



TECHNOLOGY & EMERGING MEDIA
TECHNOLOGIE & MÉDIAS ÉMERGENTS

Une section de / An interest group of



ASSOCIATION CANADIENNE DE
COMMUNICATION
CANADIAN COMMUNICATION
ASSOCIATION

Ricardo Vidal Torres

Les compétences des participants dans les sciences participatives sur Internet : une exploration de *Foldit*

In P. Dias da Silva & A. Alves (Ed.), *TEM 2015 : Proceedings of the Technology & Emerging Media Track*.

Citation

Vidal Torres, R. (2015). Les compétences des participants dans les sciences participatives sur Internet : une exploration de *Foldit*. In P. Dias da Silva & A. Alves (Ed.), *TEM 2015 : Proceedings of the Technology & Emerging Media Track – Annual Conference of the Canadian Communication Association* (Ottawa, June 3–5, 2015).



Except where otherwise noted, this work is licensed under
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>

Les compétences des participants dans les sciences participatives sur Internet : une exploration de *Foldit*

Auteur Ricardo Vidal Torres
Université de Montréal
ricardo.hector.vidal.torres@umontreal.ca

Résumé Le contexte technologique, informatique et numérique s'accompagne d'une reconfiguration dans la production et la circulation de connaissances (Hey et al., 2009). L'essor des projets de science participative en ligne en témoigne (Wiggins et Crowston, 2015). C'est le cas de *Foldit* (<http://fold.it/portal/>), un projet novateur qui permet au public de tracer les structures des protéines à partir d'un jeu vidéo en ligne. Ces projets semblent privilégier la mise en place d'habiletés naturelles des participants dans la production de connaissances. Toutefois, mises à part ces habiletés, nous pouvons nous demander quelles sont les compétences mobilisées par les participants à travers ces projets de science participative, mais aussi, quel est le rôle de ces compétences dans ces pratiques participatives ? Cet article présente une exploration qualitative de *Foldit* réalisée durant l'implantation d'une importante mise à jour du jeu. Notre analyse expose la mobilisation d'une pluralité de compétences associées à la configuration technologique et concurrentielle de *Foldit*.

Mots clés *Foldit* ; compétences ; jeu vidéo en ligne ; science participative ; participation ; compétition.

1. Introduction

À l'heure actuelle, le contexte technologique, informatique et numérique, s'accompagne d'une reconfiguration dans la production et la circulation de connaissances (Hey et al., 2009 ; Nielsen, 2012). Parallèlement, les pratiques des sciences participatives promeuvent la contribution bénévole et massive du public, et favorisent aujourd'hui les formes de participation en ligne. À ce propos, ces expériences semblent privilégier la mobilisation d'habiletés naturelles des internautes. L'essor de ces projets (Wiggins et Crowston, 2015) témoigne des avantages concernant le temps et le financement que ce cadrage participatif offre aux équipes scientifiques (Nielsen, 2012).

De plus, ces projets en ligne semblent façonner les pratiques de participation et configurer les habiletés qui y sont mobilisées. Outre les habiletés naturelles mises en jeu, on peut s'interroger sur les compétences requises dans ces expériences participatives en ligne. Quelles sont-elles et quel rôle remplissent-elles dans ces projets de science participative ? Pour répondre à ces questions, nous examinerons *Foldit* (<http://fold.it/portal/>), un projet novateur qui permet aux participants de tracer les structures des protéines à partir d'un jeu vidéo en ligne. La méthodologie qualitative employée s'est basée sur l'observation participante¹, des entretiens semi-dirigés et l'analyse d'échanges entre les acteurs durant l'implantation d'une importante mise à jour du jeu, le *New Chapter*. Notre analyse suggère que *Foldit* favorise la mobilisation d'une pluralité d'habiletés et de compétences associées à son caractère informatique et concurrentiel. Le choix méthodologique, s'il vise à approfondir la compréhension de *Foldit* dans une période particulière, ne cherche pas la généralisation. Toutefois, la singularité de cette recherche peut contribuer à l'exploration des conditions de participation et de durabilité dans le cas de ces expériences en ligne.

¹ Cette participation s'est limitée à jouer *Foldit* avant et durant la recherche.

2. Revue de littérature

2.1. Une reconfiguration dans la production des connaissances

L'essor de l'informatique et du numérique depuis les années 1950 a fortement influencé la production et la circulation des connaissances (Latour et Woolgar, 1998). À cet égard, Jim Grey (Hey et al., 2009) signale que la présence ubiquitaire du réseau, des ordinateurs et des algorithmes dans la saisie, mais aussi l'organisation et l'analyse des données, reconfigure la recherche scientifique. Dans ce contexte marqué par l'abondance des données et par la complexité de leur traitement et de leur circulation, Kitchin (2014) et Borgman (2015) préconisent une complexification des méthodes d'analyse vis-à-vis de ce *déluge des données*. D'autre part, le processus d'incorporation du numérique à la production de connaissances s'accompagne de la montée des pratiques participatives sur Internet, notamment des sciences participatives ou des *citizen science* (Flichy, 2010 ; Charvolin, 2011 ; Nielsen, 2012). Ces pratiques comportant depuis longtemps l'investissement volontaire et bénévole du public dans la recherche scientifique se poursuivent aujourd'hui sur Internet (Miller-Rushing et al., 2012 ; Wiggins et Crowston, 2015). D'ailleurs, ces projets, favorisés par la prolifération de dispositifs mobiles connectés, bénéficient d'une participation nombreuse dans la création, la circulation, et parfois, dans l'analyse de grandes bases de données scientifiques (Heaton et al., 2010 ; Wiggins, 2011 ; Wiggins et Crowston, 2011 ; Nov et al., 2014).

Cette participation libère les équipes de recherche de la réalisation de tâches répétitives dans le traitement de données qui, autrement, seraient faites seulement par les ordinateurs, d'une manière plus lente et plus coûteuse (Cooper, 2011). D'ailleurs, le caractère bénévole et massif de cette participation se révèle aussi intéressant pour les équipes de recherche en ce qui a trait aux avantages en économies de temps et de budget (Nielsen, 2012). Ainsi, l'utilisation de contextes ludiques dans plusieurs de ces expériences, voire des jeux vidéo en ligne, témoigne de l'intérêt des équipes scientifiques pour l'établissement d'environnements favorables à une contribution massive du public (Kawrykow et al., 2012 ; Wiggins et Crowston, 2015).

2.2. Les compétences

La littérature sur les compétences est vaste et touche plusieurs domaines, notamment les sciences cognitives et les études organisationnelles (Tallard, 2001). À cet égard, les notions de compétence semblent opposer, d'une part, un regard principalement technique (Koebel, 2006) et, d'autre part, une approche davantage sociale liée à la motivation (Letor, 2006 cité par Coulet, 2011). Ainsi, Coulet (2011) remarque que sur le plan cognitif, la compétence est associée aux savoirs ou aux raisonnements que l'on peut appliquer sans un apprentissage préalable. En outre, la compétence peut être reconnue dans une perspective sociale, et c'est alors le résultat d'une négociation. Cet auteur souligne, d'ailleurs, la nécessité de penser les compétences en gardant en tête le lien qu'elles entretiennent avec le type d'activité et les contextes (Coulet, 2011). Dans une optique plutôt sociologique, Koebel (2006) fait référence à la notion de compétence comme centrale dans la théorie du champ de Bourdieu. En ce qui concerne cette recherche exploratoire, nous partons d'une notion qui se place entre le pôle cognitif et le pôle social. Ainsi suivant Coulet (2011), nous prenons la compétence comme la mobilisation des savoirs et des connaissances pour la solution des problèmes.

3. Questionnement

La production et la circulation de connaissances s'inscrivent, à l'heure actuelle, dans un contexte technologique marqué par l'essor de l'informatique et du numérique (Hey et al., 2009 ; Nielsen, 2012). Parallèlement, les projets de sciences participatives connaissent un nouvel élan (Wiggins, 2010 ; Bonney et al., 2009) et la contribution du grand public se voit facilitée à travers les différentes étapes de la production scientifique (Nielsen 2012 ; Miller-Rushing et al., 2012). D'une part, les équipes de recherche invitent les internautes à réaliser des tâches de collecte et de traitement de données (Seidel et Wing, 2010 ; Borgman, 2015). Ces tâches concernent souvent des actions répétitives non spécialisées qui sont effectuées de manière plus efficace par les êtres humains que par les ordinateurs (Nov et al. 2014). Ainsi, la possibilité d'une

telle contribution massive et gratuite incite les équipes de recherche à la mise en place de stratégies afin d'attirer un grand nombre d'internautes. La création de contextes ludiques, voire de jeux vidéo en ligne, semble convenir à ce propos. D'ailleurs, certains de ces projets ont obtenu des résultats importants pour l'avancement des connaissances, notamment *Foldit* (Cooper et al., 2010a) et *EteRNA* (Bohannon, 2014). D'autre part, plusieurs internautes s'engagent dans ces projets qui leur offrent une façon de participer à la science, sans posséder nécessairement une formation spécialisée à ce sujet. Quelles sont les compétences requises dans ces pratiques participatives en ligne ? Quel est le rôle de celles-ci dans ces pratiques participatives ? Comment le contexte technologique, informatique et numérique, configure-t-il ces contributions ? Nous avons examiné *Foldit*, afin d'explorer quelles sont les habiletés mobilisées par les participants dans cette expérience. Nous proposons que *Foldit* favorise la mobilisation et le développement de compétences informatiques configurées par ses caractéristiques propres.

4. L'expérience *Foldit*

Conçu en 2008 par une équipe multidisciplinaire de l'Université de Washington, *Foldit* est un jeu vidéo en ligne, mais aussi un outil de recherche scientifique, qui s'attaque à l'un des problèmes les plus complexes et centraux de la biochimie : dévoiler la façon dont les protéines se plient. Tracer les structures de protéines est une tâche assez ardue en raison des multiples possibilités qu'ont les protéines pour se plier (Callaway, 2007). D'ailleurs, la puissance de calcul des ordinateurs reste encore moins efficace que les habiletés humaines pour résoudre des problèmes spatiaux et visuels (Cooper, 2011).

Pour jouer, il faut télécharger et installer sur l'ordinateur le *logiciel (client)* gratuit. Il est alors connecté à un serveur central qui enregistre toutes les stratégies suivies par les joueurs dans le but d'automatiser la création de protéines en laboratoire (Cooper et al., 2010a ; Khatib, Cooper et al., 2011). Ainsi, le jeu consiste-t-il à

stabiliser² des protéines proposées sous la forme de *puzzles* en 3D (Cooper, 2011). Toute personne possédant un ordinateur et une connexion Internet peut donc participer au processus, et cela sans une connaissance préalable en biochimie.

Même si l'interface du jeu inclut des sections de clavardage, c'est sur le site web de *Foldit* que se concentrent les zones d'échange entre les acteurs à travers les sections suivantes : le *Portal*, le *Blog*, le *Feedback*, le *Forum* et le *Wiki*. Par ailleurs, il y a deux moments de clavardage, l'un qui s'occupe des aspects informatiques et l'autre centré sur la biochimie des protéines. Finalement, il existe la section *Recipes* (recettes) qui affiche les *scripts* développés par les joueurs permettant de raccourcir des tâches du jeu. Une fois un *puzzle* fermé, les solutions sont analysées en utilisant *Rosetta* (Cooper et al., 2010b).

En janvier 2014, l'équipe *Foldit* a entrepris une actualisation du jeu appelée *New Chapter*. Au-delà des modifications apportées au calcul de l'énergie des protéines et des itérations de certains outils du jeu, cette mise à jour requérait une puissance majeure des machines pour jouer. Le *New Chapter* s'est révélé, d'ailleurs, porteur de plusieurs bogues que les joueurs ont détectés et que l'équipe *Foldit* a essayé de fixer. Le contexte de cette implantation, étalée sur trois mois, s'est donc révélé propice à notre recherche grâce aux échanges particulièrement riches et fréquents enclenchés entre les acteurs.

5. Méthodologie

Cette recherche s'inscrit dans une approche qualitative inspirée des principes de la théorisation ancrée (Glaser et Strauss, 1967 ; Paillé, 1994). Nous avons réalisé à ce propos une observation, une analyse des échanges, ainsi qu'un ensemble des entretiens avec les acteurs du jeu *Foldit*. Le travail d'observation non participante a été effectué entre janvier et mars 2014 (implantation du *New Chapter*) au moins une fois par semaine. Il nous a permis

² Autrement dit, à la plier de manière à générer le moins d'énergie possible. Moins il y a d'énergie générée par la protéine du jeu, plus elle gagne en stabilité et plus de points obtient le joueur. Ceci est mesuré grâce à *Rosetta*, un algorithme de prédiction de structures des protéines très puissant auquel *Foldit* est articulé.

d'approfondir notre connaissance du terrain, de reconnaître les espaces privilégiés des échanges, mais aussi d'identifier les joueurs plus engagés. La période choisie nous a aidé à mieux trier les échanges pour une meilleure qualité d'analyse. Par conséquent, nous avons finalement retenu, de l'ensemble des échanges repérés³, 10 billets entre le *Portal* et le *Blog*, 12 du *Feedback*, 2 du *Forum*, ainsi que 3 rencontres, ce qui a réuni un total de 234 commentaires. Ces échanges se sont focalisés sur le *New Chapter* et témoignent des savoirs, des connaissances et des compétences mobilisés par les acteurs à propos de cette mise à jour.

Afin d'explorer la dimension subjective des acteurs concernant l'expérience (Orgad, 2009), nous avons réalisé huit entretiens semi-dirigés dont cinq aux joueurs et trois aux membres de l'équipe *Foldit*. Nous avons privilégié le recrutement de participants les plus actifs venant d'univers variés. Ces entretiens se sont réalisés *via Skype* (n=4), par courriel (n=2) et en personne (n=2); ils ont duré une heure en moyenne, et sont déroulés en anglais, en français et en espagnol. Ils ont porté sur la motivation des joueurs, leur façon de participer, leur rapport à l'équipe du projet, et leurs réactions vis-à-vis de la mise à jour.

Des examens ciblés sur des thèmes ayant émergé des données ont constitué le cœur de notre méthode d'analyse. Ceci a été réalisé à travers une série de va-et-vient entre notre questionnement de recherche et le corpus⁴. Cette oscillation entre notre travail de conceptualisation et la concrétisation des données a imprégné l'ensemble du processus mobilisé dans notre analyse qualitative. Ce processus est décrit par Morse (1994) à travers la mise en évidence de quatre moments cognitifs décisifs : comprendre, réduire, abstraire et recontextualiser. Ainsi, les grands thèmes identifiés dans l'analyse sont l'expérience participative *Foldit* (concernant son caractère hybride et compétitif) et les compétences mobilisées par les acteurs. À travers ce texte, nous nous attarderons principalement sur les compétences mobilisées dans l'expérience *Foldit* durant le

³ Dix-huit billets de l'ensemble *Portal/Blog*, seize du *Feedback* et dix-huit du *Forum*.

⁴ Nous avons interrogé notre corpus de données de manière artisanale, sans l'aide d'un logiciel d'analyse qualitative.

contexte de la mise à jour *New Chapter*. Cette recherche se limite donc au cas *Foldit*, et ne vise pas une généralisation des résultats.

6. Analyse

6.1. La participation des joueurs dans *Foldit*

L'espace de participation que *Foldit* propose au public est circonscrit, principalement par la plateforme du jeu. Ainsi, le projet a été configuré pour saisir les stratégies dans cet espace, principalement à partir des actions de jeu des participants. Vikram Mulligan, de l'équipe scientifique, signale : « *What we get out of the gamers is not only to do they solve this problem for us... they will design a protein for us... or they will structure proteins for us, but we also get to watch how they do it and by watching how they do it we get to figure out how they teach our computers to do that so I think that's the even more important part of this projet [...]* (Vikram Mulligan, lignes 73-78). Toutefois, certains joueurs ont réalisé d'autres modalités de participation durant l'implantation du *New Chapter*. Ils ont d'abord discuté entre eux et repéré les changements apportés par la mise à jour. Ensuite, ils ont identifié les bogues, signalé l'obsolescence de leurs recettes et fait des tests. Par la suite, ils ont affiché leurs résultats et présenté des alternatives aux problèmes trouvés. Ces pratiques des joueurs participants ressemblent beaucoup au travail d'évaluation d'un produit informatique. Kerr (2006) et Aarseth (2001) ont associé cette volonté d'intervenir sur un jeu vidéo au plaisir que l'expérience peut accorder aux joueurs. Dans le cas de *Foldit*, cette volonté est d'ailleurs animée par la possibilité de contribuer à un projet scientifique. Marlowe nous dit en ce sens : « *Anyone and everyone can (and should!) be a scientist; all it takes is interest* » (Marlowe, lignes 261-262). Ainsi, l'élargissement des modalités de participation trouve une correspondance dans le caractère hybride de *Foldit* (outil de recherche et jeu vidéo) et s'avère nécessaire concernant le caractère compétitif que l'on trouve autant dans la recherche que dans l'activité ludique.

6.2. Les compétences mobilisées

Outre les connaissances de base sur l'utilisation d'un ordinateur ou sur les jeux vidéo en ligne, l'expérience pratique chez *Foldit* suggère que même si les connaissances en biochimie ne sont pas requises pour participer au jeu, elles peuvent tout de même représenter un avantage pour les joueurs, notamment en ce qui concerne la compréhension des billets qui guident le jeu et qui sont affichés par l'équipe scientifique sur le site web. À cet égard, certains joueurs ont mentionné avoir développé un intérêt pour les protéines et même avoir élargi leurs connaissances en biochimie. Néanmoins, nous avons remarqué que le contexte de compétition dans lequel s'inscrit *Foldit* suscite parmi les joueurs interviewés un intérêt particulier à mobiliser et à développer leurs connaissances en informatique, notamment dans l'écriture des recettes (*scripts*). Ainsi, durant la période de résolution de *puzzles*, les échanges de stratégies, de conseils et de recettes entre les joueurs, se réalisent principalement à l'intérieur des équipes, car ceux sont des outils très appréciés afin de monter dans le classement. Cette pratique qui est d'ailleurs incitée par l'équipe de scientifiques, permet aux participants d'élargir l'éventail des stratégies mobilisées.

À titre illustratif, Brian a précisé en entrevue : « [...] on a développé des scripts et puis j'ai changé de groupe, et je me suis rendu compte qu'en fait quand on développe des scripts comme ça dans un groupe ouvert n'importe qui peut y aller... venir prendre les recettes qu'il y a dans ce groupe [...] c'est moi-même qui leur ai envoyé un message pour leur suggérer de faire un groupe fermé » (Brian, lignes 84-90). Nous remarquons ici, comment l'aspect concurrentiel de *Foldit* alimente la mobilisation de compétences informatiques ou incite à leur apprentissage : « [...] je manipulais beaucoup à la main... et Rave m'a dit pour quoi tu te casses la tête à travailler... des protéines à la main... et puis comme lui était très fort en programmes [...] j'ai dit, bon d'accord, je vais essayer autrement, alors j'ai laissé tomber mon travail à la main... et puis je me suis servi de recettes, de mes recettes... mes recettes sont peu bonnes [...] du fait que je ne suis pas programmeur [...] » (Yves, lignes 42-52). Dans la même perspective, Bitterman souligne :

[...] être programmeur aide, car à chaque fois Foldit demande une combinaison de travail à la main et de bons scripts qui raffinent le travail à la main. Seulement, avec le travail à la main on n'obtient pas grand-chose. C'est seulement avec les scripts et la puissance des ordinateurs, qu'on peut arriver jusqu'aux vingt premiers classés. Mais l'usage de ces deux méthodes-là est incontournable pour obtenir des designs vraiment utiles [...] (Bitterman, lignes 58-67)⁵

En somme, les échanges entre les acteurs dans le contexte examiné ont impliqué la mobilisation de connaissances pointues de l'informatique du jeu, notamment afin de remarquer les changements amenés par le *New Chapter*, de faire des tests, de constater les problèmes ayant émergé avec cette mise à jour, et de mieux comprendre les échanges produits entre les acteurs les plus engagés du jeu. À cet égard, le profil privilégié des participants semble s'orienter vers ceux qui ont des compétences en informatique ou vers ceux qui sont prêts à les développer. Ces résultats viennent suggérer l'émergence d'une certaine spécialisation dans le jeu : une combinaison des compétences en informatique, de la puissance du calcul et de la maîtrise des recettes.

7. Conclusions

Cette exploration suggère que la participation à *Foldit* implique la mobilisation d'une pluralité de compétences en informatique. Celles-ci concernent tout d'abord la compréhension de la logique interne du jeu, voire la façon dont les outils du jeu sont associés au calcul de l'énergie des protéines. L'application de ces connaissances à la stabilisation des protéines aura un impact sur l'amont de points gagnés dans le jeu. Deuxièmement, la maîtrise du langage informatique de *Foldit*, LUA, se révèle nécessaire pour améliorer la performance du joueur, notamment pour automatiser certaines étapes du pliage des protéines afin de proposer des séquences de pliage plus fines. Un troisième type de compétences

⁵ Traduction de l'espagnol par l'auteur.

correspond à la combinaison entre le travail « à la main » et l'écriture des recettes dont la maîtrise s'avère un atout parmi les joueurs.

La mobilisation de ces compétences, principalement développées pendant le jeu, permet aux joueurs de réaliser une expérience contributive plus variée chez *Foldit*, notamment en participant aux discussions, en faisant des suggestions, et en proposant des données précieuses à la recherche. À cet égard, ces compétences se révèlent nécessaires à la performance du jeu en tant qu'elles sont liées à la dimension contributive et ludique de l'expérience. D'ailleurs, cette mobilisation de compétences suggère une sorte de spécialisation animée par certains joueurs, qui s'éloignent ainsi d'une participation basique avec des habiletés naturelles. Il faut souligner néanmoins que ces compétences sont issues des caractéristiques techniques ainsi que de la dynamique concurrentielle de *Foldit*. Par ailleurs, la permanence de cette modalité de science participative s'avère tributaire d'une interrelation étroite entre participation, compétences et compétition.

Finalement, l'examen de *Foldit* à partir des compétences des participants nous amène à nous interroger sur le double rôle des participants de *Foldit*. D'une part ils sont des collaborateurs qui ont développé des compétences, et d'autre part ils sont l'objet d'étude dans cette recherche. On peut dès lors se demander quels seraient les enjeux qui émergent de cette double dimension participative ?

Références

- Aarseth, E. (2001). Computer Game Studies. Year One. *Game Studies : The international journal of computer game research*, 1(1). Repéré à <http://www.gamestudies.org/0101/editorial.html>
- Abu-Doleh, A., Al-Jarrah, O., et Alkhateeb, A. (2012). Protein contact map prediction using multi-stage hybrid intelligence inference systems. *Journal of Biomedical Informatics*, 45(1), 173-183.
- Bohannon, J. (2014). Online Video Game Plugs Players Into Remote-Controlled Biochemistry Lab. *Science*. 343(1). Repéré à <http://www.sciencemag.org/content/343/6170/475.summary>
- Bonney, R., Ballard, H., Jordan, R., McCallie, E., Phillips, T., Shirk, J., and Wilderman, C. (2009). Public Participation in Scientific Research: Defining the Field and Assessing Its Potential for Informal Science Education. A CAISE Inquiry Group Report. Rapport. Washington, D.C.: Center for Advancement of Informal Science Education (CAISE). Pdf. Repéré à <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED519688.pdf>
- Borgman, C. (2015). *Big Data, Little Data, No Data. Scholarship in the Networked World*. Cambridge, MA : The MIT Press.
- Callaway E. (2007). The shape of protein structures to come. *Nature* 449 (765). doi : 10.1038/449765a
- Charvolin, F. (2011). La « cause » des sciences citoyennes. *Alliage*, (69). Repéré à <http://revel.unice.fr/alliage/index.html?id=3260>
- Cooper, S., Khatib, F., Treuille, A., Barbero, J., Lee, J., Beenen, M., ... Foldit players (2010a). Predicting protein structures with a multiplayer online game. *Nature* 466 (7307), 756-760. doi : 10.1038/nature09304
- Cooper S., Treuille, A., Barbero, J., Leaver-Fay, A., Tuite, K., Khatib, F., ... and >57,000 Foldit players. (2010b). The Challenge of designing scientific discovery games. *Proceedings of the Fifth international Conference on the Foundations of Digital Games*. (pp. 40-47). ACM. Repéré à <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=1822348.1822354>
- Cooper S. (2011). *A Framework for Scientific Discovery through Video Games*. (Thèse de doctorat), University of Washington, Washington. Accessible par ProQuest ProQuest database. (3501867).
- Coulet, J.-C. (2011). La notion de compétence : un modèle pour décrire, évaluer et développer les compétences. *Le travail humain* 74(1), 1-30. doi : 10.3917/th.741.0001
- Flichy, P. (2010). *Le sacre de l'amateur. Sociologie des passions ordinaires à l'ère numérique*. Paris : Éditions du Seuil.
- Glaser, B. et Strauss, A. (1967). *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*. Chicago, IL : Aldine Publishing Co.
- Heaton L., Millerand F. et Proulx S. (2010). Tela Botanica : une fertilisation croisée des amateurs et des experts. *Hermès*, (57), 71-78.
- Hey, T., Tansley, S. et Tolle, K. (2009). Jim Gray on eScience : A transformed scientific method. Dans T. Hey, S. Tansley et K. Tolle (dir). *The Fourth Paradigm: Data-*

- Intensive Scientific Discovery. Microsoft Research* (xvii–xxxi). Repéré à http://research.microsoft.com/en-us/collaboration/fourthparadigm/4th_paradigm_book_complete_lr.pdf
- Kawrykow, A., Roumanis, G., Kam, A., Kwak, D., Leung, C. et al.. (2012). Phylo: A Citizen Science Approach for Improving Multiple Sequence Alignment. *PLoS ONE* 7(3) : e31362.
- Kerr, A. (2006). *The Business and Culture of Digital Games. Gamework/Gameplay*. Londres : Sage.
- Khatib, F., Cooper, S., Tyka, M., Xu, K., Makedon, I., Popović, Z., ... FOLDIT PLAYERS. (2011). Algorithm discovery by protein folding game players. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(47), p. 18949-18953.
- Khoury, G., Liwo, A., Khatib, F., Zhou, H., Chopra, G., Bacardit, J., ... and Foldit Players (2014). WeFold: A coopetition for protein structure prediction. *Proteins: Structure, Function and Bioinformatics*. 82(9), 1850-1868.
- Kitchin, R. (2014). *The Data Revolution. Big Data, Open Data, Data Infrastructures and Their Consequences*. Londres : Sage.
- Koebel, M. (2006). Réflexions sur quelques enjeux liés à la notion de compétence. *Utinam*. 6, 53-74.
- Latour, B. et Woolgar, S. (1998). *La Vie de laboratoire. La Production des faits scientifiques*. Paris : La Découverte.
- Letor, C. (2006). Reconnaissance des compétences émotionnelles comme compétence professionnelles : le cas des enseignants. *Les Cahiers de recherche en éducation et formation*. 53, 4-32.
- Miller-Rushing, A., Primack, R. et Bonney, R. (2012). The history of public participation in ecological research. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(6), 285-290.
- Morse, J. (1994). *Critical Issues in Qualitative Research Methods*. Thousand Oaks, CA : Sage.
- Nielsen, M. (2012). *Reinventing Discovery : The New Era of Networked Science*. Princeton, NJ : Princeton University Press.
- Nov, O., Arazy, O. et Anderson, D. (2014). Scientists@Home : What Drives the Quantity and Quality of Online Citizen Science Participation ? *PLoS ONE* 9(4) : e90375.
- Orgad, S. (2009). How can researchers make sense of the issues involved in collecting and interpreting online and offline data. Dans A. Markham et N. Baym (dir.) *Internet inquiry : conversations about method* (33-53). Los Angeles, CA : Sage.
- Paillé, P. (1994). L'analyse par théorisation ancrée. *Cahiers de recherche sociologique*, 23, 147-181.
- Seidel, E. et Wing, J. (2010). Preface. *Journal of Computational Science*, 1(1), 1–2.
- Simon, J-P. et Zabban, V. (2012). Les formes ludiques du numérique. Marchés et pratiques du jeu vidéo. *Réseaux*. (173-174), 360.
- Tallard, M. (2001). L'introduction de la notion de compétence dans les grilles de classification : genèse et évolution. *Sociétés contemporaines*. 2001/1 (41-42), 159-187. doi : 10.3917/soco.041.0159
- Wiggins, A. (2010). Technology and Work Practices in Citizen Science. *Proceedings of the American Society for Information Science and Technology (ASIST)*, 47(1), 1-2..
- Wiggins, A. (2011). eBirding: Technology Adoption and the Transformation of Leisure into Science. In *Proceedings of*

- the 2011 iConference*. (p. 798-799). ACM. Repéré à <http://citsci.syr.edu/content/ebirding-technology-adoption-and-transformation-leisure-science>
- Wiggins, A. et Crowston, K. (2011). From Conservation to Crowdsourcing: A Typology of Citizen Science. *Proceedings of the Forty-fourth Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-44)*. (p. 1-10). IEEE. Repéré à <http://citsci.syr.edu/sites/crowston.syr.edu/files/hicss-44.pdf>
- Wiggins, A. et Crowston, K (2015). Surveing the citizen science landscape. *First Monday*, 20(1). Repéré à <http://journals.uic.edu/ojs/index.php/fm/rt/prINTERfriendly/5520/4194>

 Except where otherwise noted, this work is licensed under <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>