

Système tutoriel intelligent

Avancée



- 1 Appellation en anglais
- 2 Stratégies apparentées
 - 2.1 Synonymes
 - 2.2 Domaines apparentés
- 3 Type de stratégie
- 4 Type de connaissances
- 5 Description
 - 5.1 Historique des STI
- 6 Conditions favorisant l'apprentissage
- 7 Niveau d'expertise des apprenants
- 8 Type de guidage
- 9 Type de regroupement des apprenants
- 10 Milieu d'intervention
- 11 Conseils pratiques
- 12 Ressources informationnelles utilisées dans la fiche
 - 12.1 Bibliographie
 - 12.2 Webographie
- 13 Ressources informationnelles disponibles pour rédiger et améliorer la fiche
 - 13.1 Bibliographie
 - 13.2 Webographie

Sommaire

Appellation en anglais

- *Intelligent Tutoring System (ITS)*
- *Tutoring System*

Stratégies apparentées

Les environnements d'apprentissage basés sur la découverte comme les micromondes, les simulations ou les jeux sérieux sont souvent représentés comme des sous-catégories des systèmes tutoriels intelligents (STI). En effet, tous partagent essentiellement la même caractérisation, soit : la nature adaptative du système à l'état de l'apprenant. Tous sont aussi considérés comme des environnements d'apprentissage à base de connaissances (EABC) et sont liés au domaine de l'intelligence artificielle en éducation (AIED).

La différence entre ces deux types est que les environnements d'apprentissage par la découverte sont fondés sur une approche constructiviste de l'apprentissage. Les interventions de ces systèmes ont surtout comme objectif d'amener l'apprenant à remettre en question son raisonnement. Ainsi, le système exploite les erreurs de l'apprenant constructivement en l'amenant à découvrir la cause de ses erreurs afin qu'il opère les ajustements nécessaires. Les

systèmes tutoriels intelligents découlent plutôt d'une approche cognitiviste de l'apprentissage puisque la connaissance s'acquiert principalement par un processus de traitement de l'information consistant à la manipulation des données. Les interventions de ces systèmes indiquent surtout à l'apprenant la validité de ses actions (Bourdeau et al., 2010).

Synonymes

- Système tutoriel intelligent (STI)
- Tuteur intelligent

Domaines apparentés

- Environnement d'apprentissage à base de connaissances (EABC)
- Système d'apprentissage à base de connaissances (SABC)
- Enseignement intelligemment assisté par ordinateur (EIAO)
- Intelligence artificielle en éducation / Artificial Intelligence in Education (AIED)
- Environnement informatique pour l'apprentissage humain (EIAH)

Type de stratégie

Cette stratégie pédagogique est une **microstratégie**. D'ailleurs, «les unités d'informations prises en compte sont en général très petites, au niveau des faits et de leurs interrelations, les systèmes actuels n'ont pas la capacité de raffiner ou de modifier la structure des connaissances au niveau de l'ensemble d'un cours et de ses objectifs» (Paquette, 2005, p. 24). Par contre, cette stratégie pourrait probablement être utilisée comme une macrostratégie grâce à de nouveaux modèles de représentation du curriculum, comme *Curriculum REpresentation and Acquisition Model (CREAM)*, qui peuvent supporter l'organisation et le déroulement d'un cours complet par un STI (Nkambou et al., 2010, p. 28; Nkambou et al., 1997, p. 29).

Type de connaissances

Ce type de stratégie pédagogique qui relève plutôt d'une approche cognitiviste de l'apprentissage favorise habituellement l'acquisition des connaissances **factuelles** ou **conceptuelles** (de type déclaratif). Toutefois, les connaissances **procédurales**, c'est-à-dire «comment faire quelque chose» sont aussi visées. D'ailleurs, la théorie cognitive ACT (*Adaptive Control of Thought* d'Anderson) qui décrit le processus d'apprentissage des connaissances procédurales sert souvent de base à la conception des STI (Nkambou, 2012, p. 45).

Cette stratégie pédagogique semble particulièrement pertinente pour l'apprentissage de contenu complexe contenant de nombreux éléments très interactifs comme les mathématiques ou l'informatique, puisqu'elle permet de prendre en compte plusieurs effets de la théorie sur la charge cognitive. D'ailleurs, dans la littérature sur le sujet, on constate effectivement que ce type de stratégie a souvent été utilisée pour ces domaines, mais elle est également utilisée pour d'autres, comme la géographie ou même la pluviométrie (voir section *Milieux d'intervention*).

Le modèle du domaine, soit la représentation du contenu d'un domaine de connaissances à apprendre est l'un des points les plus importants d'un STI puisque les autres composantes du système accèdent à ce modèle pour réaliser leurs fonctions respectives. Ainsi, le modèle pédagogique se base sur le modèle du domaine pour planifier les activités d'apprentissage et préparer leur mise en œuvre. La nature de la représentation peut se faire à deux niveaux :

1. Modèle de connaissances : le contenu du domaine;
2. Modèle de l'expert : le contenu relatif à la manière de résoudre un problème particulier dans le domaine.

Description

Les systèmes tutoriels intelligents (STI) sont des environnements d'apprentissage informatisés qui visent à imiter le comportement d'un tuteur humain dans ses capacités d'expert pédagogique et d'expert du domaine. Ainsi, tout comme un tuteur, les logiciels de ce type ont le potentiel d'amener l'apprenant à réaliser une tâche et de fournir des rétroactions pertinentes sur leurs actions.

Les STI sont essentiellement des environnements de résolution de problèmes ou d'exercices. Ils favorisent l'apprentissage dans un domaine précis en guidant et en assistant l'apprenant. Parfois, ils exposent d'abord le contenu du domaine à l'apprenant; parfois, ils présentent directement les exercices qui permettront d'assimiler les connaissances (Bourdeau et al., 2010, p. 13).

Ces systèmes ont l'intention de prendre en considération l'état de l'apprenant en adaptant les décisions pédagogiques aux besoins particuliers de chaque apprenant. L'adaptabilité se révèle principalement par trois manières différentes (Bourdeau et al., 2010, p. 10) :

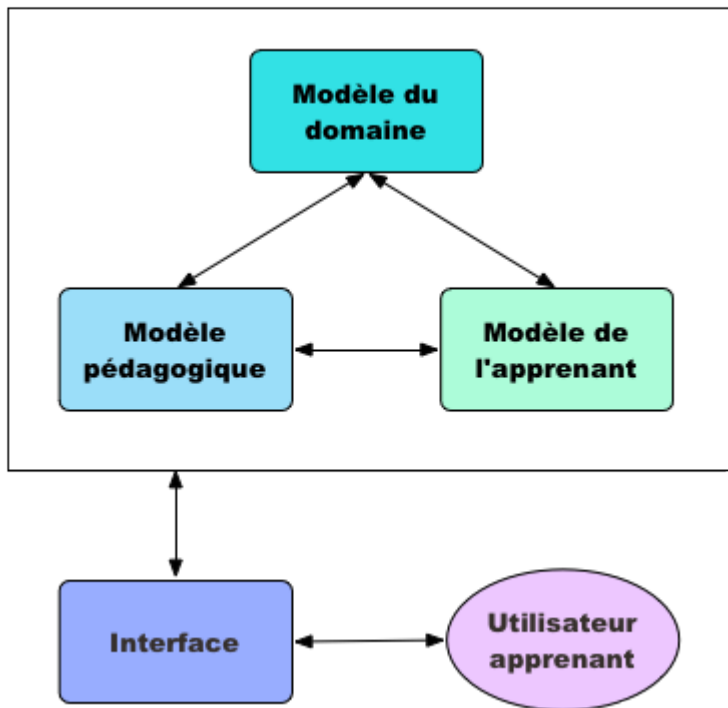
- présentation dynamique des objectifs d'apprentissage relativement à l'état des connaissances de l'apprenant;
- ajustement des stratégies ou des tactiques pédagogiques dans un contexte d'assistance en fonction de l'état de l'apprenant;
- configuration de l'interface ou des rétroactions transmises à l'apprenant en fonction de ses préférences ou de ses besoins.

De son côté, Lefevre explicite quelque peu les avantages attendus de ce type de stratégie pédagogique (2012, p. 26) :

- enseigner des méthodes, des démarches et des modes de raisonnement;
- réagir aux questions de l'apprenant;
- conseiller, expliquer ou justifier;
- évaluer les méthodes de l'apprenant;
- détecter ses erreurs et leurs causes;
- proposer des moyens de remédiation;
- adapter les tâches et la progression.

Un tel comportement d'adaptation à l'apprenant par le système est possible puisqu'il possède les composantes «intelligentes», soit une base de connaissances et un moteur d'inférence qui exploite les connaissances de la base. Ces techniques venant de l'intelligence artificielle font donc en sorte que l'environnement est capable d'émuler le tuteur en «raisonnant» à l'aide des connaissances incluses dans sa base de données. Plus précisément, l'architecture conceptuelle classique d'un STI comporte un modèle du domaine qui connaît quoi enseigner, un modèle pédagogique qui sait comment enseigner, un modèle de l'apprenant qui peut personnaliser l'apprentissage en tenant compte de celui-ci et un modèle de l'interface, soit les moyens visibles permettant l'interrelation entre l'apprenant et le système (Voir figure 1).

Figure 1. Architecture conceptuelle classique d'un STI (adapté de Bourdeau et al., 2010, p. 10)



Historique des STI

Carbonell publie en 1970, le premier article réunissant les domaines de l'intelligence artificielle et de l'enseignement assisté par ordinateur (EAO). Ainsi, débute l'histoire de l'intelligence artificielle en éducation, prémisses à l'apparition des systèmes tutoriels intelligents.

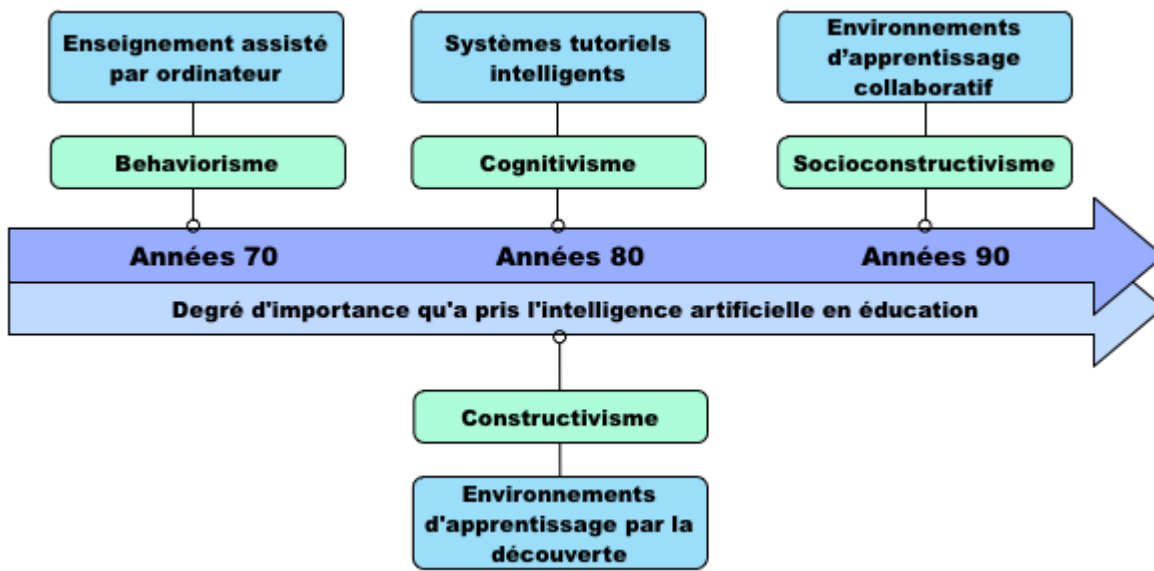
En 1982, Cohen et al. publie une méta-analyse sur les résultats éducationnels du tutorat et de ses bienfaits. Deux ans plus tard, Bloom publie également un article relatant l'efficacité du tutorat (1984). Les chercheurs du domaine font le constat que le tutorat est un fondement solide sur lequel construire des systèmes adaptatifs et interactifs capables de fournir des services personnalisés, de 1 à 1 (Bourdeau et al., 2010, p. 6).

Les premiers STI sont apparus au début des années 80 à la convergence de plusieurs disciplines définissant le domaine émergent de l'intelligence artificielle en éducation, comme les sciences cognitives, l'informatique ou les sciences de l'éducation. SCHOLAR est le tout premier système du genre.

Le livre *Intelligent Tutoring Systems* paru en 1982 est le premier livre sur les STI. C'est une collection d'articles sur des travaux représentant une percée dans la mise en oeuvre de concepts et de techniques d'intelligence artificielle pour l'apprentissage (Sleeman et Brown). Toutefois, c'est la publication du livre *Artificial Intelligence and Tutoring Systems* de Wenger qui établit réellement les grandes lignes du nouveau domaine. C'est donc 1987 qui débute le développement des STI modernes.

Les apports significatifs du domaine des STI les plus récents sont marqués par le livre de Woolf édité en 2008 et celui par Nkambou et al. paru en 2010.

Figure 2. Grands cadres de l'évolution des EA par rapport aux théories en psychologie de l'éducation (adapté de Nkambou, 2012, p. 61)



Conditions favorisant l'apprentissage

Premièrement, comme les STI sont basés sur le constat que le tutorat est un fondement solide pour la conception de systèmes éducatifs, il est évident que les avantages de cette manière de faire sont intégrés aux STI. Ainsi, tout comme en situation réelle, il peut y avoir une **rétroaction constante** entre le tuteur et l'apprenant, une véritable **personnalisation de l'apprentissage**. Si l'explication n'est pas comprise, le tuteur s'en rend compte rapidement et approfondit ses explications. Il existe beaucoup de **renforcement positif**, d'encouragements dans une situation de tutorat (Bloom, 1984). Par exemple, dans Wayang Outpost, le système sélectionne même la stratégie de conseils selon le profil cognitif de l'apprenant. Ainsi, les apprenants qui possèdent des habiletés spatiales avérées auront des conseils sous forme d'illustrations, alors que les autres auront des conseils sous forme analytique (Bourdeau et Pelleu-Tchétaghi, 2010).

D'autre part, faire réfléchir les apprenants en leur donnant des problèmes à résoudre est l'objectif principal de l'enseignement. Et comme les humains aiment réfléchir à des problèmes à un niveau de difficulté qui leur convient, ni trop simple, ni trop complexe ; le défi doit être raisonnable, il faut qu'il **respecte les limites cognitives de l'apprenant** (Willingham, 2010). Les STI sont bien sûr des environnements d'apprentissage parfaits pour prendre en considération certains effets, certains principes mis en évidence par la théorie de la charge cognitive.

En effet, comme les STI sont d'abord conçus dans le but de s'adapter à l'apprenant, il est évident que le type de guidage peut s'adapter automatiquement au niveau d'expertise de l'apprenant en faisant disparaître progressivement le guidage selon l'accroissement de son niveau de connaissance. Ainsi, le système peut fournir une **séquence pédagogique optimale** en présentant des « problèmes initialement résolus, suivis par des problèmes à compléter, et enfin par des problèmes proposés sans aucune aide » (Chanquoy, Tricot et Sweller, 2007, p. 183). Schneider et Stern (2010) tiennent le même propos. La décomposition des tâches (ou objectifs) est une puissante stratégie de résolution des problèmes et développe des structures complexes de connaissances en hiérarchisant les éléments de savoir.

En outre, l'alternance entre problèmes résolus et des problèmes similaires non résolus assurent que les apprenants vont s'intéresser aux problèmes résolus parce qu'ils savent qu'un problème semblable va suivre. Cela permet de signaler aisément les écarts à la connaissance visée et assure la **motivation** de l'apprenant (Chanquoy, Tricot et Sweller, 2007).

Dans le même ordre d'idées, avec cette stratégie pédagogique l'on peut d'abord présenter des contenus ou des exercices basiques pour **activer les connaissances antérieures**, **présenter les nouvelles connaissances** du domaine

à apprendre et faire réellement **pratiquer** l'apprenant par la résolution des problèmes ou d'exercices grâce à une séquence pédagogique optimale. Ainsi, cet environnement permet une bonne **automatisation des connaissances**, c'est-à-dire qu'elle permet de bien enraciner les connaissances dans les schémas mentaux des apprenants en offrant une bonne structuration des contenus et une répétition d'exercices (Chanquoy, Tricot et Sweller, 2007, p. 183).

D'après une expérience à Carnegie-Mellon, il apparaît que le STI LISP Tutor pour l'enseignement du langage de programmation LISP a permis une amélioration de la qualité des résultats de 43 % et que le temps d'apprentissage a été réduit de 30 % (Nkambou, 2012, p. 70).

Niveau d'expertise des apprenants

Une des possibilités avec les STI est que le système peut présenter des contenus à l'apprenant de manière variable, compte tenu de son niveau de connaissance. Autrement dit, comme chaque apprenant possède un niveau de maîtrise différent par rapport aux capacités à acquérir, chacun se voit offrir des contenus différents. La présentation adaptative de contenus dans un STI se réalise, entre autres, grâce au modèle de l'apprenant. C'est l'un des aspects clés des STI.

Plus précisément, le modèle de l'apprenant représente l'état courant de celui-ci. L'évaluation de cet état se fait par un diagnostic cognitif à travers les actions qu'il fait, où l'on apprend minimalement son niveau de connaissance et ses processus de raisonnement. Ce modèle comporte également de l'information générale sur l'apprenant comme les problèmes résolus, comment il les a résolus, ses résultats, les sections parcourues, le temps passé dans ces sections, etc. (Bourdeau et al., 2010, p. 14). Ainsi, le système peut prendre en considération l'état de l'apprenant en déterminant à quel niveau ou sur quel aspect spécifique du domaine l'apprenant a besoin d'aide et adapter les décisions pédagogiques (modèle pédagogique) à ses besoins particuliers.

Par conséquent, on peut conclure que cette stratégie est adaptée autant au niveau des apprenants **débutants**, **intermédiaires** ou **novices**.

Type de guidage

Le type de guidage de cette stratégie est évidemment supporté par le **système informatisé**. Plus précisément, c'est le modèle pédagogique du système qui comprend principalement les règles d'action, soit les stratégies et les méthodes pédagogiques, qui permettent l'adaptation des interventions pédagogiques (ex : décider s'il doit y avoir intervention, séquencer, présenter et expliquer le contenu, etc.) par le système pour réaliser son objectif fondamental de supporter le passage de l'apprenant d'un état de connaissances initial à un état de connaissances ciblé. Ce modèle est donc le moteur du dynamisme dans un STI, soit le moteur d'inférence qui permet de représenter les interactions entre l'apprenant et le système en se basant sur le modèle de l'apprenant et le modèle du domaine comme bases de connaissances (Bourdeau et al., 2010, p. 16).

Grandbastien et Labat (2006, p. 78) expliquent que deux types de guidage sont possibles :

1. Le guidage opportuniste basé sur le diagnostic de l'activité de l'apprenant, où l'on peut mettre de l'avant les stratégies suivantes:
 - varier systématiquement les cas présentés;
 - tendre un piège à l'apprenant pour faire apparaître ses idées fausses;
 - encourager l'apprenant à faire des prédictions et à formuler des règles générales.
2. Le guidage planifié basé sur la séquence pédagogique prédéterminée et liée à la structure du domaine d'enseignement et des objectifs à atteindre.

«Dans les systèmes basés sur la résolution de problèmes, le style pédagogique est souvent assez directif, car il est difficile de laisser l'élève s'éloigner de la solution si on veut pouvoir diagnostiquer ses erreurs» (Grandbastien et Labat, 2006, p. 80). Les auteurs de *Geometry Tutor* et *LISP Tutor* suggèrent la même stratégie d'intervention

immédiate en cas de problèmes, car, selon eux, la correction différée d'une erreur est beaucoup plus coûteuse en temps (Nkambou, 2012, p. 45). Toutefois, d'autres approches plus souples pour l'apprenant sont aussi utilisées et se contentent de donner une simple rétroaction. Par exemple, dans *APLUSIX*, le système se limite à indiquer que l'action de l'apprenant est erronée, sans préciser ni l'erreur, ni la correction (Grandbastien et Labat, 2006, p. 80).

Type de regroupement des apprenants

Les STI sont centrés sur l'apprenant, c'est-à-dire que le contrôle se base concrètement sur les actions effectuées ou sur les réponses que donne l'apprenant aux questions posées. Ainsi, c'est grâce au diagnostic cognitif posé à la suite de ce que fait l'apprenant que l'adaptation du système est possible (Grandbastien et Labat, 2006, p. 83). De plus, un autre avantage des STI est de permettre une progression individualisée de l'apprentissage. L'apprenant peut donc apprendre à son propre rythme, suivre le cheminement adapté à ses besoins. En ce sens, on peut comprendre que ce type d'environnement d'apprentissage s'adresse généralement à un **apprenant unique**.

Toutefois, comme « l'apprentissage n'est pas seulement une activité individuelle mais pour partie une activité sociale dans laquelle il est nécessaire que l'enseignant et les co-apprenants puissent se manifester » (Grandbastien et Labat, 2006, p. 83), les STI auraient tout intérêt à être intégrés dans une approche plus collaborative, d'un esprit plus « réseau », au lieu d'être seulement implantés dans une logique individuelle.

Milieu d'intervention

L'adaptation de l'environnement d'apprentissage pour répondre aux besoins spécifiques de chaque apprenant est l'avantage attendu des STI. De ce fait, l'utilisation de cette stratégie pédagogique semble s'appliquer à **tous les milieux d'intervention**.

Voici quelques exemples d'utilisation de cette stratégie :

- pour enseigner la géographie sud-américaine (SCHOLAR);
- pour enseigner la géométrie au niveau secondaire (MathSpring anciennement Wayang Outpost);
- pour enseigner la pluviométrie, les causes de la pluie (WHY);
- pour assister un apprenant en situation de découverte et de conduite de preuves en géométrie élémentaire (Geometry Tutor);
- pour enseigner la résolution de problèmes en algèbre dans les écoles secondaires (utilisé dans plus de 1 000 écoles aux États-Unis) (Algebra Tutor);
- pour soutenir l'apprentissage en méthodologie de recherche, par exemple sur l'éthique expérimentale et les méthodes de recherche en sciences humaines (Research Methods Tutor);
- pour soutenir l'application des principes de la physique par des étudiants de premier cycle universitaire (Andes physics Tutor);
- pour soutenir l'apprentissage dans le domaine mathématique des dénombrements (combinatoire) au niveau de la classe de terminale scientifique en France (Combien?);
- pour enseigner la résolution de problèmes de diagnostics médicaux sur les maladies infectieuses (GUIDON et MYCIN);
- pour enseigner la programmation en BASIC (BIP);
- pour enseigner le langage LISP (LISP Tutor);

- pour enseigner la programmation en LOGO (Spade);
- pour enseigner aux techniciens à réparer et faire la maintenance des systèmes des avions F-16 (F-16 Maintenance Skills Tutor);
- pour assister les enseignants dans leurs tâches d'évaluation des connaissances et des compétences en algèbre de leurs élèves afin qu'ils améliorent leur approche pédagogique (Pépité).

Conseils pratiques

Grandbastien et Labat (2006, p. 83) rapportent que les tuteurs intelligents n'ont pas encore atteint un stade de déploiement à grande échelle dû à deux difficultés majeures. Premièrement, «il n'existe pas de théorie pédagogique suffisamment bien établie pour représenter dans ces systèmes l'expertise pédagogique indépendamment de l'expertise du domaine» ce qui fait en sorte qu'il faut toujours concevoir et inclure des éléments de pédagogie dans chaque modèle de domaine. Deuxièmement, il est très difficile de réaliser le diagnostic cognitif de l'apprenant à travers ses actions même si les connaissances sont très restreintes. Et ce diagnostic, rappelons-le, est essentiel pour l'adaptation intelligente du système à l'apprenant.

Le logiciel libre CTAT (Cognitive Tutor Authoring tools) est un système-auteur offrant un ensemble d'outils et de bibliothèques pour construire des d'EABC. Quoiqu'il n'est pas obligatoire de savoir programmer et que le coût de production de certains environnements d'apprentissage conçus avec cette plateforme a été réduit de manière substantielle, «l'effort à consentir est considérable, le ratio connu étant de 50 à 100 heures de développement pour une heure de tutorat» (Aleven et al., 2009 cité par Bourdeau et al., 2010, p. 33).

Ressources informationnelles utilisées dans la fiche

Ici figurent toutes les ressources informationnelles qui ont été lues et utilisées par les contributeurs successifs pour rédiger la fiche. Ces ressources ont été puisées dans celles qui ont été prédéterminées ci-dessous, dans la section : Ressources informationnelles disponibles. Toutefois, chaque contributeur peut choisir d'utiliser d'autres ressources, du moment qu'elles sont pertinentes pour la thématique traitée, crédibles et présentent un contenu de qualité. Les références utilisées doivent être placées dans la bonne section : soit dans la bibliographie (articles, livres, chapitres) soit dans la webographie (ressources électroniques diverses), cependant les articles des revues électroniques ou des chapitres publiés en ligne doivent être placés dans la bibliographie).

Bibliographie

Placez dans cette section les articles des revues (y compris les revues en ligne, les livres ou les chapitres de livres, y compris ceux qui sont disponibles en ligne). Indiquez l'hyperlien si possible. Citez vos ressources selon les normes APA. Pour ce faire, utilisez le guide suivant : Couture, M. (2013, mise à jour). Adaptation française des normes bibliographiques de l'APA. Récupéré du site <http://benhur.telug.quebec.ca/~mcouture/apa/Presentation.htm>

Arnott, E., Hastings, P., & Allbritton, D. (2008). Research Methods Tutor: Evaluation of a dialogue-based tutoring system in the classroom. *Behavior Research Methods*, 40(3), 694-698.

Bloom, B. (1984). The 2 sigma problem: The search for methods of group instruction as effective as one-to-one tutoring. *Educational Researcher*, 13(6), pp. 3-16. Récupéré le 7 novembre 2014 : <http://www.jstor.org/discover/10.2307/1175554?uid=3739560&uid=2&uid=4&uid=3739256&sid=21105155172343>

Bourdeau, J. et Pelleu-Tchétagani J. et Psyché V., (Août 2010). *Le domaine des environnements d'apprentissage à base de connaissances*. Québec, Canada : Éditions Télé-Université, Université du Québec à Montréal, 47 pages. Récupéré le 21 mars 2013 sur le site du cours : <http://aris.telug.quebec.ca/LinkClick.aspx?fileticket=WvT4o1L83Fk%3d&tabid=39445&language=fr-CA>

Bourdeau, J. et Pelleu-Tchétagani J., (2010). *Exemples d'environnements d'apprentissage à base de connaissances*. Québec, Canada : Éditions Télé-Université, Université du Québec à Montréal, 32 pages. Récupéré le 21 juin 2013 sur le site du cours :

<http://aris.teluq.quebec.ca/LinkClick.aspx?fileticket=j79X%2fmHkSFI%3d&tabid=39446&language=fr-CA>

Carbonell, J.R. (1970). AI in CAI: An artificial intelligence approach to computer assisted instruction. *IEEE Transactions on Man-Machine*, 11, 190-202.

Chanquoy, L., Tricot, A., & Sweller, J. (2007). *La charge cognitive. Théorie et applications* (pp. 131-188). Paris, France : Armand Colin.

Cohen, P.A., Kulik, J.A., Kulik, C.C. (1982). Educational Outcomes of Tutoring: A Meta-Analysis of Findings. *American Educational Research Journal*, 19.2: pp. 237-248. Récupéré le 7 novembre 2014 : http://www.fau.edu/CLASS/CRLA/Level_Three/Educational_Outcomes_of_Tutoring_A_Meta-analysis_of_Findings.pdf

Grandbastien, M. et Labat J.-M. (2006). *Environnements informatiques pour l'apprentissage humain*, Paris : Éditions Hermes-Lavoisier, 382 pages.

Lefevre, M. (2012). *?Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*. Récupéré le 20 novembre 2013 à <http://liris.cnrs.fr/marie.lefevre/ens/M2R-EIAH/M2R-EIAH-2013-CM1-Intro.pdf>

Nkambou R. (2012). *Introduction aux systèmes tutoriels intelligents*. 76 pages. Récupéré le 10 avril 2013 sur le site du laboratoire de recherche GDAC (Gestion, Diffusion et Acquisition de connaissances) : <http://gdac.uqam.ca/inf7470-A12/seance3-2pp.pdf>

Nkambou R., Bourdeau J. et Mizoguchi R. (2010). *Advances in Intelligent Tutoring Systems*. Springer, Heidelberg: Studies in Computational Intelligence, vol. 308.

Nkambou, R., Gauthier, G., & Frasson, C. (1997). Un modèle de représentation des connaissances relatives au contenu dans un système tutoriel intelligent. *Sciences et techniques éducatives*, 4(3), 299-330. Repéré à http://www.info2.uqam.ca/~nkambou_r/DIC9340/seances/seance2-3-4-6/Connaissance%20et%20raisonnmenet/ste.pdf

Paquette, G. (2005). *Les environnements d'apprentissage intelligents*. 24 pages. Récupéré le 18 novembre 2014 à http://www.teluq.quebec.ca/expl_inf5100/pdf-doc/txt17.pdf

Schneider, M., & Stern, E. (2010). L'apprentissage dans une perspective cognitive. In H. Dumont, D. Istance, & F. Benavides (Eds.), *Comment apprend-on? La recherche au service de la pratique* (pp. 73-95). Paris, France : Éditions OCDE.

Wenger, E. (1987). *Artificial Intelligence and Tutoring Systems: Computational and Cognitive Approaches to the Communication of Knowledge*. Los Altos, CA: Morgan Kaufmann.

Willingham, D. T. (2010). Pourquoi les enfants n'aiment-ils pas l'école? (chapitre 1). In D. T. Willingham (Ed.), *Pourquoi les enfants n'aiment pas l'école?* (pp. 3-23). Paris, France : La Librairie des Écoles.

Webographie

Placez dans cette section des ressources informationnelles complémentaires disponibles sur le web. Chaque ressource doit être décrite brièvement. Indiquez l'hyperlien (bien évidemment) et la date de consultation. Tâchez de citer vos ressources selon les normes APA. Pour y parvenir, utilisez le guide du professeur Couture, notamment cette section du guide en ligne : Couture, M. (2013, mise à jour). Adaptation française des normes bibliographiques de l'APA. Récupéré du site <http://benhur.teluq.quebec.ca/~mcouture/apa/Presentation.htm>

Ressources informationnelles disponibles pour rédiger et améliorer la fiche

Ici figurent les références sélectionnées sur la stratégie dont traite la fiche et, éventuellement, des sujets plus généraux, mais liés de près à la thématique de la fiche. Si vous utilisez ces ressources pour rédiger votre contribution, vous devez les citer dans votre texte et, de plus, les déplacer dans la section " Ressources informationnelles utilisées". Vous pouvez aussi, comme tout autre contributeur au Wiki-TEDia, ajouter ici toutes les ressources informationnelles que vous connaissez, que vous avez trouvées sur le web ou en lisant d'autres écrits, même si vous ne les utilisez pas. **Cette section fait donc office de veille sur la thématique couverte par la fiche.** Veillez à placer les ressources proposées dans la bonne section : soit dans la bibliographie (articles, livres, chapitres) ou dans la webographie (ressources électroniques diverses, cependant les articles des revues électroniques ou des chapitres publiés en ligne doivent être placés dans la bibliographie).

Bibliographie

Dans cette section figurent les articles des revues (y compris les revues en ligne, les livres ou les chapitres de livres (y compris ceux qui sont disponibles en ligne). L'hyperlien peut être indiqué si possible. Les ressources doivent être citées selon les normes APA. Pour ce faire, utilisez le guide suivant : Couture, M. (2013, mise à jour). Adaptation française des normes bibliographiques de l'APA. Récupéré du site <http://benhur.teluq.quebec.ca/~mcouture/apa/Presentation.htm>

Buche, C. (2005). *Un système tutoriel intelligent et adaptatif pour l'apprentissage de compétences en environnement virtuel de formation* (Doctoral dissertation, Université de Bretagne occidentale-Brest). Repéré à <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00011223/>

Buche, C., Querrec, R., De Loor, P., Chevaillier, P., & Tisseau, J. (2009). PEGASE, un système tutoriel intelligent générique et adaptatif en environnement virtuel. *TSI. Technique et science informatiques*, 28(8), 1051-1076.

Cléder, C. (2002). *Planification didactique et construction de l'objectif d'une session de travail individualisée: modélisation des connaissances et du raisonnement mis en jeu* (Doctoral dissertation, Clermont-Ferrand 2). Repéré à <http://www.theses.fr/2002CLF20019>

Mayers, A., & Lefebvre, B. (1992, January). Une modélisation de l'architecture cognitive d'un étudiant pour un système tutoriel intelligent. In *Intelligent Tutoring Systems* (pp. 277-285). Springer Berlin Heidelberg. Repéré à http://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-55606-0_35

Murray, T., Woolf, B., Rath, K., Marshall, D., Bruno, M., Dragon, T., Kohler, K. et Mattingly, M. (2005). *Evaluating Inquiry Learning Through Recognition-Based Tasks*. In C. K. Looi & G. McCalla & B. Bredeweg & J. Breuker (Eds.), 12th International Conference on Artificial Intelligence in Education, AIED 2005. Amsterdam, The Netherlands, July 2005, pp. 515-522. Repéré à http://centerforknowledgecommunication.com/publications/pubs2/Murray_AIED2005.pdf

Murray, T., Woolf, B. et Marshall, D. (2003). *A coached learning environment for case-based inquiry learning in human biology*. In Richards, G. (Ed.), Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2003, Phoenix, Arizona, November 2003. Chesapeake, VA: AACE, pp. 654-657. Repéré à <http://www.tommurray.us/rashi/2003AIEDMurrayRASHIPoster.doc>

Piché, P., Frasson, C., & Aïmeur, E. (1997). Amélioration de la formation au moyen d'un agent perturbateur dans un système tutoriel intelligent. *Proceedings of NTICF*, 98, 123-130. Repéré à <http://www.iro.umontreal.ca/~frasson/FrassonPub/NTICF-98-Agent%20perturbateur.doc>

Richard, P. R., Fortuny, J. M., Cobo, P., & Aïmeur, E. (2003). Stratégie argumentative et système tutoriel pour l'apprentissage interactif de la géométrie. Actes de l'Espace mathématique francophone 2003. Repéré à

Sleeman, D. et Brown, J.S. (dir.). (1982). *Intelligent Tutoring Systems*. London: Academic Press.

Tisseau G., Giroire H., Le Calvez F., Duma J. et Urtasun M., *Combien?, Un EIAH pour les dénombrements : expérimentation et leçons pour l'ingénierie*. Repéré à <http://edutice.archives-ouvertes.fr/docs/00/00/16/98/PDF/n051-29.pdf>

Woolf, B. (2008). *Building Intelligent Interactive Tutors: Student-centered Strategies for Revolutionizing E-Learning*. Morgan Kaufmann.

Webographie

Dans cette section figurent des ressources informationnelles complémentaires disponibles sur le web. L'hyperlien doit être indiqué, de même que la date de consultation. Les ressources doivent être citées selon les normes APA. Pour cela, utilisez le guide du professeur Couture, notamment cette section du guide en ligne : Couture, M. (2013, mise à jour). Adaptation française des normes bibliographiques de l'APA. Récupéré du site <http://benhur.teluq.quebec.ca/~mcouture/apa/Presentation.htm>

- *La mémoire des émotions* (2011): Une recherche du DIRO (Département d'informatique et recherche opérationnelle) démontre que la joie, la peur et la colère favorisent l'apprentissage chez les enfants. Le projet de recherche de Ramla Ghali, dirigé par Claude Frasson, a été réalisé auprès d'élèves de six à huit ans. L'étudiante a mesuré l'amélioration obtenue dans la mémorisation du vocabulaire d'une langue seconde avec un tutoriel d'apprentissage intelligent pouvant susciter des émotions. Repéré à <http://vimeo.com/25418977>
- *Présentation du cours IA Fondement des STI: Introduction* (2014): Présentation PowerPoint. Repéré à http://www.powershow.com/view1/2a893f-ZDc1Z/1_Prsentation_du_cours_2_IA_Fondement_des_STI_1_Introduction_powerpoint_ppt_presentation
- *Un Agent Pédagogique pour les Environnements Virtuels de Formation* (2010): Présentation PowerPoint. Repéré à http://www.powershow.com/view1/2a16b9-ZDc1Z/Un_Agent_Pdagogique_pour_les_Environnements_Virtuels_de_Formation_powerpoint_ppt_presentation