

L'ÉDUCATION NUMÉRIQUE

ADAPTER

L'intelligence artificielle
et l'adaptive learning



Alexandre Piboyeux
Responsable produits et contenus
@Educlever

L'objectif de l'adaptive learning est très simple: il vise à proposer un parcours pédagogique qui s'adapte en continu au niveau et aux besoins d'un apprenant donné. En revanche, sa mise en œuvre est plus complexe.

Alors que de nombreux acteurs promettent beaucoup et proposent finalement à leurs utilisateurs des solutions opaques et faussement complexes, nous nous attachons à proposer des produits mêlant intelligence informatique et humaine, algorithmes et choix éditoriaux, en essayant le plus possible de contrebalancer la complexité par des informations lisibles et des outils simples d'accès.

Nous vous proposons dans les quelques pages qui suivent de découvrir notre expérience, notre démarche et, bien sûr, notre expertise de l'IA au service de l'apprentissage, dans ses dimensions technique, pédagogique et éditoriale.

En attendant de vous retrouver bientôt sur nos plateformes, je vous en souhaite une très bonne lecture.

Adapter

Un peu d'histoire | L'histoire de l'intelligence artificielle a commencé bien avant l'apparition des premiers ordinateurs... | **p. 2**

Qu'est-ce que l'apprentissage adaptatif? | Du profil apprenant au référentiel de compétences, l'évaluation automatisée des connaissances est au cœur de ce dispositif pédagogique. | **p. 4**

Adapter | L'apprentissage adaptatif nécessite une adaptation dynamique aux besoins de l'apprenant, qui évoluent au fil de ses interactions avec l'outil. | **p. 6**

Industrialiser | Industrialiser la personnalisation de l'apprentissage implique l'usage d'un système «intelligent», capable de mettre en relation différents modèles dynamiques... | **p. 8**

Modéliser | Modélisations à différentes échelles et scénario pédagogique : une structuration des contenus sur mesure... | **p. 10**

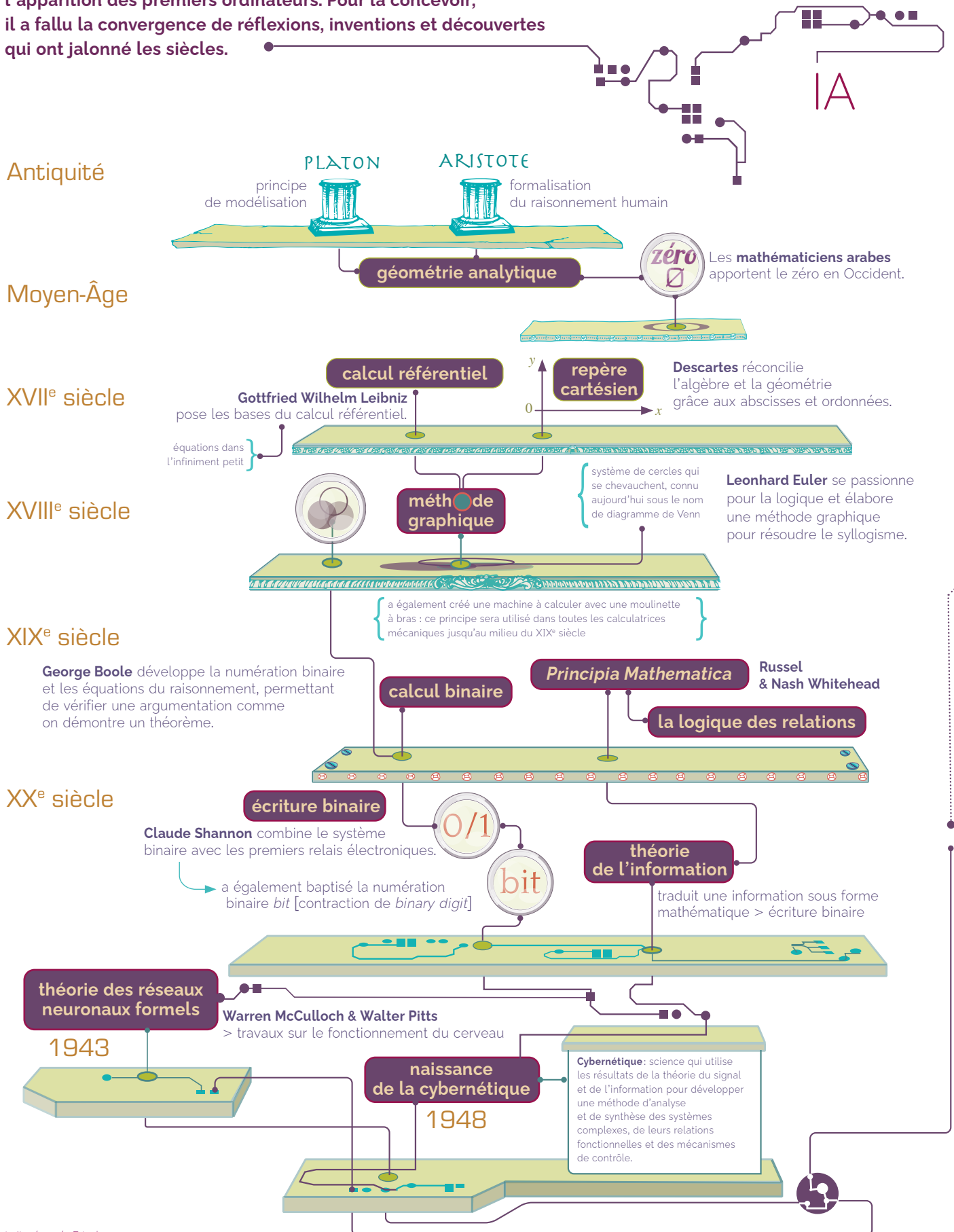
Normaliser | Profil d'acquisition dynamique, champ de connaissances modélisé et mise en relation constante... tout ceci implique des normes d'interopérabilité rigoureuses. | **p. 12**

Personnaliser | Pour un apprentissage adapté, il faut une personnalisation qui se décline sous différentes formes et à différents niveaux... | **p. 14**

Sources et références | **p. 16**

Un peu d'histoire

L'histoire de l'intelligence artificielle commence bien avant l'apparition des premiers ordinateurs. Pour la concevoir, il a fallu la convergence de réflexions, inventions et découvertes qui ont jalonné les siècles.



1950

inspirées des phénomènes de croissance animale et végétale

Alan Turing élabore un test qui valide l'intelligence d'une machine.

test de Turing

structures de Turing

Étymologie algorithmique

Muhammad Ibn Mûsâ al-Khwârizmî (latinisé en *Algorithmi*), était un mathématicien, géographe, astrologue et astronome perse, vers la fin du VIII^e siècle.

Son nom est à l'origine du mot **algorithme**, et le titre de l'un de ses ouvrages (*Kitâb al-jabr wa al-muqâbala*), à l'origine du mot **algèbre**.

Marvin Minsky et Dean Edmonds tentent de mettre en pratique la théorie des réseaux neuronaux formels.

SNARC la 1^{re} machine neuronale

1951 { Stochastic Neural Analog Reinforcement Calculator }

Naissance de l'IA

> conférence de Dartmouth

Frank Rosenblatt (psychologue de formation) apporte à leurs travaux une amélioration décisive.

1957

Le Perceptron la 1^{re} machine apprenante

Simulation tournant sur un IBM 704 qui consistait en une couche de « neurones » prise en sandwich entre des unités sensorielles et des unités d'activation.

imaginée par Paul Werbos, mathématicien et économiste [thèse de 1974]

Rétropropagation du gradient

Perceptrons multicouches

travaux publiés en 1986 par David E. Rumelhart, Ronald J. Williams & Geoffrey E. Hinton

1986

Limitation des erreurs

thèse de Yann Le Cun (devenu depuis directeur du laboratoire d'IA de Facebook)

La rétropropagation consiste alors à modifier plus en profondeur les liaisons pouvant engendrer une erreur importante, et de façon moins importante celles conduisant à une erreur marginale.

World wide web

avec l'apparition du web, des milliards de données circulent et s'échangent

1987

début des années 1990

Tamagotchi

animal de compagnie virtuel, créé par Bandai

1996

Deep Blue

Le super ordinateur Deep Blue bat le champion du monde Garry Kasparov aux échecs.

1997

puissance de calcul

2015

Deep learning

base de données étiquetées

= technique d'apprentissage profond

reconnaissance et classification auto-générée, qui s'auto-incrémente et s'enrichit en se nourrissant de données

AlphaGo

2016

AlphaGo gagne face à Lee Sedol, alors le meilleur joueur au monde.

- Cario | *Libération-France Inter* | 2017
- de Brabandere | *Philosophie Magazine* | 2016
- Henno | *Les Échos* | 2018
- Koppe | *lejournal.cnrs* | 2017
- Monasse & Nadjahi | *OpenClassrooms* | 2018
- Monka | *maths-et-tiques.fr*
- Dossier Turing | Cité des Sciences et de l'Industrie



Qu'est-ce que l'apprentissage adaptatif ?

Le principe de l'apprentissage adaptatif revient à personnaliser un parcours d'apprentissage pour chaque apprenant, selon ses besoins.

Or, répondre à des besoins revient d'abord à les identifier. Du profil apprenant au référentiel de compétences, l'évaluation automatisée des connaissances est au cœur du développement de ces dispositifs pédagogiques.

Définir l'apprentissage

Tester un savoir est relativement simple : on pose une question, à laquelle l'apprenant doit répondre. Une compétence, c'est-à-dire la compréhension d'une notion et la capacité à l'appliquer dans des contextes variés, est en revanche plus complexe à évaluer. Sa modélisation implique de décortiquer ce qui la compose des points de vue cognitif et didactique. On considère qu'une compétence est acquise quand l'apprenant répond à une séquence d'exercices qui retrace le savoir procédural de cette compétence.

Un savoir procédural se compose de tâches d'apprentissage génériques, que l'on peut identifier et nommer par leurs verbes d'opérations mentales respectifs : identifier, mettre en relation, modifier, trier, classer, produire, définir et justifier. On peut y ajouter d'autres verbes, plus spécifiques selon la thématique ou l'objet étudié. Lorsqu'un apprenant sait appliquer ces différentes actions à une notion, on considère que la compétence est acquise.

Un processus adaptatif

Un apprentissage adaptatif intègre plusieurs processus : un test de positionnement – c'est-à-dire une phase diagnostique du profil de l'apprenant –, une série de recommandations ciblées selon les résultats, un profil qui s'affine régulièrement au fil des actions et comportements de l'apprenant, des évaluations récurrentes qui mettent à jour le profil et personnalisent de mieux en mieux les recommandations, des retours d'information sur les erreurs (feedbacks), ainsi que la génération de bilans de compétences.

Toute la difficulté de la tâche consiste à construire un modèle qui se décline au plus près du profil d'apprentissage des individus, c'est-à-dire industrialiser la personnalisation de l'apprentissage, afin d'adapter le plus finement possible les recommandations qui guideront l'apprenant tout au long de son parcours d'apprentissage.

Cette industrialisation comporte deux défis, deux approches complémentaires indispensables l'une à l'autre pour que le système fonctionne.

Les défis de l'adaptatif

Le premier défi, technique, consiste à s'appuyer sur l'intelligence artificielle et les algorithmes de recommandation qui suggèrent à l'utilisateur la ressource la mieux adaptée à son historique d'apprentissage, et ce à différents niveaux de granularité. Dans ce système, chaque nouvel essai de l'apprenant produit des données qui alimentent le réglage des paramètres de recommandation, en l'affinant au fur et à mesure.

Le second défi, conceptuel, consiste à granulariser les savoirs en les organisant au sein d'une structure qui en fait ressortir les liens, puis à décomposer ces savoirs en tâches dont la réussite sera nécessaire pour que l'on considère les compétences acquises. Ces tâches d'apprentissage doivent être définies, testées, les différents types d'erreurs possibles doivent être prévus, ainsi que le retour d'information nécessaire pour chacune de ces erreurs, et leur remédiation le cas échéant. Une fois cette modélisation fine des savoirs réalisée, il faut définir la nature des liens identifiés entre chacun de ces « atomes » de savoirs et les concrétiser au sein de la structure hiérarchisée des contenus.

Amadiou | CNRS | 2018
Cisel | *Blog.educpros* | 2015
Dyro | *ElearningIndustry* | 2018
Jean-Daubias | LIRIS-CNRS
Kodaganallur, Weitz & Rosenthal | *The International Journal of Artificial Intelligence in Education* | 2005
Negre | *Interstices* | 2018
Petipré | Université Paris Descartes

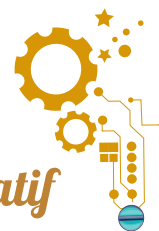
[adaptive learning]

L'adaptabilité de la plateforme, des outils et des ressources à destination de l'apprenant forme le socle de ce que l'on appelle l'apprentissage adaptatif. L'exhaustivité, la pertinence, le soin mis à chacune de ces étapes vont être déterminants pour l'efficacité du moteur d'apprentissage adaptatif qui va s'en nourrir.

C'est pourquoi, à l'heure où chacun se targue de faire de l'apprentissage adaptatif, il convient de questionner sa mise en œuvre, avec quels experts des domaines enseignés et quels résultats de recherches didactiques et pédagogiques, pour déterminer la qualité des enseignements qui en découleront directement.

Laurent Polese, Directeur technique @ Educlever

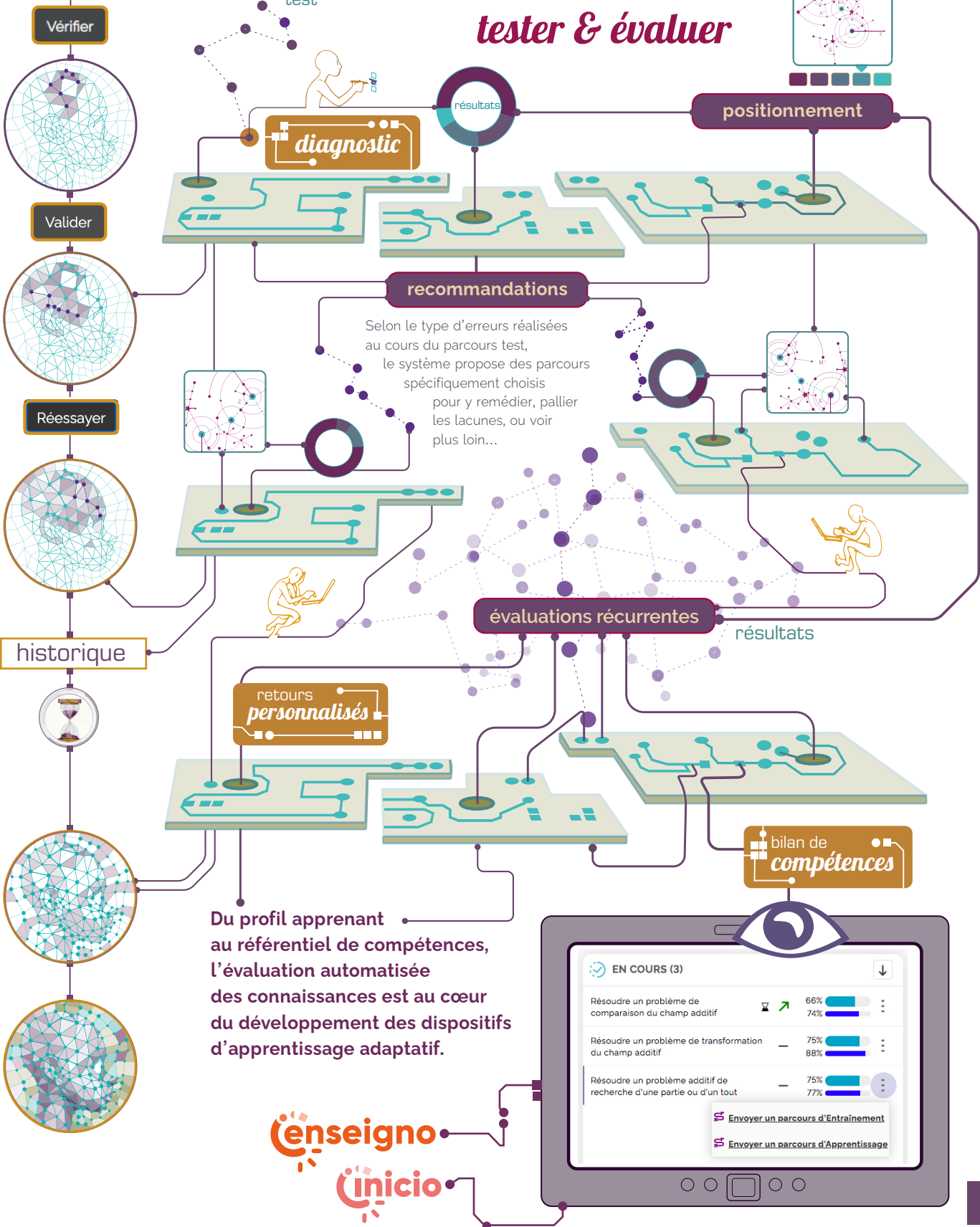
Mise en œuvre d'un système d'apprentissage adaptatif



profil apprenant dynamique

→ plusieurs processus

tester & évaluer



recommandations
Selon le type d'erreurs réalisées au cours du parcours test, le système propose des parcours spécifiquement choisis pour y remédier, pallier les lacunes, ou voir plus loin...

Du profil apprenant au référentiel de compétences, l'évaluation automatisée des connaissances est au cœur du développement des dispositifs d'apprentissage adaptatif.

EN COURS (3)

Résoudre un problème de comparaison du champ additif	🕒 ↗	66%	74%	⋮
Résoudre un problème de transformation du champ additif	—	75%	88%	⋮
Résoudre un problème additif de recherche d'une partie ou d'un tout	—	75%	77%	⋮

[Envoyer un parcours d'Entraînement](#)
[Envoyer un parcours d'Apprentissage](#)



Adapter

L'apprentissage adaptatif nécessite, par définition, de s'adapter au profil de l'apprenant et à ses actions.

Tester et évaluer les savoirs et les compétences permet de mettre en place cette adaptation, en offrant à l'apprenant la possibilité de développer son autonomie et sa motivation.

Tester & évaluer

Un apprentissage est un parcours dans lequel l'apprenant évolue et progresse dans la compréhension et la maîtrise de notions et de compétences. Se tester sert à définir l'état des connaissances et le chemin restant à parcourir, ce qui est nécessaire à la motivation, et de produire un ensemble d'informations concernant l'apprenant dans le cadre du parcours : connaissances théoriques ou factuelles et compétences, acquises ou non, erreurs éventuelles commises, comportement d'apprentissage (avancée dans le parcours par réalisation d'essai-erreur, etc.).

Un diagnostic qui s'affine

Un dispositif d'apprentissage adaptatif implique une première étape de positionnement pour tester les connaissances initiales de l'apprenant. Cela donne lieu à un diagnostic qui identifie les caractéristiques d'apprentissage de l'utilisateur en fonction de l'environnement de celui-ci, notamment par une mise en perspective avec les connaissances attendues à son niveau.

Ce diagnostic est une sorte d'initialisation du profil apprenant, qui se met ensuite à jour au fil des actions de l'apprenant. Il enregistre les évaluations, réussites et erreurs. Chaque action affine davantage le profil de l'utilisateur, par exemple en déduisant d'erreurs consécutives un raisonnement associé, etc. Le système peut alors proposer des remédiations de plus en plus pertinentes et personnalisées, dont la finesse est sans cesse enrichie à chaque action de l'apprenant.

L'autonomie, condition de l'autorégulation

Le fait d'avoir un ordinateur et un accès à internet est trop souvent assimilé à la capacité d'acquérir les informations mises à disposition. Or l'autonomie n'est pas la résultante des technologies, mais une compétence nécessaire à l'autorégulation des apprentissages. Tenir compte des capacités d'autorégulation de l'apprenant implique de proposer des outils qui s'adaptent à lui. L'évaluation des apprentissages est un outil central de cette régulation, car elle permet d'identifier les difficultés et d'établir des bilans. La vision d'ensemble qui en découle et, surtout, les retours d'information que reçoit l'apprenant à chaque étape de son apprentissage jouent sur les capacités d'autorégulation et, par extension, sur la motivation.

La ludicisation sur Maxicours.com

Si les ressorts de la ludicisation sont multiples, l'aspect ludique doit rester maîtrisé afin que l'utilisateur ne perde pas de vue l'objectif d'apprentissage. C'est pourquoi, sur *Maxicours*, l'aspect ludique est principalement réparti dans les fonctions de navigation et d'exploration de l'interface.

On le retrouve d'abord via la personnalisation du profil de l'utilisateur (création de l'avatar), puis par la présence d'un scoring (l'apprenant gagne des points en consultant des ressources et se place ainsi dans un classement général) et enfin par l'intervention d'un personnage (appelé « coach ») qui accompagne et conseille l'apprenant au fil de sa navigation.

Claire Chatillon, pôle pédagogique Sciences @ Educlever

La ludicisation au service de la motivation

La technologie n'est en soi pas suffisante pour impacter les motivations. C'est plutôt le type de tâches réalisées qui joue un rôle majeur dans la motivation de l'apprenant, bien plus que l'outil.

La ludification consiste à utiliser les mécanismes et les processus cognitifs du jeu dans d'autres domaines : elle est parfois utilisée dans les situations d'apprentissage, car elle permet d'améliorer l'engagement et la motivation de l'apprenant dans les tâches à réaliser.

Dans ce contexte d'apprentissage, on parle plutôt de ludicisation. Ce terme, proposé par les chercheurs Sébastien Genvo et Eric Sanchez, insiste davantage sur la situation de jeu plutôt que sur le support ou le produit utilisé. La situation de jeu va en effet au-delà du jeu lui-même : elle implique l'existence d'une structure ludique d'interactions. Ainsi, la ludicisation met l'accent sur l'intention, le sens donné par l'apprenant à une situation ludique, tandis que la ludification (qui vient du latin *ludus* – « jeu, amusement » – et du suffixe « -fication » – de *facere*, traduisant l'idée de « faire le jeu ») porte plutôt sur les actions concrètes que l'apprenant doit effectuer pour « jouer ».

Amadiou | *Educol éducation* | 2018

Amiel | *Blog.educpros* | 2013

Cisel | *Blog.educpros* | 2015

Dehors, Faron-Zucker, Giboin & Stromboni | *ACACIA-INRIA* | 2005

Dyro | *ElearningIndustry* | 2018

Genvo | *Journals.openedition* | 2013

Hié | *Journal du Net* | 2015

Martinet Sanchez, Klatzmann & Behmo | *OpenClassrooms* | 2022

Rioux Martine | *ÉcoleBranchée* | 2021

Sanchez & Romero | *Retz* | 2020

Tricot & Amadiou | 2014

Zumbach & Reimann | *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching* | 2006

personnalisation

Générer un attachement chez l'utilisateur afin qu'il s'implique davantage dans la progression de ce profil.

→ de son avatar



→ de son espace



+10 pts
consulter un cours

motivation

scoring/pointification

Source de motivation importante qui permet de maintenir l'engagement de l'apprenant sur la plateforme, en lui donnant envie de progresser.

10 Pts

Ressource vue

Résolution

Voir la vidéo

10 Pts

Connexion

recommandations

Coaching basé sur l'exploitation des traces laissées par l'utilisateur lors de sa navigation sur la plateforme.

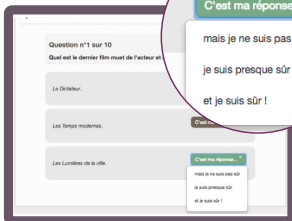
Sur le même thème :

- Parcours notionnel sur 'La combustion d'un hydrocarbure'
- Quiz sur 'La combustion d'un hydrocarbure'

autonomie

connaître son niveau

Privilégier le niveau de certitude de l'apprenant quant à la réponse qu'il donne dans un exercice. Le principe d'essai-erreur est ainsi mis en avant.



C'est ma réponse...
mais je ne suis pas sûr
je suis presque sûr
et je suis sûr!

Élève
Classe : 2de
Niveau : 15
Points : 15750

Matières



Ludicisation

Partie émergée de l'iceberg, la mise en perspective ludique des apprentissages permet à l'apprenant de prendre l'outil en main sans être conscient (heureusement) de la complexité du système qui le sous-tend.

système d'évaluation

référentiel de compétences

algorithme de recommandation

système de gestion des contenus

historique de navigation

ergonomie
structuration des contenus

partie immergée de l'iceberg

Industrialiser

Industrialiser la personnalisation de l'apprentissage implique l'usage d'un système « intelligent » capable de mettre en relation différents modèles dynamiques tels que référentiels didactiques et profil apprenant.

C'est là tout l'intérêt de l'IA en contexte d'apprentissage.

Un système de gestion de contenu d'apprentissage

Un système de gestion d'apprentissage (*Learning Management System* = LMS) articule la personnalisation des parcours d'apprentissage au sein d'un environnement, généralement fermé. Il est le moteur qui met en relation les actions de l'apprenant avec les objets d'apprentissage comme autant de parties du déroulement d'un raisonnement logique, tout en produisant au fil de l'eau des bilans de compétences, des recommandations et des retours d'information à destination de l'apprenant, afin de le guider et de l'accompagner. Dans la plupart des cas, le contenu fonctionnel d'un objet d'apprentissage est indépendant du LMS qui le porte.

Le LMS est responsable de la navigation entre les séquences dans un même cours, comme entre les différents cours et leurs séquences. Ceci implique que les objets d'apprentissage soient conçus dans une perspective d'interopérabilité, avec une définition claire des liens logiques et didactiques entre eux, afin de permettre d'entrelacer activités interactives et matériaux d'apprentissage (voir *Normaliser* p.12).

IA = intelligence artificielle

De manière générale, on peut appeler « intelligence artificielle » toute technique algorithmique cherchant à être efficace dans une situation complexe. De fait, l'IA a une réelle valeur ajoutée lorsqu'il s'agit de traiter l'information (recherche, comparaison, analyse, classement, extraction), c'est-à-dire en restant dans le cadre de fonctions documentaires et statistiques. Une machine peut en effet traiter d'énormes quantités de données et y projeter des classifications et des mises en relation pertinentes en un temps record.

Dans un dispositif éducatif, l'IA est à la fois le moteur d'interprétation de la mise en relation des données et un outil à disposition de l'enseignant pour élaborer des stratégies de scénarios pédagogiques.

C'est pourquoi la « grammaire » du logiciel doit être conçue selon une logique éditoriale et pédagogique permettant à l'enseignant de visualiser les liens logiques entre compétences, savoirs et tâches d'apprentissage, et ainsi d'orienter la scénarisation selon son intention pédagogique. Le pilotage du système reste ainsi accessible à tout moment par l'enseignant.

Un algorithme est une suite d'instructions qui, à partir d'un ensemble de données, permet d'obtenir un résultat. Son format mathématique implique une description mécanique dans les moindres détails de la procédure à suivre pour faire quelque chose, afin de la rendre exécutable par une machine.

L'algorithme interagit ainsi avec un reflet numérique du réel (voir *Modéliser* p.10). Une fois conçu, il est implémenté dans un logiciel qui le met en œuvre sur des données.

L'algorithme au service de l'apprentissage

Le rôle de l'algorithme, dans ce contexte, revient à exploiter finement les traces de l'apprenant afin d'établir une feuille de route personnalisée. Il n'est pas tant question, ici, de big data que de modèle d'analyse: la quantité de données passe après la définition de données précises qui s'inscrivent dans une cartographie didactique, à partir de laquelle sont définis les paramètres à attribuer à chaque niveau de granularité des tâches d'apprentissage. Autrement dit, c'est un travail d'analyse puis de modélisation énorme, réalisé par des humains aux compétences croisées (didactique, sciences cognitives, sciences du langage, etc.).

Des liens forts existent entre les algorithmes (qui décrivent des méthodes) et les structures de données (qui décrivent une organisation). Le système doit en effet manipuler l'information, mais aussi la stocker. La manière dont on organise cette information stockée induit non seulement le type de manipulations de celle-ci par les algorithmes, mais également son traitement et la forme qui, finalement, sera utile.

Cisel | *Blog.educpros* | 2015

Corbett | AAAI | 2000

de Brabandere
| *Philosophie Magazine* | 2016

Dyro | *ElearningIndustry* | 2018

Gasches & Quentin
| *Zestedesavoir* | 2019

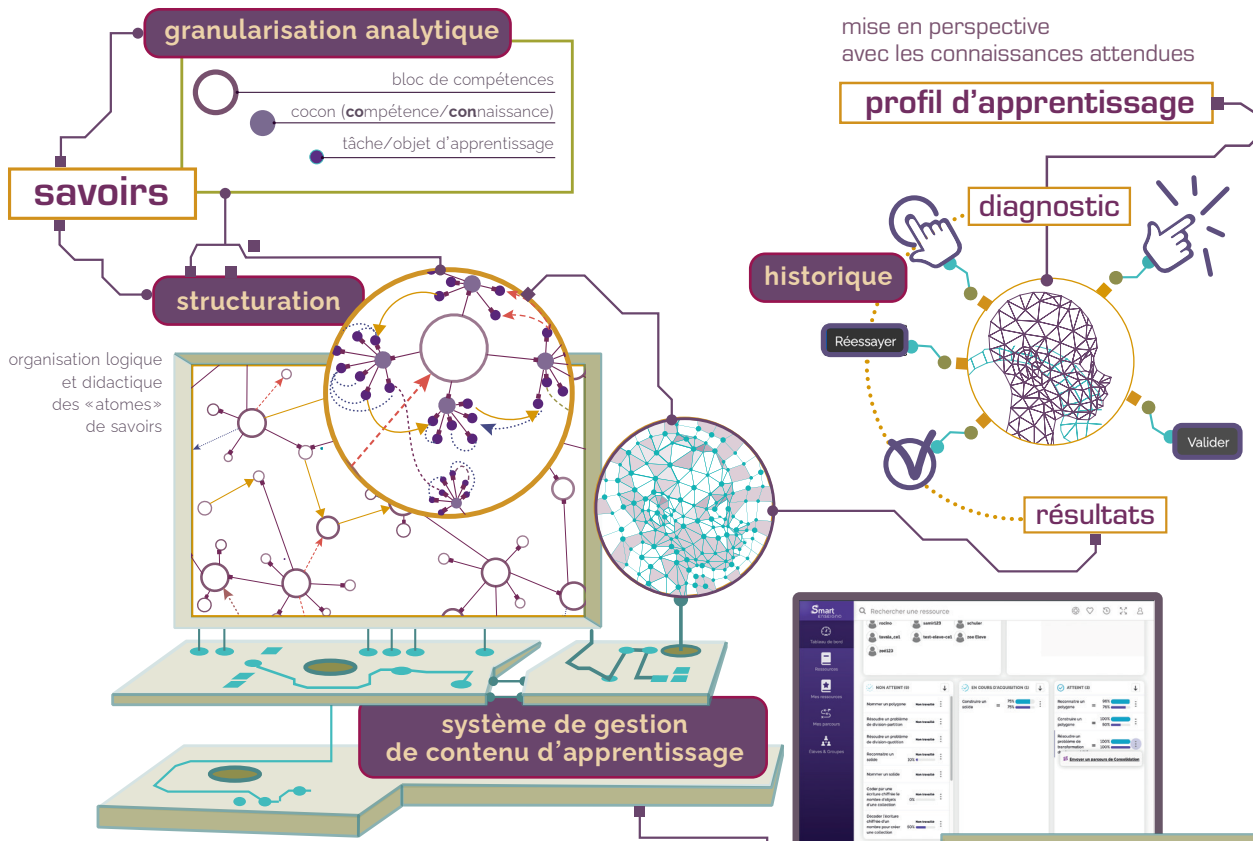
Henno | *Les Échos* | 2018

Hié | *Journal du Net* | 2015

Jean-Daubias, Eyssautier-Bavay
& Lefevre | *Sticef* | 2009

Martinet Sanchez, Klatzmann
& Behmo | *OpenClassrooms*
| 2022

Negre | *Interstices* | 2018



L'algorithme au service de l'apprentissage

Les algorithmes de recommandation suggèrent à l'utilisateur la ressource la mieux adaptée à son historique d'apprentissage, et ce, à différents niveaux de granularité (compétence, groupe de compétences ou sous-tâche spécifique...).

algorithmes de recommandation

Des liens forts existent entre les algorithmes, qui décrivent des méthodes, et les structures de données, qui décrivent une organisation.

Smart
ENSEIGNO

Smart Enseigno

Rechercher une ressource

Profil d'acquisition

Classé de Prof De Maths 23 Décembre 2021

73% Solides 87% Polyè

0% Problèmes multiplication-division 100% Problèmes section-structuration

NON ATTEINT (0)

EN COURS D'ACQUISITION (1)

ATTEINT (3)

Nommer un polygone	Non travaillé		
Résoudre un problème de division-partition	Non travaillé		
Construire un solide	75%	75%	
Reconnaitre un polygone	95%	76%	
Construire un polygone	100%	50%	

Propositions

23 Décembre 2021

L'élève peut consolider la compétence :

1 «Construire un carré en contrôlant plusieurs propriétés»

[Envoyer un parcours d'Apprentissage](#)

intention pédagogique de l'enseignant

Pour implémenter une application informatique, on doit s'interroger sur les objets que cette application va manipuler, les classes qui les regroupent, les caractéristiques communes aux objets d'une même classe, les types de relations qui existent entre les différents objets, etc.

Cela revient à s'intéresser à la définition existentielle des classes d'objets au sein d'un scénario d'application.

Sémantique de l'ontologie

L'ontologie philosophique désigne l'étude des propriétés générales de ce qui existe. Mais si l'ontologie (des racines grecques *ontos* — ce qui est, l'existant — et *logos* — le discours, l'étude) est un terme qui vient de la philosophie, l'informatique se l'est approprié au début des années 1990.

Une ontologie informatique est le résultat d'une formulation de la conceptualisation d'un domaine. Cette formulation ne peut rendre compte de l'entièreté de la complexité d'un domaine, mais une analyse fine des besoins pour une application donnée permet de cibler les caractéristiques essentielles à son fonctionnement. Le degré de cette formalisation dépend de l'usage qu'on lui réserve, puisqu'il s'agit de caractériser les informations qui seront gérées par le système, leur signification, pour automatiser les tâches de traitement de ces informations.

Modèle, profil & diagnostic

Dans un dispositif d'apprentissage informatique, le modèle de l'apprenant correspond à une modélisation du point de vue système, c'est-à-dire une façon d'«annoter» les résultats et les actions cumulés de l'apprenant (= les traces) pour qu'un système d'IA puisse en déduire des classifications. Une fois traitées ensemble, ces classifications mènent à des recommandations adaptées aux résultats, dans le cadre d'un objectif pédagogique défini. On obtient ainsi une structure de données qui constitue un «reflet numérique» de l'apprenant dans le contexte considéré. Ce profil apprenant formalise les types de comportements d'apprentissage, et ce dans un contexte temporel, afin d'adapter la personnalisation des recommandations selon les évolutions au cours de l'apprentissage.

Structure de contenu & modélisation à différentes échelles

Pour que les savoirs se prêtent à la logique d'un système d'apprentissage adaptatif, il faut les granulariser en «atomes» de savoir, eux-mêmes décomposés en tâches d'apprentissage dont la réussite est nécessaire pour que l'on considère une compétence comme acquise.

Le référentiel de la plateforme *Orthodidacte.com*

Pour faire fonctionner le parcours de remise à niveau et de perfectionnement en langue française destiné aux adultes francophones, la plateforme *Orthodidacte* repose sur deux composantes imbriquées: un référentiel de compétences et un profil d'acquisition de l'apprenant.

Le référentiel de compétences constitue une ossature, à laquelle sont reliées les 15 000 questions de la plateforme. À tout moment de l'apprentissage, selon le remplissage du profil d'acquisition et les activités antérieures de l'apprenant, il détermine quels items devraient être travaillés et les soumet au parcours. Le référentiel de compétences garantit donc un cadre fermé dans lequel les contenus sont classifiés, mais tout en proposant une expérience différente à chaque apprenant.

Camille Martinez, Product Owner @ Educlever

Créer des instructions d'apprentissage dans ce contexte consiste à définir précisément les caractéristiques d'un objet d'apprentissage et les liens logiques et didactiques qui le relient à d'autres. Les objets d'apprentissage s'imbriquent en effet dans des séquences auxquelles sont attribuées des instructions pédagogiques, elles-mêmes organisées au sein d'une structure hiérarchique.

L'adaptativité du système peut être introduite à plusieurs niveaux dans cette structure. Le niveau basique est celui de l'objet d'apprentissage, constitué de textes, d'images, de ressources multimédias et/ou d'activités interactives. Les objets d'apprentissage, qui équivalent à des tâches d'apprentissage, sont regroupés au sein d'une séquence, qui correspond peu ou prou à une leçon/session d'apprentissage, ou à l'acquisition d'une compétence. L'ensemble des séquences compose à son tour un cours complet, organisé hiérarchiquement à la façon d'une table des matières. Il peut encore y avoir un niveau supérieur, un ensemble de cours, qui serait l'équivalent d'un chapitre dans un livre, etc.

Cisel | *Blog.educpros* | 2015

Dehors, Faron-Zucker, Giboin & Stromboni | ACACIA-INRIA | 2005

Dyro | *ElearningIndustry* | 2018

Gandon | *Interstices* | 2006

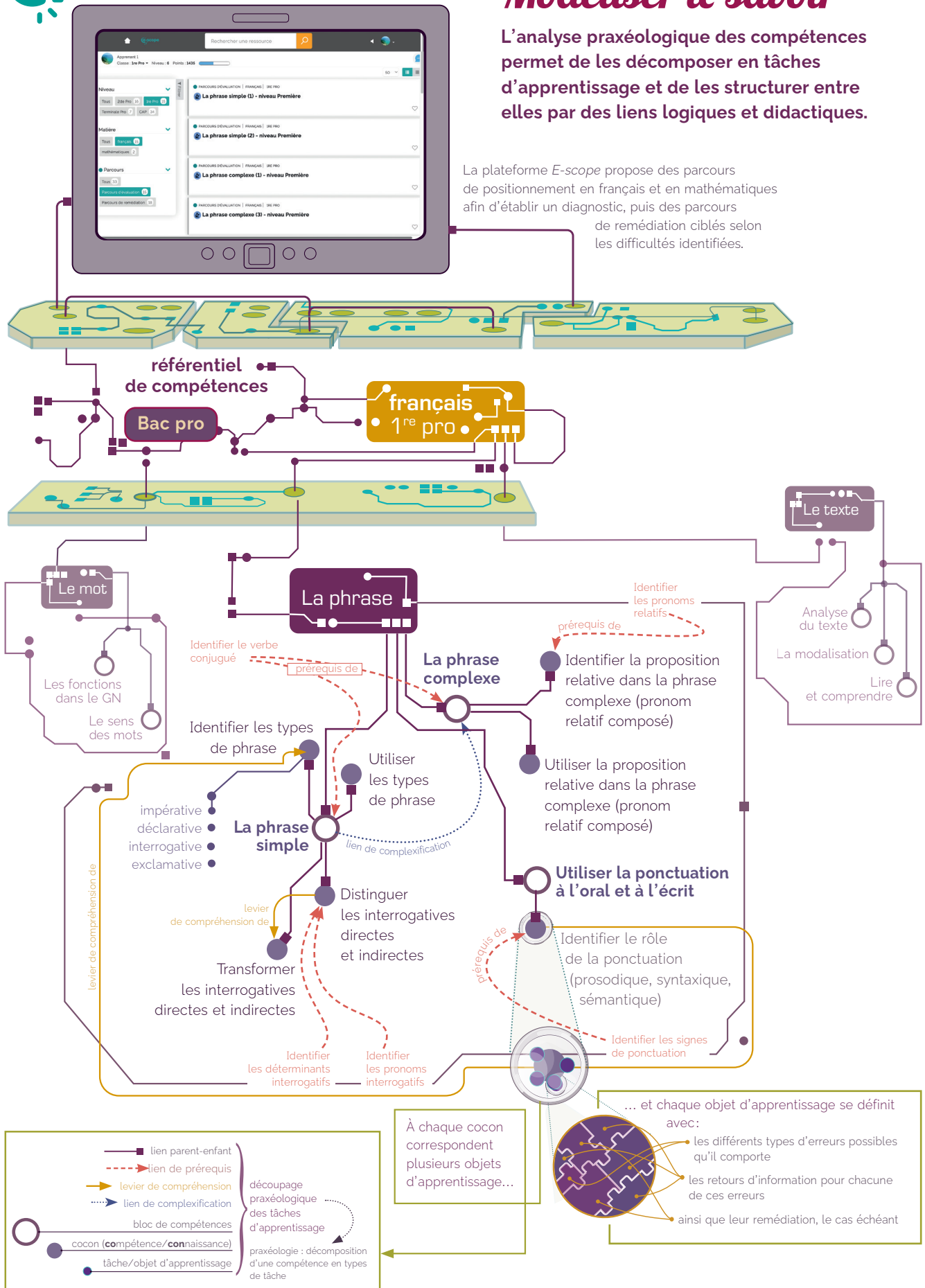
Jean-Daubias | LIRIS-CNRS

Negre | *Interstices* | 2018

Modéliser le savoir

L'analyse praxéologique des compétences permet de les décomposer en tâches d'apprentissage et de les structurer entre elles par des liens logiques et didactiques.

La plateforme *E-scope* propose des parcours de positionnement en français et en mathématiques afin d'établir un diagnostic, puis des parcours de remédiation ciblés selon les difficultés identifiées.



Normaliser

Le profil d'acquisition de l'apprenant, dynamique, est continuellement mis en relation avec le champ de connaissance modélisé. La modélisation du profil d'acquisition, sorte de «carte mentale» de l'apprenant, a pour finalité d'identifier ce qu'il sait et ce qu'il ne sait pas selon son historique d'apprentissage.

Ceci implique néanmoins des systèmes de modélisation compatibles ou interopérables.

La normalisation à toutes les échelles

La normalisation et l'interopérabilité se font à tous les niveaux : au niveau des modèles (savoirs, référentiels), au niveau de la structure de modélisation, au niveau du profil de l'apprenant (profil d'acquisition, profil comportemental, etc.) et au niveau du système de gestion des contenus afin de croiser plusieurs référentiels (général et professionnel par exemple). Au fil des interactions apprenant sont produits des bilans de résultats et d'acquisition des compétences normés, c'est-à-dire d'une lisibilité et d'une ergonomie homogènes quel que soit le type de compétence testée. La normalisation a en effet pour objectif l'exploitabilité de ce matériau par des outils standardisés avec des interfaces communes.

À l'échelle de l'atome de compétence

Dans la plupart des cas, les fonctions et les caractéristiques de navigation propres au type de tâche d'un objet d'apprentissage sont intégrées dans celui-ci, c'est-à-dire que le contenu fonctionnel d'un objet d'apprentissage est indépendant du système de gestion d'apprentissage (LMS) qui le porte. Cela signifie également que toutes les fonctionnalités intégrées dans un objet d'apprentissage ou une séquence peuvent se jouer sur d'autres systèmes de gestion ou interfaces. Mais à un niveau plus haut dans la structure (l'objet d'apprentissage fait partie d'un ensemble constitué de tâches qui composent une compétence, etc.), les fonctions et les caractéristiques de navigation sont gérées par le LMS.

À l'échelle du référentiel de compétences

Disposer de traces centralisées permet d'obtenir beaucoup d'informations sur l'activité fine de l'apprenant. Mais pour prendre un peu de recul et obtenir un avis du système sur un ensemble plus vaste qu'une simple activité, il faut un autre niveau de normalisation: celui du référentiel de compétences.

Normalisation : xAPI et LRS

La norme actuelle qui pose les bases de l'interopérabilité est nommée xAPI (*Experience Application Programming Interface*).

Elle dispose d'un LRS (*Learning Record Store*), qui enregistre toutes les activités de l'apprenant et permet donc d'obtenir des comptes rendus d'apprentissage. Chaque activité dont l'action contribue à la poursuite de l'apprentissage doit émettre de l'information à destination du LRS, qui est le réceptacle des traces et qui a pour vocation de les stocker et de les transmettre. Il ne dispose pas d'intelligence particulière, mais il assure le bon fonctionnement du système.

Laurent Polese, Directeur technique @ Educllever

Corbett | AAAI | 2000
Dehors, Faron-Zucker, Giboin & Stromboni | ACACIA-INRIA | 2005
Dyro | *ElearningIndustry* | 2018
Jean-Daubias | LIRIS-CNRS
Kodaganallur, Weitz & Rosenthal | *The International Journal of Artificial Intelligence in Education* | 2005
Negre | *Interstices* | 2018

Celui-ci orchestre toute la modélisation didactique. En effet, le référentiel de compétences organise, hiérarchise, classe et qualifie les compétences entre elles. Il identifie lesquelles sont interdépendantes, groupées, incluses les unes dans les autres, fondamentales ou non. C'est la mise en relation entre une activité et le référentiel de compétences qui donne toute la dimension didactique au système et aboutit à l'apprentissage adaptatif.

À l'échelle du profil d'acquisition de compétences

Cette relation entre l'activité d'apprentissage et le référentiel est également ce qui va permettre, par l'analyse des traces, d'aller au-delà des résultats d'un exercice ou d'un problème en calculant le profil d'acquisition des compétences.

S'il est alimenté par diverses sources interopérables, ce dernier en sera d'autant plus riche, pertinent et solide. Il a vocation à être lui-même interopérable pour permettre à différentes plateformes d'adapter leurs tâches d'apprentissage à l'apprenant et à l'état de ses compétences.

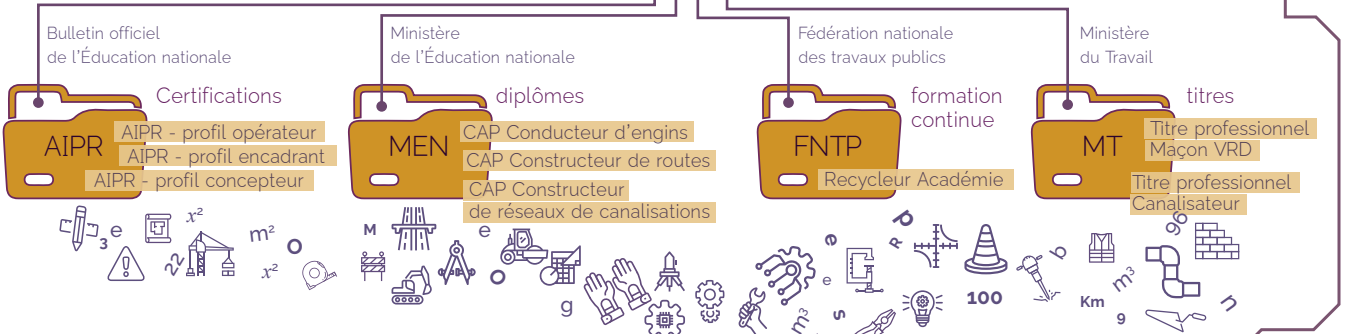
À l'échelle du système

La normalisation des traces permet à toutes les activités de parler le même langage, et donc d'envoyer de l'information utilisable même lorsqu'une activité ne fait pas partie de la plateforme qui évalue l'apprenant. Elle permet même d'envoyer de l'information à partir d'activités non numériques avec des outils adaptés.

Rendre lisible la complexité

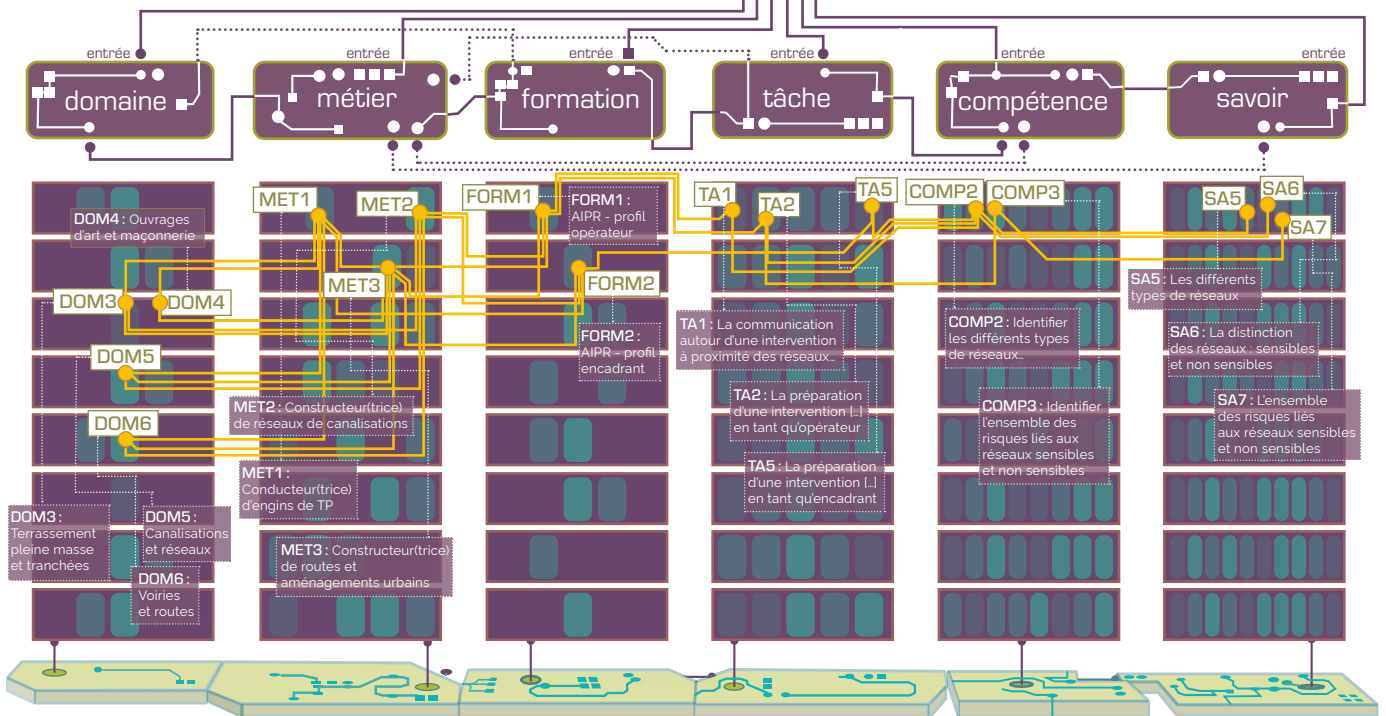
Dans le cadre du projet **tp.demain** mené pour la Fédération nationale des travaux publics (FNTP), nous avons proposé une modélisation inédite de référentiel de compétences professionnelles.

Création d'un référentiel unique à partir de référentiels d'origines et de natures différentes



Le projet **tp.demain** est un bon exemple de ce que digitaliser une formation implique.

Grâce à notre expertise pédagogique et technologique, nous avons proposé une modélisation et analysé conjointement les différents référentiels de compétences ciblés.

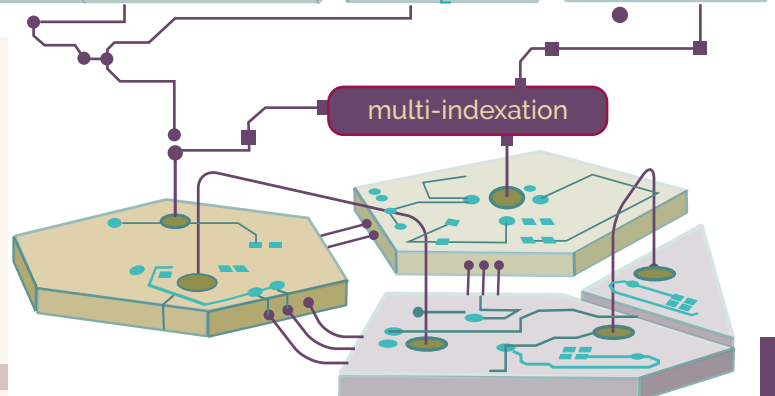


Accompagner la digitalisation

Ce maillage complexe nous a permis d'identifier les savoirs professionnels essentiels et de mutualiser la production de ressources pédagogiques nécessaires à leur apprentissage.

Nous avons ainsi pu accompagner le partenaire dans son ambitieux projet et proposer sur la plateforme *tp.demain* un catalogue de ressources pédagogiques multi-indexées, expertes et inédites.

Daniel Da Silva, Chef de projet @ Educlever



La personnalisation se décline sous différentes formes et à différents niveaux. Dans l'apprentissage en autonomie, les recommandations et les retours système qui accompagnent les parcours sont personnalisés.

Mais la personnalisation se retrouve également dans le pilotage des activités de l'apprenant par l'enseignant.

Une expérience d'apprentissage adaptée

La modélisation est un préalable de la personnalisation des recommandations système pour chaque apprenant. Autrement dit, elle s'adapte à lui. Car il s'agit alors, pour chaque réponse erronée, de déterminer la compétence ou la connaissance non acquise qui en est à l'origine afin d'y proposer une remédiation.

Pour cela, un « modèle de déviation » est nécessaire. Celui-ci met en relation les erreurs et les raisonnements intellectuels qui leur sont associés et compile un ensemble d'interprétations d'erreurs. La construction de ce modèle implique la connaissance des modes de pensée des apprenants, une analyse cognitive des comportements d'apprentissage et de la structuration didactique des contenus, ainsi qu'une modélisation permettant à la fois de structurer finement les atomes de savoir et de les mettre en lien avec les résultats et le comportement de l'apprenant, afin d'établir des scénarios d'usage.

Un profil d'acquisition sur mesure et évolutif

Ce profil est en quelque sorte l'aboutissement de la collecte de traces. Il représente un instantané de l'apprentissage d'un apprenant à un moment donné. C'est la source dans laquelle puise le moteur d'apprentissage adaptatif pour adapter le comportement de la plateforme à l'apprenant.

La présentation d'un bilan de compétences est nécessaire à l'apprenant pour voir où il se situe dans son apprentissage, mais aussi à l'enseignant qui suit les évolutions d'apprentissage au plus près, afin de repérer les éventuelles lacunes ou incompréhensions à corriger. On cherche ainsi à relever à la fois ce qui est compris *par* l'apprenant et *de* l'apprenant. Avec tout cela se pose la question de la pertinence et du mode de calcul de l'acquisition des compétences. Et de fil en aiguille, on en revient à la collecte d'informations.

Enseigno : la personnalisation des parcours par l'enseignant

L'interface utilisée par l'enseignant doit bien sûr être ergonomique afin de faciliter la gestion et l'utilisation de toutes les fonctionnalités. Sur *Enseigno*, le suivi des évaluations aide l'enseignant à sélectionner un ou plusieurs parcours afin de les affecter à un apprenant ou à un groupe d'apprenants. Une fois le parcours réalisé par l'apprenant, l'enseignant a accès aux rapports et aux statuts générés automatiquement par l'algorithme. Le rapport peut être individuel ou collectif, et se décliner par compétence ou par question afin d'affiner les retours. L'enseignant a accès aux parcours « clés en main » de la plateforme mais peut également créer ses propres ressources et les affecter aux apprenants. *Enseigno* propose aussi une fonctionnalité de gestion de groupes, faisant office de classes virtuelles et permettant, par exemple, de répartir les apprenants par niveau ou selon tout autre besoin.

Marie Lefrançois, Responsable éditoriale @ Educlever

Du profil d'acquisition à la trace

Pour qu'un système puisse se prononcer sur un diagnostic, il doit auparavant collecter une masse d'informations assez conséquente. Même si, comme nous l'avons vu précédemment (voir *Industrialiser* p.8), il n'est pas tant question de quantité que de qualité des traces recueillies, plus l'apprenant interagit avec le système, plus il se teste, et plus son profil s'enrichit et s'affine dans le cadre de l'interopérabilité avec le modèle conceptuel des savoirs. Cela permet ainsi d'obtenir des recommandations de mieux en mieux ciblées.

Il faut également être conscient que l'apprenant ne passe pas tout son temps d'apprentissage sur la plateforme qui évalue ses compétences. Si on veut lui éviter de devoir travailler davantage simplement pour donner de l'information au système, il faut être interopérable. C'est ici que la normalisation des traces entre en jeu (voir *Normaliser* p.12).

Cisel | *Blog.educpros* | 2015
Dyro | *ElearningIndustry* | 2018
Jean-Daubias | LIRIS-CNRS
Kodaganallur, Weitz & Rosenthal | *The International Journal of Artificial Intelligence in Education* | 2005
Negre | *Interstices* | 2018

Bilan individuel

chercher une ressource

élève collège lycée • Suivre le parcours : Développement durable : l'eau

Bilan individuel

Visualisez le bilan d'activité de l'élève - élève collège lycée

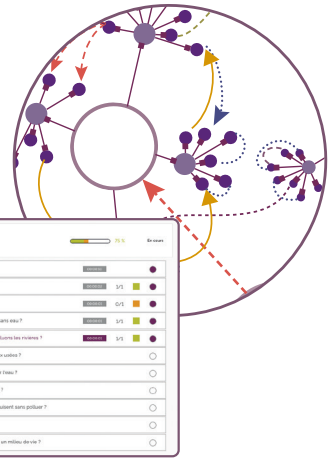
Développement durable : l'eau
Preuves validées le 20/09/2022 à 12:27

Intention pédagogique : Apprentissage sur la notion : Développement durable : l'eau

Développement durable : l'eau
75% Etapes

suivi

suivi des résultats immédiat et personnalisé



intention pédagogique

Choisissez un type de parcours, puis sélectionnez une intention pédagogique

Parcours manuel

Vous choisissez les ressources et vous composez vous-même votre parcours

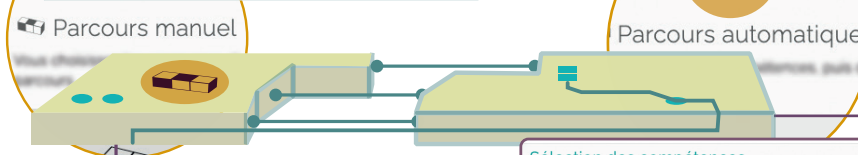
Parcours automatique

Vous choisissez des compétences, puis des ressources dans votre référentiel

évaluation
apprentissage
tester les prérequis

choisir son intention pédagogique [par exemple : évaluer une compétence travaillée ou évaluer les prérequis avant de démarrer une nouvelle compétence]

Personnaliser les parcours



Rechercher une ressource

Rechercher par filtres

Biodiversité, résultat

DOM | SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE | 2018 | 2019

A Têchette génétique, la diversité au sein de l'espèce se traduit par :

DOM | SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE | 2018 | 2019

A Têchette génétique, la diversité entre les espèces se traduit par :

DOM | SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE | 2018 | 2019

Au sein d'une espèce :

Apparition de la vie sur Terre

Sélection des compétences

Filtrez les domaines que vous souhaitez travailler

Référentiel : Education Nationale

Classe : CE1 Matière : Tous Domaine : Tous

Explorez le référentiel et sélectionnez des compétences

Le passé composé de l'indicatif

Le verbe

Le futur de l'indicatif

Le présent de l'indicatif

Le passé, le présent et le futur

Les auxiliaires

Les personnes du verbe

La conjugaison du verbe

Reconstruire un verbe de 3er groupe

Compétences sélectionnées

Les auxiliaires

Les personnes du verbe

générer le parcours

naviguer dans un référentiel et choisir les compétences ou connaissances à travailler

Ma sélection

Appeler le parcours à ses élèves ou ses groupes

Consigne

Ceci est un parcours d'apprentissage pour préparer notre prochain cours :

Apparition de la vie dans les mers du Cambrien et du Crétacé

Apparition de la vie sur Terre

Parcours généré

Dans quelle phrase utilise-t-on l'auxiliaire avoir ?

Dans quelle phrase utilise-t-on l'auxiliaire être ?

Quel est le verbe conjugué à la première personne du pluriel ?

Dans quelle série les pronoms personnels sont-ils rangés dans le bon ordre ?

Quel est le verbe conjugué à la troisième personne du singulier ?

Nom du parcours : test

Options supplémentaires

Remédiation : Non/Oui

Seuil de remédiation : 75%

Enregistrer

paramétrer des propositions d'activités supplémentaires [par exemple : proposer à l'élève une remédiation à l'issue du parcours en cas de difficulté(s) identifiée(s)]

Nom du parcours : test

Options supplémentaires

Remédiation : Non/Oui

Seuil de remédiation : 75%

Enregistrer

*Champ obligatoire

Sources & références

Amadiou Franck, «Qu'est-ce que l'apprentissage adaptatif?» (interview de), Laboratoire Cognition, Langues, Langages, Ergonomie du CNRS, *eduscol education*, 14.03.2018

Amadiou Franck et Tricot André, *Apprendre avec le numérique, Mythes et réalités*, Retz, 2014

Amiel Antoine, «Knewton : la big data au service de l'éducation», *blog.educpros.fr*, 08.11.2013

Brabandere (de) Luc, «La grande histoire de l'intelligence artificielle», *Philosophie magazine* n° 104, novembre 2016

Cario Erwan, «Voyage au cœur de l'IA», hors-série *Libération-France Inter*, décembre 2017-février 2018

Cisel Matthieu, «Laboratoires virtuels pédagogiques et apprentissage adaptatif», *blog.educpros.fr*, 07.01.2015

Cisel Matthieu, «Du MOOC à l'apprentissage adaptatif: le problème de la personnalisation», *blog.educpros*, 12.01.2015

Cisel Matthieu, «Du MOOC à l'apprentissage adaptatif: les tuteurs cognitifs», *blog.educpros.fr*, 21.01.2015

Corbett Albert, «Cognitive Mastery Learning in the ACT Programming Tutor», AAAI (Association for the Advancement of Artificial Intelligence), 2000

Dehors Sylvain, Faron-Zucker Catherine, Giboin Alain et Stromboni Jean-Paul, «QBLS: web sémantique de formation pour un apprentissage par questionnement» | *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*, ACACIA – INRIA, Montpellier, 2005

Dubois Natacha, «La ludification d'un contenu pédagogique, un nouveau mode d'apprentissage», *Atelier Canopé 31*, site de l'Académie de Toulouse

Dyro Artur, «Adaptive Learning In Education: The Next Gen Of Educational eContent», *elearningindustry.com*, 13.03.2018

Gandon Fabien, «Ontologies informatiques», *interstices.info*, 22.05.2006

Gasches et Quentin, «Algorithmique pour l'apprenti programmeur», *zestedesavoir.com*, 12.08.2019

Genvo Sébastien, «Penser les phénomènes de ludicisation à partir de Jacques Henriot», Sciences du jeu, *journals.openedition.org*, 2013

Henno Jacques, dossier «Petite histoire de l'intelligence artificielle», *Les Échos*, 2018

Hié Anthony, «L'adaptive Learning ou le Big Data au service de l'apprenant!», *journaldunet.com*, 14.09.2015

Jean-Daubias Stéphanie, «Modélisation de l'apprenant et assistance à l'utilisateur», cours EIAH-CNRS, Liris

Jean-Daubias Stéphanie, Eyssautier-Bavay Carole et Lefevre Marie, «Modèles et outils pour rendre possible la réutilisation informatique de profils d'apprenants hétérogènes», revue *Sticef*, liris.cnrs.fr, 2009

Kodaganallur Viswanathan, Weitz Rob R. et Rosenthal David, «Comparison of Model-Tracing and Constraint-Based Intelligent Tutoring Paradigms», *The International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 2005

Koppe Martin, «L'intelligence artificielle devient stragège», *lejournal.cnrs*, 10.02.2017

Monka Yvan, article «Al Khwarizmi» – Histoire des maths, *maths-et-tiques.fr*

LeCun Yann, «The Unreasonable Effectiveness of Deep Learning», Facebook AI, Research & Center for Data Science, NYU, 2015

LeCun Yann et Cario Erwan (entretien), «La logique est incompatible avec l'apprentissage», hors-série *Libération-France Inter*, décembre 2017-février 2018

Martinet Sanchez Céline, Klatzmann Ulysse et Behmo Régis, «Découvrez le fonctionnement des algorithmes», *OpenClassrooms.com*, 18.02.2022

Monasse Pascal et Nadjahi Kimia, «Qu'est-ce qu'un réseau de neurones convolutif (ou CNN) ?», *OpenClassrooms.com*, 26.03.2018

Negre Elsa, «Les systèmes de recommandation : une catégorisation», *interstices.info*, 20.09.2018

Petipré Marion, «L'adaptive learning?» – Université Paris Descartes, Serveur pédagogique de l'UPMC

Rioux Martine, «Jouer pour apprendre : De la ludification à la ludicisation», *ecolebranchee.com*, 08.10.2021

Sanchez Éric et Romero Margarida, *Apprendre en jouant*, coll. Mythes et réalités, RETZ, Retz, 2020

Zumbach Joerg et Reimann Peter, «Learning Life Sciences: Design and Development of a Virtual Molecular Biology Learning Lab», *Learning Lab. Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 2006

Dossier *Alan Turing*, Bibliothèque de la Cité des Sciences et de l'Industrie

Conception et réalisation **Julie Morineau** | Rédaction **Marie Lefrançois** | Contributions **Élise Calender, Claire Chatillon, Marie Lefrançois, Camille Martinez, Alexandre Piboyeux, Laurent Polese**

La maquette de ce livre blanc a été réalisée avec la font typographique CleverJul, conçue par Julie Morineau pour améliorer la lisibilité alphabétique et numérique, mais aussi celle des signes opératoires et de ponctuation dans nos contenus pédagogiques.

© groupe Educlever, 2022



En tant qu'éditeur de services et de solutions numériques pour l'éducation et la formation, notre mission est de révéler le potentiel de tous les apprenants.

Nous aidons chacun d'entre eux à acquérir de nouvelles connaissances et compétences, grâce aux plateformes Maxicours, Orthodidacte, Enseigno et E-scope.



Créé il y a 20 ans, le groupe Educlever fait aujourd'hui partie des 20 plus importants acteurs EdTech français*.

Une cinquantaine de collaborateurs situés à Paris, Grenoble et Sophia-Antipolis, s'engagent auprès des apprenants dans les classes, dans les entreprises, dans les familles, pour leur offrir le meilleur accompagnement possible.

5 millions d'apprenants utilisent nos plateformes au quotidien.

*Étude EdTech France et EY Parthenon



Crédits photos :
Welcome to the Jungle
et Laurent Brunet-Manquat



GROUPE Educlever
Révéler le potentiel de chacun

maxicours orthodidacte enseigno e.scope

