



HAL
open science

Soutenir le choix de ressources pour des usages du numérique favorisant l'autonomie des élèves : mise en regard d'une grille d'analyse dans deux disciplines

Suzane El Hage, Jean-Marie Boilevin, Ghislaine Gueudet, Marie-Pierre Lebaud

► To cite this version:

Suzane El Hage, Jean-Marie Boilevin, Ghislaine Gueudet, Marie-Pierre Lebaud. Soutenir le choix de ressources pour des usages du numérique favorisant l'autonomie des élèves : mise en regard d'une grille d'analyse dans deux disciplines. *Recherches en éducation*, 2024, 55, pp.72-87. 10.4000/ree.12437. hal-04611845

HAL Id: hal-04611845

<https://hal.science/hal-04611845v1>

Submitted on 3 Sep 2024

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Soutenir le choix de ressources pour des usages du numérique favorisant l'autonomie des élèves : mise en regard d'une grille d'analyse dans deux disciplines

Supporting the choice of resources for digital uses promoting students' autonomy: comparison of an analysis grid in two disciplines

Suzane El Hage, Jean-Marie Boilevin, Ghislaine Gueudet et Marie-Pierre Lebaud



Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/ree/12437>

DOI : 10.4000/ree.12437

ISSN : 1954-3077

Éditeur

Nantes Université

Référence électronique

Suzane El Hage, Jean-Marie Boilevin, Ghislaine Gueudet et Marie-Pierre Lebaud, « Soutenir le choix de ressources pour des usages du numérique favorisant l'autonomie des élèves : mise en regard d'une grille d'analyse dans deux disciplines », *Recherches en éducation* [En ligne], 55 | 2024, mis en ligne le 01 mars 2024, consulté le 30 juin 2024. URL : <http://journals.openedition.org/ree/12437> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/ree.12437>



Le texte seul est utilisable sous licence CC BY-NC-ND 4.0. Les autres éléments (illustrations, fichiers annexes importés) sont « Tous droits réservés », sauf mention contraire.

Dossier

Être élève, être enseignant à l'ère numérique : entre avancées égalitaires et inégalités nouvelles

Coordonné par Agnès Grimault-Leprince,
Sophie Joffredo-Le Brun & Pascal Plantard

AGNÈS GRIMAUT-LEPRINCE, SOPHIE JOFFREDO-LE BRUN & PASCAL PLANTARD – *Édito* – 2

DIDIER PERRET & PASCAL PLANTARD – *Capital culturel numérique des enseignants et territoires apprenants : analyses des ressources et des parcours d'appropriation du numérique par les enseignants dans des tiers lieux coopératifs* – 8

ISABELLE DANIC, THIERRY LEFORT & LAURENT MELL – *Aux sources des inégalités face au numérique, le rapport des enseignants du secondaire aux technologies numériques : retrait, appropriation ou partage ?* – 24

SIMON COLLIN – *La place de la conception des technologies éducatives dans les inégalités socio-numériques d'usage* – 46

AGNÈS GRIMAUT-LEPRINCE, LILA LE TRIVIDIC HARRACHE & LAURENT MELL – *Usages numériques domestiques et réussite scolaire. Le rôle de la socialisation familiale* – 59

SUZANE EL HAGE, JEAN-MARIE BOILEVIN, GHISLAINE GUEUDET & MARIE-PIERRE LEBAUD – *Soutenir le choix de ressources pour des usages du numérique favorisant l'autonomie des élèves : mise en regard d'une grille d'analyse dans deux disciplines* – 72

ANDRÉA TUCKER, CÉDRIC FLUCKIGER & THIERRY GIDEL – *Apprendre à travailler ensemble : influences de l'espace de travail numérique sur l'engagement dans la collaboration* – 88

GHISLAINE GUEUDET, SOPHIE JOFFREDO-LE BRUN, ANTOINE LE BOUIL, CAROLE LE HÉNAFF, GWENAËLLE RIOU-AZOU & SABRINA SREY – *Numérique et autonomisation des élèves : quelle formation initiale des enseignants ?* – 107

ANA ISABEL SACRISTÁN, MARISOL SANTACRUZ-RODRÍGUEZ, MARÍA DE LOURDES MIRANDA-QUINTERO, HOMERO ENRÍQUEZ & SANDRA EVELY PARADA RICO – *Inégalités d'accès, de formation et d'utilisation des technologies numériques pour les mathématiques à l'école dans deux pays d'Amérique latine : la Colombie et le Mexique* – 121

Varia

STÉPHANE BONNET & ANGELA BARTHES – *Généralisation de l'éducation au développement durable et territorialisation des établissements scolaires* – 140

ALICIA JACQUOT – *La construction d'un partenariat éducatif. Sociohistoire d'un dispositif de lutte contre le décrochage scolaire* – 155

Notes de synthèse HDR

SYLVIANE FEUILLADIEU – *Contribution à une sociologie de l'accessibilité. Pistes d'étude du processus d'accessibilisation des environnements scolaires* – 169

MAËL LE PAVEN JARNO – *Vers une didactique des ajustements dans l'action conjointe* – 189

Recensions

Recension par Loïc Pulido, *Autochtonie et question éducative dans les Outre-mer, une enquête comparative en Guyane et en Polynésie française*, MAURIZIO ALÌ – 206

Recension par Michel Fabre, *La pensée éducative de John Dewey*, CHRISTOPHE POINT – 209

Soutenir le choix de ressources pour des usages du numérique favorisant l'autonomie des élèves : mise en regard d'une grille d'analyse dans deux disciplines

● —————

Suzane El Hage

Maître de conférences, Centre d'études et de recherches sur les emplois et les professionnalisations (CEREP), Université de Reims Champagne Ardenne

Jean-Marie Boilevin

Professeur des universités, Centre de recherche sur l'éducation, les apprentissages et la didactique (CREAD), Université de Bretagne occidentale

Ghislaine Gueudet

Professeur des universités, Laboratoires « Étude sur les sciences et les techniques (EST), Université Paris-Saclay

Marie-Pierre Lebaud

Professeure agrégée, Centre de recherche sur l'éducation, les apprentissages et la didactique (CREAD), Université de Rennes 1

Résumé

Dans cet article, nous nous intéressons à l'autonomie des élèves en mathématiques et en physique, et à la manière dont le numérique peut la soutenir. Nous distinguons ainsi l'autonomie transversale de l'autonomie disciplinaire et nous les caractérisons selon différents domaines. Il s'agit de présenter ici une grille composée de plusieurs critères permettant d'analyser le potentiel de ressources de type scénario de classe, en termes d'usages du numérique soutenant le développement de l'autonomie des élèves, sans creuser les inégalités socioéducatives. Cette grille comporte cinq entrées, dont trois transversales et deux spécifiques pour chaque discipline. Nous présentons d'abord la grille générale rassemblant ces critères ainsi que sa déclinaison en mathématiques et en physique. Nous menons ensuite une analyse comparative (entre mathématiques et physique) de deux catégories de ces grilles : la richesse didactique du contenu et la pertinence de l'emploi du numérique. Cette analyse met en évidence des points communs et des points de divergence.

Mots-clés : TIC et numérique, autonomie et socialisation, sciences (enseignement/éducation/rapport à)

Abstract

Supporting the choice of resources for digital uses promoting students' autonomy: comparison of an analysis grid in two disciplines — This paper focuses on what would be the autonomy of students in mathematics and physics and how digital technology can support it. We distinguish here between transversal and disciplinary autonomy on the one hand and different dimensions composing it on the other hand. We propose here an analysis grid composed of many criteria in order to assess the potential of curriculum resources for teachers, in terms of uses of digital technologies fostering students' autonomy and avoiding to increase social and educational inequalities. The analysis grid has five entries, three of which are transversal and two specific for each discipline. We first present the general grid gathering these criteria and its adaptation to the mathematics and physics classroom. We then conduct a comparative analysis of two entries of these grids: the didactic richness of the content, and the relevance of the use of digital technology. This analysis reveals some common elements and a couple of points of divergence between the two disciplines.

Keywords: ICT and digital, autonomy and socialization, sciences (teaching/education/relationship)

Cet article porte sur les ressources proposant un scénario mobilisant le numérique susceptibles de soutenir le développement de l'autonomie des élèves. Il s'inscrit au sein du projet de recherche eFRAN IDEE (Interactions digitales pour l'éducation et l'enseignement). Ici nous utilisons le terme « numérique » dans un sens large qui peut désigner des logiciels, conçus ou non à des fins d'enseignement, du matériel informatique, ou encore des ressources (textuelles, audio, vidéo) disponibles sur Internet. Il existe un nombre croissant de ressources pédagogiques en ligne qui peuvent être mobilisées par les enseignants de différentes disciplines. Cela rend de fait le travail de l'enseignant pour rechercher, choisir et sélectionner des ressources, très chronophage et souvent très complexe.

Notre étude s'intéresse aux moyens de soutenir ce travail de choix d'une ressource, et également d'adaptation de ressources choisies, dans un objectif particulier : utiliser le numérique pour développer l'autonomie des élèves sans creuser les inégalités éducatives (Denouël, 2017).

Dans cet article, nous nous attachons à présenter une grille d'analyse de ressources de type scénario de classe soutenant potentiellement le développement de l'autonomie des élèves. Nous présentons d'abord une revue de travaux et notre cadre théorique portant sur l'autonomie des élèves et le processus d'autonomisation. La deuxième partie est consacrée à la présentation de trois grilles d'analyse (grille générale, grille en mathématiques, grille en physique). Nous terminons par une mise en regard des grilles avant de conclure.

1. Autonomie et processus d'autonomisation des élèves

Au sein du projet IDEE, nous avons mené une revue de littérature pluridisciplinaire concernant la notion d'autonomie qui est le plus souvent associée à d'autres notions : autonomie et motivation (Deci & Ryan, 2000) ; autonomie et autoformation (Carré, 1992 ; Albero, 2004 ; Eneau, 2018) ; autonomie et numérique (Denouël, 2017). Cette variété des courants de recherche met en lumière une importante diversité de définitions. Ceci nous a amenés à adopter une vision fonctionnelle de l'autonomie dans le cadre scolaire et par conséquent à définir l'autonomie en nous inspirant des travaux de Brigitte Albero (2004) dans un contexte de formation ouverte et à distance. Agnès Grimault-Leprince (2017) a montré que ces propositions sont adaptées au contexte scolaire ordinaire. En effet, Albero (2004, p. 147) conçoit l'autonomie « non plus comme une notion globale, mais comme un ensemble de compétences spécifiques auxquelles il est possible de préparer les apprenants par des activités et des tâches qu'ils ont à réaliser ». L'autonomie est alors multidimensionnelle et peut s'analyser à partir de sept domaines : technique, informationnel, méthodologique, social, cognitif, métacognitif et psychoaffectif. De plus, Ghislaine Gueudet et Marie-Pierre Lebaud (2019a, 2019b) distinguent deux formes d'autonomie, l'autonomie transversale et l'autonomie disciplinaire. La première ne dépend pas de la discipline en jeu : il s'agit par exemple de la gestion du travail personnel ou de la capacité à travailler dans un collectif. La seconde dépend des savoirs en jeu et de l'épistémologie de la discipline : nous affirmons ainsi que ce n'est pas la même chose pour un élève d'être autonome en mathématiques ou en physique. Ces auteures introduisent une autre distinction concernant l'autonomie disciplinaire, entre l'autonomie de mobilisation de savoirs déjà rencontrés et une autonomie d'acquisition lorsque l'élève fait face à un nouveau savoir, en s'appuyant sur les travaux de Dani Ben-Zvi et Anna Sfard (2007).

Le croisement entre les distinctions précédentes (autonomie transversale et autonomie disciplinaire) et les sept domaines de l'autonomie identifiés par Albero (2004) est présenté dans le tableau 1.

Tableau 1- les différents domaines de l'autonomie

Domaines	Autonomie transversale	Autonomie disciplinaire en mathématiques	Autonomie disciplinaire en physique
Technique	Maîtrise des technologies numériques utilisées et capacité à s'adapter face à la diversité des outils et supports	Maîtrise des logiciels (géométrie dynamique, tableur) ou des techniques spécifiques aux mathématiques (calcul, représentation graphique...)	Maîtrise des tâches numériques (utilisation des logiciels/des applications en physique) ou du matériel expérimental (instrument de mesure, etc.)
Informationnel	Recherche et traitement de l'information : savoir rechercher et trouver de l'information ; savoir stocker et gérer l'information, etc.	Recherche et traitement de l'information : savoir comprendre un énoncé mathématique, savoir chercher dans son cours, dans son manuel de maths [...] et savoir utiliser l'information recueillie	Recherche et traitement de l'information : savoir rechercher et trouver l'information sur des sites dédiés en physique, chercher dans son cours, dans son manuel de physique
Méthodologique	Organisation de son travail en classe ou à la maison en tenant compte des objectifs et des contraintes diverses	Organisation d'un calcul	Organisation de son activité en physique selon les objectifs fixés par l'enseignant Organisation pour mettre en œuvre un protocole expérimental donné par le professeur
Social	Collaboration avec d'autres élèves et/ou avec le professeur Développement d'une attitude d'ouverture, de tolérance, d'empathie envers ses pairs.	Capacité à décider collectivement si un résultat mathématique est juste ou faux Échanges avec d'autres élèves ou le professeur pour recevoir une aide en mathématiques	Échanges et coopérations avec d'autres élèves sur le choix d'une procédure expérimentale ou sur la validité d'un raisonnement en physique Sollicitation à bon escient du professeur pour résoudre un exercice théorique ou expérimental en physique
Cognitif	Aspects individuels de la construction d'une stratégie de travail Recours à des opérations mentales diversifiées Création des liens entre les éléments nouveaux et les éléments stabilisés dans les représentations	Aspects individuels de la construction d'une stratégie de travail concernant un contenu mathématique particulier	Réinvestissement de connaissances apprises plus tôt dans l'année en physique pour résoudre une tâche sur un autre thème du programme Conception individuelle d'un protocole expérimental Établissement d'un lien entre le monde des objets et des événements et le monde des théories et des modèles
Métacognitif	Capacité à s'autoévaluer et à utiliser ses erreurs pour faire évoluer une stratégie	Capacité à s'autoévaluer et à utiliser ses erreurs pour faire évoluer une stratégie en mathématiques	Capacité à s'autoévaluer et à utiliser ses erreurs pour faire évoluer une stratégie en physique
Psychoaffectif	Estime de soi, oser répondre lorsqu'une question est posée à la classe entière, oser montrer son travail à tous	Prise d'initiative, prise de risque lors de la résolution d'un exercice ou d'un problème en mathématiques	Prise d'initiative, prise de risque lors de la résolution d'un exercice ou d'une activité expérimentale en physique

Source : Gueudet & Lebaud (2019a), El Hage et al. (2022)

Jean Ravestain (1999) explique que l'autonomie de l'élève ne se décrète pas mais s'organise. Ainsi, les différents domaines de l'autonomie se développent au cours d'un processus d'autonomisation des élèves soutenu par l'enseignant. En effet, pour développer l'autonomie de leurs élèves, le rôle des enseignants est essentiel dans la mise en place des conditions permettant d'initier ce processus, du point de vue du guidage proposé (Vorholzer & Aufschnaiter, 2019), dans les interactions didactiques (Weil-Barais & Dumas-Carré, 1998) ou encore selon le type de communication (Scott et al., 2006). Cependant, tout ce travail de mise en œuvre suppose en amont le choix et/ou la conception d'une ressource pertinente. Ainsi, notre questionnaire pourrait être formulé comme suit : quels critères prendre en compte pour évaluer le potentiel d'une ressource de type scénario de classe, en termes d'usages du numérique favorisant le développement de l'autonomie des élèves sans creuser les inégalités socioéducatives ? ; quelles sont les spécificités de l'autonomie et de ses liens avec le numérique d'une part en mathématiques et d'autre part en physique ?

Étant donné que les divers domaines proposés par Alberio (2004) ne constituent pas un outil d'évaluation et/ou de conception de ressources, les membres du projet ont produit des outils permettant une telle évaluation tout en s'appuyant sur le cadre d'Alberio. Ces outils ont pris la forme de grilles que nous présentons maintenant.

2. Présentation d'une grille d'analyse des ressources de type scénario de classe

Une grille générale pouvant être adaptée à n'importe quelle discipline a été d'abord élaborée par l'ensemble du groupe. Cette dernière a été ensuite déclinée séparément dans plusieurs disciplines impliquées dans le projet (mathématiques, physique et anglais). Nous allons nous intéresser ici spécifiquement à la grille de mathématiques et à celle de physique, travaillées dans des groupes disciplinaires constitués d'enseignants de collège et de chercheurs du projet IDEE. La mise en regard des deux grilles met au jour des points communs et des différences concernant l'articulation entre usage du numérique et processus d'autonomisation des élèves dans les deux disciplines.

2.1. Méthode pour la conception de la grille générale

Nous résumons ici brièvement le processus de conception de la grille, qui est détaillé dans (Gueudet et al., 2021). Une source essentielle pour la conception de ces grilles a été le questionnaire de qualité développé dans le cadre du projet Intergeo, à propos de scénarios de classe utilisant la géométrie dynamique (Trgalová & Jahn, 2013). Nous nous sommes appuyés sur ce travail pour proposer des critères permettant d'analyser la qualité de la description fournie par la ressource et son adaptabilité. Nous en avons également retenu des critères portant sur la pertinence de l'usage du numérique, et nous avons ajouté des critères et des catégories en appui sur les distinctions théoriques présentées ci-dessus. Cette grille a été soumise à des professeurs du secondaire de différentes disciplines, dont les remarques ont mené à de nouvelles évolutions. De plus, cette grille générale a été confiée à des sociologues de l'éducation, membres du projet IDEE, qui ont indiqué les critères essentiels permettant d'évaluer le potentiel de la ressource en termes de réduction des inégalités éducatives (critères déjà existants ou ajout de critères). Nous obtenons au final cinq catégories générales présentées ci-dessous :

- 1) la ressource propose une description claire et riche pour le professeur,
- 2) la ressource est facile à prendre en main et adaptable,
- 3) le contenu disciplinaire de la ressource est riche du point de vue didactique,
- 4) l'utilisation du numérique est pertinente et cohérente avec l'activité¹ prévue,
- 5) l'activité proposée peut favoriser l'autonomie transversale des élèves.

¹ Le terme « activité » est employé au sens de l'institution Éducation nationale et non pas au sens ergonomique.

Pour chaque catégorie, une liste de critères a été rédigée par le groupe. Les catégories 1, 2 et 5 comportent uniquement des critères communs à toutes les disciplines. Quant aux catégories 3 et 4, elles incluent certains critères communs à toutes les disciplines (cf. annexe) ainsi que des critères spécifiques, en lien avec l'autonomie disciplinaire, élaborés en référence à des recherches en didactique accordant une place importante à l'épistémologie de chaque discipline.

2.2. Présentation de la grille générale

Le processus de conception de la grille étant dynamique, des critères ont ainsi évolué entre la première version de la grille et celle que nous présentons ici, version stabilisée en 2022 (cf. annexe). Pour les catégories 3, 4 et 5, lorsqu'un critère concerne plus spécifiquement un ou plusieurs domaines de l'autonomie, ceux-ci sont ajoutés entre crochets dans le tableau en annexe.

■ *Catégorie 1 - La ressource propose une description claire et riche pour le professeur*

Il s'agit ici de prendre en compte la qualité de la description fournie par la ressource (Mahé & Noël, 2006), c'est-à-dire l'exactitude des renseignements fournis mais aussi leur complétude et leur clarté. Les objectifs visés et les moyens de les atteindre apparaissent-ils clairement ? La ressource comporte-t-elle suffisamment d'informations, tout en restant lisible ? Jean-Philippe Georget (2011), qui se penche sur l'ergonomie des ressources destinées aux enseignants, met en avant le paradoxe d'incomplétude d'une telle ressource : si elle est trop complète, les enseignants risquent d'être rebutés par la quantité d'informations à traiter. Si elle est trop incomplète, le manque d'informations crée un autre type d'obstacle. Les critères de cette catégorie balayent divers aspects de description de la séance ou séquence proposée : objectifs, prérequis, liens avec les textes officiels.

Un autre aspect important pour l'utilisateur est de disposer d'éléments sur la mise en œuvre « réelle » de la ressource en classe. Ainsi nous notons également dans cette catégorie la présence de productions d'élèves, ou de témoignages de mise en œuvre.

■ *Catégorie 2 - La ressource est facile à prendre en main et adaptable*

L'utilisation d'une ressource par un professeur est conditionnée, en partie, par la possibilité d'adaptation de cette ressource au contexte particulier d'exercice de ce professeur et donc par la prise en compte par le concepteur de la ressource de la nécessaire appropriation de celle-ci (Trgalová, 2020). Les critères présents ici concernent donc les possibilités d'adaptation, avec par exemple des fichiers élèves fournis dans des formats modifiables ; mais également des conseils explicitement donnés pour adapter la ressource selon le contexte. Les aspects matériels (concernant le matériel et le ou les logiciels nécessaires) et le temps de préparation sont également pris en compte.

■ *Catégorie 3 - Le contenu disciplinaire est riche du point de vue didactique*

Cette catégorie dédiée aux contenus de savoir en jeu inclut des analyses didactiques qui ne concernent pas l'autonomie (adéquation des tâches proposées aux objectifs fixés par exemple). De plus, elle intègre des critères liés à l'objectif de réduction des inégalités socioéducatives et plus généralement de possibilité de mise en œuvre d'une différenciation. Ainsi les productions demandées doivent permettre à l'enseignant d'avoir accès aux productions des élèves, pour comprendre des démarches qui peuvent être diverses. Des éléments permettant l'autoévaluation doivent être prévus, pour que les élèves puissent travailler à leur rythme. Cette catégorie doit être complétée par chaque discipline en fonction de ses spécificités ; nous présentons dans les parties relatives aux deux disciplines ces critères complémentaires, qui relèvent de l'autonomie disciplinaire.

- *Catégorie 4 - L'utilisation du numérique est pertinente et cohérente avec l'activité prévue (numérique)*

Les critères de la grille générale relevant de cette catégorie visent à examiner si l'usage du numérique est en cohérence avec les objectifs visés et, d'autre part, si le numérique apporte une réelle plus-value. Nous nous intéressons également aux possibilités de différenciation offertes par le numérique, en lien avec l'objectif de réduction des inégalités socioéducatives. Pour cet objectif apparaît également un critère particulier : le fait de pouvoir travailler sur smartphone. En effet l'équipement en smartphone des élèves issus de catégories défavorisées est élevé, contrairement à leur équipement en ordinateur (Le Mentec & Plantard, 2015). Comme pour la catégorie précédente, pour cette catégorie 4 les critères présents dans la grille générale sont complétés dans les grilles disciplinaires par des critères spécifiques, qui sont directement en lien avec l'autonomie disciplinaire.

- *Catégorie 5 - L'activité proposée peut favoriser l'autonomie transversale des élèves*

La catégorie 5 est dédiée à l'autonomie transversale. Nous avons fait le choix d'indiquer au maximum deux domaines majoritaires. Ainsi le critère « l'activité prévoit un recours à certaines formes de travail collectif » renvoie principalement au domaine social de l'autonomie. Quant au critère « l'activité prévoit la possibilité de rythmes différents », il concerne une autonomie cognitive et méthodologique. De plus, certains de ces critères découlent de l'objectif de réduction des inégalités socioéducatives, à travers la mise à disposition d'aides variées pour les élèves : le fait que le professeur ait anticipé des aides, concernant le contenu disciplinaire ou la prise en main du logiciel permet une forme de différenciation et la progression de chacun à son rythme.

2.3. Spécificité de la grille en mathématique

- *Richesse didactique (catégorie 3)*

Cette catégorie est fortement liée à l'autonomie disciplinaire. Nous y distinguons deux types de ressources : celles concernant une situation de recherche (en lien avec l'autonomie d'acquisition) et celles concernant une situation d'entraînement (autonomie de mobilisation). Dans ce dernier cas, nous valorisons le fait de pouvoir développer des automatismes, que nous identifions comme faisant partie du domaine technique de l'autonomie (Albero, 2004) et avec une mise en fonctionnement de niveau technique (Robert, 1998) réalisée par les élèves seuls. En parallèle, dans le cas des situations de recherche, nous valorisons la possibilité de prise d'initiative par l'élève, c'est-à-dire une mise en fonctionnement des connaissances de niveau au moins mobilisable (*ibid.*).

Nous avons de plus ajouté, par rapport à la grille générale et dans les deux types de situations (tableau 2 ci-après), un critère portant sur la présence de divers registres ou de conversion de registres (Duval, 1993), car l'utilisation de plusieurs registres et les conversions entre registres jouent un rôle important pour la conceptualisation en mathématiques.

- *Utilisation du numérique (catégorie 4)*

Nous avons distingué à nouveau deux cas pour tenir compte d'une spécificité du programme de mathématiques en France qui inclut l'apprentissage de certains outils numériques (comme des logiciels de géométrie dynamique, des tableurs ou des langages informatiques). Certaines ressources visent directement ces apprentissages, les séances associées ne peuvent pas être faites sans le numérique. Les critères ajoutés par rapport à la grille commune (tableau 3 ci-après) concernent alors seulement les ressources présentant des séances qui pourraient être faites sans le numérique, afin d'évaluer la plus-value de ce recours au numérique. La possibilité que peut offrir le numérique d'avoir accès à différentes représentations (en particulier dynamiques) de la situation est valorisée : nous distinguons les cas où elle est disponible pour l'enseignant ou égale-

ment aux élèves, ce dernier cas apparaissant comme encore plus propice au développement de leur autonomie.

Tableau 2 - Critères spécifiques pour l'analyse de la richesse didactique d'une ressource en mathématiques

Catégorie 3 - Le contenu disciplinaire est riche du point de vue didactique.	
Cas 3.1 - Situation de recherche	Cas 3.2 - Situation d'entraînement
La situation proposée permet de travailler certaines compétences : chercher / modéliser / représenter / raisonner / calculer / communiquer [cognitif, informationnel].	
Les situations proposées utilisent divers registres de représentation et des conversions de registres [cognitif].	
La situation proposée contient des éléments permettant l'autoévaluation [métacognitif].	
L'activité proposée permet aux élèves une prise d'initiative [cognitif, psychoaffectif].	L'activité proposée permet de travailler des automatismes [cognitif, technique].
L'activité proposée permet à l'élève d'utiliser différentes stratégies, il y a plusieurs solutions possibles [cognitif].	
L'activité proposée permet à l'élève d'expérimenter et/ou conjecturer [cognitif, méthodologique].	

Tableau 3 - Critères spécifiques pour l'analyse de la pertinence de l'emploi du numérique en mathématiques

Catégorie 4 - L'utilisation du numérique est pertinente et cohérente avec l'activité mathématique proposée.	
4.1 L'activité peut être faite sans le numérique.	4.2 L'activité ne peut pas être faite sans le numérique.
Le numérique permet au professeur de proposer des représentations, des informations qui ne seraient pas disponibles sinon [cognitif, informationnel].	
Le numérique permet aux élèves d'accéder à des représentations, des informations qui ne seraient pas disponibles sinon [cognitif, informationnel].	

2.4. Spécificité de la grille en physique

■ Richesse didactique (catégorie 3)

Comme en mathématiques, nous distinguons deux types de ressources : celles concernant une situation de recherche (en lien avec l'autonomie d'acquisition) et celles concernant une situation d'entraînement (autonomie de mobilisation).

Les critères spécifiques dans cette catégorie sont fortement liés aux aspects épistémologiques de la physique d'une part, et aux multiples domaines de l'autonomie disciplinaire d'autre part (tableau 4 ci-après). Nous considérons en effet qu'il est possible de caractériser le fonctionnement de la physique comme la recherche de relations entre les phénomènes et les concepts et les lois permettant d'expliquer, d'interpréter, de prédire ces phénomènes. Ces relations de modélisation, fondatrices de l'élaboration des savoirs en physique, sont aussi au cœur de l'enseignement de cette discipline (Tiberghien, 1994). De plus, les modèles font partie des composantes fondamentales des programmes de physique-chimie au collège comme au lycée (MEN, 2019, 2020). Ainsi la catégorie 3 a été enrichie de rubriques concernant l'utilisation de modèles scientifiques ou les processus de modélisation. Un deuxième ancrage important con-

cernant l'aspect sémiotique (Duval, 1993) qui permet de communiquer les éléments du savoir de différentes manières en classe de physique (El Hage, 2012 ; El Hage & Buty, 2014 ; Bécu-Robinault, 2018) a été pris en compte lors de l'ajout de critères.

Par ailleurs, nous considérons que la présence dans la ressource d'éléments permettant l'autoévaluation aide l'élève à développer son autonomie individuelle tout en se détachant de l'autorité de l'enseignant ; c'est pourquoi ce critère figure dans cette catégorie.

D'autres critères sont en lien direct avec les programmes comme le travail de compétences (expérimentales et méthodologiques) spécifiques à la physique ou à l'investigation scientifique. Le recours à des démarches d'investigation est en effet fortement conseillé par les prescriptions en physique-chimie dans laquelle la notion d'autonomie (transversale et disciplinaire) est au cœur de l'activité de l'élève (Boilevin, 2017).

Tableau 4 - Critères spécifiques pour l'analyse de la richesse didactique d'une ressource en physique

Catégorie 3 - Le contenu disciplinaire est riche du point de vue didactique.	
Cas 3.1 - Situation de recherche	Cas 3.2 - Situation d'entraînement
La situation proposée nécessite de chercher des informations dans différentes ressources [informationnel].	
La situation proposée nécessite d'utiliser du matériel habituellement disponible dans le labo de physique [technique].	
La situation proposée nécessite que l'élève/les élèves s'organise(nt) sans le professeur pour réaliser une expérience (montage, relevé des valeurs, tracé de la courbe) en suivant le protocole fourni par l'enseignant [méthodologique].	
La situation proposée nécessite de mettre en place un processus de modélisation [cognitif].	
La situation proposée utilise divers registres de représentation et des conversions de registres [cognitif].	
La situation proposée contient des éléments permettant l'autoévaluation [métacognitif].	
La situation proposée (TP) nécessite de coopérer avec les autres pour la résoudre [social].	
La situation proposée permet à l'élève d'utiliser différentes stratégies, il y a plusieurs solutions possibles [cognitif].	La situation permet de travailler individuellement des automatismes (calcul, savoir-faire expérimental) [technique].
La situation proposée permet à l'élève de mener une investigation [cognitif, psychoaffectif].	
La situation proposée nécessite que l'élève s'organise sans le professeur pour proposer un protocole expérimental [cognitif, méthodologique].	

■ Utilisation du numérique (catégorie 4)

Les critères spécifiques dans cette catégorie se justifient par la nature du contenu disciplinaire (tableau 5 ci-après). En effet, certaines activités en physique ne peuvent pas être réalisées sans l'emploi du numérique comme celles relevant de l'infiniment petit ou de l'infiniment grand. Nous avons donc distingué, comme en mathématiques, les activités pouvant être faites sans le numérique (cas 4.1) de celles qui nécessitent l'emploi du numérique (cas 4.2).

3. Discussion : mise en regard des grilles en mathématiques et en physique

Rappelons que la grille de mathématiques et celle de physique ont été construites séparément au sein des groupes disciplinaires à partir de considérations épistémologiques. De ce fait, les différences épistémologiques entre les disciplines ont conduit à des choix de critères communs ou distincts dans les ajouts à la grille générale.

Tableau 5 - Critères spécifiques pour l'analyse de la pertinence de l'emploi du numérique en physique

Catégorie 4 - L'utilisation du numérique est pertinente et cohérente avec l'activité physique proposée	
4.1 L'activité peut être faite sans le numérique.	4.2 L'activité ne peut pas être faite sans le numérique.
Le numérique aide à voir les limites de validité d'un modèle en faisant varier les paramètres [cognitif].	
Le numérique fournit des représentations de différents modèles [cognitif].	
Le numérique facilite la mobilisation/coordination de plusieurs registres sémiotiques en les affichant simultanément sur l'écran [cognitif].	Le modèle matérialisé informatisé permet la mise en relation entre le monde empirique et le monde théorique par les élèves [cognitif].

Les mathématiques et les sciences physiques sont des disciplines fortement liées ; leur développement historique donne à voir de nombreuses interactions productives ; cependant elles restent épistémologiquement très différentes (Branchetti et al., 2019). La littérature de recherche en lien avec l'autonomie dans ces deux disciplines montre que ces différences épistémologiques exercent une influence sur les processus d'autonomisation des élèves et leurs caractéristiques. Ici notre interrogation concerne le travail des professeurs, et les ressources conçues et mobilisées pour ce travail. Comment évaluer le potentiel d'un scénario de classe utilisant le numérique pour soutenir les processus d'autonomisation en mathématiques d'une part, en physique d'autre part ?

Certaines différences peuvent être en lien avec les outils numériques utilisés dans les deux disciplines. Certains outils ne dépendant pas des disciplines peuvent être utilisés en mathématiques comme en physique, par exemple un mur collaboratif virtuel permettant aux élèves de travailler ensemble. D'autres sont spécifiques, comme les logiciels de géométrie dynamique en mathématiques (Soury-Lavergne, 2020) ou visiolab en physique (Bécu-Robinault, 2018) pour travailler le modèle de la synthèse trichromique additive.

Dans la catégorie 3 concernant la richesse didactique (et directement liée à l'autonomie disciplinaire telle que nous l'avons définie), la mise en regard des deux grilles met en évidence des points communs et des différences de diverses natures justifiées par les épistémologies disciplinaires.

Dans ce qui est commun aux deux disciplines, nous notons les points suivants.

- *Distinction entre situations de recherche et travail des automatismes* : les deux disciplines ont choisi de distinguer deux types de ressources dont une qui correspond à une situation de recherche. Les critères faisant partie de cette sous-catégorie caractérisent une situation avec une dimension a-didactique comme dans le cas de la recherche de la solution d'un problème en mathématiques ou l'investigation scientifique en physique-chimie. Nous retrouvons ici un lien entre autonomie et a-didacticité. Nous notons de plus dans les deux disciplines pour les situations de recherche la mise en avant de l'existence de plusieurs procédures possibles.
- *Domaines de l'autonomie* : le point de vue épistémologique retenu par chaque discipline amène à retenir plus de critères dans le domaine « cognitif ».

- *Registres* : les registres des représentations sémiotiques (Duval, 1993) et la possibilité pour les élèves d'accéder à plusieurs registres, d'effectuer des conversions de registres apparaissent dans les deux disciplines comme des leviers importants des processus d'autonomisation. Le fait de disposer de plusieurs représentations et de les coordonner est en effet important dans les deux disciplines ; au-delà d'une utilisation ponctuelle, il s'agit que les élèves accèdent aux différents systèmes de représentations structurés utilisés par chacune des disciplines.
- *Compétences en mathématiques et en physiques* : les deux disciplines ont choisi de faire référence à six compétences assez proches et liées aux domaines du socle qu'on appelle dans l'article « compétences du socle »². En mathématiques, les six compétences figurent dans un seul et même critère tandis qu'en physique les six compétences sont déclinées en plusieurs critères.

Ainsi les aspects communs entre mathématiques et physique pour les processus d'autonomisation vont au-delà de l'autonomie que nous avons nommée transversale. Toutefois, nous notons aussi des différences.

- *Compétences du socle, différences* : le choix fait en physique de déployer les compétences du socle en plusieurs critères traduit une exigence plus importante. Le scénario doit prendre en compte autant que possible l'ensemble de ces compétences que nous pouvons retrouver au lycée ; en mathématiques, il s'agit plutôt de voir laquelle des compétences est travaillée dans le scénario. Ceci amène à mettre en avant en physique chaque compétence et son interprétation spécifique. Ainsi la recherche d'informations dans des ressources est mise en avant en physique, alors qu'elle est implicitement présente en mathématiques au sein de la compétence « chercher ». De plus, une différence existe concernant l'importance attribuée à la modélisation dans le cas de la physique.
- *Expérimentation* : l'expérimentation est présente en physique pour les deux types de situations et à différents niveaux. En mathématiques, elle apparaît uniquement pour les situations de recherche ; elle est en lien avec l'idée de conjecture et donc sous une forme qui diffère de ce qui est vu comme expérimentation en physique. Ceci rejoint des travaux précédents qui ont montré que les professeurs de mathématiques et les professeurs de physique attribuaient un sens très différent au concept d'expérimentation (Monod-Ansaldi et al., 2011).
- *Travail collectif* : le travail collectif est présent dans plusieurs critères en physique alors qu'il n'apparaît pas en mathématiques. Rappelons cependant que le travail collectif est pris en compte en mathématiques dans l'autonomie transversale mais il n'est pas présent pour l'autonomie disciplinaire, contrairement au cas de la physique. Ceci est lié aux situations de travaux pratiques (TP) typiques des sciences physiques : les élèves doivent développer le domaine social de l'autonomie lors de ces situations de TP, avec des formes de collaboration spécifiques de la discipline.

En ce qui concerne la catégorie 4, nous relevons de même des traits communs, puis des différences.

- *Distinction entre deux types de situations* : en mathématiques comme en physique, deux types de situations sont envisagées, selon qu'elles peuvent être faites ou non sans le numérique. En mathématiques, cela découle du fait que l'apprentissage de certains logiciels et l'apprentissage de la programmation font partie du programme de mathématiques. En physique cela résulte d'un besoin lié d'une part à l'impossibilité de faire des expériences dans le laboratoire sans le numérique dans le cas de l'infiniment grand (univers) et d'autre part pour

² <https://eduscol.education.fr/90/j-enseigne-au-cycle-4>

remédier aux limites d'une expérience réelle dans le cas d'objets et de phénomènes inobservables à l'œil nu relevant de l'infiniment petit (constituant de la matière et des particules).

- *Représentations et informations* : en mathématiques comme en physique, l'une de plus-values du numérique est de donner accès à des représentations et informations spécifiques. On peut penser encore une fois en mathématiques aux logiciels de géométrie dynamique, et en physique au logiciel électrocinétique ou Regressi.

Par ailleurs, la grille de physique pour la catégorie 4 comporte des critères spécifiques, et l'on retrouve dans cet usage du numérique certaines des différences soulignées ci-dessus.

- *Usage du numérique pour le travail collectif* : dans le cadre des TP et/ou des projets, la classe se divise en plusieurs groupes. Les élèves de chaque groupe peuvent échanger, s'entraider via un PAD et élaborer collectivement un protocole expérimental à mettre en œuvre.
- *Usage du numérique pour la modélisation* : lors de la réalisation des expériences réelles en TP de physique, l'usage du numérique permet de faire une acquisition de données sur l'évolution d'un certain signal en temps réel (moment du déroulement) pour pouvoir ensuite traiter et modéliser ces données. En effet, l'acquisition des données expérimentales avec les outils numériques est plus précise et plus rapide que ce que les élèves peuvent faire en temps réel et permet en plus de traiter/modéliser directement les données numériques, selon des modèles prédéfinis, pour avoir un retour visuel sur l'écran d'ordinateur. Par ailleurs, l'usage du numérique permet de comparer, pour un même modèle, les résultats obtenus en réalisant une expérience à la paillasse avec ceux obtenus par une simulation informatique dont les résultats sont strictement conformes au modèle physique (El Hage & Buty, 2014).

Nous avons fait le choix ici de ne discuter que les critères qui ont été ajoutés pour prendre en compte les spécificités disciplinaires (et donc ne sont pas présents dans la grille générale). Il nous semble cependant important de rappeler ici que les critères visant à prendre en compte les inégalités socioéducatives sont les mêmes dans les deux disciplines, étant liés aux possibilités de différenciation et à l'équipement nécessaire.

4. Conclusion

Dans ce texte, nous avons d'abord réfléchi au sens du concept d'autonomie en général, puis à la manière dont il se décline en mathématiques d'une part et en physique d'autre part. Pour développer cette autonomie, le rôle des enseignants est crucial. Nous considérons que la mise en place d'un processus d'autonomisation des élèves nécessite un travail de la part de l'enseignant allant de la conception d'un scénario pertinent (ou le choix d'un scénario existant) à des guidages appropriés lors de la mise en œuvre de l'enseignement. Ici, nous nous sommes interrogés notamment sur l'évaluation du potentiel des ressources de type scénario de classe pour soutenir le développement de l'autonomie des élèves en utilisant le numérique sans toutefois creuser les inégalités socioéducatives.

Pour rappel, les deux questions de recherche étudiées sont les suivantes : quels critères prendre en compte pour évaluer le potentiel d'une ressource de type scénario de classe, en termes d'usages du numérique favorisant le développement de l'autonomie des élèves sans creuser les inégalités socioéducatives ? ; quelles sont les spécificités de l'autonomie et de ses liens avec le numérique d'une part en mathématiques et d'autre part en physique ?

En réponse à la première question, nous avons présenté ici une grille générale comportant cinq catégories permettant d'évaluer le potentiel de ressources existantes de type scénario de classe et/ou de modifier une ressource existante et/ou d'en concevoir une nouvelle. Pour rappel, les critères des catégories 1, 2 et 5 sont communs à toutes les disciplines. Il s'agit de mesurer la clarté et la richesse de la ressource, puis d'en évaluer l'adaptabilité avant d'y identifier la place

accordée à l'autonomie transversale. De plus, nous avons effectué un croisement entre les critères des catégories 3, 4 et 5 et les différents domaines de l'autonomie proposés par Albero (2004) pour prendre en compte la multidimensionnalité de l'autonomie.

Concernant la catégorie 5, commune à toutes les disciplines, le groupe a choisi des critères prenant en compte tous les domaines de l'autonomie (annexe). Ainsi les critères dans cette catégorie aideront potentiellement les enseignants à affiner leur lecture des ressources existantes, en identifiant les domaines de l'autonomie mis en jeu.

Pour les catégories 3 et 4, les équipes disciplinaires de mathématiques d'une part, et de physique d'autre part, ont élaboré des critères complémentaires à la grille générale en se basant sur des dimensions épistémologiques. Nous avons mis en regard ces critères complémentaires, et observé des points communs et des différences qui nous permettent de répondre à notre question 2. Pour la catégorie 3, quatre aspects sont communs aux disciplines : a) la distinction entre situations de recherche et travail des automatismes, b) l'importance accordée au domaine « cognitif » de l'autonomie ce qui le fait apparaître le plus dans cette catégorie, c) l'importance de disposer de plusieurs représentations sémiotiques et de les coordonner ainsi que d) la prise en compte des compétences du socle bien que le déploiement de ces compétences en nombre de critères soit différent entre les mathématiques et la physique. Deux aspects sont différents entre les deux disciplines et concernent : a) l'expérimentation qui est présente en physique pour les deux types de situations et à différents niveaux alors qu'en mathématiques, elle apparaît uniquement pour les situations de recherche et b) la prise en compte du travail collectif favorisant l'autonomie disciplinaire en physique uniquement et qui est due aux situations de TP. Quant à la catégorie 4, deux aspects sont communs entre la physique et les mathématiques et deux autres ne le sont pas. En effet, les deux disciplines distinguent entre deux types de situations selon qu'elles peuvent être faites ou non sans le numérique. De plus, les deux disciplines pointent l'une des plus-values du numérique qui est de donner accès à des représentations et informations spécifiques.

Ces grilles peuvent constituer certes un outil pour les chercheurs mais elles peuvent aussi être mobilisées par les enseignants pour sélectionner, modifier ou concevoir des scénarios de classe. Dans ce cas, la grille d'analyse pourrait servir de « méta-ressource » (Prieur, 2016), c'est-à-dire une ressource susceptible de soutenir le travail documentaire des professeurs (Gueudet & Trouche, 2010) et être de plus utilisée en formation initiale ou continue.

Références

ALBERO Brigitte (2004), « L'autoformation dans les dispositifs de formation ouverte et à distance : instrumenter le développement de l'autonomie dans les apprentissages », dans Saleh Imad, Lepage Daniel & Bouyahi Soufiane (éds.), *Les TIC au cœur de l'enseignement supérieur, Actes de la journée d'étude du 12 novembre 2002*, Université Paris VIII - Vincennes-St Denis, collection Actes Huit, p. 139-159, <https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00000270/document>

BECU-ROBINAULT Karine (2018), *Analyse des interactions en classe de physique : le geste, la parole et l'écrit*, Paris, L'Harmattan.

BEN-ZVI Dani & SFARD Anna (2007), « Ariadne's thread, Daedalus' wings and the learners' autonomy » *Éducation & Didactique*, n° 1, p. 117-134.

BOILEVIN Jean-Marie (2017), « La démarche d'investigation : simple effet de mode ou bien nouveau mode d'enseignement des sciences ? », dans Manuel Bächtold, Viviane Durand-Guerrier & Valérie Munier (éds.), *Épistémologie et didactique*, Besançon, Presses universitaires de Franche-Comté, p. 195-220.

BRANCHETTI Laura, CATTABRIGA Alessia & LEVRINI Olivia (2019), « Interplay between mathematics and physics to catch the nature of a scientific breakthrough: The case of the blackbody », *Physical Review Physics Education Research*, vol. 15, n° 258, p. 1-21.

CARRE Philippe (1992), *L'Autoformation dans la formation professionnelle*, Paris, La documentation française.

DECI Edwar & RYAN Richard (2000), « The "what" and "why" of goal pursuits: human needs and the self-determination of behavior », *Psychological Inquiry*, vol. 11, n° 4, p. 227-268.

DENOUEÛL Julie (2017), « L'école, le numérique et l'autonomie des élèves », *Hermès, la Revue*, vol. 2, n° 78, p. 80-86, <https://hal.univ-rennes2.fr/hal-01658476/document>

DUVAI Raymond (1993), « Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée », *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, vol. 5, p. 37-65.

EL HAGE Suzane (2012), *Activités TICE, interactions langagières en classe et cohérence des séquences d'enseignement scientifiques*, Thèse de doctorat, Université Lyon2, http://theses.univ-lyon2.fr/documents/lyon2/2012/el_hage_s/pdfAmont/el_hage_s_these.pdf

EL HAGE Suzane & BUTY Christian (2014), « La notion d'inscription appliquée aux pratiques enseignantes, une étude de cas en physique », *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, vol. 10, p. 213-243.

EL HAGE Suzane, BOILEVIN Jean-Marie & EL HAJJAR Darine (2022), « Autonomie des élèves français en physique au lycée : points de vue d'enseignants », dans Patrice Venturini & Lionel Pélissier (dir.), *Actes du 12^{ème} rencontres scientifiques de l'Association de Recherche en Didactiques, Sciences et Technologies*, Toulouse, p. 507-512.

ENEAU Jérôme (2018), « Autoformation, autonomisation et émancipation : de quelques problématiques de recherche en formation d'adultes », *Recherches & Éducatives*, vol. 16, p. 21-38.

GEORGET Jean-Philippe (2011), « Activités de recherche et de preuve entre pairs à l'école élémentaire : perspectives ouvertes par les communautés de pratique d'enseignants », *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques 2010*, Paris, IREM de Paris et ARDM, p. 45-66.

GRIMAUULT-LEPRINCE, Agnès (2017, 13 novembre), « Étudier les liens entre usages numériques et autonomisation chez les adolescents. Éléments d'une recherche par questionnaire », Séminaire du CREAD *Complexité des approches didactiques et sociologiques en éducation* (CADS), Rennes.

GUEUDET Ghislaine & LEBAUD Marie-Pierre (2019a), « Développer l'autonomie des élèves en mathématiques grâce au numérique. 1. Différentes dimensions de l'autonomie », *Petit x*, vol. 109, p. 3-16, https://irem.univ-grenoble-alpes.fr/medias/fichier/109x1_1585216784246-pdf

GUEUDET Ghislaine & LEBAUD Marie-Pierre (2019b), « Développer l'autonomie des élèves en mathématiques grâce au numérique partie 2. Analyser le potentiel de ressources pour les professeurs », *Petit x*, vol. 110-111, p. 85-102, https://irem.univ-grenoble-alpes.fr/medias/fichier/petit-x-110-111-art4_1612363049222-pdf

GUEUDET Ghislaine, PEPIN Birgit & LEBAUD Marie-Pierre (2021), « Designing meta-resources for mathematics teachers in the context of curriculum reforms: the case of digital technology use and student autonomy in France », *ZDM Mathematics Education* 53, p. 1359-1372.

GUEUDET Ghislaine & TROUCHE Luc (2010), *Ressources vives : le travail documentaire des professeurs en mathématiques*, Rennes, Presses universitaires de Rennes.

LE MENTEC Mickaël & PLANTARD Pascal (2015), « INEDUC : pratiques numériques des adolescents et territoires », *Networks and Communications Studies*, vol. 28, n° 1-2, p. 217-238.

MAHE Annaïg & NOËL Elisabeth (2006), « Description et évaluation des ressources pédagogiques : quels modèles ? », Actes du colloque TICE Méditerranée, *L'humain dans la formation à distance : les enjeux de l'évaluation*, p. 455-464, https://isdm.univ-tln.fr/PDF/isdm25/mahe_ticemed2006.pdf

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE (MEN) (2019), *Programme de physique-chimie de seconde générale et technologique*, Bulletin officiel de l'Éducation nationale, https://cache.media.education.gouv.fr/file/SP1-MEN-22-1-2019/98/9/spe634_annexe_1062989.pdf

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE (MEN) (2020), *Programme d'enseignement du cycle des approfondissements (cycle 4)*, Partie enseignement de la physique-chimie, Bulletin officiel de l'Éducation nationale, https://cache.media.education.gouv.fr/file/31/89/1/ensel714_annexe3_1312891.pdf

MONOD-ANSALDI Réjane, VINCE Jacques, PRIEUR Michèle & FONTANIEU Valérie (2011), « Représentations des enseignants de mathématiques et de sciences expérimentales sur quelques concepts épistémologiques des démarches d'investigation : expliciter pour mieux interagir », dans Luc Trouche, Hamid Chaa-choua, Magali Hersant, Yves Matheron & Giorgos Psycharis (éds.), *Faire ensemble des mathématiques : une approche dynamique de la qualité des ressources pour l'enseignement. Actes des journées mathématiques de l'IFÉ*, ENS Lyon, p. 105-112.

PRIEUR Michèle (2016), *La conception co-disciplinaire de méta-ressources comme appui à l'évolution des connaissances des professeurs de sciences*, Thèse de doctorat, Université Lyon 1.

RAVESTEIN Jean (1999), *Autonomie de l'élève et régulation du système didactique, Perspectives en éducation*, Louvain-la-Neuve, De Boeck.

ROBERT Aline (1998), « Outils d'analyse des contenus mathématiques à enseigner au lycée et à l'université », *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 18, n° 2, p. 139-190.

SCOTT Philip, MORTIMER Eduardo & AGUIAR Orlando (2006), « The tension between authoritative and dialogic discourse: A fundamental characteristic of meaning making interactions in high school science lessons », *Science Education*, vol. 90, p. 605-631, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.20131>

SOURY-LAVERGNE Sophie (2020), *La géométrie dynamique pour l'apprentissage et l'enseignement des mathématiques*, Paris, CNESCO, https://www.cnesco.fr/wp-content/uploads/2021/02/210218_Cnesco_Soury-Lavergne_Numerique_Geometrie_dynamique.pdf

TIBERGHIEEN Andrée (1994), « Modeling as a basis for analyzing teaching-learning situations », *Learning and Instruction*, vol. 4, p. 71-87.

TRGALOVÁ Jana (2020), *Ressources numériques pour l'éducation mathématique. Conception, évaluation, qualité et appropriation*, Note de synthèse pour l'habilitation à diriger des recherches, Université Claude Bernard, Lyon 1.

TRGALOVÁ Jana & JAHN Ana-Paula (2013), « Quality issue in the design and use of resources by mathematics teachers », *The International Journal on Mathematics Education*, vol. 45, n° 7, p. 973-986.

VORHOLZER Andreas & AUFSCHNAITER Claudia-Von (2019), « Guidance in inquiry-based instruction - an attempt to disentangle a manifold construct », *International Journal of Science Education*, vol. 41, n° 11, p. 1562-1577.

WEIL-BARAIS Annick & DUMAS-CARRE Andrée (1998), « Les interactions didactiques : tutelle et/ou médiation ? », dans Andrée Dumas-Carré & Annick Weil-Barais (éds.), *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique*, Lausanne, Peter Lang, p. 1-15.

Annexe

Dans cette annexe nous présentons les catégories 1, 2 et 5 ainsi que les critères communs à toutes les disciplines des catégories 3 & 4. À chaque fois que le terme INÉG se trouve entre parenthèses, cela indique que le critère prend en compte, entre autres, les inégalités éducatives.

1 - La ressource propose une description claire et riche pour le professeur.

Des éléments d'information sont donnés par rapport aux textes officiels : cycle, niveau de classe, contenu de programme, référence au socle, etc.

Les objectifs disciplinaires sont clairement indiqués.

L'apport du numérique est clairement indiqué.

La mise en œuvre proposée est claire : organisation de la classe, durée, supports, équipement nécessaire, etc.

Les prérequis disciplinaires sont clairement indiqués.

Les prérequis informatiques sont clairement indiqués.

Des pistes de différenciation et/ou d'aides sont proposées au professeur (INÉG).

Des témoignages issus de mises en œuvre sont proposés au professeur.

Des productions d'élèves mettant en évidence des difficultés (et des réussites : cheminements et résultats attendus) sont proposées au professeur (INÉG).

Des éléments de synthèse, d'institutionnalisation et/ou d'évaluation sont proposés.

2 - La ressource est facile à prendre en main et adaptable.

Les informations données dans la ressource sont suffisamment complètes sans être excessivement longues.

La modification d'éléments de la ressource est possible et explicitement évoquée.

L'usage de la ressource est suffisamment intuitif : par exemple utilisable pour un professeur qui débute avec le(s) logiciel(s) concerné(s).

Des conseils pour des adaptations au contexte sont donnés.

L'activité est réalisable avec du matériel courant ou facile à se procurer : ordinateurs, vidéo-projecteur, logiciel(s) libre(s).

L'activité ne demande pas au professeur un travail de préparation trop important.

L'accès aux différents fichiers est facile. Quand l'usage d'un logiciel est proposé dans la ressource : présence d'un lien pour le télécharger, logiciel libre.

3 - Le contenu disciplinaire de la ressource est riche du point de vue didactique.

Les contenus disciplinaires correspondent bien aux objectifs et prérequis annoncés.

Des productions demandées aux élèves permettent au professeur d'accéder à leur cheminement.

La ressource comporte des critères permettant à l'enseignant une évaluation formative.

Éléments spécifiques/discipline

4 - L'utilisation du numérique est pertinente et cohérente avec l'activité prévue.

Le numérique est nécessaire pour l'atteinte de l'objectif annoncé.

Le numérique permet au professeur de prendre en compte la diversité : par exemple diversifier son parcours (INÉG).

Dans le cas où un travail est prévu à la maison, celui-ci peut se faire avec un smartphone (INÉG).

Le numérique permet au professeur d'accéder au travail des élèves et/ou de le montrer à la classe.

Le numérique permet aux élèves d'effectuer différents essais et de tester leur validité.

Le numérique permet aux élèves d'échanger ou de travailler collectivement.

Éléments spécifiques/discipline

5 - L'activité proposée peut favoriser l'autonomie transversale des élèves.

L'activité prévoit la possibilité de rythmes différents [cognitif, méthodologique].

L'activité prévoit des aides en cas de difficultés [cognitif, informationnel].

Les aides proposées sont variées : textes, images, vidéos, etc. [Informationnel, méthodologique] (INÉG).

L'activité laisse à l'élève la possibilité de prendre des initiatives [psychoaffectif].

Les élèves peuvent savoir si leur travail est valide sans appeler le professeur [métacognitif].

La ressource intègre un ou des supports pour l'autoévaluation [métacognitif].

Des aides sont fournies pour la prise en main du logiciel si besoin, et ces aides intègrent des éléments visuels [technique] (INÉG).

L'activité prévoit un recours à certaines formes de travail collectif [social].

L'élève peut faire des choix pour personnaliser son parcours [métacognitif].