou encore d'autres s'intégrant subtilement dans l'environnement de manière ambiante.

#### *Visualisation classique*

Un des premiers systèmes de feedback temps-réel sur la participation des membres d'un groupe lors d'une activité collaborative est la Classification Table de Morris et al. [17]. Ce système utilise une représentation sous forme de diagramme en bâtons placé devant chaque participant pour rendre compte de leur participation.

Ces systèmes temps réel, peuvent aussi être destinés aux enseignants/tuteurs ou facilitateurs [15], leur permettant ainsi d'obtenir des informations sur les interactions des utilisateurs. Dans ce cas, les informations, plus riches, sont présentées sous forme de tableau de bord d'indicateurs, prenant la forme par exemple de diagrammes en étoile pour visualiser le nombre d'interactions physiques ou verbales, et de diagrammes circulaires pour représenter la participation relative de chacun en nombre d'idées. Enfin, d'autres visualisations sont destinées à des chercheurs, comme VisTaco où les traces d'interaction des différents utilisateurs sont spatialisées [21] et rejouables.

#### *Visualisation métaphorique*

Pour des systèmes de feedback, l'utilisation de métaphores pour visualiser l'activité permet d'une part de révéler des objectifs, et d'autre part de rendre la visualisation moins quantitative. Les métaphores peuvent alors apporter des informations sur plusieurs utilisateurs, comme via l'évolution d'un paysage d'arbres lors de séances de discussions autour de sujets controversés [20], ou à propos des utilisateurs et du groupe, comme l'évolution de la taille de ballons représentant les utilisateurs et le groupe lors de séances de brainstorming [22].

#### *Visualisation ambiante*

Enfin quelques projets ont exploré l'idée d'embarquer le feedback dans l'environnement de manière plus subtile et ambiante. Morris et al. ont par exemple testé l'utilisation de canaux audio [16] qui avaient la propriété d'être plus privés, alors que DiMicco ou Bachour se sont appuyés sur des formes abstraites, l'évolution de la taille de cercles de couleurs représentant les utilisateurs en fonction du temps de parole absolu ou relatif par rapport à un groupe lors d'une discussion [2, 8, 5].

### **Visualisation indicielle, symbolique et iconique**

Dans la théorie sémiotique élaborée par Peirce, ce dernier présente un signe comme une chose qui représente

une autre chose (l'objet). Il distingue trois façons dont un signe peut renvoyer à un objet : iconique, symbolique, et indicielle [1]. Un signe est iconique quand il ressemble à son objet, c'est le cas par exemple d'un portrait, d'une maquette ou d'une visualisation scientifique. Un signe est symbolique quand il renvoie à un objet de par une règle établie, c'est le cas d'un panneau de circulation, ou d'un diagramme en bâtons. Enfin, un signe est indiciel lorsqu'il est intégré à l'objet auquel il renvoie. C'est le cas d'un symptôme de maladie, ou de traces de pas qui signalent un passage fréquemment emprunté sur une pelouse.

La sémiotique introduite par Peirce est beaucoup plus riche, et la trichotomie du signe présentée ci-dessus idéale. En pratique, un objet peut combiner de l'indiciel, de l'iconique et du symbolique. N. Everaert-Desmedt donne l'exemple du feu rouge qui est «en général est un légisigne symbolique, mais chacune de ses répliques en contexte constitue un sinsiène indiciel» [10]. Toutefois cette distinction permet de qualifier le rapport existant entre un objet et un signe. Nous nous intéressons ici en particulier à la comparaison d'indicateurs indiciels et symboliques.

### **DESIGN D'INDICATEURS DE RÉGULATION**

Lors de la conception d'indicateurs de régulation pour des activités pédagogiques, nous avons été amenés à nous poser la question du caractère explicite du feedback. En effet des visualisations dédiées et associées clairement à chaque participant ont l'avantage d'être lisibles, mais elles peuvent aussi quantifier d'une manière erronée, par exemple, en ne prenant en compte que les actions tactiles sans considération des échanges oraux. De plus, l'affichage d'indicateurs peut aussi amener à des situations contre-productives, dans lesquelles les participants se retirent de l'activité, voyant qu'ils n'arrivent pas à équilibrer leur participation.

Nous avons donc envisagé deux stratégies de visualisation basées sur la distinction faite par Peirce entre symbolique et indiciel. Notre motivation est d'arriver à un design d'indicateur favorisant l'engagement sans pour autant trop "objectiver" la participation, et tout en ne distrayant pas les participants de leur activité principale.

Pour cela, nous souhaitons mesurer l'impact que peuvent avoir ces stratégies sur la régulation de la collaboration. Est-ce que le processus de régulation est plus fluide ou plus naturel avec certains types de visualisation ? Est-ce qu'il y a un impact sur la collaboration en terme de taux de participation des utilisateurs ?

#### **Indicateurs symboliques**

Nous appelons *indicateurs symboliques*, les indicateurs dont la visualisation s'effectue sous forme de graphiques permettant de visualiser des valeurs numériques distinctement (barre de progression, diagramme circulaire ou en bâtons, etc.). Les avantages intuitifs de ces indicateurs seraient la facilité de transposition d'une activité à l'autre (pas d'intégration forte, généricité, rapidité de déploiement) ainsi que l'explicitation des informations apportées. Cependant, nous pensons que ces indicateurs peuvent entraîner une charge cognitive plus élevée, et un changement de focus d'attention [3] de la part de l'utilisateur. Lorsque

les utilisateurs souhaitent obtenir une information sur le déroulé de l'activité, un effort conscient de perception et d'interprétation doit être effectué. Le processus de régulation de l'activité peut alors devenir moins fluide, car demandant de sortir de l'activité principale pour rentrer dans une méta-activité. De plus, l'affichage d'un trop grand nombre d'indicateurs symboliques risque de rendre l'activité peu lisible en surchargeant l'interface.

### Indicateurs indiciels

Nous appelons *indicateurs indiciels*, les indicateurs dont la visualisation est fortement indicielle aux objets utilisés dans l'activité. En nous appuyant sur les idées de visualisations ambiantes mentionnées précédemment et sur la vision du *calm computing* de Weiser [23], nous pensons que des indicateurs peuvent apporter des informations sur l'activité de manière implicite aux utilisateurs, tout en essayant d'éviter une surcharge de l'interface et une perte de focus d'attention sur l'activité principale. Les possibles avantages de ces indicateurs sont une interprétation inconsciente de ceux-ci amenant ainsi une régulation plus fluide sans aller-retour cognitifs entre activité et régulation. Cependant, nous pensons aussi qu'utiliser ce type d'indicateurs présente des inconvénients. En effet, du fait de leur forte relation aux objets utilisés dans l'activité, il peut être plus difficile de les transposer ou de les adapter à une autre activité. La phase de conception de ces indicateurs demanderait alors plus de temps. De plus, le caractère implicite de ces indicateurs peut potentiellement entraîner leur non-utilisation par les utilisateurs non conscients de leur utilité, ou ne sachant pas comment les interpréter.

### Informations à visualiser

Lors d'une activité collaborative, certaines informations concernant les interactions entre utilisateurs sont intéressantes à visualiser afin d'améliorer la collaboration. Nous nous intéressons plus particulièrement à améliorer la régulation sociale partagée.

D'après les travaux de Cohen [6], DiMicco [9] et Salomon [18], plus la participation des utilisateurs est uniforme et leurs interactions riches (synchronisation, coordination, prise de décision par rapport aux objectifs de groupe), plus la régulation, et donc la collaboration, sont bonnes. Dans cette optique, nous dressons la liste des informations intéressantes à visualiser lors d'activité collaborative.

Il nous semble intéressant que les utilisateurs puissent connaître le **taux de participation** des autres membres du groupe afin de lisser la participation de chaque utilisateur au sein du groupe. Calculé à partir du nombre d'interactions effectuées via les espaces personnels, cet indicateur peut être à la fois relatif par rapport au groupe ou absolu par rapport au nombre d'actions effectuées dans l'activité.

Le fait de montrer aux utilisateurs quel est le **nombre d'actions collaboratives**, comme la modification d'un objet précédemment créé par un autre utilisateur, peut permettre d'augmenter la collaboration entre les utilisateurs. Tout comme le taux de participation, cet indicateur peut être calculé de manière relative par rapport au groupe et absolue en nombre d'actions de collaboration.

Dans des activités dont le but peut ne pas être atteint du fait de stratégies différentes de la part des utilisateurs, il peut être intéressant d'apporter aux utilisateurs l'information sur les **actions bloquantes**, tels que des votes, permettant aux participants de trouver les points de blocage et d'y remédier. Cet indicateur peut par exemple être calculé grâce à l'identification en amont des actions bloquantes et en utilisant le nombre de celles-ci effectuées par chaque participant.

Enfin, avoir un but commun étant important afin d'obtenir une bonne régulation des activités collaboratives, afficher aux utilisateurs un indicateur sur l'**avancement par rapport au but** partagé du groupe peut agir comme un élément motivateur, augmentant ainsi l'implication des participants.

### Questions de recherche

Reprenons donc notre question de recherche et déclinons-la en sous questions à examiner plus particulièrement. **QR** : Est-ce qu'un type d'indicateurs, "indiciel" ou "symbolique" rend le processus de régulation plus naturel ?

- **QR1** : Les indicateurs indiciels sont-ils plus simples à comprendre que les indicateurs symboliques ?
- **QR2** : Les indicateurs symboliques poussent-ils à un changement de focus d'attention plus fréquent chez les participants ?
- **QR3** : Les indicateurs indiciels sont-ils plus facilement acceptés par les utilisateurs que les indicateurs symboliques ?
- **QR4** : Le taux de participation des utilisateurs par rapport au groupe est-il plus uniforme avec les indicateurs indiciels ?
- **QR5** : Les utilisateurs effectuent-ils plus facilement des actions sur des objets créés par d'autres participants avec des indicateurs indiciels ?

### EXPÉRIMENTATION

Nous avons conduit une étude préliminaire pour étudier l'impact que peuvent avoir les indicateurs indiciels et symboliques sur la régulation dans une activité collaborative simple.

#### Description de l'activité

L'activité proposée est une activité de classement de films suivant des critères définis par les participants lors de l'activité. Cette activité implique des tâches individuelles comme la création de critères et de liens ainsi que des tâches collaboratives comme la fusion et la validation de critères. Pour l'expérimentation, nous avons choisi de classer les affiches des 18 premiers films du classement général du site Internet Movie Database (IMDB). La consigne, ou but commun pour le groupe, est d'arriver à classer ces films selon les critères qui leur paraissent les plus pertinents. Pour apporter un peu de challenge dans l'activité, la présentation des affiches est structurée par palier : dix films sont affichés au départ. La création d'au moins 3 critères permet de débloquer cinq images supplémentaires, puis la création de deux autres critères permet de débloquer les trois images restantes. A la fin de l'activité, le groupe devra valider au moins cinq critères de classification.



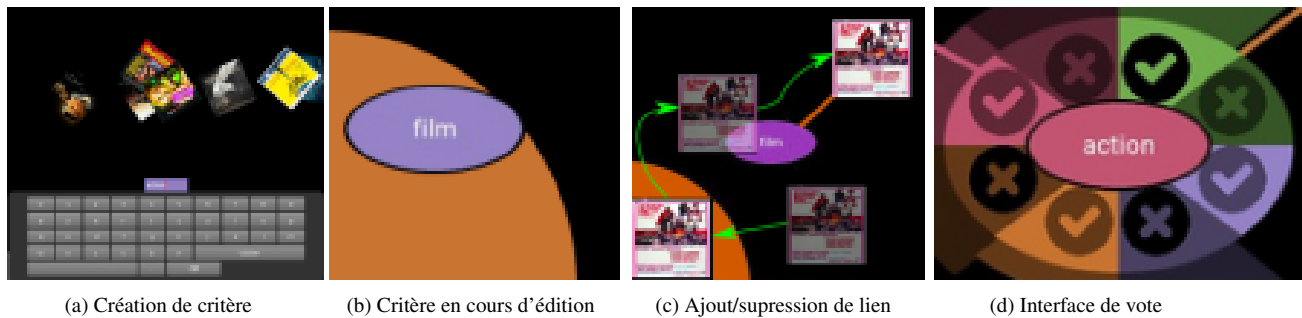


Figure 3: Les actions possibles dans l'activité

### Description des fonctionnalités et de l'interface

Chaque utilisateur possède un espace personnel, associé à une couleur, situé à un angle de la table. A noter que pour des questions d'accessibilité, nous avons choisi des couleurs visibles par la plus grande proportion de personnes atteintes de daltonisme. Les utilisateurs peuvent créer (figure 3a) et modifier (figure 3b) des critères via leur espace personnel. Chaque utilisateur peut aussi associer une image à un critère en créant un lien entre les deux objets. Pour cela, l'utilisateur fait glisser l'image dans son espace personnel puis la déplace sur le critère en question (figure 3c). Cette fonctionnalité a été implémentée de cette façon pour pouvoir tracer l'auteur de la création du lien (pour les indicateurs). Le même mécanisme est appliqué pour la suppression d'un lien. La fusion entre deux critères s'effectue via un geste collectif : une fois que les critères à fusionner sont superposés, chaque utilisateur doit cliquer dans chaque espace personnel. Enfin, pour valider définitivement un critère, chaque utilisateur peut effectuer un double-click sur un critère, une zone de vote apparaît alors autour du critère et chacun peut alors voter pour sa validation ou sa suppression (figure 3d). Tous les objets de l'application, images et critères, peuvent être déplacés et pivotés librement afin de permettre aux utilisateurs une lecture plus aisée de ceux-ci.

### Description des indicateurs

Les indicateurs définis pour cette activité sont : le nombre de critères créés pour chaque utilisateur, le nombre de liens créés pour chaque utilisateur, le rapport entre les votes positifs et négatifs de chaque utilisateur, l'avancement par rapport à un objectif, les différents utilisateurs ayant participé à la création d'un critère ainsi que le temps restant pour l'activité. Pour chaque indicateur nous avons associé une visualisation indicielle et une visualisation symbolique (Tableau 1 et figure 4,5).

Afin de choisir quelles allaient être les visualisations associées à nos indicateurs, nous avons effectué le processus de conception suivant :

1. Exploration de différents designs possibles
2. Pré-tests internes
3. Review du prototype par deux designers et deux concepteurs d'applications éducatives
4. Nouvelle itération sur différents designs d'indicateurs
5. Dernière phase de tests internes

Les couleurs associées aux espaces personnels des utilisateurs sont utilisées pour les différentes visualisations des indicateurs proposés, quelle soit indicielle ou symbolique.

L'indicateur à propos de la participation des participants dans l'activité est divisée en deux parties, la création de critères et la création de liens. Nous avons vu dans l'état de l'art que tant l'utilisation de pie charts [15] que l'utilisation de bar charts [17] ont fait leurs preuves pour la visualisation de participation. Afin de distinguer les deux façons de participer des utilisateurs, nous avons fait le choix d'une visualisation différente pour chacun (pie chart pour le nombre de critères et bar chart pour le nombre de liens avec les indicateurs symboliques).

Pour ce qui est de l'avancement par rapport au but commun, l'indicateur indiciel est représenté par un affichage des images en transparence avec un verrou s'amenuisant au fur et à mesure de l'avancement de l'activité jusqu'au déblocage des images (et disparition du verrou). Pour la version symbolique, une "progress bar" est associée à un bouton afin de débloquer de nouvelles images.

L'information principale apportée par chaque indicateur est la même dans les deux types de visualisation, mais la notion d'appartenance (qui a créé un lien ou qui a créé un critère) est présente avec les indicateurs indiciels et pas avec les indicateurs symboliques.

Afin de faciliter la lecture des visualisations symboliques, les graphiques ont été placés devant chaque utilisateur, à proximité de son espace personnel. La figure 4 présente la visualisation indicielle et la figure 5 la visualisation symbolique.

### Participants

Nous avons recruté 32 participants sur le campus universitaire (12 femmes, 20 hommes), répartis en 8 groupes de 4 utilisateurs. Nous avons réparti les groupes pour chaque type de visualisation : 4 groupes ont travaillé avec les visualisations indicielles à l'activité et 4 groupes avec les visualisations symboliques. La moyenne d'âge était de 23.62 ans (écart type de 6.05, âgés entre 19 et 50 ans). Trois participants avaient un problème de perception des couleurs (non mesuré), ce qui nous a permis de tester des couleurs générées par [13]. Nous n'avons eu aucune remarque sur de potentielles difficultés à différencier des couleurs.

| Type d'information    | Indicateur                                       | Visualisation indicielle      | Visualisation symbolique |
|-----------------------|--|-------------------------------|--------------------------|
| Taux de participation | Nombre de critères par utilisateur               | Couleur des critères          | Pie chart                |
| Taux de participation | Nombre de liens par utilisateur                  | Couleur des liens             | Bar chart                |
| Avancement            | Nombre de critères pour le groupe                | Cadenas sur les images        | Progress bar             |
| Actions bloquantes    | Ratio de votes positifs/négatifs par utilisateur | Aura autour des zones de vote | Jauge                    |

Tableau 1: Visualisations utilisées pour chaque indicateur

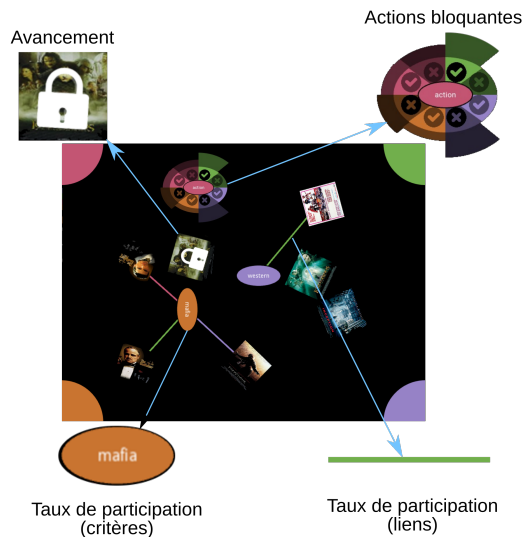


Figure 4: Indicateurs indiciels

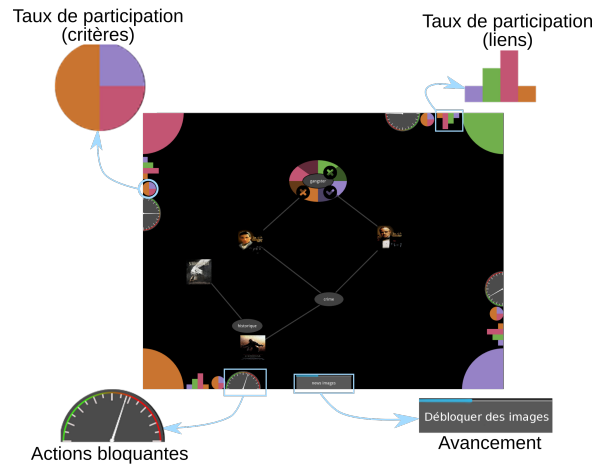


Figure 5: Indicateurs symboliques

### Déroulement

Au début de chaque session, chaque participant était placé en face de son espace personnel. Les participants ont reçu une introduction aux fonctionnalités de l'application, sur la table, et ont pu se familiariser avec l'interface sur un autre thème sans visualisation d'indicateurs (3 minutes). L'expérimentateur a ensuite expliqué en détail la tâche de classification qu'ils avaient à effectuer (2 minutes). Durant les 15 minutes suivantes, les participants étaient libres de se déplacer et de demander des informations générales à l'expérimentateur. L'activité était considérée comme terminée lorsque les participants avaient validé les critères (ou au bout de 15 minutes). La durée moyenne de la phase de tri a été de 10 minutes.

### ANALYSE DES DONNÉES

#### Collecte de données

Nous avons collecté toutes les interactions des participants sur la table sous forme de logs (QR4 et QR5). Les données collectées portaient tant sur le groupe que sur chaque utilisateur. Nous avons collecté pour chaque groupe le nombre de critères, de liens, de votes et de critères fusionnés ainsi que la durée nécessaire afin d'atteindre les objectifs fixés. Pour chaque utilisateur, les données collectées sont le nombre de critères, de liens, de votes et de critères fusionnés.

#### Questionnaire

Nous avons demandé aux participants de répondre à un questionnaire à propos de leur ressenti sur l'activité. Les questions, utilisant une échelle de Likert entre 1 (pas du

tout) et 5 (tout à fait), portaient sur leur implication dans l'activité, l'utilité et l'apport d'informations des visualisations, la facilité de compréhension des visualisations ainsi que sur leur intérêt à réutiliser ces visualisations dans d'autres activités (QR1, QR2 et QR3). Étant donné que les informations principales apportées par les différents types d'indicateurs sont les mêmes, demander aux utilisateurs de juger l'utilité des indicateurs revient à leur demander de juger les types de représentation. Des précisions sur les questions sont apportées dans la section Résultats.

### RÉSULTATS

Pour analyser l'impact des visualisations sur la régulation et la collaboration, nous reprenons chacune des sous-questions de recherche en détaillant les résultats obtenus soit de l'analyse des logs, soit des questionnaires.

#### QR4 : Uniformisation de la participation

Pour évaluer la participation des utilisateurs au sein du groupe, nous nous sommes intéressés aux interactions qu'ils peuvent avoir avec la table, dans notre cas au nombre total d'actions de création, édition, suppression de critères et/ou de liens. Nous avons calculé l'écart type, exprimé en pourcentage, de la participation des utilisateurs pour chaque groupe.

Les résultats montrent une participation uniforme pour l'ensemble des groupes (écart type moyen de 6% pour les indicateurs indiciels et 6,6% pour les symboliques, tableau 2). Les différents types de visualisation ne semblent donc pas avoir eu d'influence sur l'uniformisation du taux de

participation. Cependant le nombre moyen d'actions effectuées par participant est bien plus élevé dans la condition symbolique (tableau 3). Dans cette condition, les participants ont créé dans l'ensemble plus de critères et plus de liens entre films et critères (tableau 4).

Ce résultat inattendu peut s'expliquer par le mécanisme de déblocage des contenus entre chaque palier. Dans la condition symbolique, les utilisateurs doivent explicitement débloquent des images en appuyant sur le bouton lorsque la barre de progression est complétée pour chaque palier. Tous les groupes de cette condition ont créé plusieurs autres critères avant de débloquent de nouvelles images et continuer le palier suivant. Dans la condition indicielle, nous avons fait le choix de faire apparaître directement les images débloquentes lorsque l'objectif du palier était atteint. Les participants pouvaient donc directement manipuler les nouvelles images, en passant directement au palier suivant et créant par conséquent moins de critères au total.

Nous nous sommes également intéressés au processus de régulation et au lissage de la participation via l'identification de points de blocage dans l'activité. Pour cela nous avons conçu un indicateur représentant le rapport entre le nombre de votes positifs de chaque utilisateur et nombre total de votes dans son groupe. De façon générale, quelque soit la façon de représenter cet indicateur, les participants ont toujours discuté chaque critère oralement avant de le voter. Dans la quasi totalité des groupes (7 groupes sur les 8), un utilisateur validait les votes de tous les autres après la discussion afin de progresser plus rapidement. En reprenant le cycle de régulation présenté précédemment [14], nous faisons le constat que les utilisateurs se focalisaient sur le but et développaient une stratégie visant à l'atteindre le plus rapidement possible. Les autres mécanismes de cycle de régulation, tel que la perception, n'ont pas pu se mettre en place, limitant alors l'utilité de certains indicateurs, comme ceux sur les votes ou sur l'avancement dans cette étude.

#### QR5 : Augmentation des actions collaboratives

Afin d'examiner cet aspect de la collaboration, nous avons calculé, pour chaque utilisateur, le nombre de modifications d'objets créés par les autres participants. Ceci comprend la création et la suppression de liens sur un critère défini par d'autres utilisateurs ainsi que l'édition de critères créés par d'autres utilisateurs.

De façon générale, quelles que soient les conditions, les utilisateurs ont peu modifié les objets qu'ils n'avaient pas créés eux-mêmes (seulement 7,2% en moyenne pour la condition indicielle et 9,2% en moyenne pour la condition externe, tableau 5). En examinant le nombre moyen de modifications par utilisateur, présenté dans le tableau 6,

| groupe  | indiciels |     |     |     | symboliques |     |     |     |
|---------|-----------|-----|-----|-----|-------------|-----|-----|-----|
|         | 1         | 2   | 3   | 4   | 5           | 6   | 7   | 8   |
| Valeur  | 5.3       | 8.7 | 3.6 | 6.5 | 5.7         | 7.6 | 9.4 | 3.7 |
| Moyenne | 6         |     |     |     | 6.6         |     |     |     |

Tableau 2: Écart type moyen la participation des utilisateurs en pourcentage

| groupe  | indiciels |     |      |    | symboliques |    |    |      |
|---------|-----------|-----|------|----|-------------|----|----|------|
|         | 1         | 2   | 3    | 4  | 5           | 6  | 7  | 8    |
| Valeur  | 14.2      | 8.5 | 25.5 | 12 | 21          | 28 | 48 | 35.7 |
| Moyenne | 15.1      |     |      |    | 32.4        |    |    |      |

Tableau 3: Moyenne de participation des utilisateurs en nombre d'actions

| groupe      | indiciels |    |    |    | symboliques |    |    |    |
|-------------|-----------|----|----|----|-------------|----|----|----|
|             | 1         | 2  | 3  | 4  | 5           | 6  | 7  | 8  |
| Nb critères | 8         | 9  | 12 | 7  | 7           | 12 | 22 | 24 |
| Nb liens    | 13        | 19 | 13 | 11 | 23          | 39 | 30 | 31 |

Tableau 4: Nombre de critères et liens en fin d'activité

nous nous apercevons que la visualisation indicielle des indicateurs a tendance à avoir un effet plus néfaste sur les actions collaboratives que la visualisation externe des indicateurs. Nous avons d'ailleurs remarqué que pour trois des groupes de la condition indicielle, il y avait eu une mauvaise appropriation des couleurs par les utilisateurs. En effet, pour ajouter des liens ou éditer des critères, les utilisateurs ont utilisé l'espace personnel de l'utilisateur ayant créé le critère, conservant ainsi une unité de couleur entre critère et liens. Il semblerait donc que les utilisateurs aient utilisé une sémantique différente pour les couleurs. Ils les ont utilisées pour représenter une proximité entre objets alors qu'elles avaient été pensées pour représenter le créateur de l'objet lors du design. Ce constat est cependant en opposition avec l'étude du ressenti des utilisateurs que nous allons détailler à présent.

#### QR1 : Compréhension des indicateurs

Pour évaluer la compréhension des indicateurs par les participants, nous avons posé deux questions, l'une sur la facilité de compréhension des indicateurs et l'autre sur le niveau d'information apporté par les indicateurs, dont les résultats sont présentés dans la figure 6.

L'indicateur représentant le nombre de critères créés par chaque utilisateur est mieux compris lorsque sa visualisation est indicielle en utilisant la couleur de l'utilisateur (8 pour les valeurs positives) par rapport à la visualisation symbolique (4 pour les valeurs positives). La visualisation indicielle semble apporter plus d'informations sur cet indicateur (8 valeurs positives pour la version indicielle contre 3 pour la version symbolique).

Bien que l'indicateur sur les votes n'ait pas été utilisé par les utilisateurs, il est mieux compris dans sa visualisation indicielle utilisant des auras (8 valeurs positives) qu'avec sa visualisation symbolique (4 valeurs positives). Les utilisateurs n'ont cependant pas trouvé cet indicateur utile. Dans les deux conditions, il n'y a pas de majorité quant à

| groupe  | indiciels |   |     |     | symboliques |     |     |     |
|---------|-----------|---|-----|-----|-------------|-----|-----|-----|
|         | 1         | 2 | 3   | 4   | 5           | 6   | 7   | 8   |
| Valeur  | 16.4      | 0 | 2.8 | 9.4 | 10.6        | 8.7 | 9.1 | 7.3 |
| Moyenne | 7.2       |   |     |     | 9.2         |     |     |     |

Tableau 5: Moyenne du nombre de modification sur des objets créés par d'autres utilisateurs en pourcentage



| groupe  | indiciels |   |     |     | symboliques |     |     |   |
|---------|-----------|---|-----|-----|-------------|-----|-----|---|
|         | 1         | 2 | 3   | 4   | 5           | 6   | 7   | 8 |
| Valeur  | 4.8       | 0 | 1.3 | 1.5 | 5           | 4.3 | 5.3 | 4 |
| Moyenne | 1.9       |   |     |     | 4.6         |     |     |   |

Tableau 6: Nombre moyen de modifications d'objets créés par d'autres utilisateurs

l'apport d'information de cet indicateur (6 valeurs positives pour la version indicielle et contre 3 pour la version symbolique), ce qui confirme la non-utilisation de cet indicateur par les participants.

Le ressenti des utilisateurs concernant les autres indicateurs semble contradictoire en terme de compréhension et niveau d'information apporté. Les deux conditions ne semblent pas se distinguer l'une de l'autre. Les indicateurs à propos du nombre de liens sont un peu mieux compris dans leur version indicielle (8 valeurs positives pour la version indicielle contre 7 pour la version symbolique) alors que nous avons observé une utilisation différente des couleurs par ces mêmes utilisateurs.

Enfin, les participants ont eu du mal à comprendre l'indicateur sur l'avancement du groupe par rapport à un objectif, quelle que soit la visualisation de l'indicateur. Certains participants de la condition symbolique ont pourtant trouvé que cet indicateur leur donnait un niveau satisfaisant d'information (8 valeurs positives alors que seulement 4 participants disent avoir compris l'indicateur).

Ce constat vient confirmer que l'indicateur d'avancement n'a probablement pas été utilisé par les participants, focalisés sur leur stratégie d'atteindre le but le plus rapidement possible. Nous avons d'ailleurs observé que l'un des groupes de la condition symbolique n'a pas du tout prêté attention aux indicateurs durant l'activité.

**QR2 : Changement de focus d'attention**

Nous avons demandé aux participants s'ils avaient l'impression de devoir changer de focus d'attention au cours de l'activité lorsqu'ils consultaient les indicateurs.

De façon très surprenante, les participants de la condition indicielle ont plus eu l'impression de devoir changer de focus d'attention pour utiliser les indicateurs que les participants de la condition symbolique. Cette difficulté est valable pour les quatre indicateurs, en particulier pour les liens. En effet, 7 participants expriment un changement de focus pour la condition indicielle contre 2 pour la condition symbolique. Ce résultat peut s'expliquer par la sémantique attribuée implicitement aux couleurs par les participants. Les participants ont en effet utilisé les couleurs des critères pour faire des regroupements thématiques. Au lieu de créer les liens avec leur propre couleur, ils allaient chercher les couleurs des autres participants. Cela leur demandait donc un effort supplémentaire et donc plus de changements de focus d'attention au cours de l'activité.

**QR3 : Acceptation des indicateurs**

Pour mesurer l'acceptation des indicateurs, nous avons demandé aux participants leur ressenti sur la gêne potentielle à afficher des informations personnelles sur un dispositif collaboratif et leur niveau de confiance vis à vis des indicateurs.

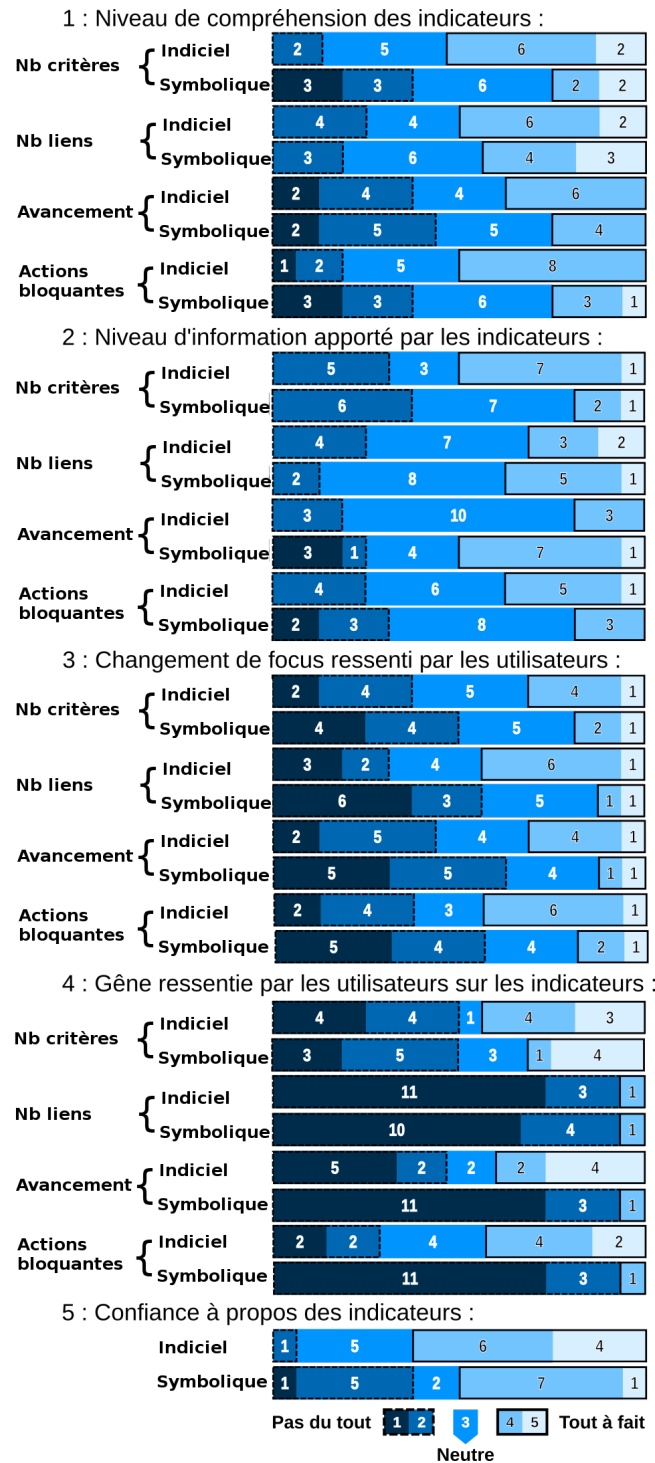


Figure 6: Réponses des participants au questionnaire sur la perception des indicateurs

Visiblement, bien que les participants soient plus facilement gênés par certains indicateurs indiciels, il semble que les participants fassent plus confiance à ceux-ci par rapport aux indicateurs symboliques (10 réponses positives et 1 réponse négative dans la condition indicielle contre 8 positives et 6 négatives dans la condition symbolique).

L'indicateur concernant les liens n'a gêné aucun utilisateur, quelque soit la condition (pas de réponse positive). L'indi-

|            | Compréhension | Changement de focus | Acceptation | Participation   | Actions collaboratives |
|------------|---------------|---------------------|-------------|-----------------|------------------------|
| Critères   | indicielle    | symbolique          | équivalent  |                 |                        |
| Liens      | indicielle    | symbolique          | équivalent  | équivalent avec |                        |
| Avancement | contradiction | symbolique          | symbolique  | avantage pour   | symbolique             |
| Votes      | indicielle    | symbolique          | symbolique  | symbolique      |                        |

Tableau 7: Résumé des résultats obtenus

cateur concernant les critères est moins bien accepté, mais de la même façon dans les deux conditions (8 participants, dans chaque condition, expriment ne pas avoir été gênés). Enfin, les indicateurs d'avancement et de votes n'ont gêné que les participants de la condition indicielle (respectivement 6 participants gênés pour seulement 6 autres non gênés, et 6 participants gênés contre 4 autres non gênés).

### CONSÉQUENCES POUR LE DESIGN D'INDICATEURS

Bien que cette expérimentation soit une étude préliminaire avec peu de participants, nous avons pu observer des tendances intéressantes à considérer pour la conception d'indicateurs pour la régulation d'activités collaboratives. Nous avons pu observer des comportements qui nous font penser que les indicateurs peuvent facilement avoir un impact inattendu. Ces derniers doivent donc être conçus avec soin et testés fréquemment pour obtenir des visualisations efficaces.

Nous avons fait l'hypothèse que des visualisations indicielles pourraient soutenir un processus de régulation plus fluide en évitant de dévier les participants de leur activité principale et en ne surchargeant pas l'interface alors que les visualisations symboliques seraient plus facilement comprises. Les résultats obtenus sont mitigés et parfois même contradictoires avec nos hypothèses de départ.

Le tableau 7 résume les principaux résultats obtenus. Les participants disposant des indicateurs indiciels ont eu l'impression de mieux comprendre leur signification par rapport à ceux utilisant les indicateurs symboliques (QR1). Concernant les changements de focus, c'est l'interprétation des visualisations indicielles qui a requis des changements plus importants (QR2). Ce résultat est à mettre en relation avec deux autres observations : l'utilisation des couleurs des liens et le peu d'actions collaboratives dans la condition indicielle (QR5). Les participants ont utilisé la couleur des liens (à l'origine introduite pour représenter la paternité de l'objet) pour effectuer des regroupements thématiques d'objets. Ce détournement de l'indicateur vers une action propre à l'activité principale demandait plus d'efforts cognitifs et a réduit de fait le nombre d'actions collaboratives. Interprété comme un désavantage au regard de nos hypothèses, cela peut aussi montrer, d'une certaine façon, une liberté et un potentiel d'appropriation par les utilisateurs. Concernant l'acceptation des indicateurs (QR3), de façon globale, les visualisations indicielles semblent être mieux acceptées que les symboliques (hors indicateur d'avancement), avec une meilleure confiance. Enfin, les visualisations n'ont pas joué de rôle dans l'uniformisation du taux de participation (QR4).

Ces résultats nous amènent à mettre en avant deux aspects importants à bien prendre en compte lors de la conception des indicateurs : 1/ l'identification des processus du cycle

de régulation susceptibles d'être mobilisés selon la nature de l'activité et 2/ l'intelligibilité des indicateurs. Concernant le premier point, il est important de bien identifier les processus de régulation qui seront mobilisés pendant l'activité. Par exemple, dans notre cas d'étude, les participants n'avaient pas de stratégies différentes entre eux et la nature même de la tâche n'aboutissait jamais à des points de blocage. Les participants s'accordaient très vite sur les critères, sans fortes oppositions de point de vue. L'indicateur de vote, bien que compris, n'a donc pas servi dans le processus de régulation.

Concernant l'intelligibilité, il est important que les caractéristiques des indicateurs ainsi que leurs sens soient compris en amont de l'activité, au risque de les rendre au mieux inefficaces et au pire gênants dans l'activité. En particulier, dans la conception d'indicateurs indiciels, il est important de trouver une bonne intégration à l'activité mais qui ne s'apparente pas à des actions de cette activité (pour éviter des détournements d'usage des indicateurs comme les couleurs des liens par exemple). Il faut aussi veiller à ne pas insérer d'effets sur l'activité dans l'indicateur, qui doit rester uniquement informatif (cas de l'indicateur d'avancement débloquant directement un palier de l'activité et limitant ainsi la production du groupe). Il est aussi important d'améliorer l'appropriation par les utilisateurs des indicateurs les concernant. L'ajout d'éléments de guidage aux indicateurs, comme par exemple laisser la possibilité aux utilisateurs de choisir leur couleur ou de rentrer leur nom dans leur espace personnel, peut permettre d'améliorer l'appropriation des indicateurs. Un autre exemple dans ce sens, serait d'ajouter des labels aux indicateurs symboliques, afin de rappeler aux utilisateurs quelles sont les informations qu'ils apportent, au risque de surcharger un peu l'interface.

En l'état, il n'est pas évident de dire si c'est le design ou le type des indicateurs utilisés qui a entraîné ces résultats. Il nous semble important, afin de limiter le nombre de facteurs sur les expérimentations, d'effectuer lors du design des explorations annexes avec plusieurs variantes possibles pour un indicateur avant de fixer une visualisation, ce qui permettrait ainsi d'avoir une expérimentation portant uniquement sur le type des indicateurs utilisés.

Enfin pour conclure, il nous semble important de trouver, lors du design d'indicateurs, le bon dosage entre implicite et explicite, afin que les indicateurs permettent la mise en place de processus de régulation efficace tout en limitant le changement de focus des utilisateurs. Nous pensons d'ailleurs que l'utilisation d'une visualisation mixte indicielle/symbolique pourrait être plus efficace qu'une visualisation purement indicielle ou purement symbolique. Certains indicateurs ont de meilleurs effets sur la régula-

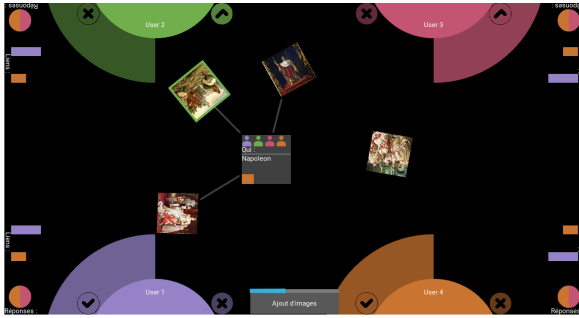


Figure 7: Nouvelle version en cours de développement

tion lorsqu'ils sont indiciels (comme les critères dans notre cas), d'autres n'ont pas de représentation pertinente dans l'activité et sont plus efficaces lorsqu'ils sont symboliques (comme l'avancement par rapport à un objectif dans notre cas). Ce constat est conforté par les récents résultats de Taush [22] qui montrent que pour une visualisation coopérative ou collaborative, l'utilisation d'une visualisation mixte est plus efficace en terme participation, performance et motivation.

## CONCLUSION

Dans cet article, nous proposons d'étudier l'impact que peuvent avoir différentes visualisations d'indicateurs sur le processus de régulation. Pour cela, nous avons proposé une typologie d'indicateurs en distinguant les indicateurs indiciels, qui se fondent dans l'interface de l'activité, des indicateurs symboliques qui sont superposés à l'interface de l'activité. Nous avons réalisé une étude préliminaire pour tenter de savoir si le processus de régulation est plus naturel avec l'un ou l'autre type d'indicateurs. Les résultats observés montrent que certains indicateurs sont plus efficaces sur la régulation lorsqu'ils sont indiciels, d'autres au contraire, peuvent gêner l'activité dans leur version indicielle et sont plus efficaces lorsqu'ils sont symboliques. Nous avons actuellement commencé une nouvelle itération afin de pouvoir développer des indicateurs mixtes dans un contexte multi-dispositifs (utilisation d'indicateurs sur tablettes et table). Bien que nous n'ayons pas encore commencé le design d'indicateurs pour la tablette, nous avons pris en compte les différentes remarques afin d'améliorer la compréhension de nos indicateurs sur la table.

## REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé en collaboration avec BIIN, dans le cadre du projet EDUCATOUCH porté par BIIN, ERASME et le réseau CANOPÉ. Nous remercions toutes les personnes qui ont participé à ce projet.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Albert Atkin. 2013. Peirce's Theory of Signs. In *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (summer 2013 ed.), Edward N. Zalta (Ed.).
2. Khaled Bachour, Frederic Kaplan, and Pierre Dillenbourg. 2010. An interactive table for supporting participation balance in face-to-face collaborative learning. *Learning Technologies, IEEE Transactions on* 3, 3 (2010), 203–213.
3. Steve Benford and Lennart Fahlén. 1993. A spatial model of interaction in large virtual environments. In *Proceedings of the Third European Conference on Computer-Supported Cooperative Work 13–17 September 1993, Milan, Italy ECSCW'93*. Springer, 109–124.
4. Peter L Berger and Thomas Luckmann. 1967. *The Social Construction of Reality : A Treatise in the Sociology of Knowledge*. Anchor books.
5. Tony Bergstrom and Karrie Karahalios. 2007. Conversation Clock : Visualizing audio patterns in co-located groups. In *System Sciences, 2007. HICSS 2007. 40th Annual Hawaii International Conference on*. IEEE, 78–78.
6. Elizabeth G Cohen. 1994. Restructuring the classroom : Conditions for productive small groups. *Review of educational research* 64, 1 (1994), 1–35.
7. R Devillers, Y Bédard, and M Gervais. 2004. Chapitre 3 : Indicateurs de qualité. *Revue internationale de géomatique* 14, 1 (2004), 35–57.
8. Joan Morris DiMicco and Walter Bender. 2007. Group reactions to visual feedback tools. In *Persuasive Technology*. Springer, 132–143.
9. Joan Morris DiMicco, Anna Pandolfo, and Walter Bender. 2004. Influencing group participation with a shared display. In *Proceedings of the 2004 ACM conference on Computer supported cooperative work*. ACM, 614–623.
10. Nicole Everaert-Desmedt. 2006. La sémiotique de Peirce. *Signo [en ligne]* (2006).
11. Alain Fernandez. 2000. Les nouveaux tableaux de bord des décideurs. *Les éditions de l'organisation*, (2000).
12. Allyson F Hadwin, Mika Oshige, Carmen LZ Gress, and Philip H Winne. 2010. Innovative ways for using gStudy to orchestrate and research social aspects of self-regulated learning. *Computers in Human Behavior* 26, 5 (2010), 794–805.
13. Mathieu Jacomy. 2016. iWantHue. (2016). <http://tools.medialab.sciences-po.fr/iwanthue/>
14. Sanna Järvelä and Allyson F Hadwin. 2013. New frontiers : Regulating learning in CSCL. *Educational Psychologist* 48, 1 (2013), 25–39.
15. Roberto Martínez, Anthony Collins, Judy Kay, and Kalina Yacef. 2011. Who did what ? Who said that ? : Collaid : an environment for capturing traces of collaborative learning at the tabletop. In *Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces*. ACM, 172–181.
16. Meredith Ringel Morris, Dan Morris, and Terry Winograd. 2004. Individual audio channels with single display groupware : effects on communication and task strategy. In *Proceedings of the 2004 ACM conference on Computer supported cooperative work*. ACM, 242–251.
17. Meredith Ringel Morris, Anne Marie Piper, Anthony Cassanego, and Terry Winograd. 2005. *Supporting*

*cooperative language learning : Issues in interface design for an interactive table*. Technical Report. Stanford University Technical Report.

18. Gavriel Salomon and Tamar Globerson. 1989. When teams do not function the way they ought to. *International journal of Educational research* 13, 1 (1989), 89–99.
19. Chia Shen, Katherine Everitt, and Kathleen Ryall. 2003. UbiTable : Impromptu face-to-face collaboration on horizontal interactive surfaces. In *International Conference on Ubiquitous Computing*. Springer, 281–288.
20. Sara Streng, Karsten Stegmann, Heinrich Hußmann, and Frank Fischer. 2009. Metaphor or diagram ? : comparing different representations for group mirrors. In *Proceedings of the 21st Annual Conference of the Australian Computer-Human Interaction Special Interest Group : Design : Open 24/7*. ACM, 249–256.
21. Anthony Tang, Michel Pahud, Sheelagh Carpendale, and Bill Buxton. 2010. VisTACO : visualizing tabletop collaboration. In *ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces*. ACM, 29–38.
22. Sarah Tausch, Stephanie Ta, and Heinrich Hussmann. 2016. A Comparison of Cooperative and Competitive Visualizations for Co-located Collaboration. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. ACM, 5034–5039.
23. Mark Weiser and John Seely Brown. 1996. Designing calm technology. *PowerGrid Journal* 1, 1 (1996), 75–85.
24. Barry J Zimmerman. 1990. Self-regulated learning and academic achievement : An overview. *Educational psychologist* 25, 1 (1990), 3–17.